

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-19-0432_改0
提出年月日	2021年8月3日

VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書
(原子炉格納容器調気系)

02 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 R0

2021年8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	5
3. 計算条件	12
3.1 計算方法	12
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
3.3 設計条件	14
3.4 材料及び許容応力評価条件	23
3.5 設計用地震力	24
4. 解析結果及び評価	25
4.1 固有周期及び設計震度	25
4.2 評価結果	31
4.2.1 管の応力評価結果	31
4.2.2 支持構造物評価結果	32
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	33
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	34

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、原子炉格納容器調気系の管、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

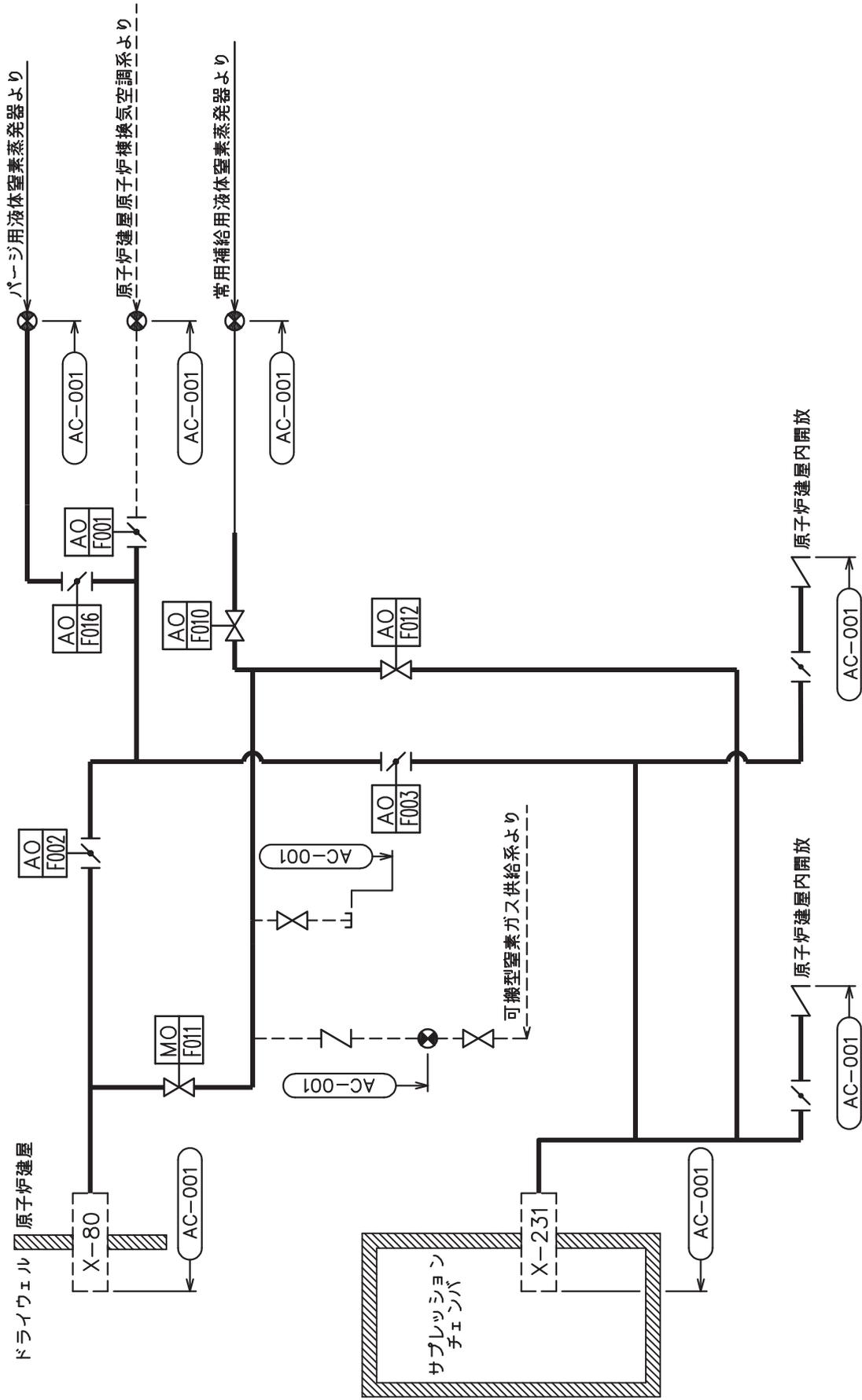
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

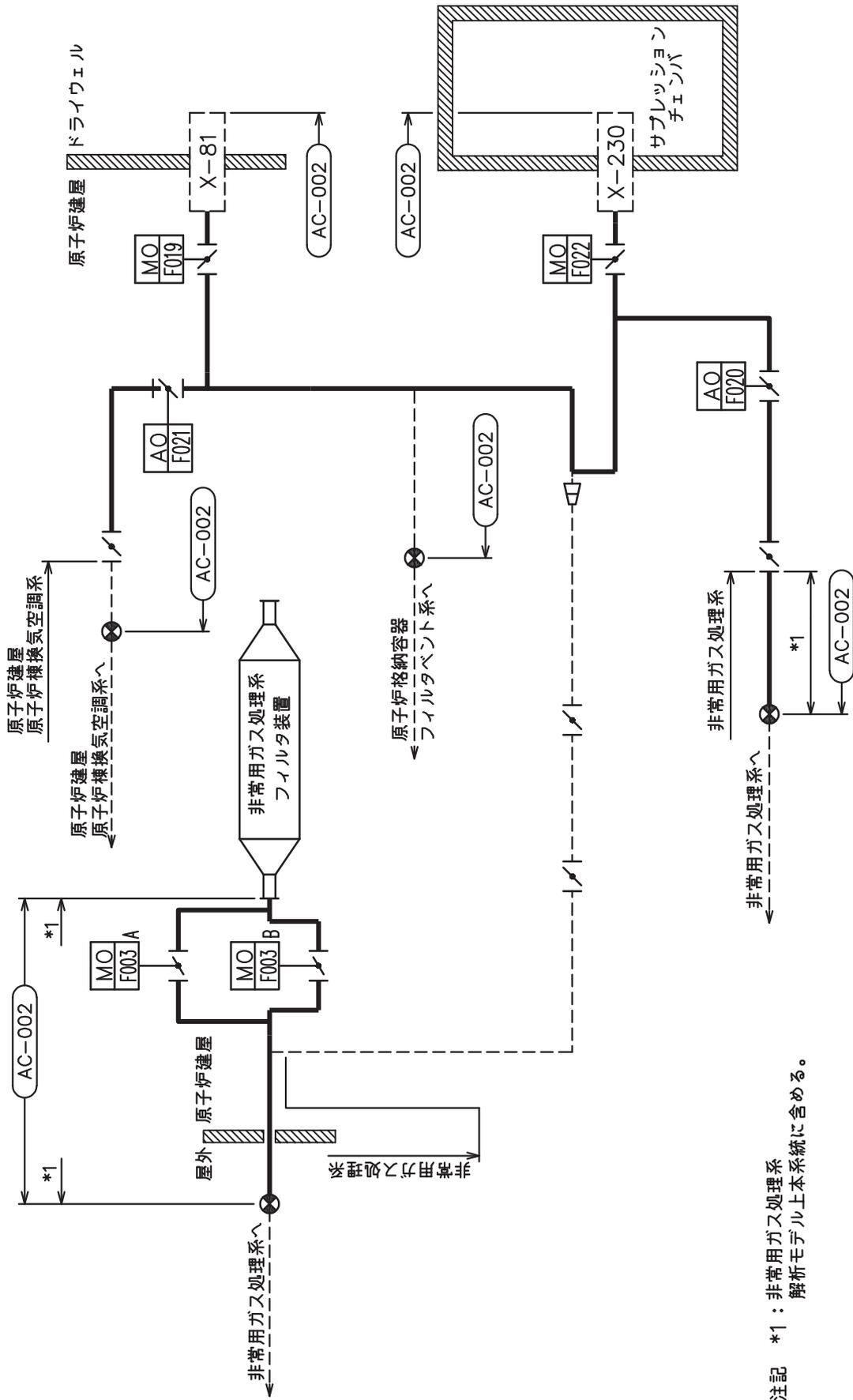
2.1 概略系統図

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



原子炉格納容器調気系概略系統図（その1）

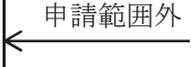
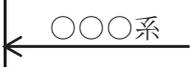
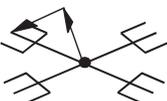
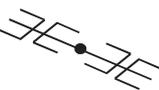
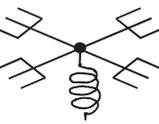
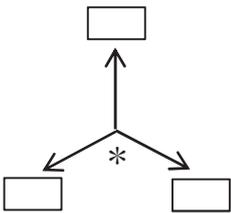


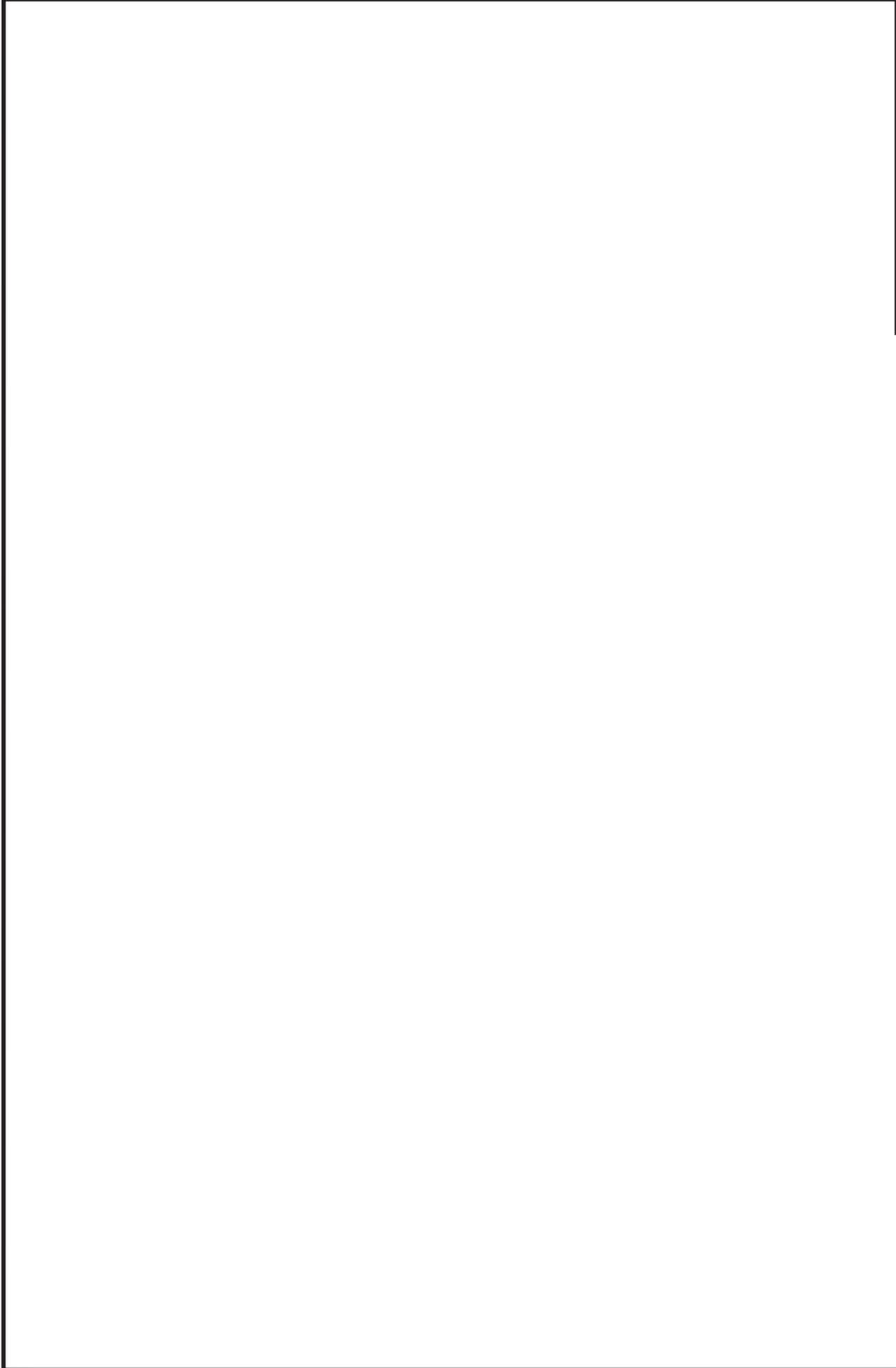
注記 *1: 非常用ガス処理系
解析モデル上本系統に含める。

原子炉格納容器調気系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

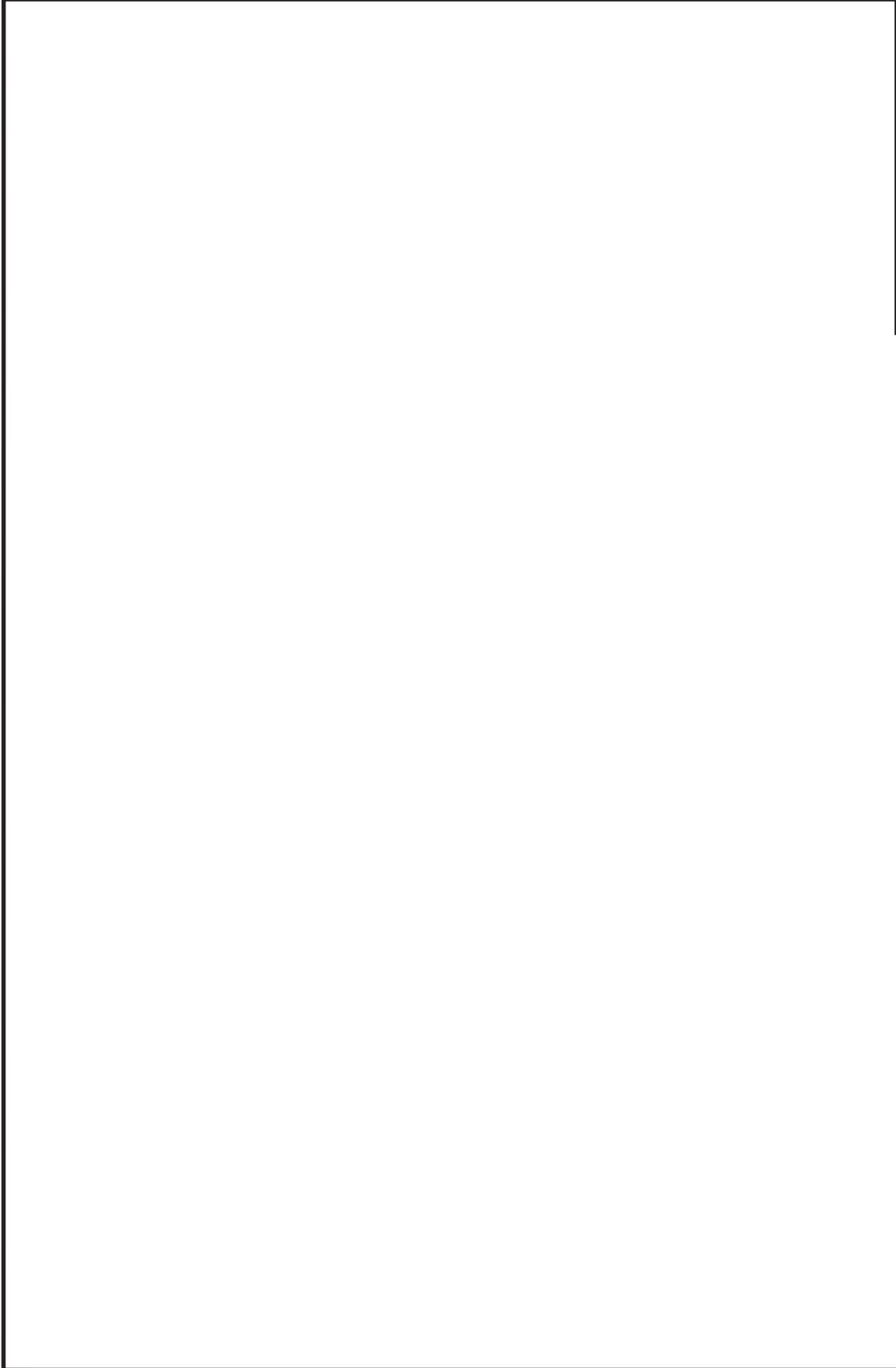
鳥瞰図記号凡例

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。)



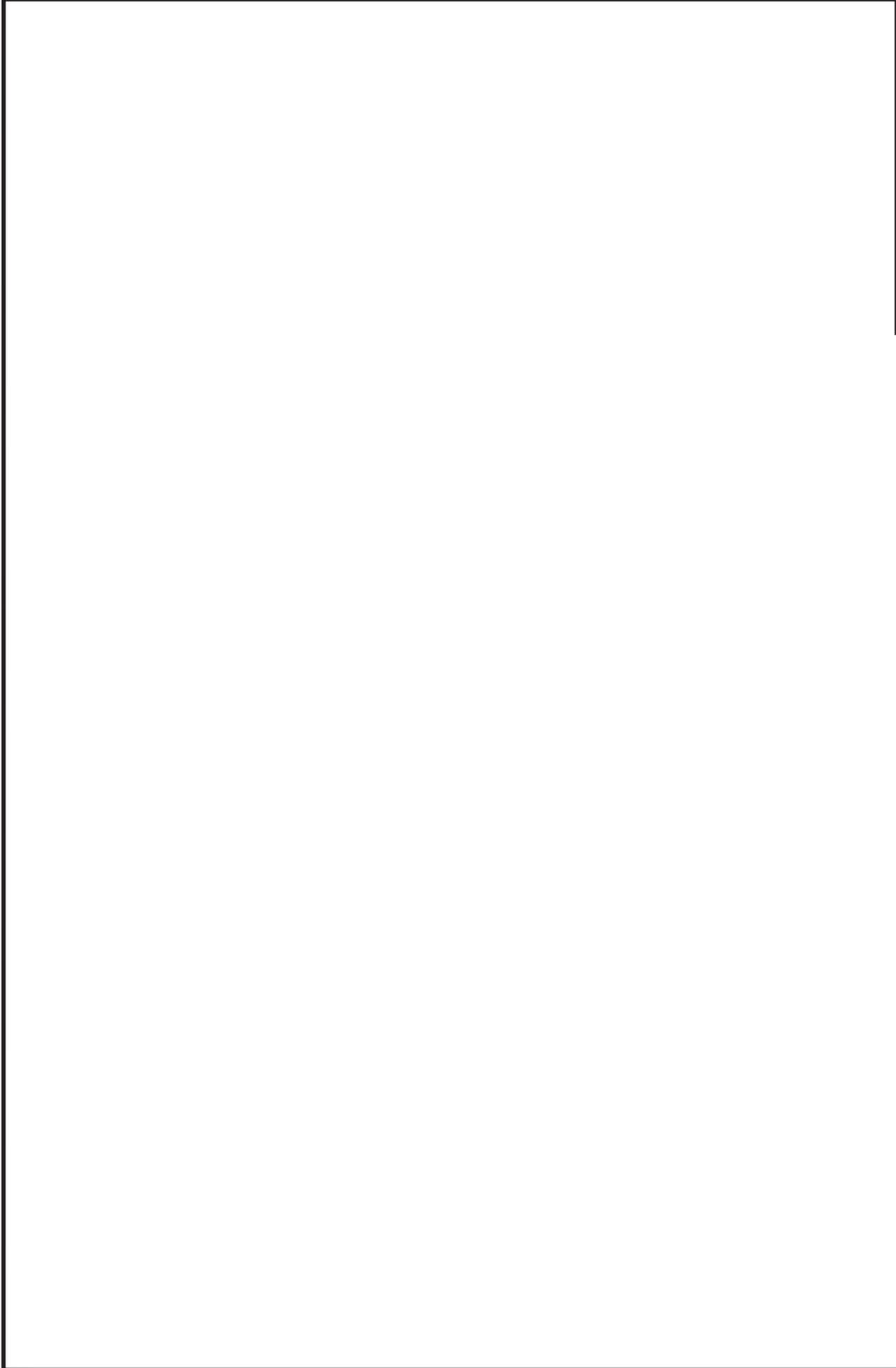
鳥瞰図 AC-001-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



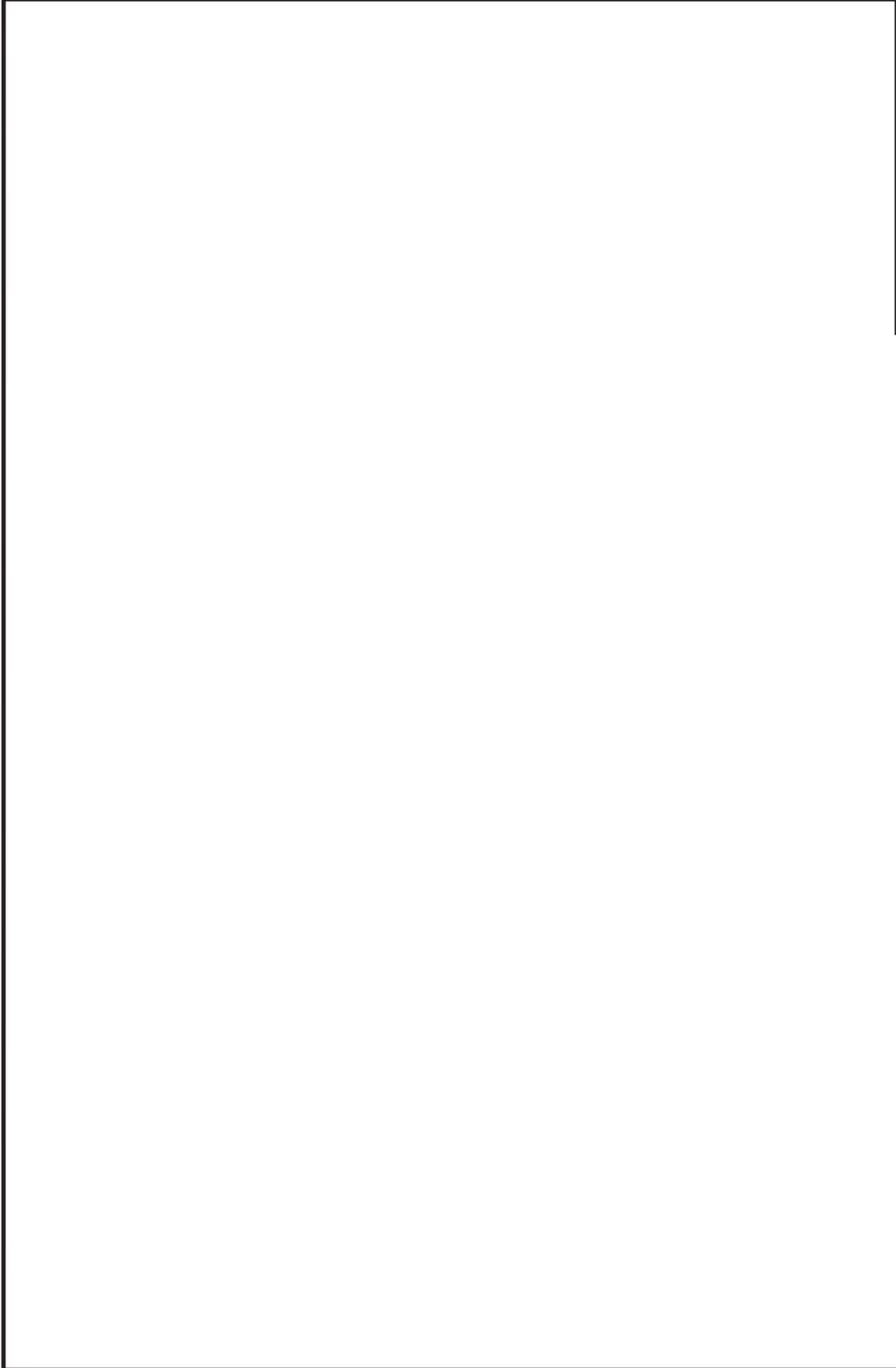
鳥瞰図 AC-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



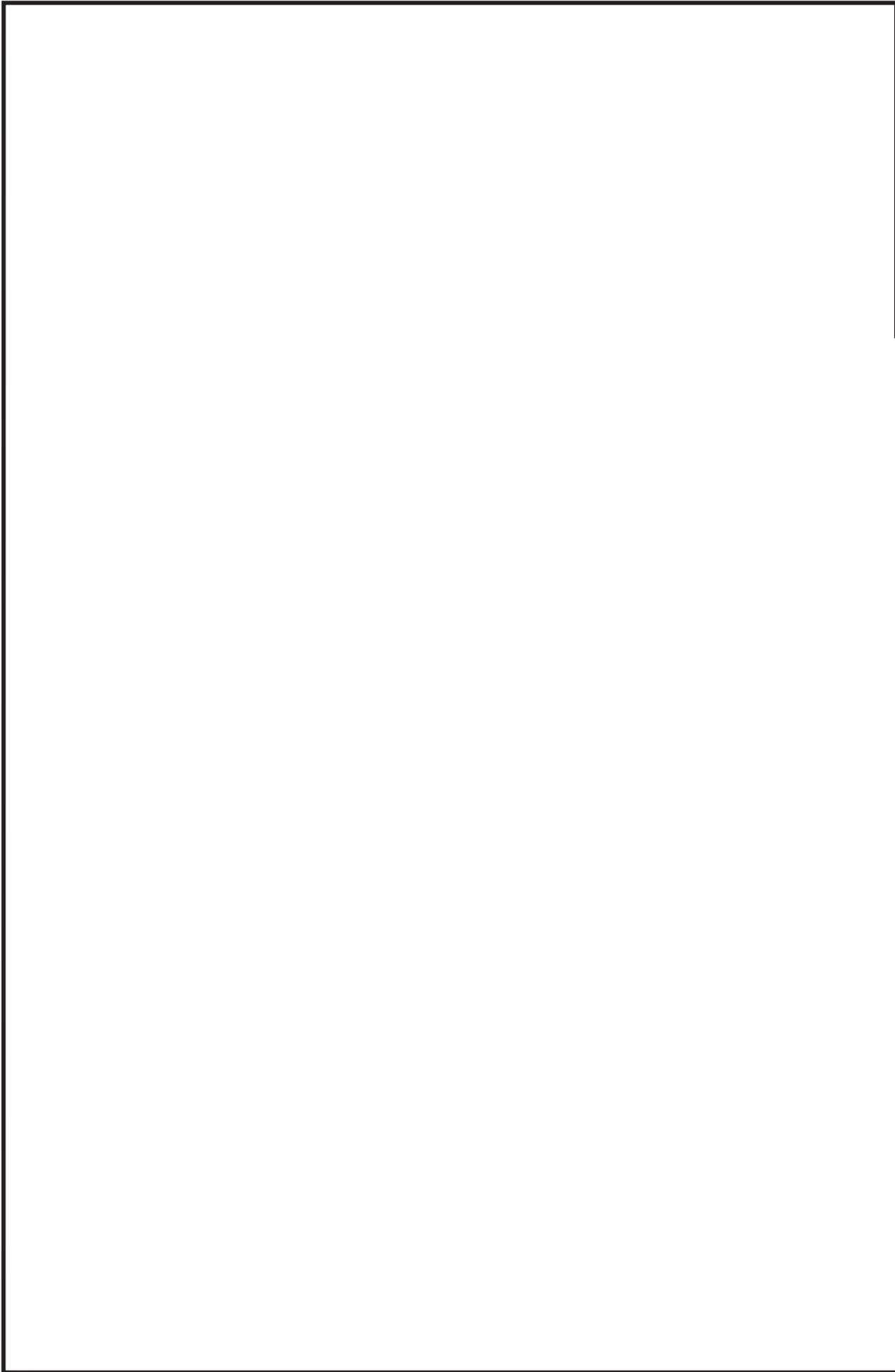
鳥瞰図 AC-001-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



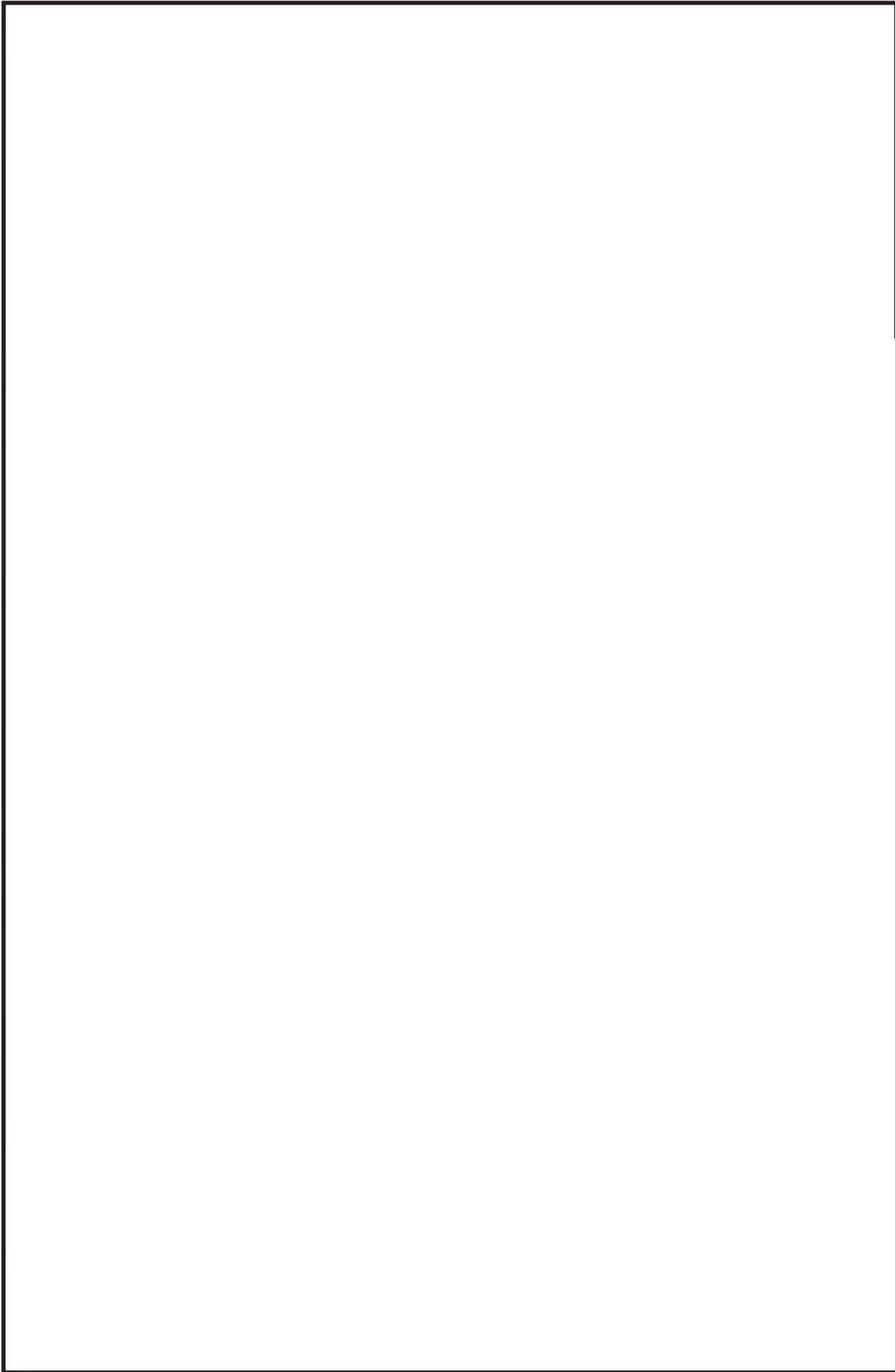
鳥瞰図 AC-001-4/6

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 AC-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 AC-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
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	原子炉格納容器調気系	DB	—	クラス 2 管	S	I _L +S d	III _A S
							II _L +S d	
							I _L +S s	
							II _L +S s	
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	非常用ガス処理系	DB	—	クラス 4 管	S	I _L +S d	III _A S
							II _L +S d	
							I _L +S 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 A C - 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	427kPa (0.427MPa)	171	609.6	9.5	SM400C	S	193320
2	427kPa (0.427MPa)	66	457.2	9.5	SM400C	S	200360
3	427kPa (0.427MPa)	171	457.2	9.5	SM400C	S	193320
4	427kPa (0.427MPa)	171	60.5	5.5	S25C	S	193320
5	427kPa (0.427MPa)	104	609.6	31.0	SM400C	S	197680
6	427kPa (0.427MPa)	104	609.6	9.5	SM400C	S	197680
7	427kPa (0.427MPa)	66	60.5	5.5	STPT370	S	200360
8	427kPa (0.427MPa)	171	60.5	5.5	STS410	S	193320
9	427kPa (0.427MPa)	104	60.5	5.5	STS410	S	197680

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 A C - 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	427kPa (0.427MPa)	104	60.5	5.5	S25C	S	197680

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 AC-001

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	18	20	21	29	30	31	32	33	34	120	150	151	159	160	167	
	801	802	806	807	905	906	915	917	918	930						
2	23	24	168													
3	4	26	27	28	808	937	938									
4	154	157	167													
5	36	37	38	39	40	41	49	56	69	108	155	156	161	162	163	
	501	521	541	551	561	641	901	919	964							
6	45	46	47	52	53	54	803	804	904							
7	75	965														
8	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	
	104	154	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	
	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	439	440	441	442	443	
	444	445	903	907	908	910	911	912	913							
9	106	107	158	177	933											
10	108	158	202													

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 AC-001

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
4		40		156		429		808	
5		41		157		430		901	
6		46		158		431		903	
7		53		159		432		904	
8		69		160		433		905	
9		78		161		434		906	
10		79		162		435		907	
11		80		163		436		908	
12		81		167		440		910	
13		82		168		441		911	
14		83		177		442		912	
15		84		202		443		913	
16		85		415		444		915	
17		86		416		445		917	
21		87		417		501		918	
23		88		418		521		919	
27		89		419		541		930	
28		90		420		551		933	
29		91		421		561		937	
30		107		422		641		938	
31		108		423		801		964	
32		120		424		802		965	
33		150		425		803			
37		151		426		804			
38		154		427		806			
39		155		428		807			

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 (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。

鳥 瞰 図 AC-001

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)								
1		18		75		34		24	
2		19		76		35		25	
3		20		77		36		26	
57		59		109		63		61	
121		124		110		127		136	
58		60				64		62	
122		125				128		137	
123		126				129		138	

弁 6		弁 7		弁 8		弁 9		弁 10	
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)
104		43		47		50		54	
105		44		48		51		55	
106		45		49		52		56	
113				65				67	
114				130				133	
				66				68	
				131				134	
				132				135	

弁 11	
評価点	質量(kg)
437	
438	
439	
446	
447	

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 AC-001

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	2			
弁2	19			
弁3	76			
弁4	35			
弁5	25			
弁6	105			
弁7	44			
弁8	48			
弁9	51			
弁10	55			
弁11	438			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-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
9						
** 9 **						
17						
** 17 **						
** 22 **						
23						
** 33 **						
** 42 **						
46						
** 46 **						
53						
** 53 **						
85						
** 85 **						
91						
** 91 **						
** 120 **						
** 420 **						
427						
** 427 **						

** 印は斜め拘束を示しばね定数をXに示す。下段は方向余弦を示す。
 注1 地震荷重及び地震荷重を除く短期的機械荷重の解析に使用するスナップのばね定数を示す。

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 AC-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
431						
** 431 **						
436						
** 436 **						
441						
** 441 **						
447						
** 901 **						
** 903 **						
** 904 **						
** 905 **						
906						
** 913 **						
915						
** 917 **						
918						
** 919 **						
** 930 **						
** 937 **						
** 938 **						
** 964 **						

** 印は斜め拘束を示しばね定数をXに示す。下段は方向余弦を示す。
 注1 地震荷重及び地震荷重を除く短期的機械荷重の解析に使用するスナップのばね定数を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-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
78						
** 78 **						
102						
** 102 **						
110						
** 110 **						
114						
** 114 **						
933						
** 933 **						
965						
** 965 **						

*印は小口径配管の支持構造を大口径配管から小口径までビーム要素でモデル化している。
 **印は斜め拘束を示しばね定数をXに示す。下段は方向余弦を示す。

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 (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。

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)
S25C	104	—	242	406	—
	171	—	224	406	—
SM400C*1	66	—	234	385	—
	104	—	219	373	—
	171	—	201	373	—
SM400C*2	104	—	210	373	—
STPT370	66	—	199	360	—
STS410	104	—	219	404	—
	171	—	211	404	—

*1：板厚が 16mm以下

*2：板厚が 16mmを超えかつ 40mm以下

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(%)
A C - 0 0 1	原子炉格納容器		
	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 AC-001

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水平震度*1	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
9 次							
10 次*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0.050s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_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 AC-001

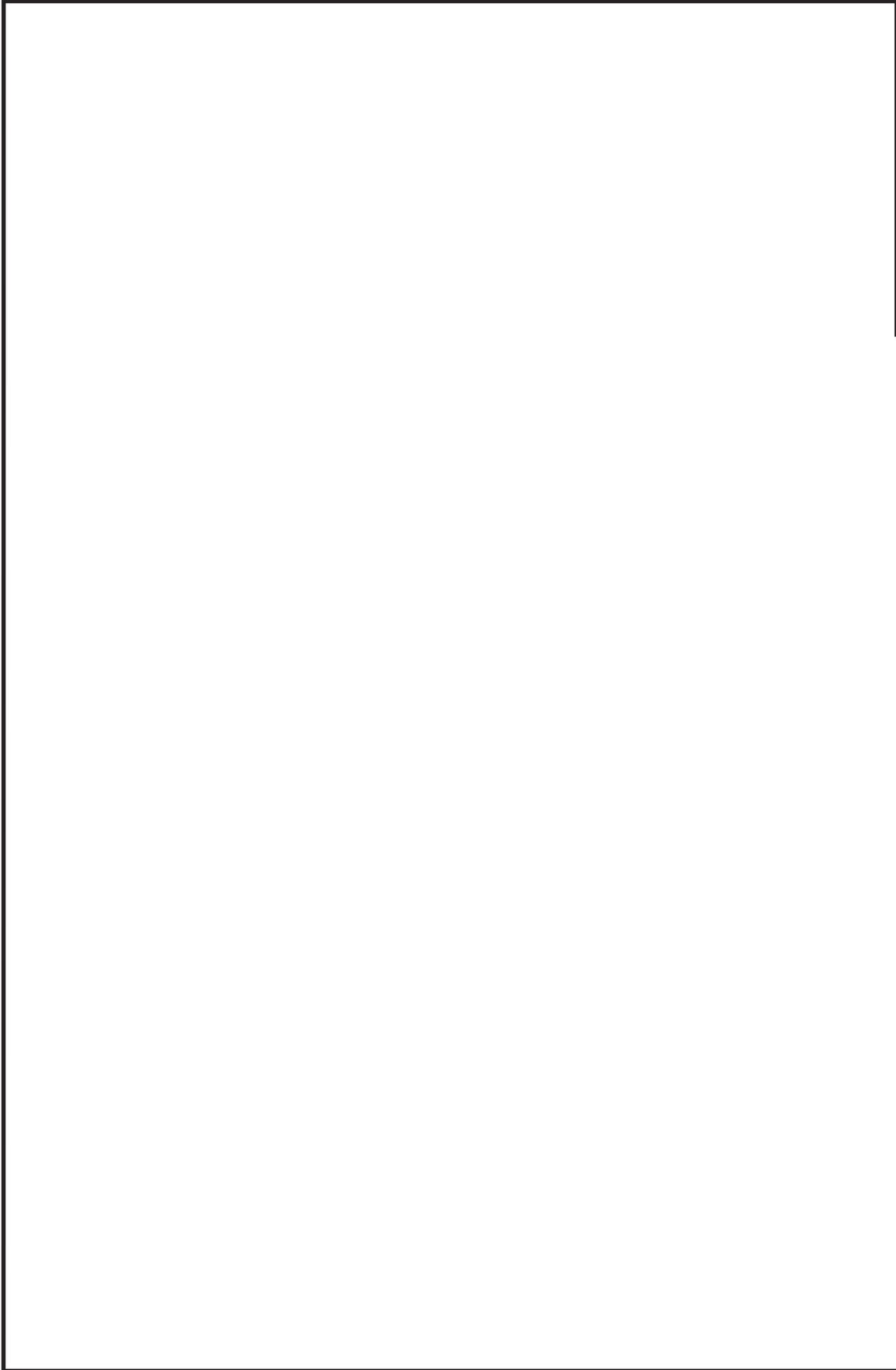
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

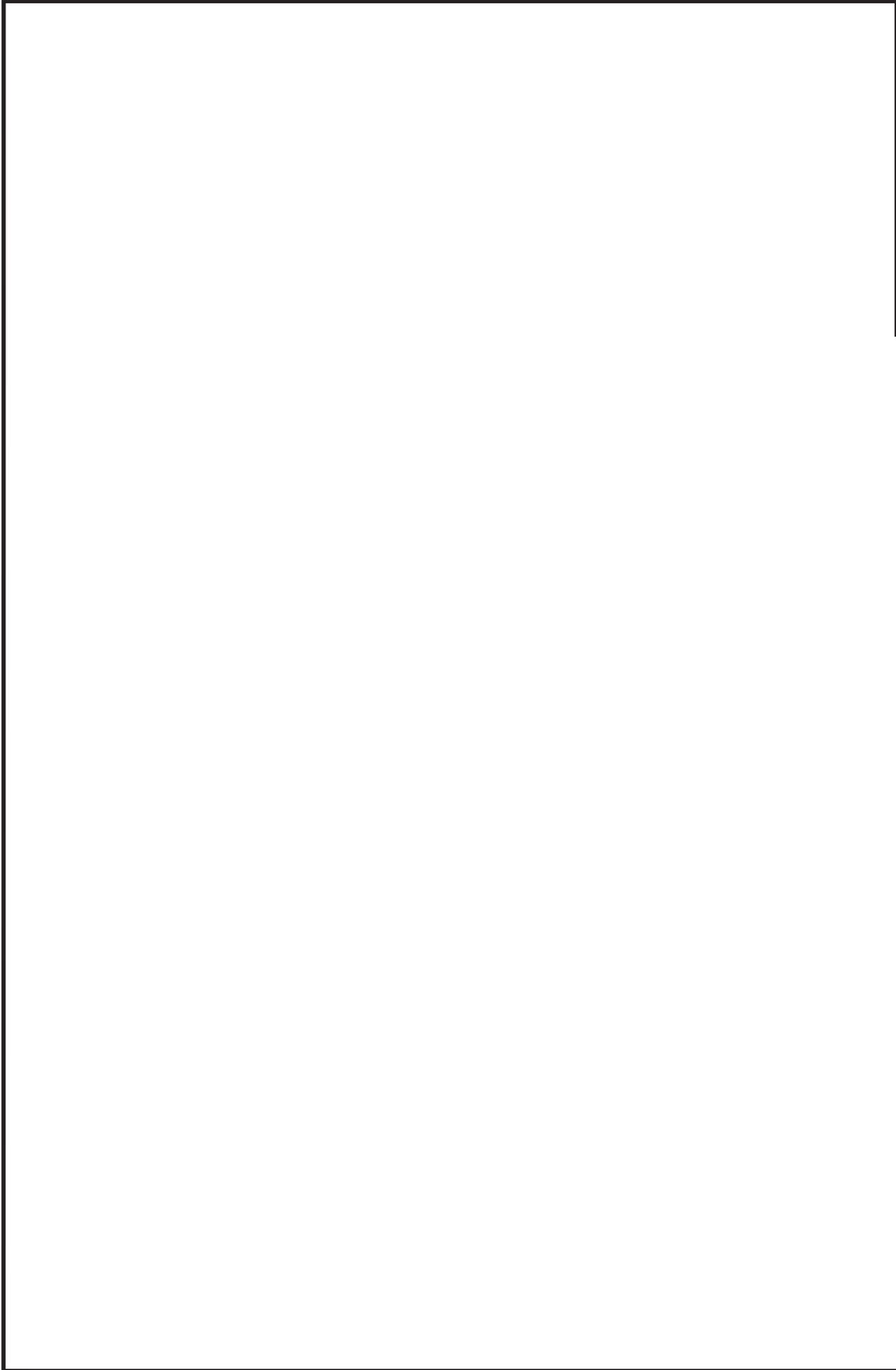
代表的振動モード図

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。



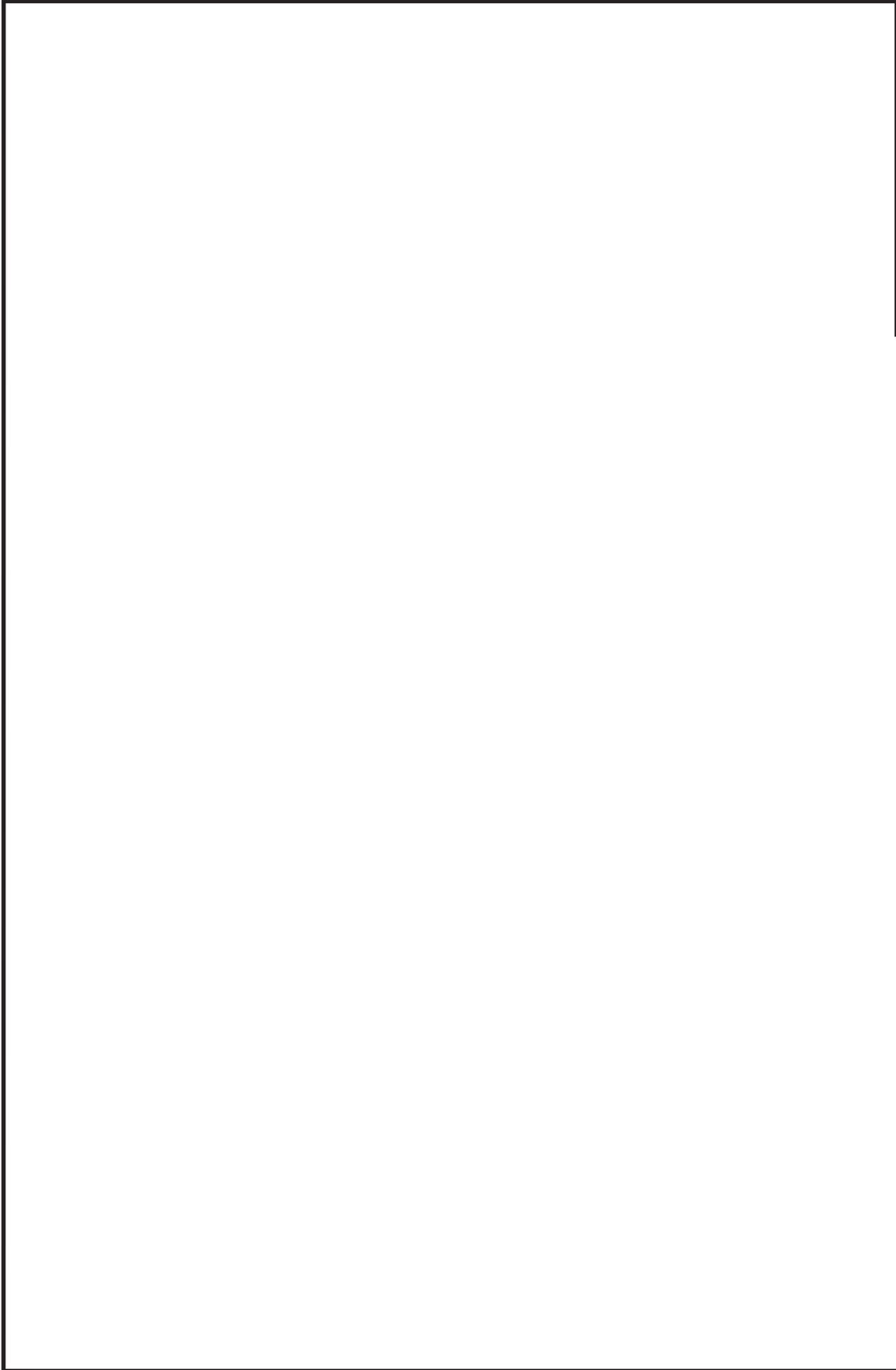
鳥瞰図 AC-001

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 AC-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 AC-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 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 Sy*1 0.9・Su	計算応力 — — 242	許容応力 — — 402	
AC-001	III _A S	13	Spr m(Sd)	69	201	—	—	—
	IV _A S	13	Spr m(Ss)	107	335	—	—	—
	IV _A S	34	Sn(Ss)	—	—	242	402	USs

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, Syと1.2・Sh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)
AC-001-046BA	ロッドレストレイント	RST-5	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		178	235
AC-002-924SA	メカニカルスナッパ	SMS-25-100			195	525

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	許容 応力 (MPa)	
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
AC-002-028R	レストレイント	架構	STKR400	40	199	155	199	-	-	-	曲げ	115	490
AC-002-253A	アンカ	架構	STKR400	40	38	198	37	84	12	85	曲げ	194	490

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
T46-F003A	バタフライ弁	β (S d)	5.9	2.1	6.0	6.0	—	—

* 応答加速度は、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	疲労係数	代表
1	AC-001	13	69	201	2.91	○	13	107	335	3.13	○	34	242	402	1.66	○	—	—	—
2	AC-002	15	66	201	3.04	—	221	115	363	3.15	—	33	230	402	1.74	—	—	—	—

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	15
3.1 計算方法	15
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	16
3.3 設計条件	18
3.4 材料及び許容応力評価条件	26
3.5 設計用地震力	27
4. 解析結果及び評価	28
4.1 固有周期及び設計震度	28
4.2 評価結果	34
4.2.1 管の応力評価結果	34
4.2.2 支持構造物評価結果	35
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	36
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	37

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、原子炉格納容器調気系の管、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

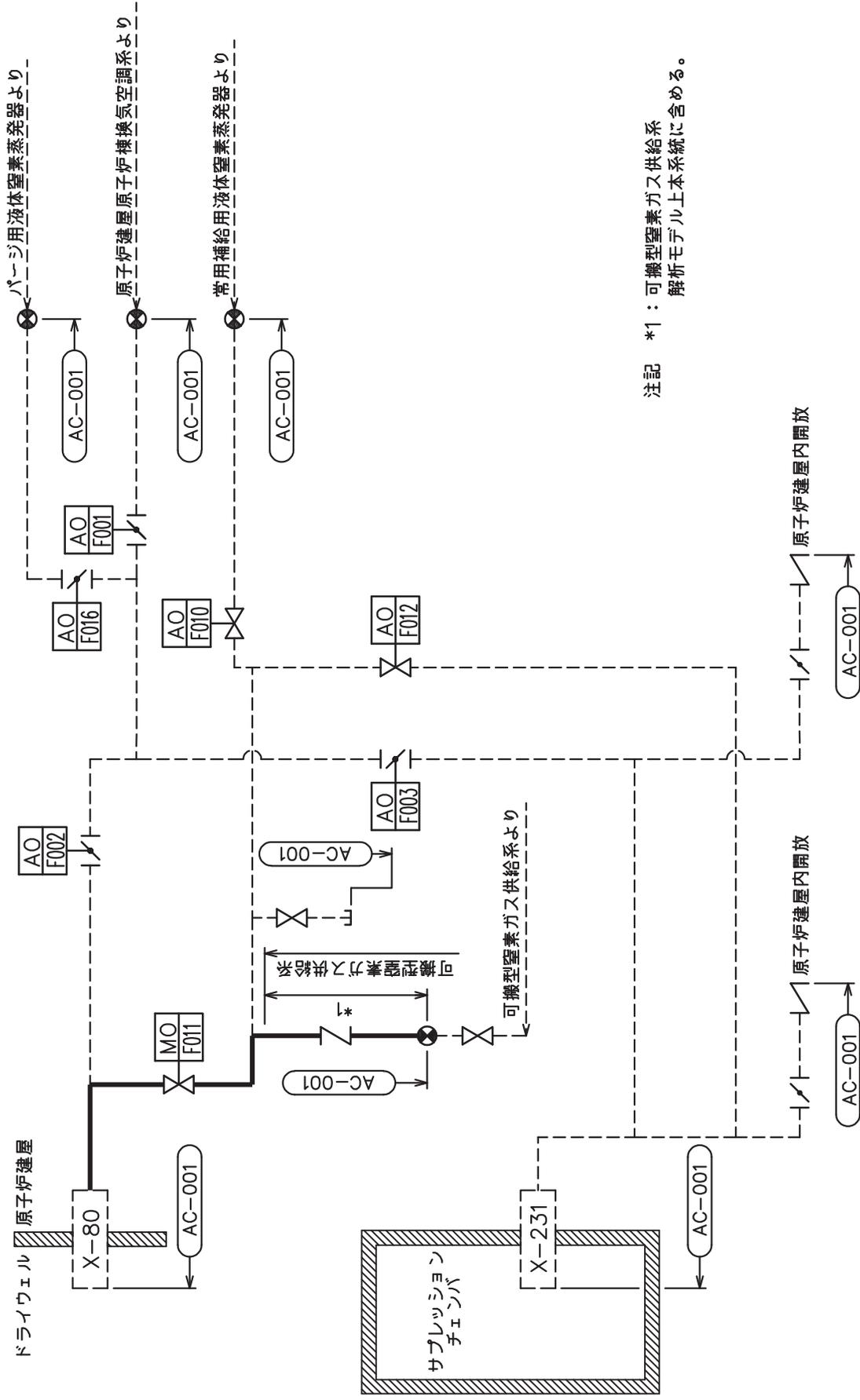
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

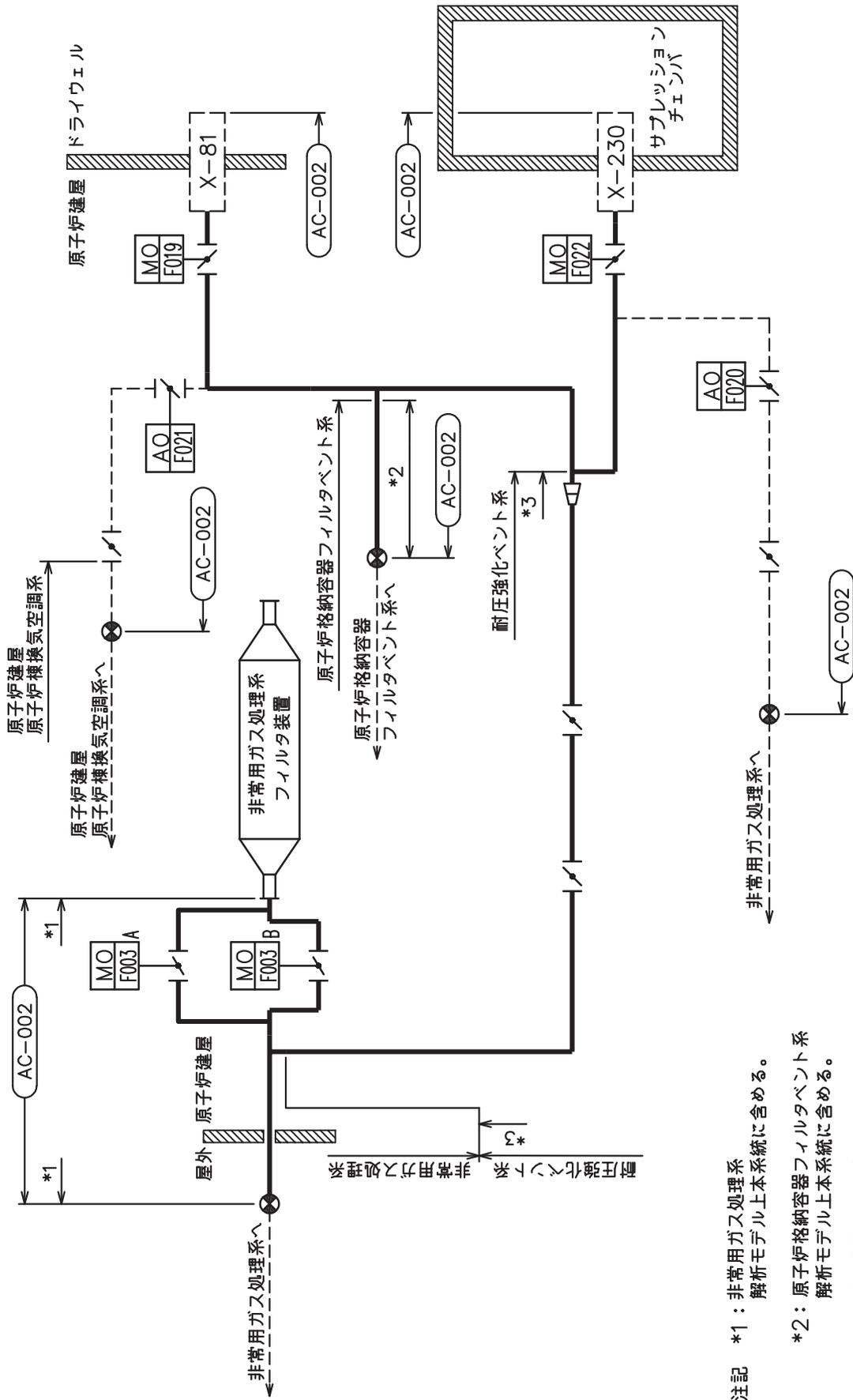
概略系統図記号凡例

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：可搬型窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める。

原子炉格納容器調気系概略系統図（その1）

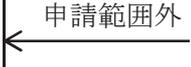
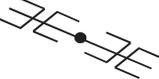
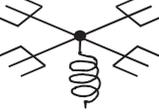
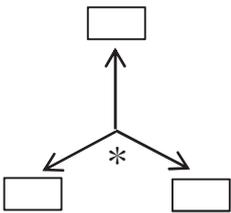


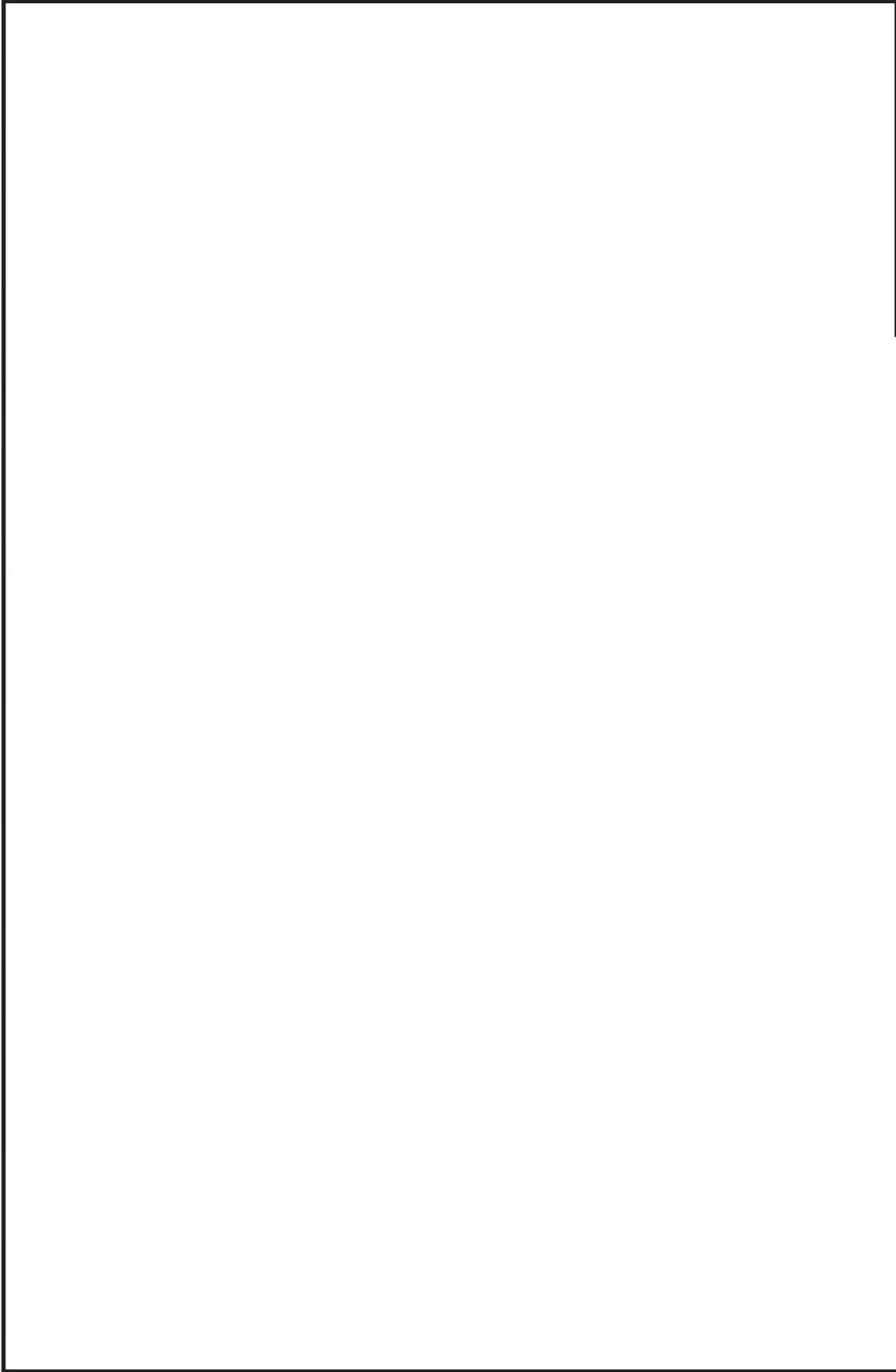
- 注記
- *1: 非常用ガス処理系
解析モデル上本系統に含める。
 - *2: 原子炉格納容器フィルタベント系
解析モデル上本系統に含める。
 - *3: 耐圧強化ベント系
解析モデル上本系統に含める。

原子炉格納容器調気系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

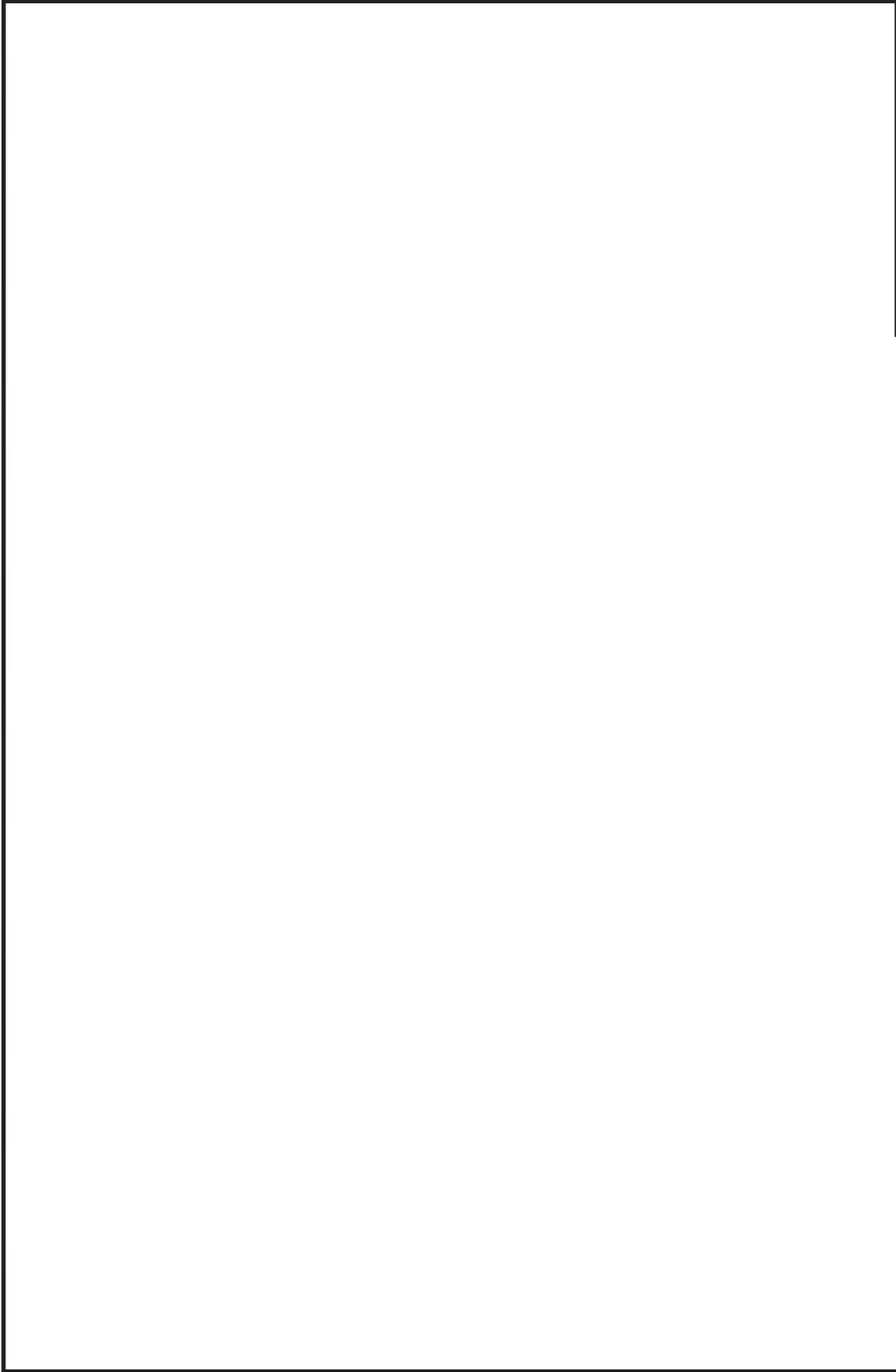
鳥瞰図記号凡例

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。スナッパについても同様とする。)</p>
	<p>スナッパ</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, 内に変位量を記載する。)</p>



鳥瞰図 AC-002-1/9

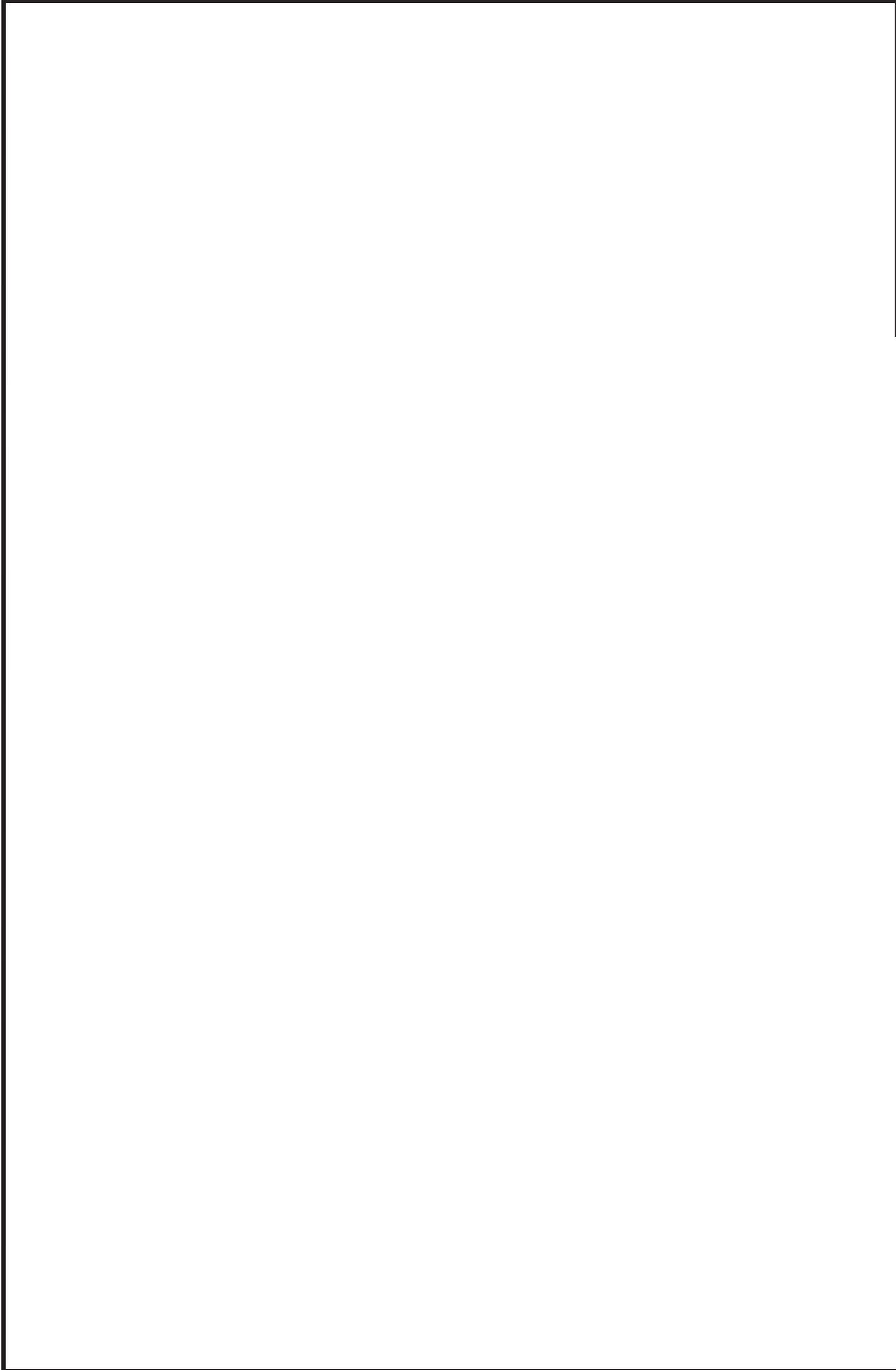
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

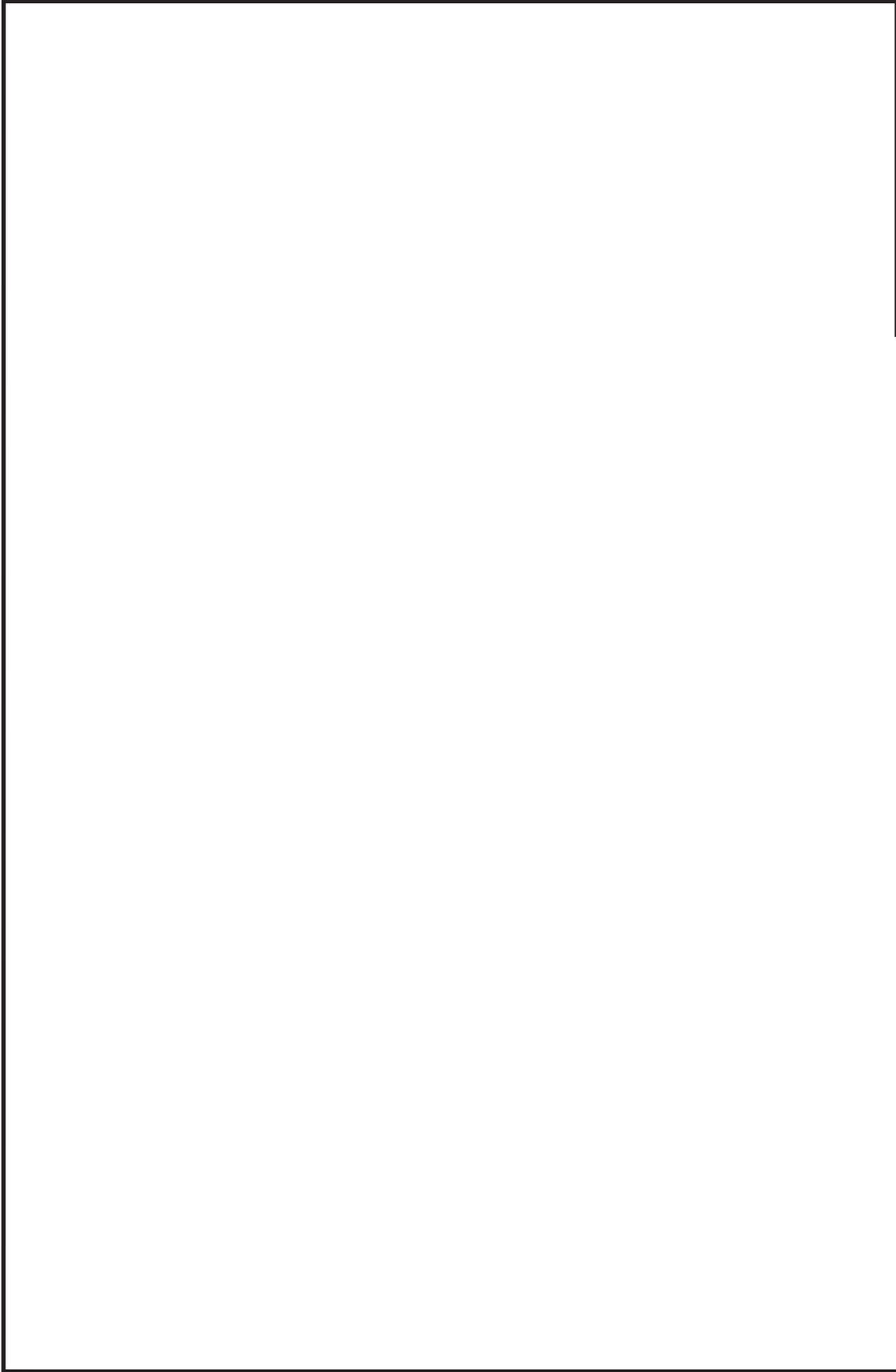
AC-002-2/9

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 AC-002-3/9

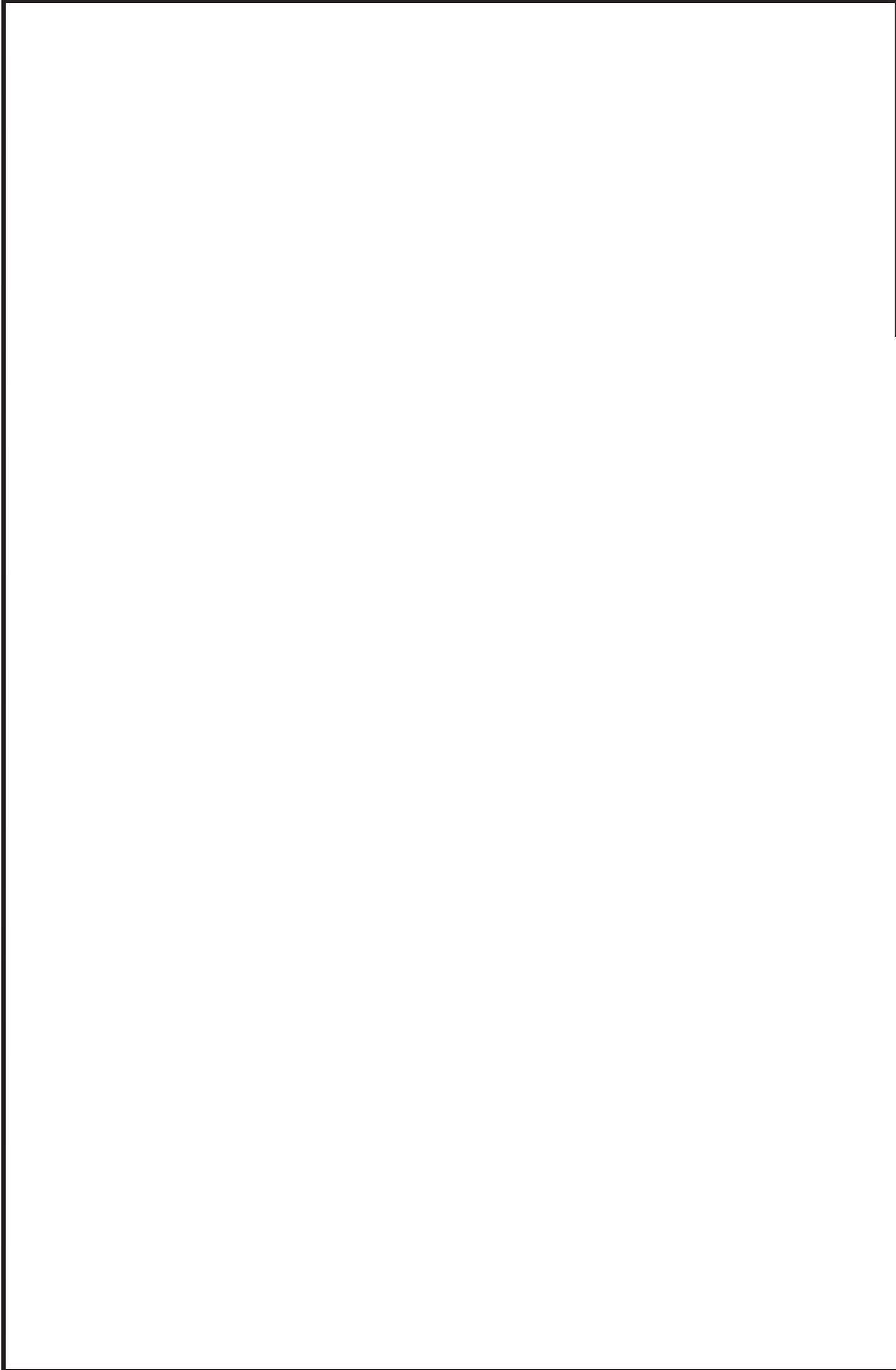
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

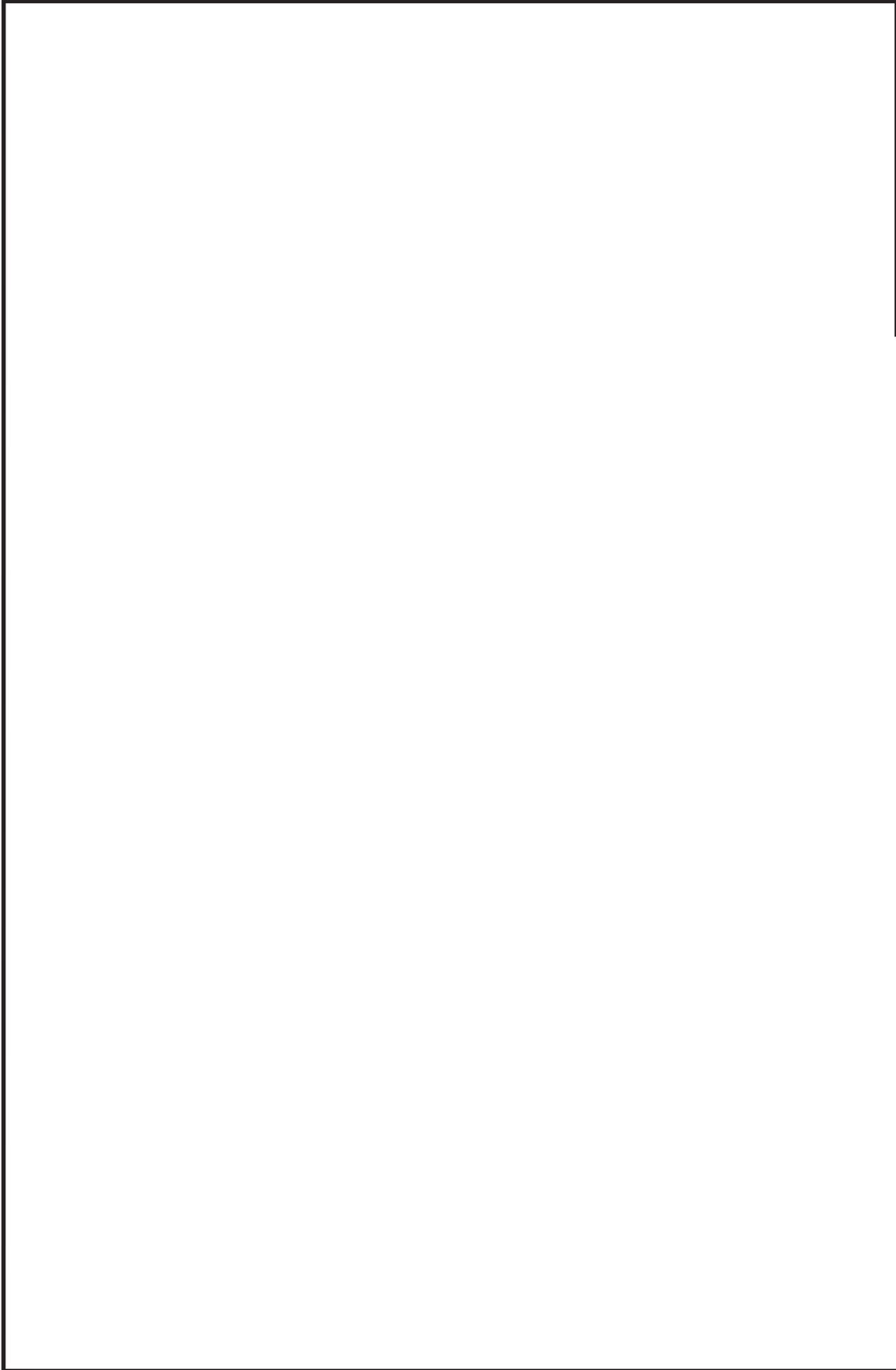
AC-002-4/9

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



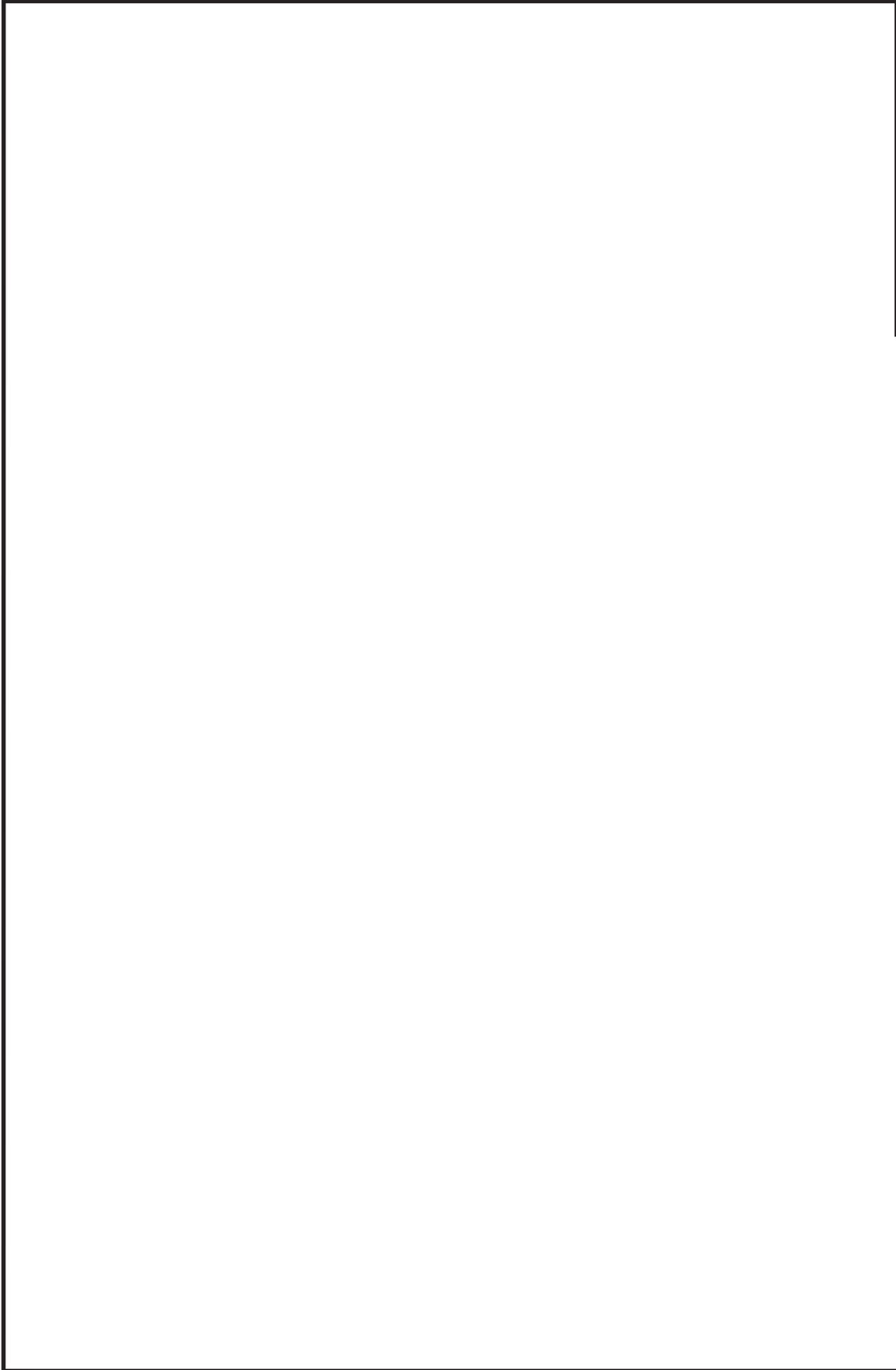
鳥瞰図 AC-002-5/9

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



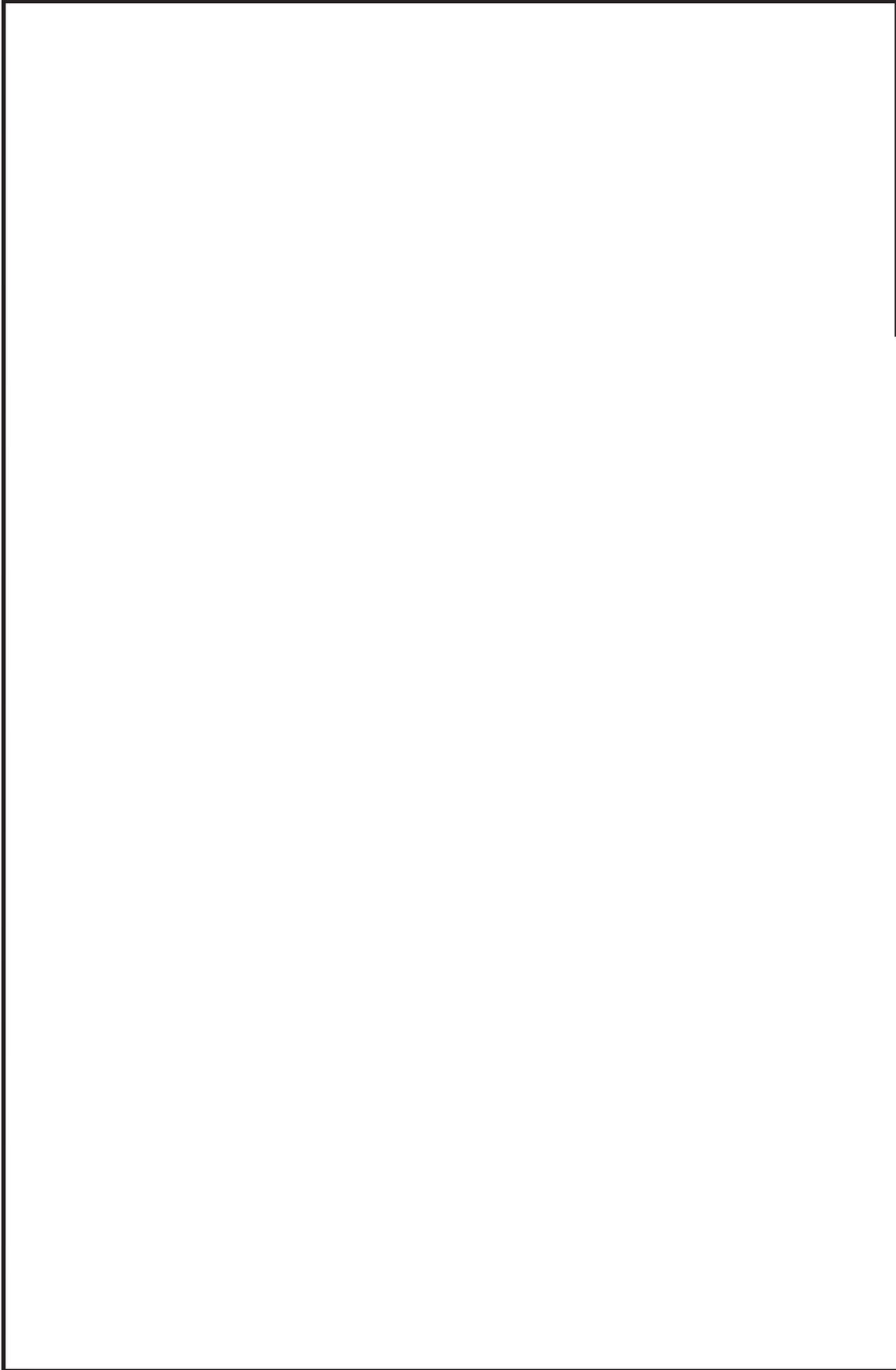
鳥瞰図 AC-002-6/9

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



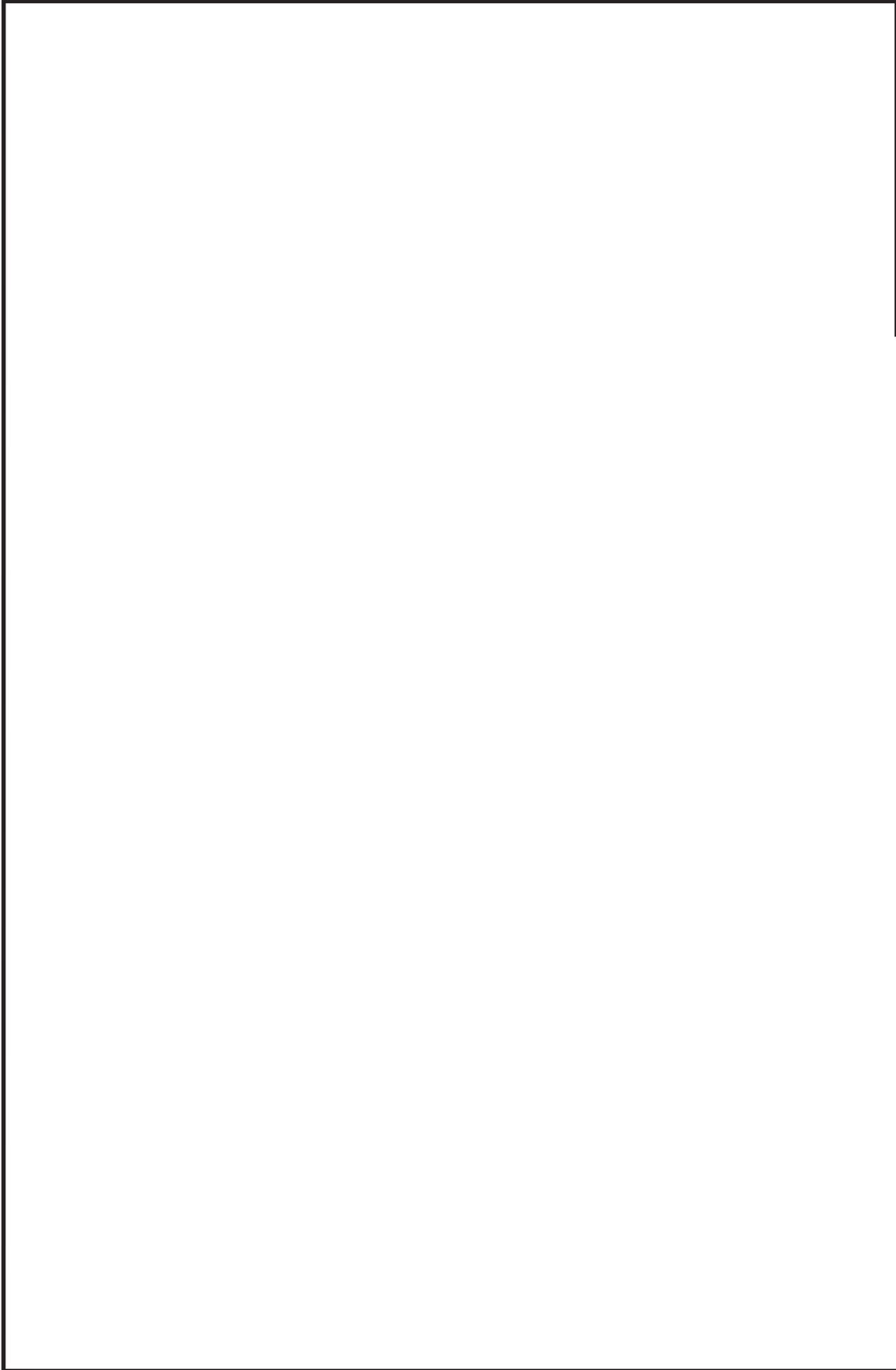
鳥瞰図 AC-002-7/9

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 AC-002-8/9

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 AC-002-9/9

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	残留熱除去設備	原子炉格納容器 フィルタベント系	SA	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 (LL) + S s	
							V _L + S s	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	SA	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 (LL) + 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	非常用ガス処理系	SA	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L (L) + S d	V _A S
							V _L (LL) + S s	
							V _L + S s	
原子炉格納施設	放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備	原子炉格納容器 フィルタベント系	SA	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L (L) + S d	V _A S
							V _L (LL) + S s	
							V _L + S s	

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉格納施設	圧力逃がし装置	原子炉格納容器 フィルタベント系	SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S d$ $V_L(LL) + S s$ $V_L + S s$	V_{AS}

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を示す。

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

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 AC-002

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	23.5kPa (0.0235MPa)	140	318.5	10.3	STS410	—	195400
2	854kPa (0.854MPa)	171	318.5	10.3	STS410	—	193320
3	854kPa (0.854MPa)	200	609.6	31.0	SM400C	—	191000
4	854kPa (0.854MPa)	200	609.6	17.5	SM400C	—	191000
5	854kPa (0.854MPa)	200	609.6	9.5	SM400C	—	191000
6	854kPa (0.854MPa)	200	457.2	9.5	SM400C	—	191000
7	854kPa (0.854MPa)	200	457.2	14.3	STS410	—	191000
8	854kPa (0.854MPa)	200	318.5	10.3	STS410	—	191000
9	854kPa (0.854MPa)	200	318.5	10.3	STS410	—	191000

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 A C - 0 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
10	854kPa (0.854MPa)	171	318.5	10.3	STS410	—	193320
11	854kPa (0.854MPa)	200	609.6	17.5	STS410	—	191000
12	854kPa (0.854MPa)	200	406.4	12.7	STS410	—	191000
13	854kPa (0.854MPa)	200	406.4	12.7	STS410	—	191000
14	854kPa (0.854MPa)	200	406.4	21.4	SF490A	—	191000

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 AC-002

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	201	202	203	204	205	261	312	313	314						
2	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
	153	154	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
	250	252	253	254	255	256	257	258	259	306	307	308	309	310	311
	350	351	352	801	802	810	823	824	825	900	904	920			
3	20	21	22	24	25	804	805	808	902	903	924				
4	25	26	27	28	39	323	324	826							
5	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46
	47	48	100	315	318	319	320	322	323	324	439	803	806	807	809
	811	812	815	826	901	905	908	916	918						
6	100	316													
7	101	316													
8	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
	317	354	355	356	357										
9	132	133	414												
10	136	137	353	416	900										
11	48	438	439												
12	438	440													
13	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454
	455	456	457	458	459	460	814	817							
14	460	461													

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1(重) R0

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 AC-002

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
2		108		204		253		451	
6		109		208		254		452	
7		110		209		255		453	
8		111		210		256		454	
9		112		211		257		455	
10		113		212		258		456	
11		114		213		306		457	
12		115		214		307		458	
13		116		215		308		459	
14		117		216		309		460	
15		118		217		310		461	
20		119		218		311		801	
21		120		219		312		802	
25		121		220		313		803	
26		122		221		314		804	
27		123		222		315		805	
28		124		223		316		806	
29		125		224		317		807	
30		126		225		318		808	
31		127		226		319		809	
32		128		227		320		810	
33		129		228		322		811	
34		133		229		323		812	
35		136		230		324		814	
36		137		231		350		815	
37		138		232		351		817	
38		139		233		352		823	
39		140		234		353		824	
40		141		235		354		825	
41		142		236		355		826	
42		143		237		356		900	
43		144		238		357		901	
44		145		239		438		902	
45		146		240		439		903	
46		147		241		440		904	
47		148		242		441		905	
48		149		243		442		908	
100		150		244		443		916	
101		151		245		444		918	
102		152		246		445		920	
103		153		247		446		924	
104		154		248		447			
105		201		249		448			
106		202		250		449			
107		203		252		450			

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1(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。

鳥 瞰 図 AC-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)								
130		414		205		261		3	
131		415		206		260		4	
132		416		207		259		5	
303		417		262		264		56	
304		418		301		302		57	
305		419		263		265		71	

弁 6

評価点	質量(kg)
22	
23	
24	
60	
61	
77	

鳥 瞰 図 AC-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	131			
弁2	415			
弁3	206			
弁4	260			
弁5	4			
弁6	23			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-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
** 1 **						
** 6 **						
11						
** 19 **						
28						
** 28 **						
** 33 **						
36						
44						
103						
105						
113						
122						
126						
133						
140						
147						
153						
201						
208						
213						
217						
221						
224						
228						

** 印は斜め拘束を示しばね定数をXに示す。下段は方向余弦を示す。
注1 地震荷重及び地震荷重を除く短期的機械荷重の解析に使用するスナップのばね定数を示す。

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-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
234						
238						
242						
246						
249						
253						
258						
443						
446						
450						
455						
461						
900						
** 901 **						
** 902 **						
** 903 **						
904						
905						
908						
** 916 **						
918						
920						
** 924 **						

** 印は斜め拘束を示しばね定数をXに示す。下段は方向余弦を示す。
注1 地震荷重及び地震荷重を除く短期的機械荷重の解析に使用するスナップのばね定数を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

O2 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1(重) R0

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)
SF490A	200	—	213	438	—
SM400C*1	200	—	193	373	—
SM400C*2	200	—	185	373	—
STS410	140	—	215	404	—
	171	—	211	404	—
	200	—	207	404	—

*1：板厚が 16mm以下

*2：板厚が 16mmを超えかつ 40mm以下

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(%)
A C - 0 0 2	原子炉格納容器		
	原子炉建屋		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 AC-002

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
	固有周期 (s)	応答水 平震 度*1	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		X方 向	Z方 向	
1次								
2次								
3次								
4次								
5次								
6次								
7次								
8次								
19次								
20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0.050s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_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 AC-002

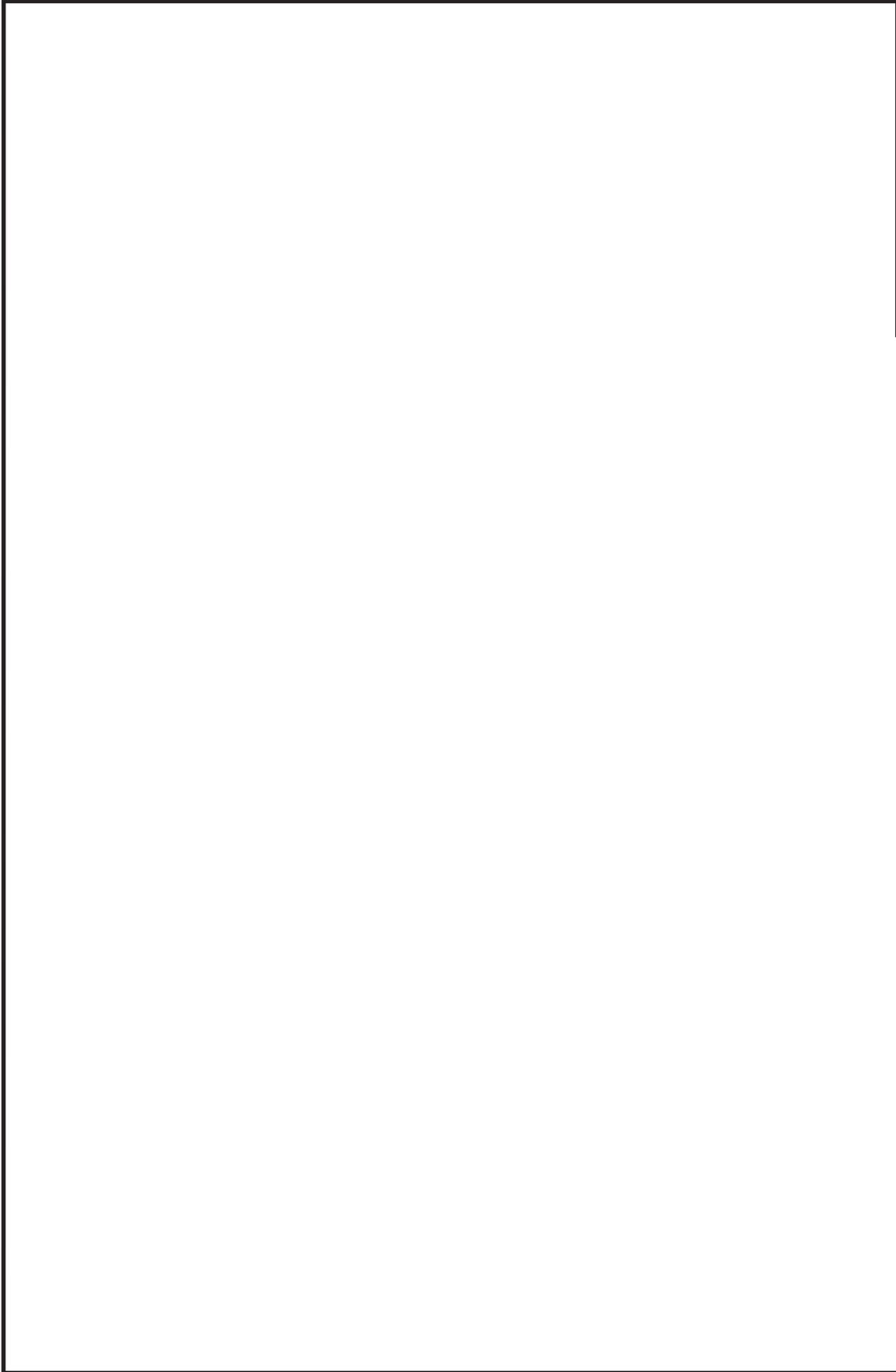
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
19次				

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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

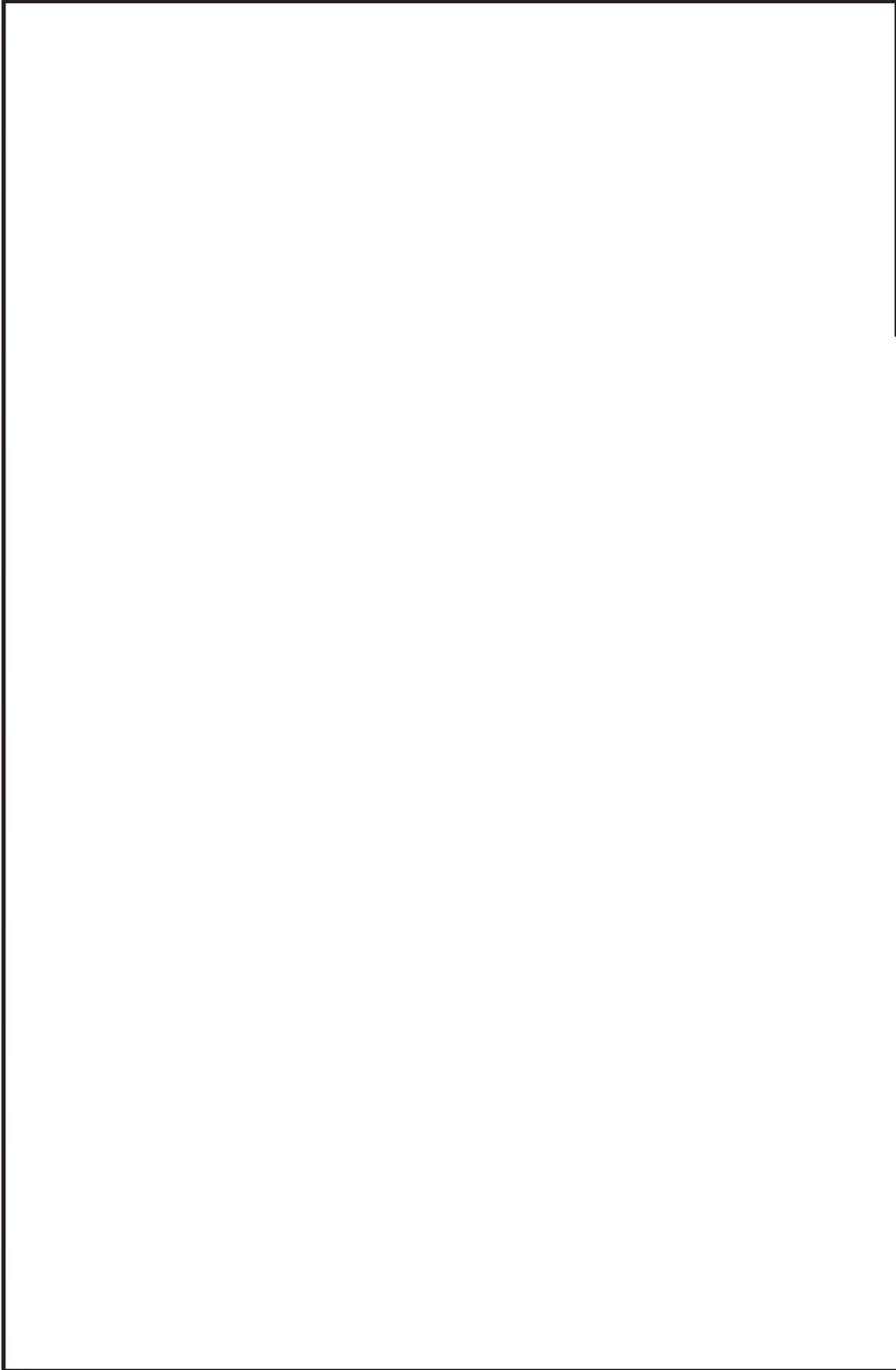
代表的振動モード図

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。



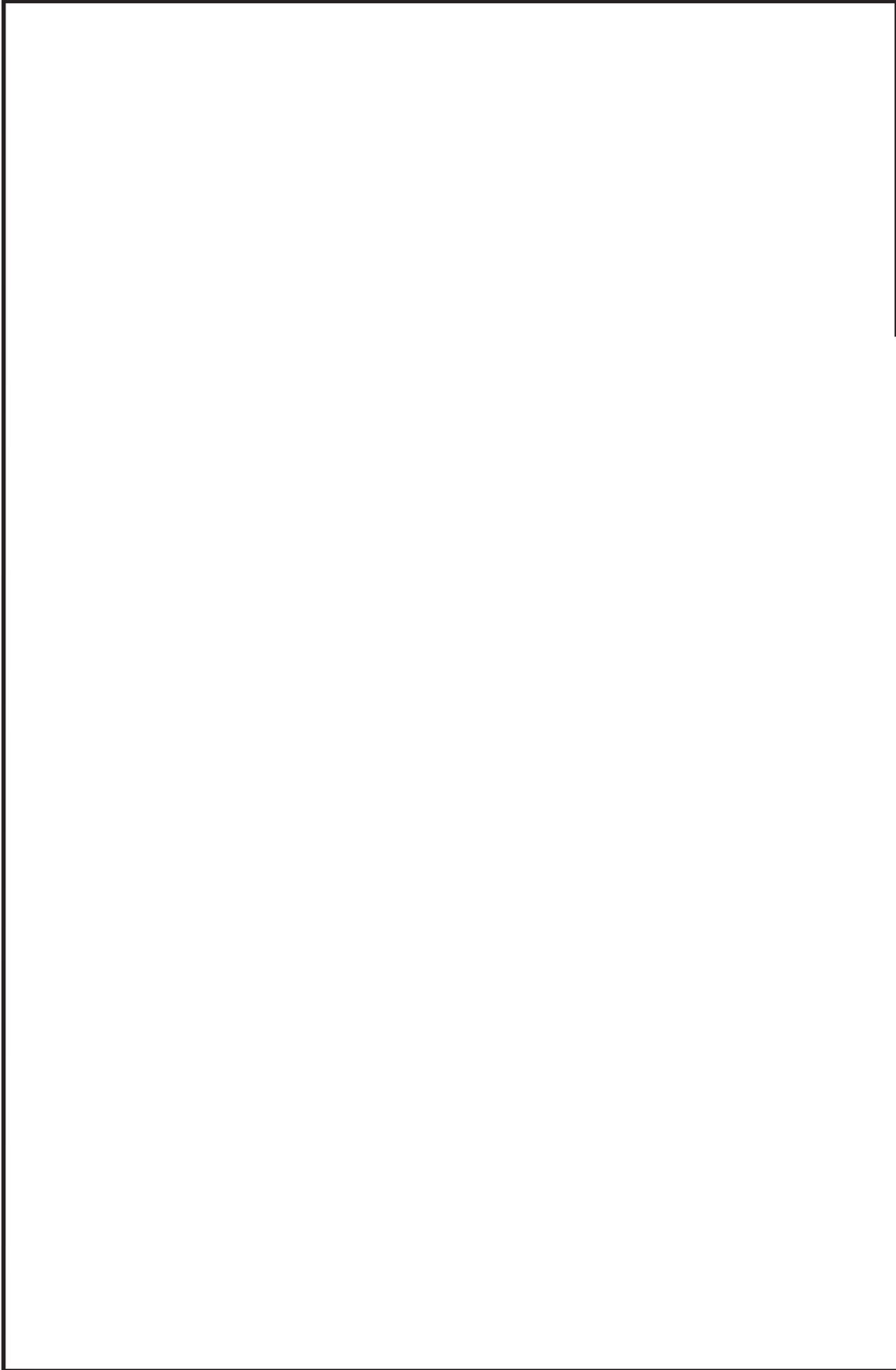
鳥瞰図 AC-002

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 AC-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 AC-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。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (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	
AC-002	V _A S	221	S p r m (S s)	122	363	—	—	—
	V _A S	33	S n (S s)	—	—	280	386	—

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)
AC-002-924SA	メカニカルスッパ	SMS-25-100	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		231	525
AC-002-033BA	ロッドレストレイント	RSA-25			54	375
AC-002-033BB	ロッドレストレイント	RSA-16			76	240

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			
AC-002-028R	レストレイント	架構	STKR400	130	256	193	256	-	-	-	曲げ	147	375
AC-002-461A	アンカ	架構	STKR400	66	106	78	342	106	130	66	せん断	52	250

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 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	AC-001	437	78	363	4.65	—	437	175	414	2.36	—	—	—	—
2	AC-002	221	122	363	2.97	○	33	280	386	1.37	○	—	—	—