

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6号機	設計及び工事計画審査資料
資料番号	KK6 添-3-006-10 改0
提出年月日	2024年2月6日

VI-3-3-4-2-1-4-2 管の応力計算書（ほう酸水注入系）

2024年2月

東京電力ホールディングス株式会社

VI-3-3-4-2-1-4-2 管の応力計算書 (ほう酸水注入系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及び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書の基本方針」並びにVI-3-2-2「クラス1管の強度計算方法」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、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)
SLC-002	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	66	S55 告示	既工認	—	SA-2
SLC-002	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	10.80	66	10.80	66	66	S55 告示	既工認	—	SA-2
SLC-003	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	10.80	66	10.80	66	66	S55 告示	既工認	—	SA-2
SLC-003	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	8.62	302	9.22	306	306	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SLC-003	既設	有	有*1	DB-2	DB-1	SA-2	有	8.62	302	9.22	306	306	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	DB-1 SA-2

注記*1：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大によるクラスアップ。

*2：既工認において第1種管として評価を実施しており、かつ使用条件に変更はないことから、供用状態A、Bの評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-2-2 「管の応力計算書」による。

設計基準対象施設

目 次

1.	概要	1
2.	概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1	概略系統図	2
2.2	鳥瞰図	4
3.	計算条件	8
3.1	設計条件	8
3.2	材料及び許容応力	13
4.	評価結果	15
5.	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	17

1. 概要

本計算書は、原子炉冷却材圧力バウンダリに対して、VI-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-2「クラス1管の強度計算方法」に基づき、ほう酸水注入系の管の応力計算を実施した結果を示したものである。ただし、既工認において第1種管として供用状態A、Bの評価を実施しており、かつ使用条件に変更がないことから、供用状態A、Bの評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-2-2-2「管の応力計算書」による。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。



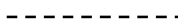
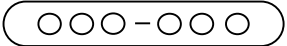

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管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、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）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。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

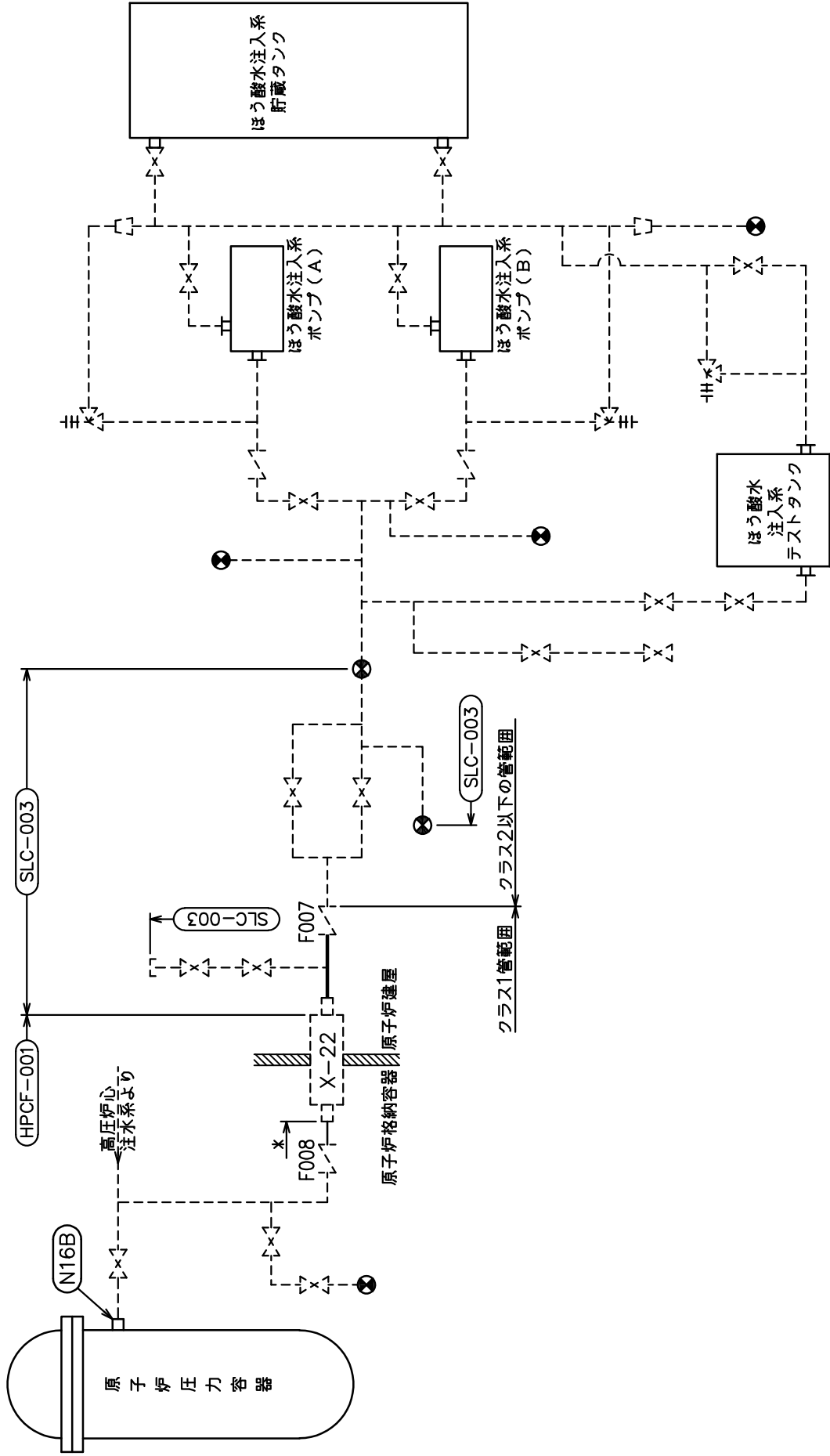
2. 概略系統図及び鳥瞰図

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


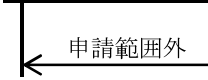
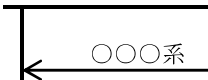


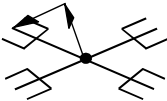
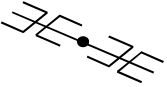

注記 *：解析モデル上
 高圧炉心注水系に含める。



高圧酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

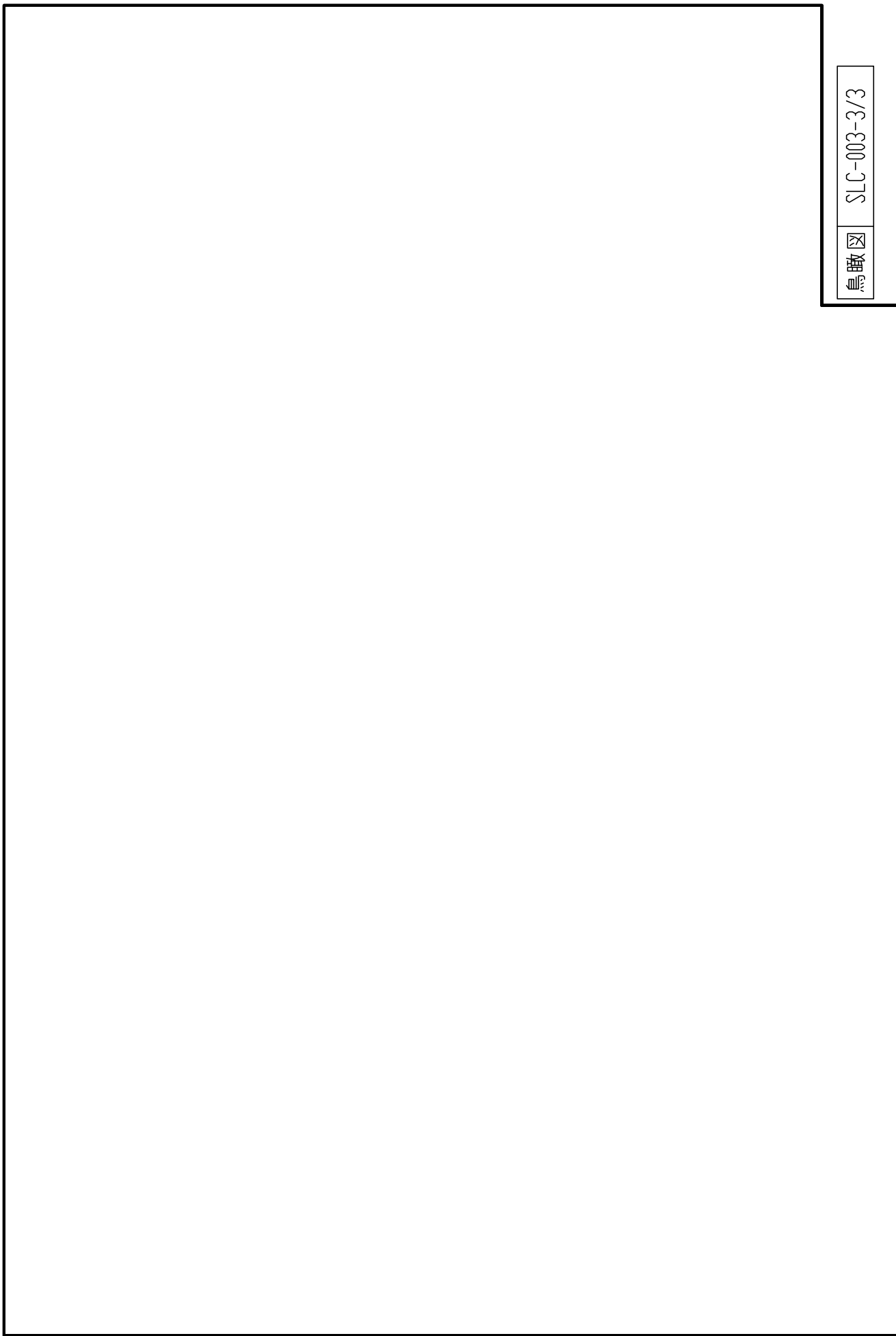
記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>



鳥瞰図	SLC-003-1/3
-----	-------------



鳥瞰図	SLC-003-2/3
-----	-------------



鳥瞰図	SLC-003-3/3
-----	-------------

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 S L 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	48.6	5.1	SUS316LTP

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 S L C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点									
1	48	49	50	51	52	53	54	55	56	247

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 S L C - 0 0 3

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)
48		50		52		54		56	
49		51		53		55			

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
147	
47	
247	

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

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	47			

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。

設計・建設規格に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316LTP	302	94	104	—	—

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号に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316LTP	302	94	—	—	—

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス1 管
設計・建設規格 PPB-3500の規定に基づく評価

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

供用 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)	
				計算応力 $S_{pr m(2)}^{*1}$ $S_{pr m(3)}^{*2}$	許容応力 $\text{Min}(2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$ $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
C	49	TEE	$S_{pr m(2)}^{*1}$	34	187
D	49	TEE	$S_{pr m(3)}^{*2}$	34	208

注記*1：設計・建設規格 PPB-3552に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPB-3562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すべて許容応力以下である。

クラス1管
告示第501号第46条の規定に基づく評価

鳥瞰図 SLC-003

運転状態	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)	
				計算応力 $S_{pr m}(\square)^{*1}$ $S_{pr m}(\wedge)^{*2}$	許容応力 $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$
III	49	TEE	$S_{pr m}(\square)^{*1}$	37	211
IV	49	TEE	$S_{pr m}(\wedge)^{*2}$	37	282

注記*1：告示第501号第46条第2号に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第46条第3号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	供用状態C*1						供用状態D*2			
		一次応力 (膜+曲げ)						一次応力 (膜+曲げ)			
		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	SLC-003	49	34	187	5.50	○	49	34	208	6.11	○

注記*1：設計・建設規格 PPB-3552 に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPB-3562 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1管)

No.	配管 モデル	許容応力状態Ⅲ*1					許容応力状態Ⅳ*2				
		一次応力 (膜+曲げ)					一次応力 (膜+曲げ)				
		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	SLC-003	49	37	211	5.70	○	49	37	282	7.62	○

注記*1：告示第501号第46条第2号に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第46条第3号に基づき計算した一次応力を示す。

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	4
3. 計算条件	8
3.1 設計条件	8
3.2 材料及び許容応力	19
4. 評価結果	21
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、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、ほう酸水注入系の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。


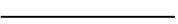
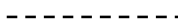
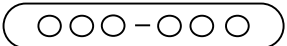

(1) 管

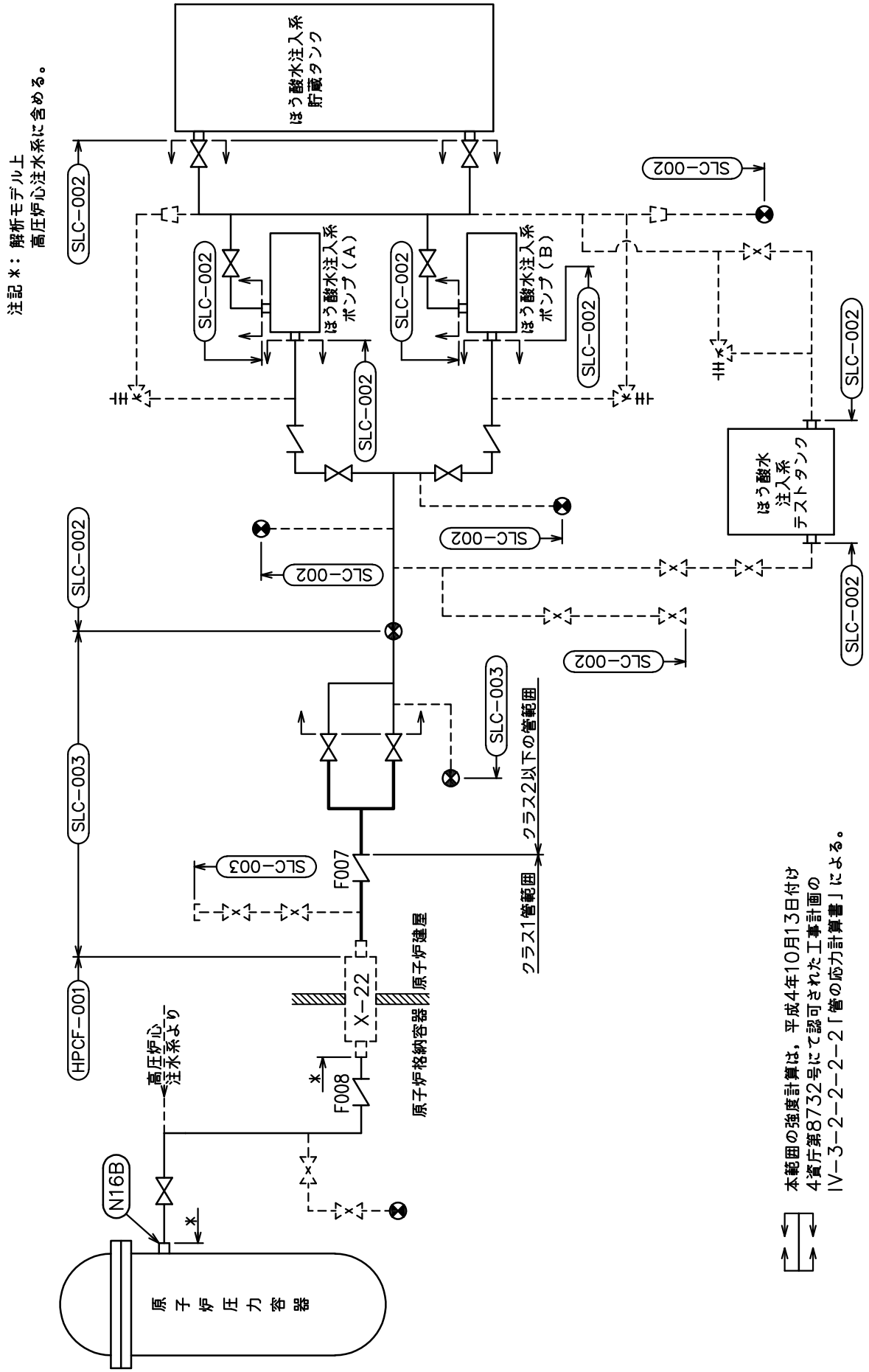
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

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


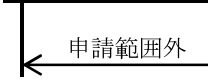
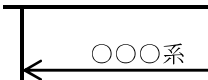


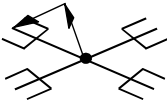
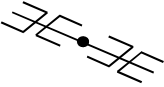



本範囲の強度計算は、平成4年10月13日付け
4資庁第8732号にて認可された工事計画の
IV-3-2-2-2-2「管の応力計算書」による。

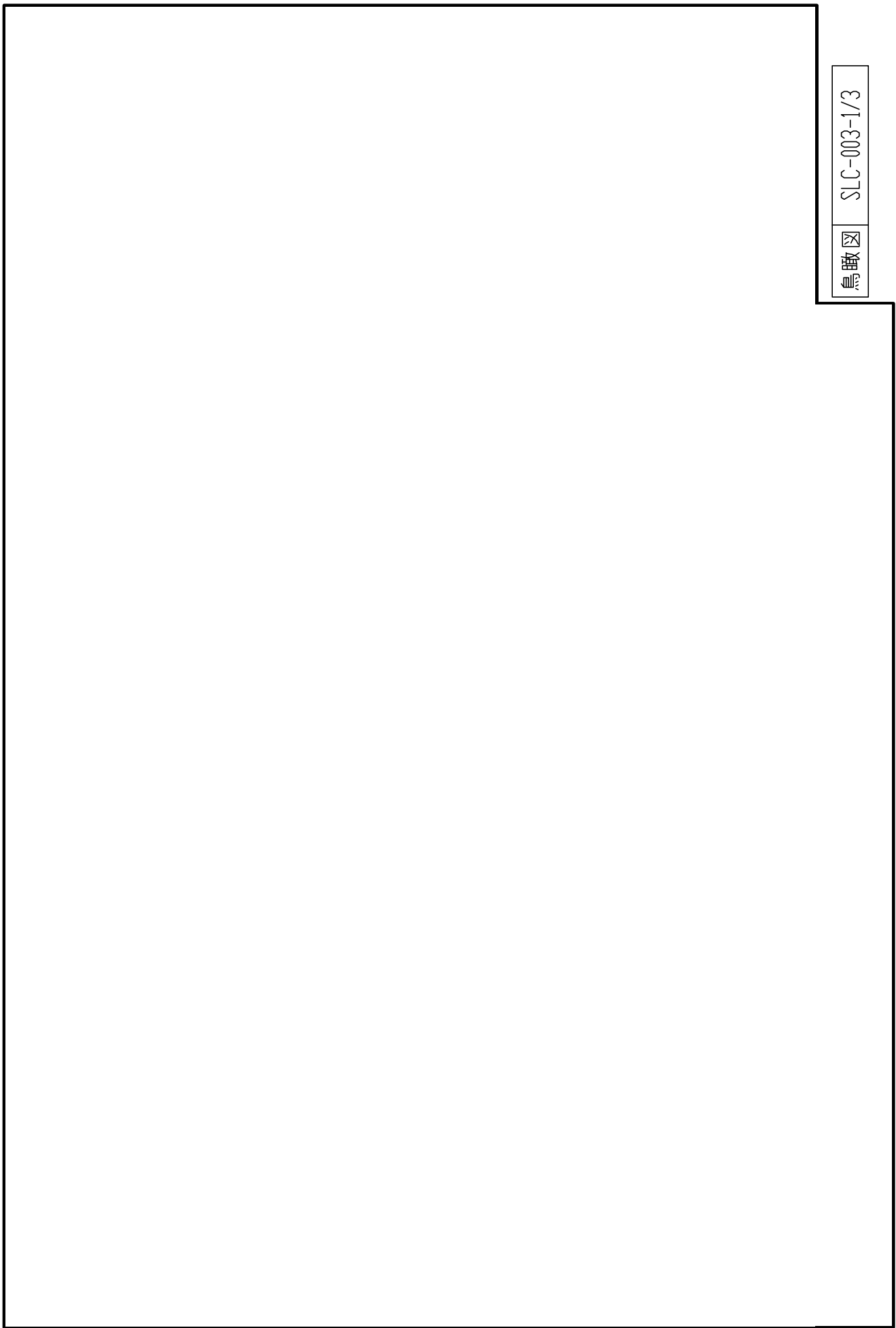
ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

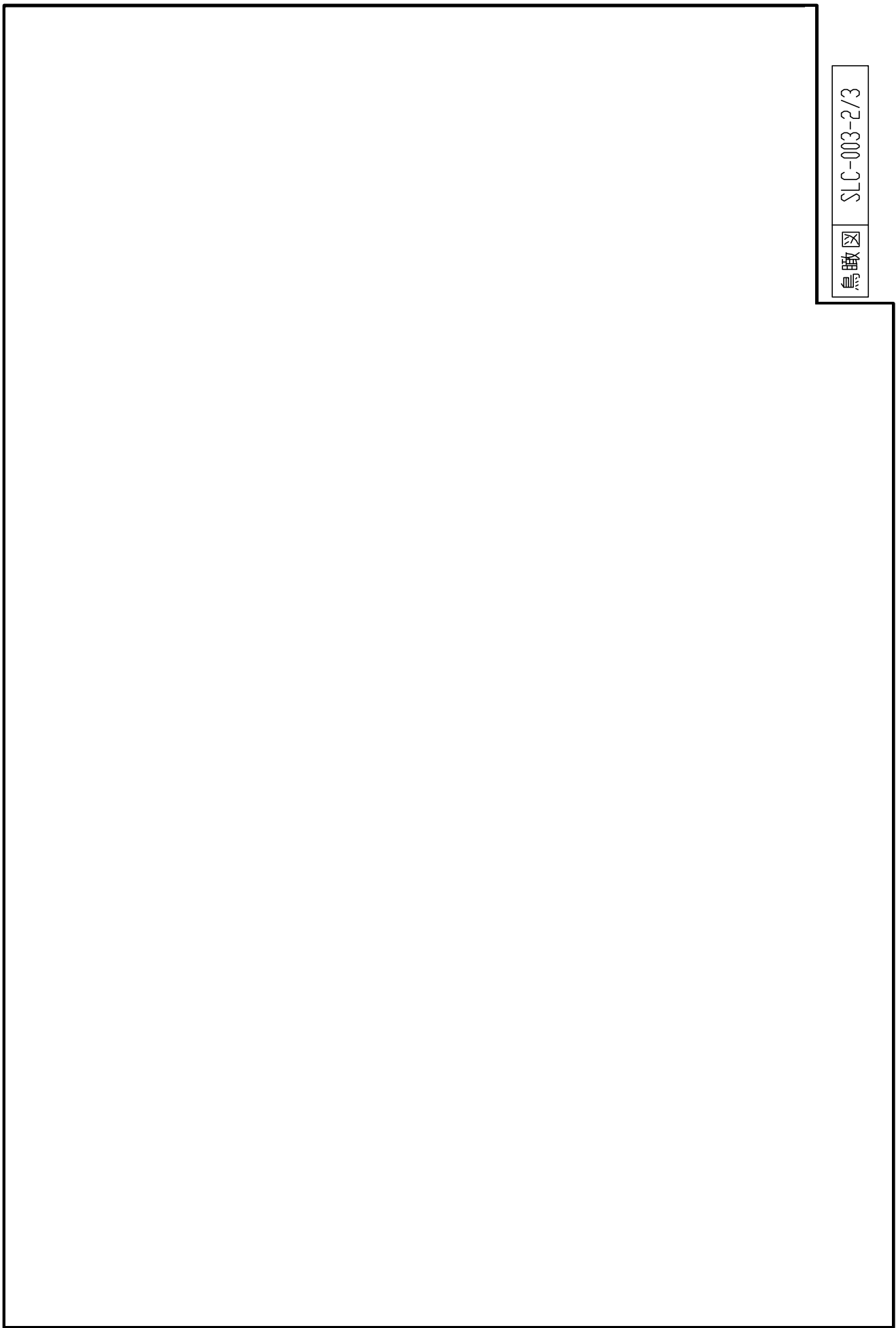
記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>

K6 ① VI-3-3-4-2-1-4-2 (重) R0



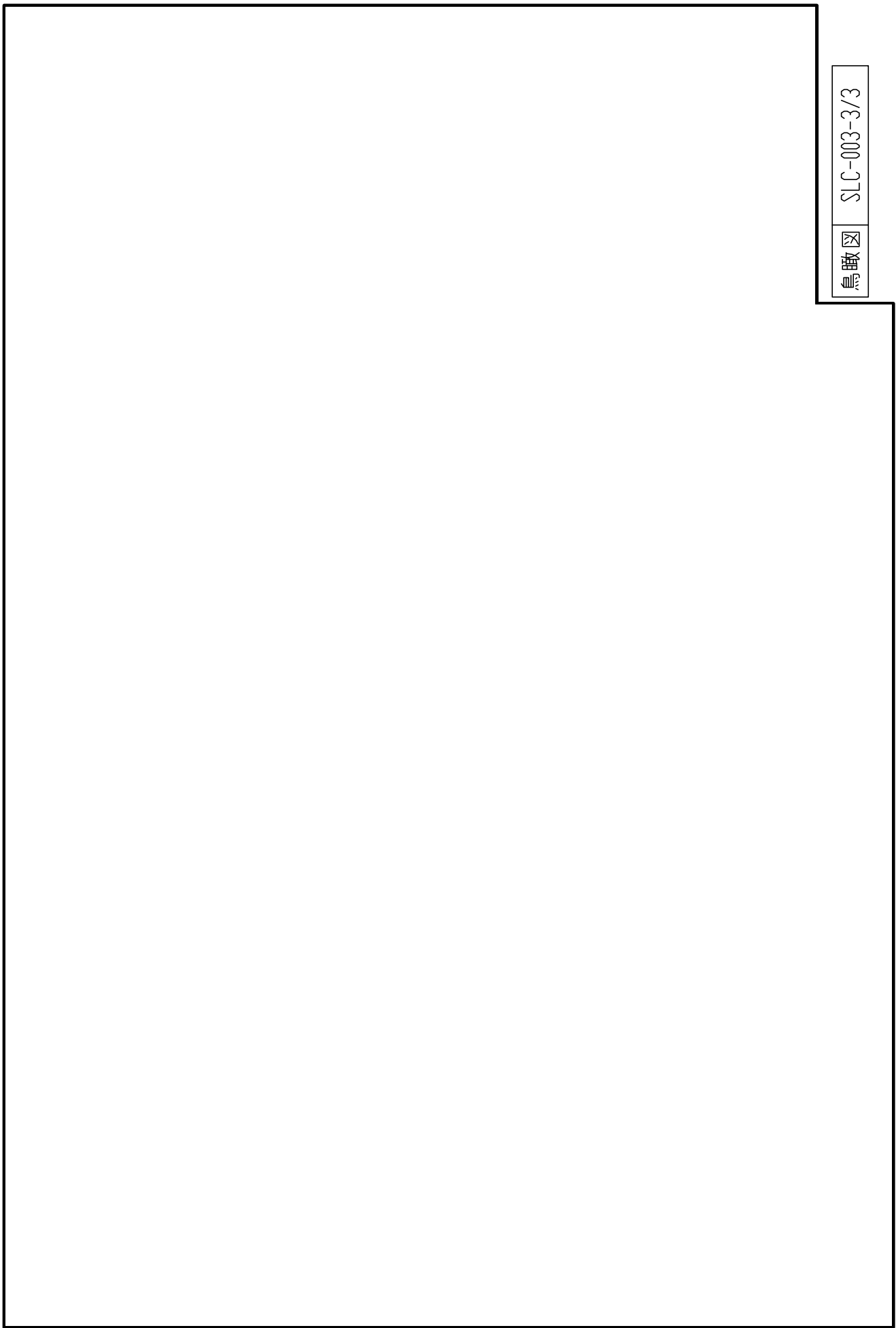
鳥瞰図	SLC-003-1/3
-----	-------------

K6 ① VI-3-3-4-2-1-4-2 (重) R0



鳥瞰図	SLC-003-2/3
-----	-------------

K6 ① VI-3-3-4-2-1-4-2 (重) R0



鳥瞰図	SLC-003-3/3
-----	-------------

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 S L C - 0 0 3 (クラス1管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	9.22	306	48.6	5.1	SUS316LTP

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 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	48	49	50	51	52	53	54	55	56	247	

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 S L C - 0 0 3 （クラス1管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
48		50		52		54		56	
49		51		53		55			

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
147	
47	
247	

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	47			

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 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	9.22	306	48.6	5.1	SUS304LTP
2	9.22	306	48.6	5.1	SUS304LTP

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 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	60	61	62	107	108	109
2	46	147													

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 S L C - 0 0 3 （クラス2以下の管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
9		18		27		36		45	
10		19		28		37		46	
11		20		29		38		61	
12		21		30		39		62	
13		22		31		40		107	
14		23		32		41		108	
15		24		33		42		109	
16		25		34		43		147	
17		26		35		44			

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

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)
6		58	
7		59	
8		60	
81		83	
82		84	

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	7			
弁2	59			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
9						
14						
17						
23						
25						
28						
33						
35						
39						
42						
46						
61						
82						
84						

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。

設計・建設規格に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316LTP	306	94	104	—	—
SUS304LTP	306	—	—	—	96

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号に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS316LTP	306	94	—	—	—
SUS304LTP	306	—	—	—	96

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3562の規定に基づく評価

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 $S_{p r m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
S L C - 0 0 3	49	$S_{p r m}$	35	208

評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号の規定に基づく評価

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 $S_{p r m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
S L C - 0 0 3	49	$S_{p r m}$	38	282

評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

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-3520の規定に基づく評価

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
SLC-003	60	$S_{pr m}^{*1}$	$S_{pr m}^{*1}$	$1.5 \cdot S_h$
	60	$S_{pr m}^{*2}$	$S_{pr m}^{*2}$	$1.8 \cdot S_h$
			47	144
			51	172

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。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

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条第1号の規定に基づく評価

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
S L C - 0 0 3	60 60	$S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	36 39	96 115

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。
なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*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。

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(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	重大事故等時*				
		一次応力			代 表	
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)		裕 度
1	SLC-003	49	35	208	5.94	○

注記*：設計・建設規格 PPB-3562 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ひ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V*				
		一次応力				
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	代 表 裕 度	
1	SLC-003	49	38	282	7.42	○

注記*：告示第501号第46条第3号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ひ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	重大事故等時*1					重大事故等時*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	SLC-003	60	47	144	3.06	○	60	51	172	3.37	○

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ひ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*1				許容応力状態 V*2					
		一次応力				一次応力					
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表
1	SLC-003	60	36	96	2.66	○	60	39	115	2.94	○

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。