

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-04-0090_改0
提出年月日	2021年4月23日

VI-3-3-3-5-1-3-2 管の応力計算書（原子炉隔離時冷却系）

2021年4月

東北電力株式会社

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-3 クラス2機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法」並びに「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
RCIC-001	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	有	S55告示	既工認	—	SA-2
RCIC-002	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	11.77	66	11.77	66	有	S55告示	既工認	—	SA-2
RCIC-003	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	8.62	302	10.34	315	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
RCIC-004	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	10.34	315	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RCIC-005	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	有	S55告示	既工認	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	0.98	184	0.98	184	有	S55告示	既工認	—	SA-2
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	0.98	184	0.98	200	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.98	184	0.98	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.98	184	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.98	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2	

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	10
3.1 設計条件	10
3.2 材料及び許容応力	14
4. 評価結果	16
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	19

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-3 クラス 2 機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-4 クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。






(1) 管

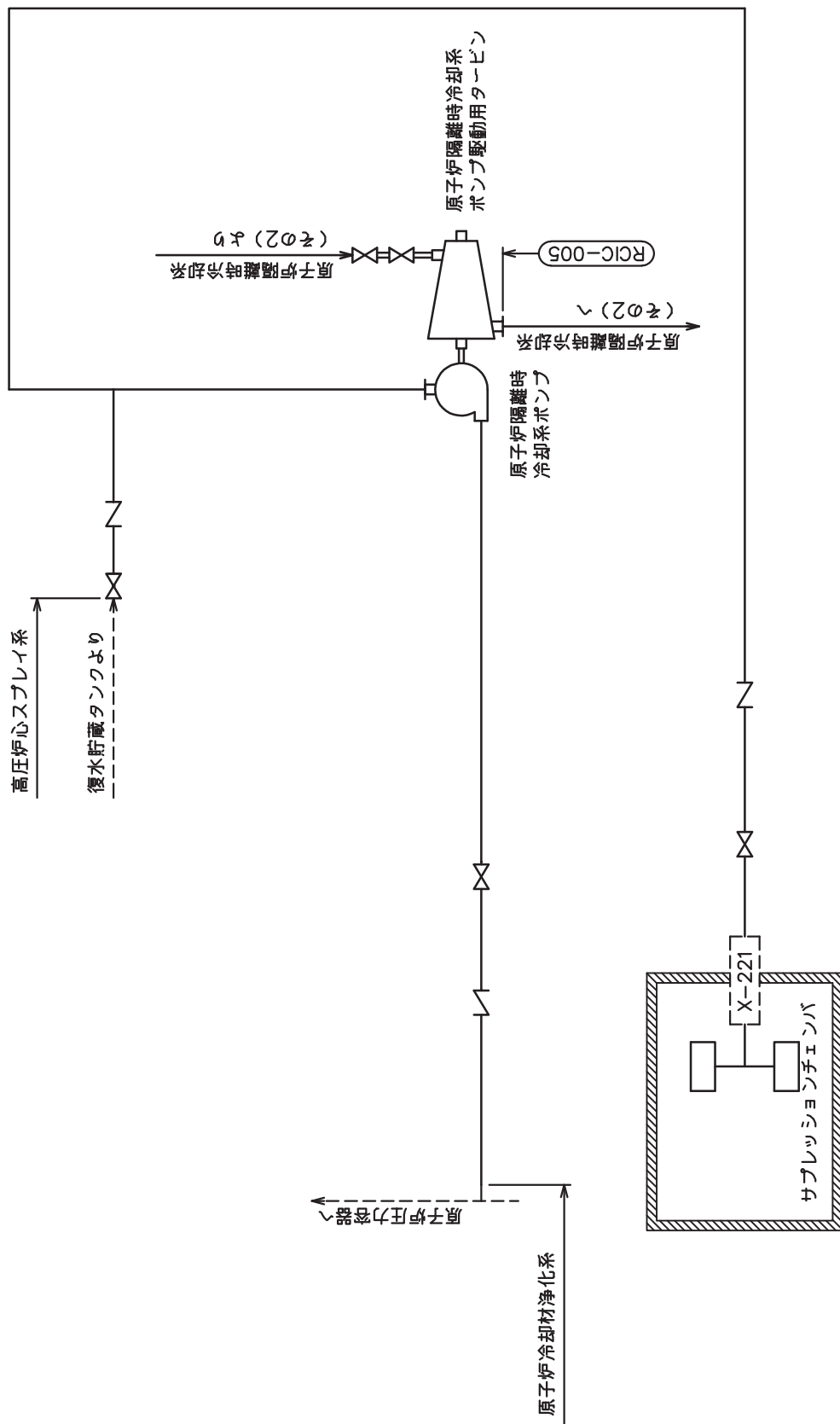
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 2 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

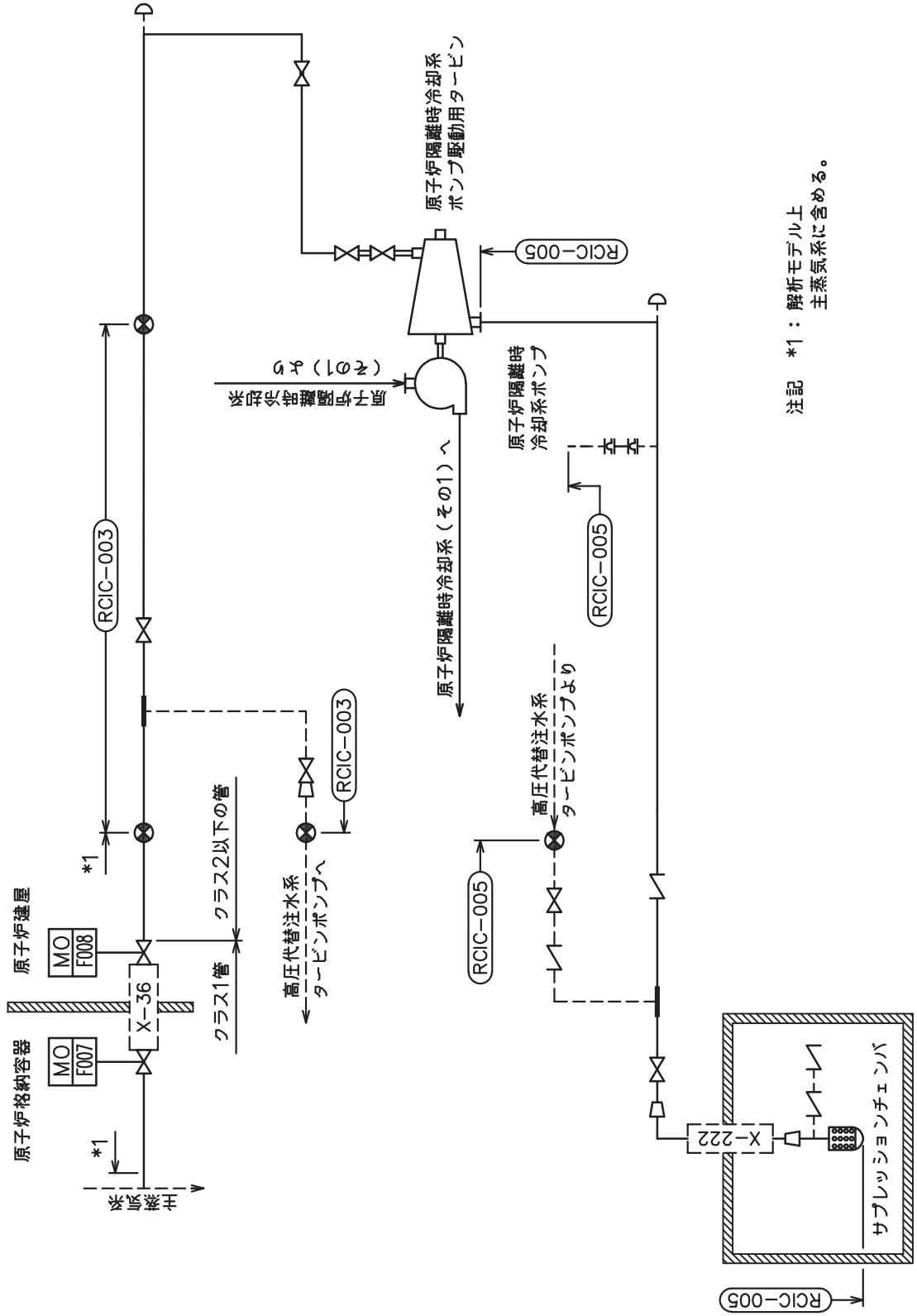
2.1 概略系統図

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




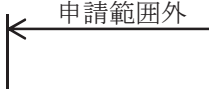


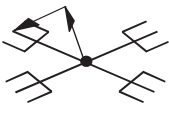
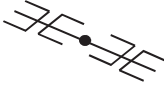

原子炉隔離時冷却系概略系統図(その1)

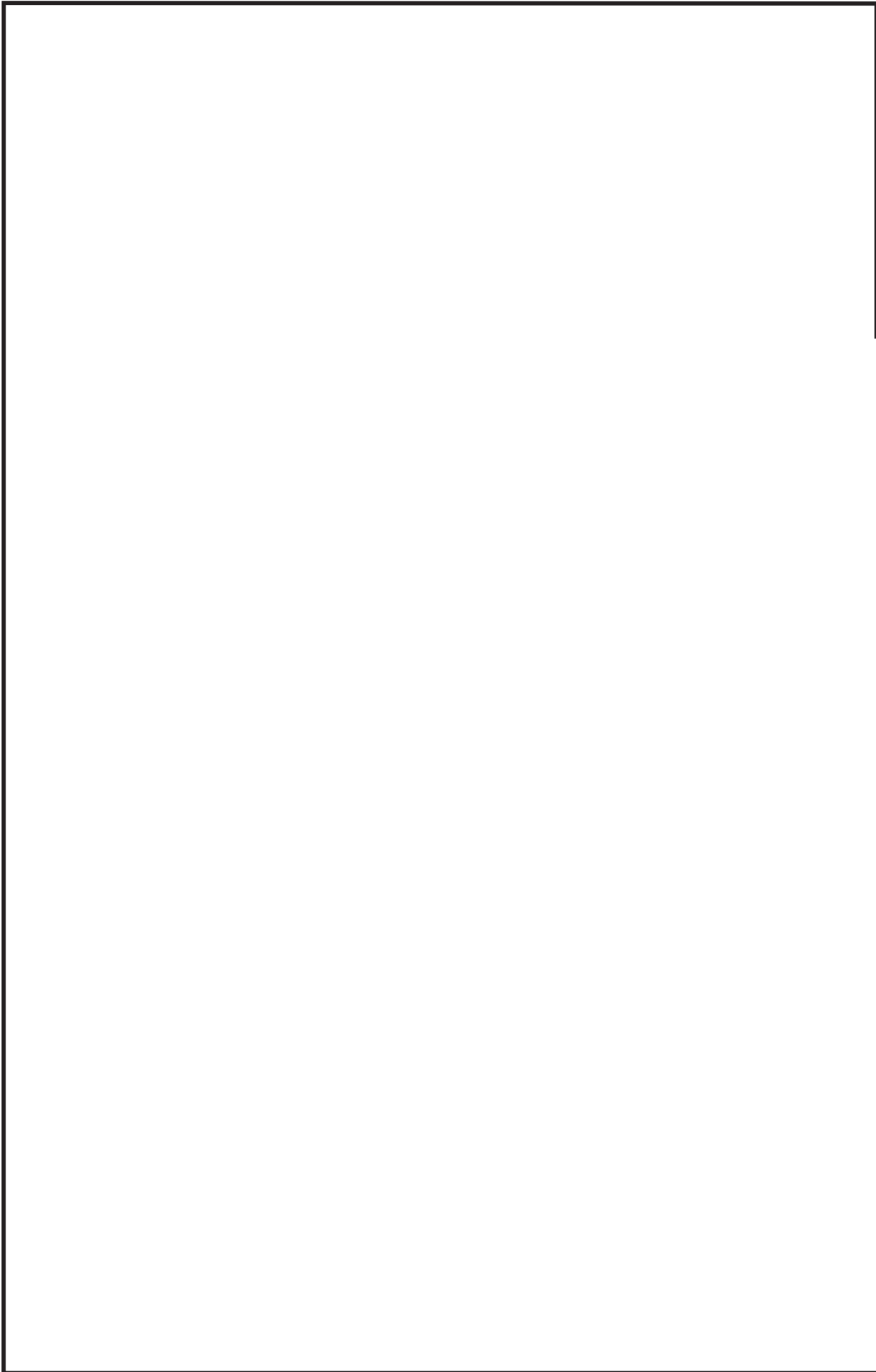


原子炉隔離時冷却系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

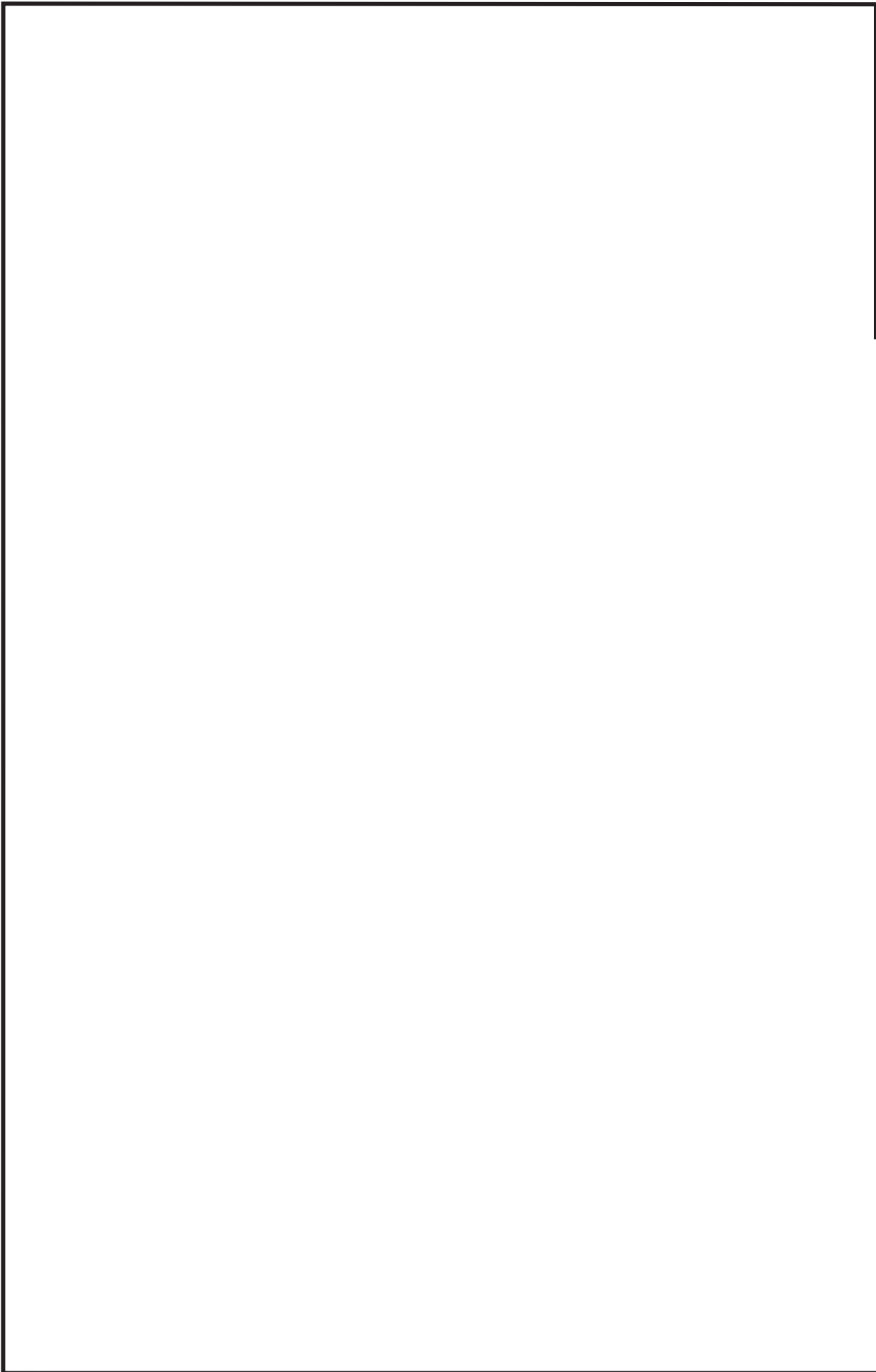
鳥瞰図記号凡例

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>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。スナツバについても同様とする。)</p>
	<p>スナツバ</p>
	<p>ハンガ</p>



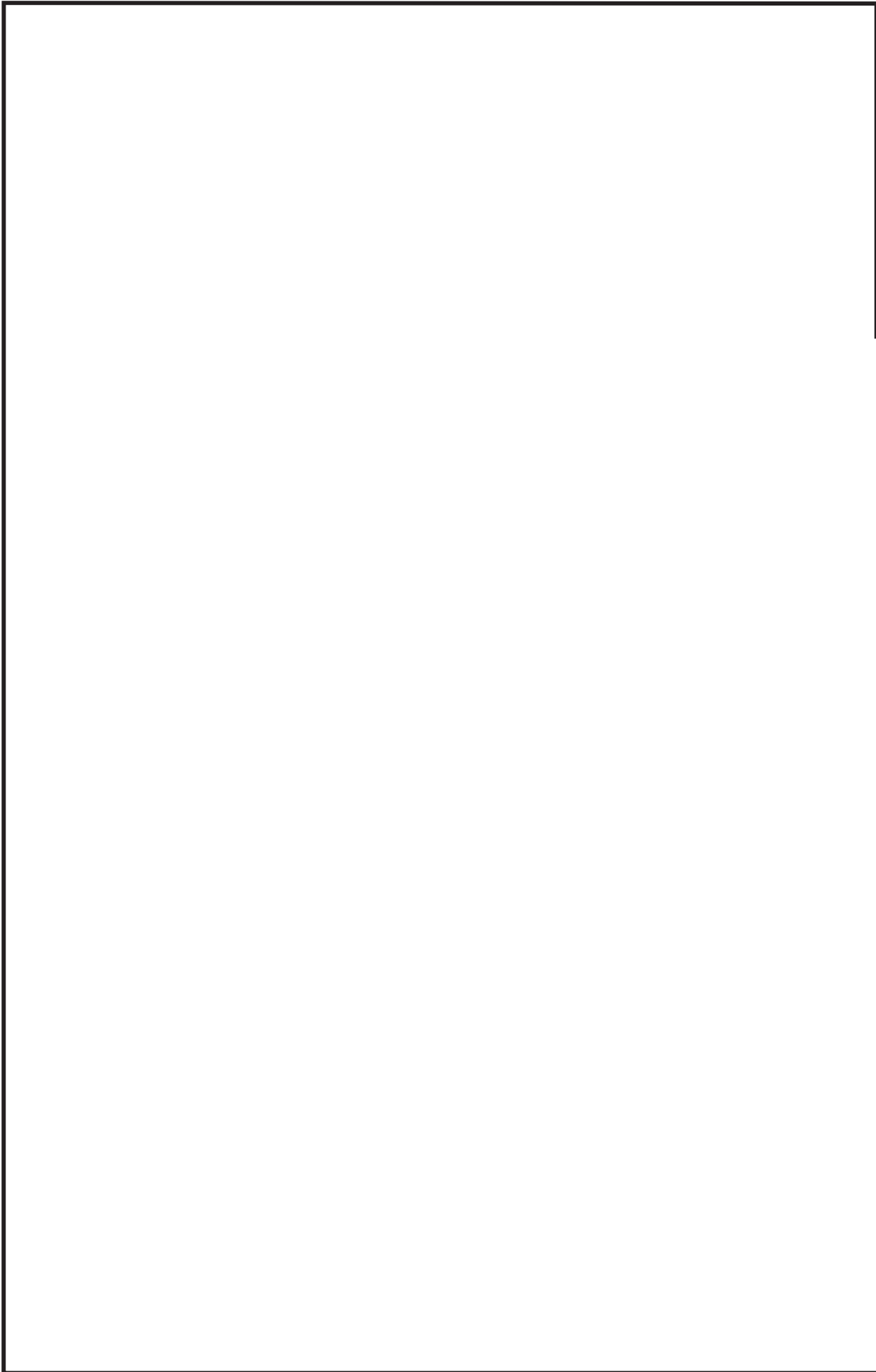
鳥瞰図 RCIC-003-1/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



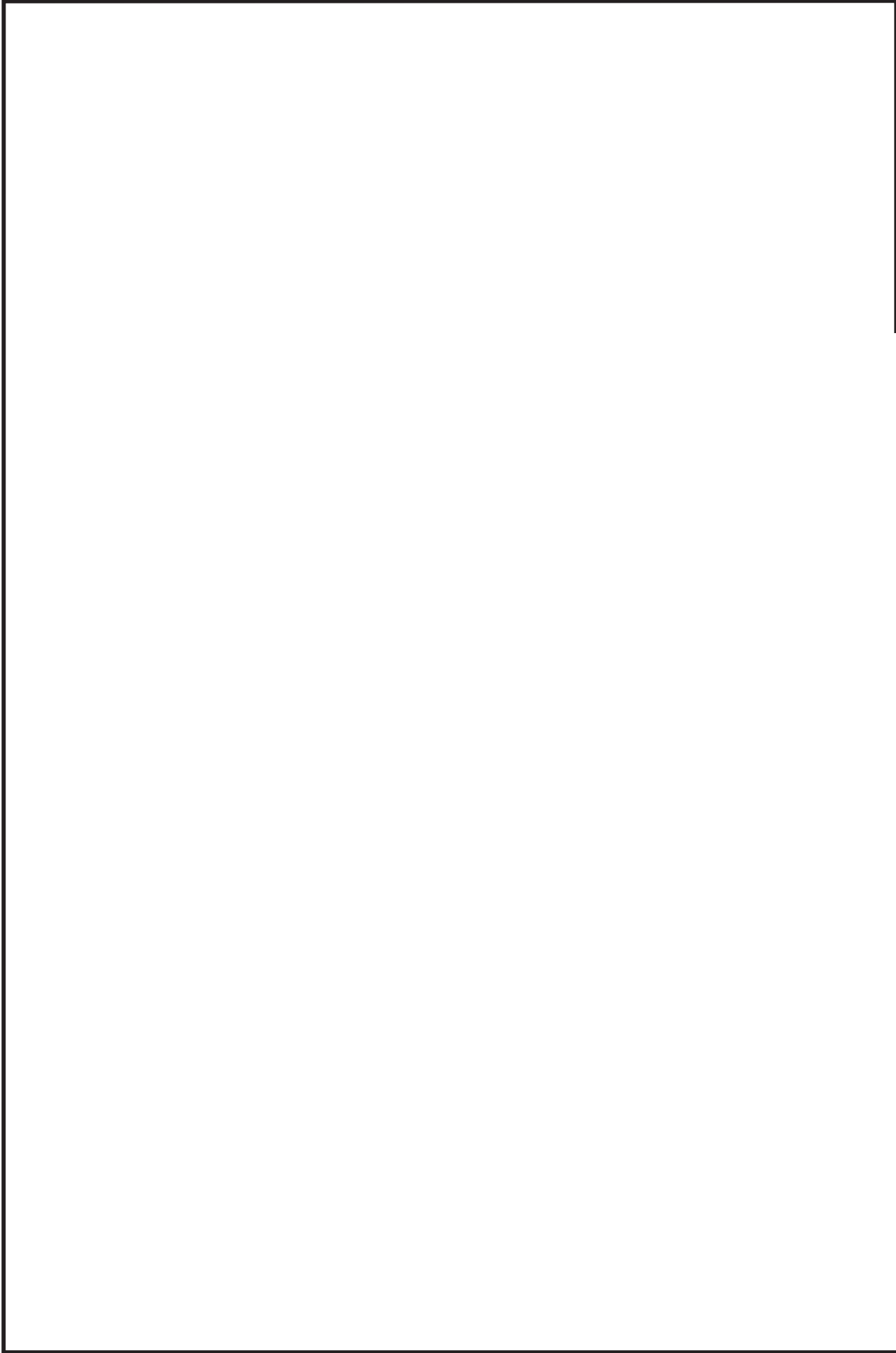
鳥瞰図 RCIC-003-2/2

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 RCIC-005-1/2

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 | RCIC-005-2/2

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 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 R C I C - 0 0 3

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
1	8.62	302	114.3	11.1	STS410

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 R C I C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	106 107 108

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)	評価点	質量(kg)
106		107		108	

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 R C I C - 0 0 5

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
1	0.98	184	216.3	8.2	STS410

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 R C I C - 0 0 5

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	102 103 104

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)	評価点	質量(kg)
102		103		104	

3.2 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。

告示501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		Sh
STS410	184	102
	302	102

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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S h
STS410	184	103

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管
告示第 5 0 1 号第 56 条による評価結果

鳥瞰図	運転状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力*2
R C I C - 0 0 3	(I, II)	107	S p r m (1)	27	102	—	—
	(I, II)	107	S n (a)	—	—	119	255
	(I, II)	107	S p r m (2)	29	122	—	—
	(I, II)	107	S n (b)	—	—	121	275

注記 *1: S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 1 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力, S n (a), S n (b)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a (c), S a (d)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(ハ), (ニ)に基づき計算した許容応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管
告示第 5 0 1 号第 56 条による評価結果

鳥瞰図	運転状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力*2
R C I C - 0 0 5	(I, II)	103	S p r m (1)	16	102	—	—
	(I, II)	103	S n (a)	—	—	135	255
	(I, II)	103	S p r m (2)	17	122	—	—
	(I, II)	103	S n (b)	—	—	136	275

注記 *1: S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 1 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力, S n (a), S n (b)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a (c), S a (d)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(ハ), (ニ)に基づき計算した許容応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	供用 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力*2
R C I C - 0 0 5	(A, B)	103	S p r m (1)	30	154	—	—
	(A, B)	103	S n (a)	—	—	141	257
	(A, B)	103	S p r m (2)	31	185	—	—
	(A, B)	103	S n (b)	—	—	142	278

注記 *1: S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力, S n (a), S n (b)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3530(1)a, bに基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a (c), S a (d)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3530(1)c, dに基づき計算した許容応力を示す。

5. 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余裕を算出し、応力分類ごとに余裕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管)

No.	配管モデル	供用状態 (I, II) *1				供用状態 (I, II) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表
1	RCIC-003	107	27	102	3.77	○	107	29	122	4.20	○
2	RCIC-005	103	16	102	6.37	—	103	17	122	7.17	—

注記*1：告示第501号第56条第1号(イ)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (I, II) *3				供用状態 (I, II) *4					
		一次+二次応力				一次+二次応力					
		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
1	RCIC-003	107	119	255	2.14	—	107	121	275	2.27	—
2	RCIC-005	103	135	255	1.88	○	103	136	275	2.02	○

注記*3：告示第501号第56条第2号(イ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：告示第501号第56条第2号(ロ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (A, B) *1				供用状態 (A, B) *2					
		一次応力				一次応力					
		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
1	RCIC-003	107	28	154	5.50	—	107	30	185	6.16	—
2	RCIC-005	103	30	154	5.13	○	103	31	185	5.96	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (A, B) *3				供用状態 (A, B) *4					
		一次+二次応力				一次+二次応力					
		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
1	RCIC-003	107	124	257	2.07	—	107	126	278	2.20	—
2	RCIC-005	103	141	257	1.82	○	103	142	278	1.95	○

注記*3：設計・建設規格 PPC-3520(1)a に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：設計・建設規格 PPC-3520(1)b に基づき計算した一次+二次応力を示す。

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	8
3.1 設計条件	8
3.2 材料及び許容応力	11
4. 評価結果	13
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	15

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




(1) 管

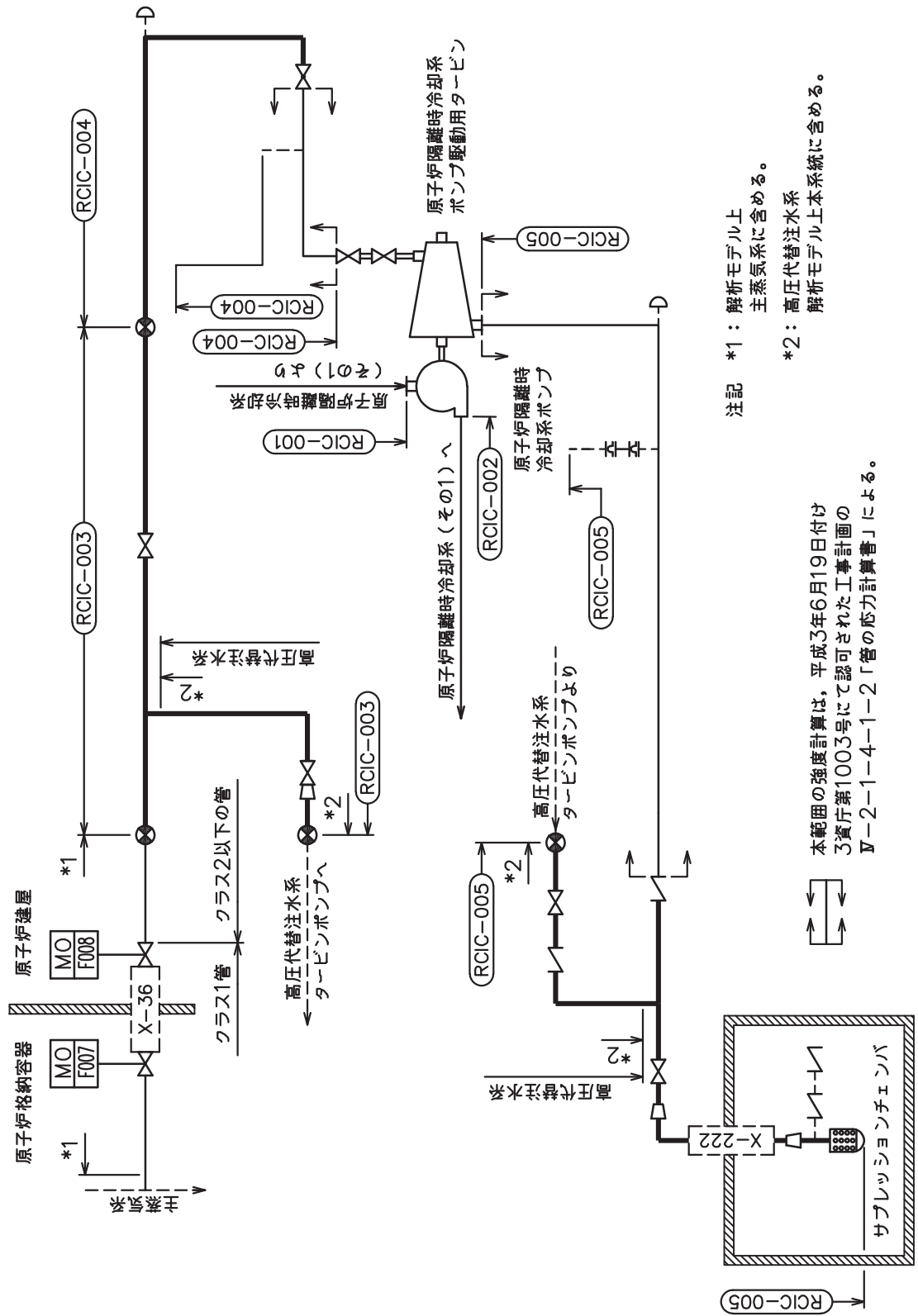
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 3 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

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: 解析モデル上
主蒸気系に含める。




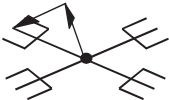
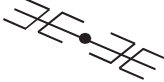
*2: 高圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。

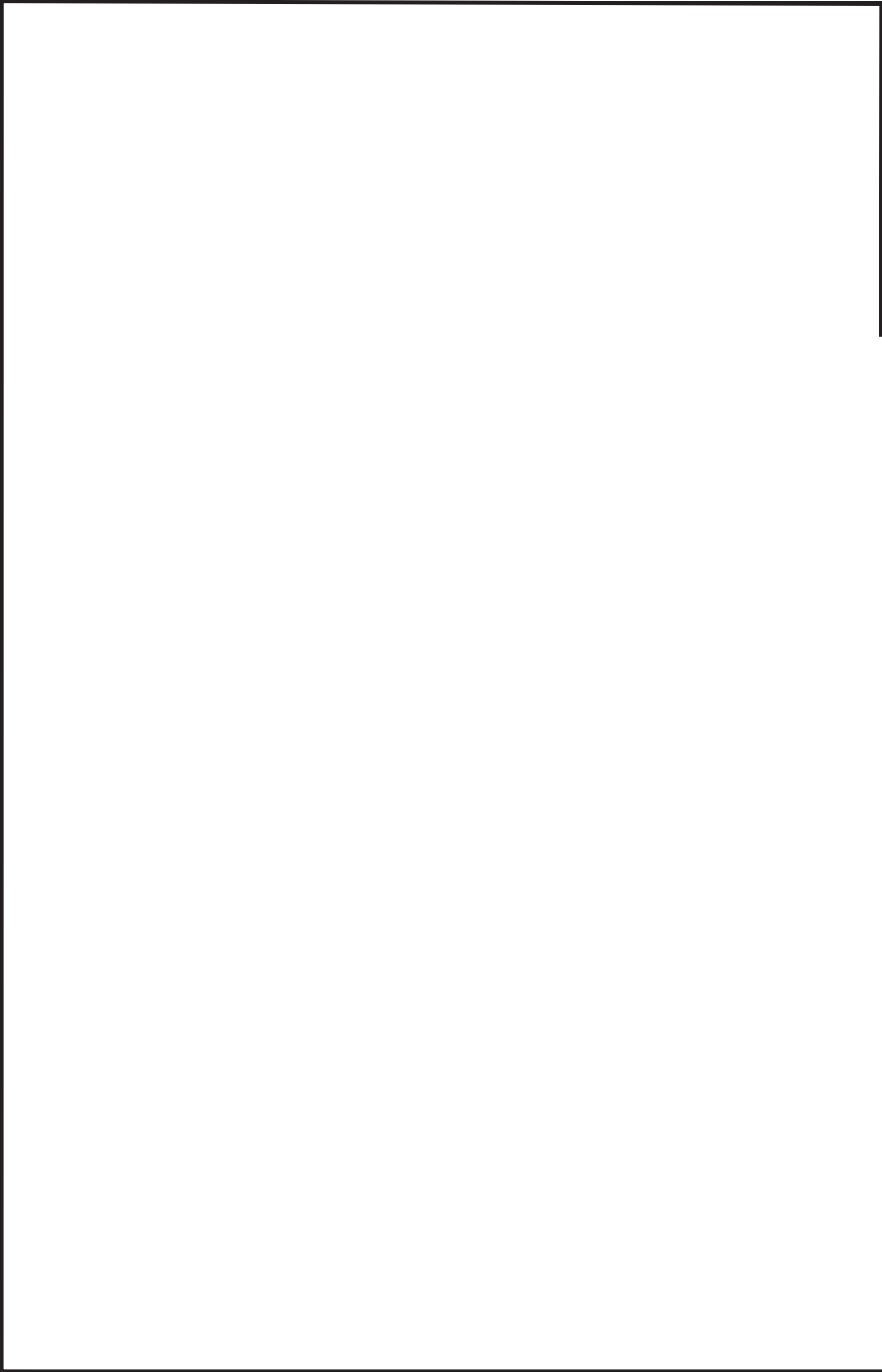
本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け
3資庁第1003号にて認可された工事計画の
Ⅴ-2-1-4-1-2「管の応力計算書」による。

原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

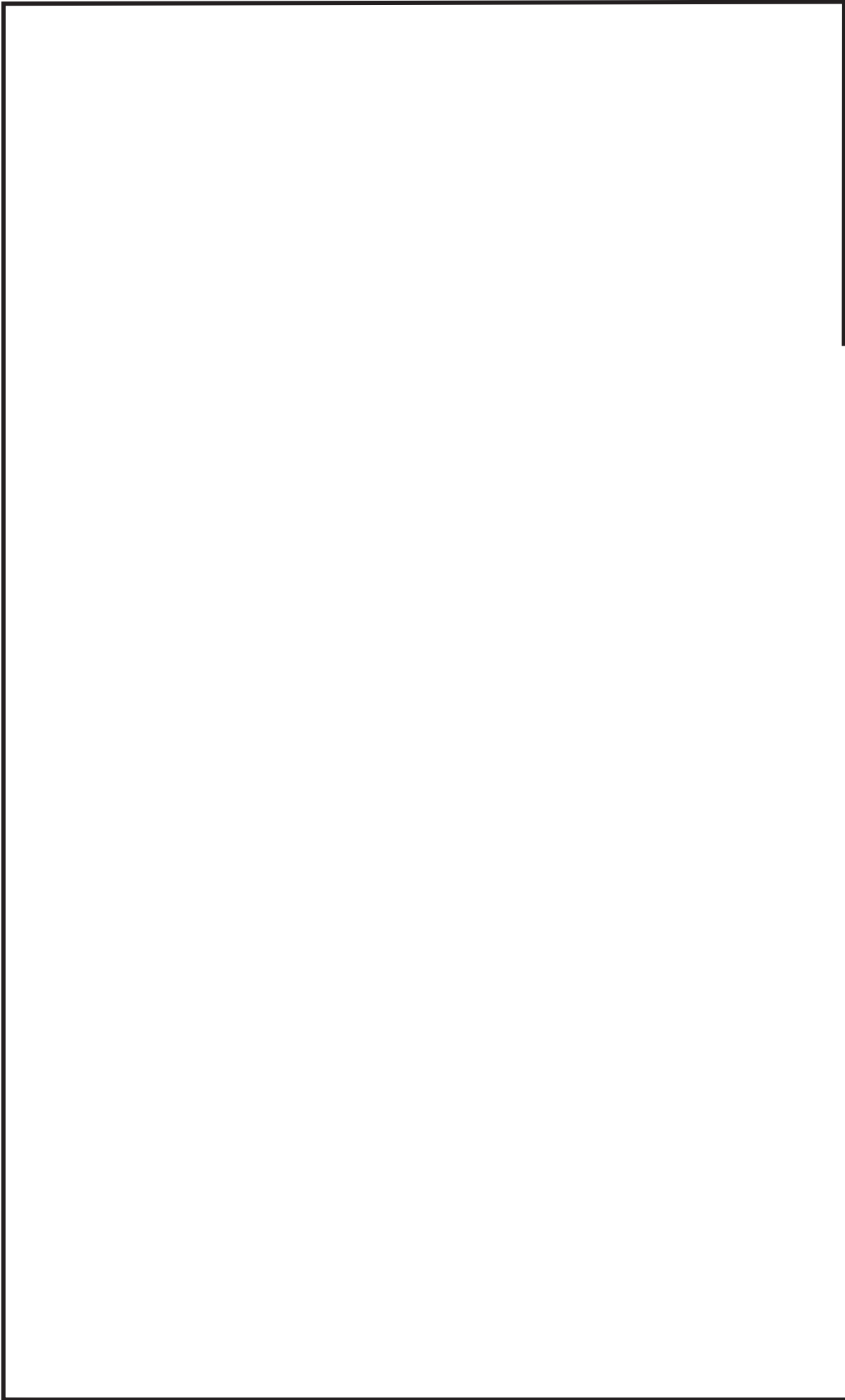
鳥瞰図記号凡例

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
	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



鳥瞰図 RCIC-003-1/2

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

RCIC-003-2/2

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 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 R C I C - 0 0 3

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
1	10.34	315	114.3	11.1	STS410
2	10.34	315	114.3	11.1	STS410
3	10.34	315	165.2	14.3	STS410

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 R C I C - 0 0 3

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	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	32	103	106	900	901										
2	101	106	107	108	109	110	111	112	114	115	903				
3	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125				

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)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		12		23		108		122	
2		13		24		109		123	
3		14		25		110		124	
4		15		26		111		125	
5		16		27		115		900	
6		17		28		116		901	
7		18		29		117		903	
8		19		30		118			
9		20		32		119			
10		21		106		120			
11		22		107		121			

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)
101		112	
102		113	
103		114	
104		126	
105		127	

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	102			
弁2	113			

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 R C I C - 0 0 3

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						
8						
** 8 **						
12						
** 12 **						
15						
20						
24						
27						
32						
105						
** 105 **						
117						
120						
125						
** 127 **						
900						
903						

[Redacted area]

O 2 ⑤ VI-3-3-3-5-1-3-2 (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S h
STS410	315	102

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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S h
STS410	315	103

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力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
告示第501号第56条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
R C I C - 0 0 3	24	S p r m (1)	47	S h
	24	S p r m (2)	50	1. 2 ・ S h

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ、告示第501号第56条第1号(イ)、(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力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
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
R C I C - 0 0 3	24	S p r m (1)	S p r m (1)	1 . 5 ・ S h
	24	S p r m (2)	S p r m (2)	1 . 8 ・ S h
			61	154
			65	185

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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余裕を算出し、応力分類ごとに余裕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	運転状態 (V) *1				運転状態 (V) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表
1	RCIC-003	24	47	102	2.17	○	24	50	122	2.44	○
2	RCIC-004	29	39	102	2.61	—	29	42	122	2.90	—
3	RCIC-005	121	17	102	6.00	—	121	18	122	6.77	—

注記*1：告示第501号第56条第1号（イ）に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号（ロ）に基づき計算した一次応力を示す。

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	供用状態 (E) *1				供用状態 (E) *2					
		一次応力				一次応力					
		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
1	RCIC-003	24	61	154	2.52	○	24	65	185	2.84	○
2	RCIC-004	22	52	154	2.96	—	22	56	185	3.30	—
3	RCIC-005	103	30	154	5.13	—	103	31	185	5.96	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。