

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-3-008-38 改0
提出年月日	2024年2月6日

VI-3-3-6-2-5-2-1-2 管の応力計算書（可燃性ガス濃度制御系）

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 R0

2024年2月

東京電力ホールディングス株式会社

VI-3-3-6-2-5-2-1-2 管の応力計算書 (可燃性ガス濃度制御系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2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の基本方針」並びにVI-3-2-4「クラス2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)		
FCS-005	新設	—	—	DB-2	—	—	—	—	—	0.31	171	—	—	—	—	—	DB-2	
FCS-006	新設	—	—	DB-2	—	—	—	—	—	0.31	171	—	—	—	—	—	—	DB-2
FCS-006	新設	—	—	DB-2	—	—	—	—	—	0.31	104	—	—	—	—	—	—	DB-2
FCS-007	新設	—	—	DB-2	—	—	—	—	—	0.31	171	—	—	—	—	—	—	DB-2
FCS-008	既設	有	無	DB-2	SA-2	DB-2	SA-2	有	—	0.31	104	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FCS-008	新設	—	—	—	SA-2	—	SA-2	—	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
FCS-008	新設	—	—	DB-2	SA-2	DB-2	SA-2	—	—	0.31	104	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
FCS-008	新設	—	—	—	SA-2	—	SA-2	—	—	—	—	1.00	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (設) R0

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	14
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	16

1. 概要

本計算書は、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、可燃性ガス濃度制御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。



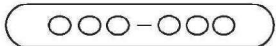

(1) 管

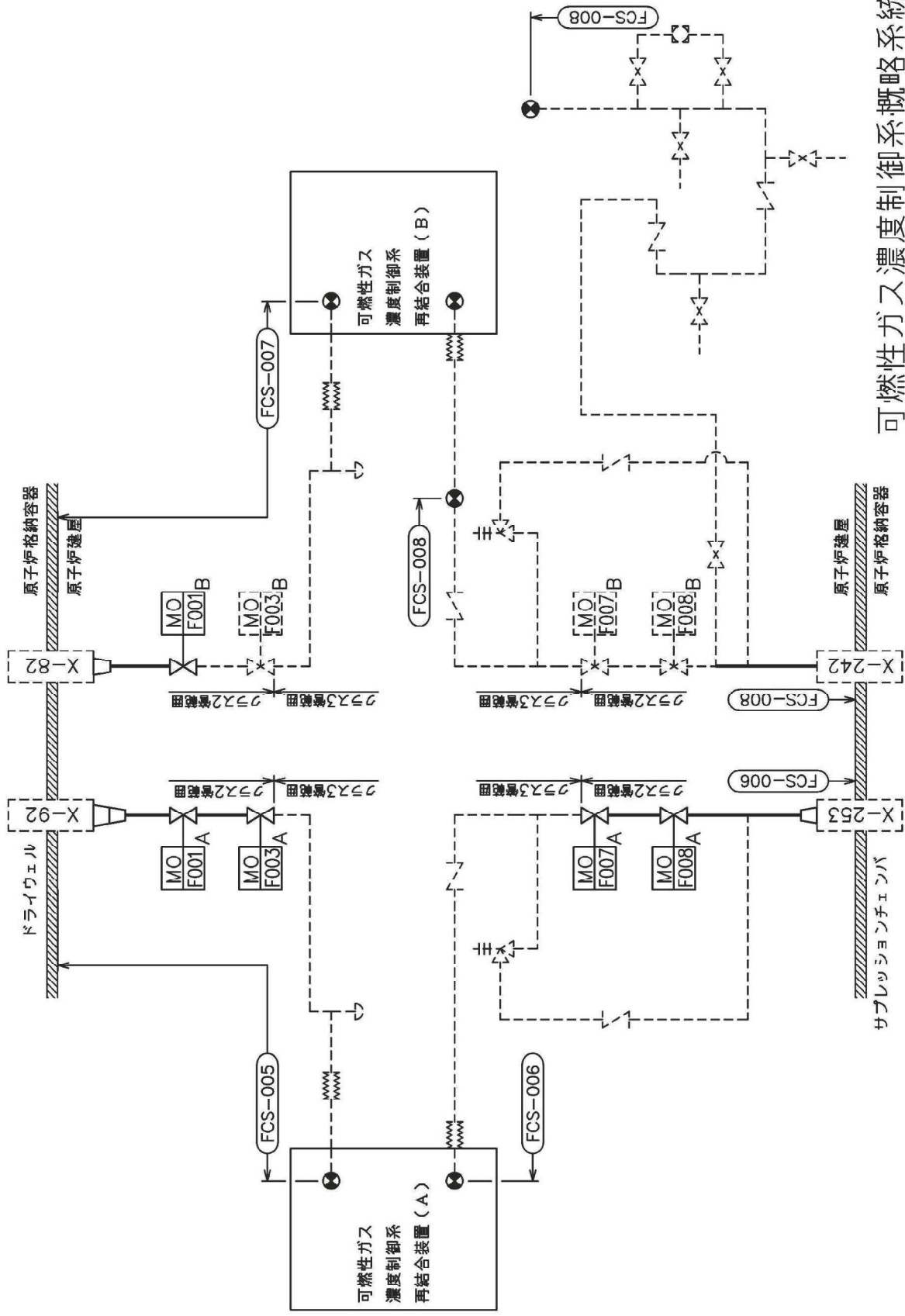
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

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


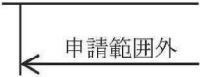
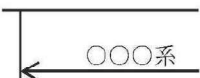


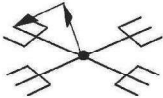
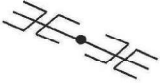

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



可燃性ガス濃度制御系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

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

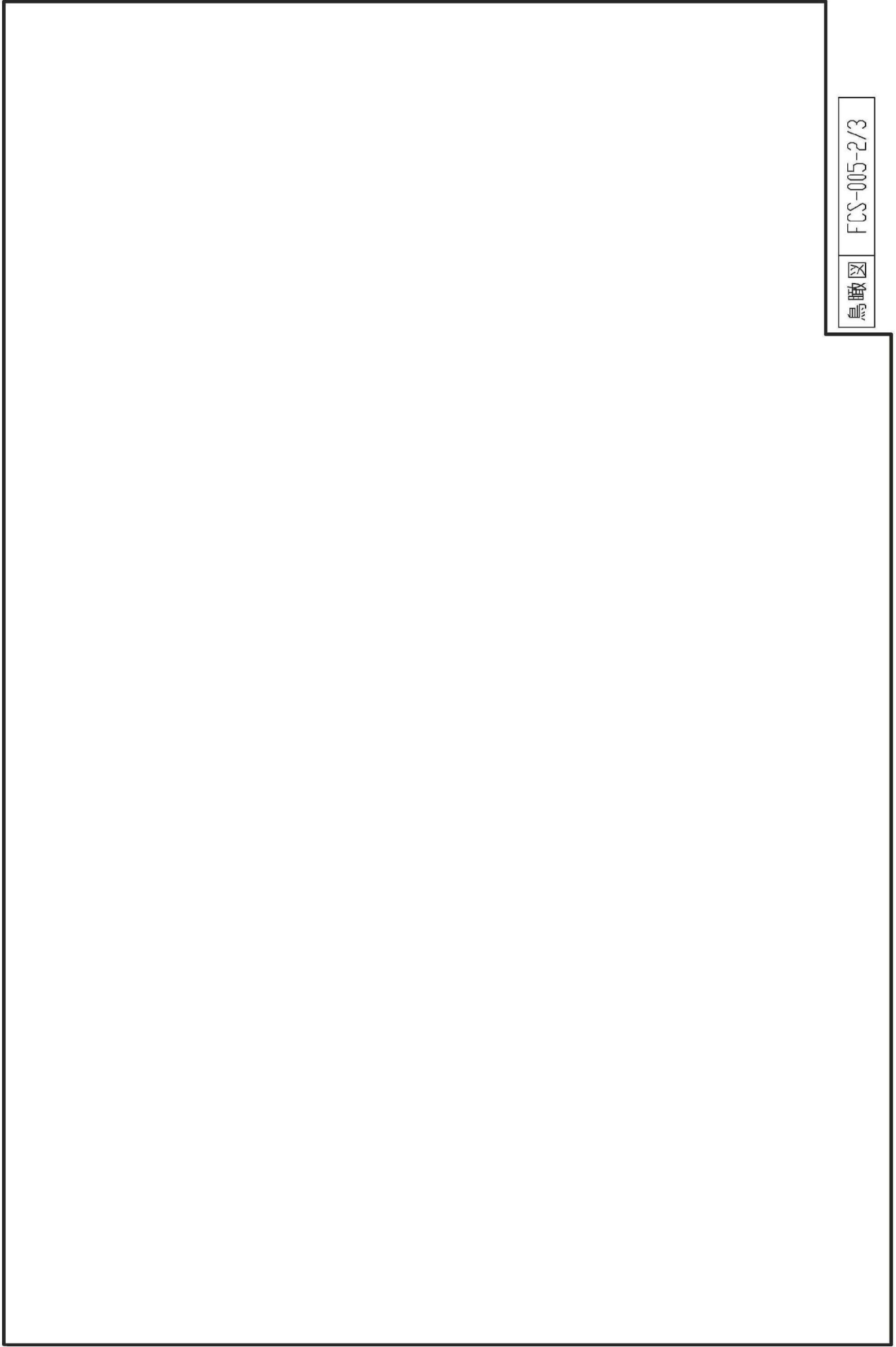
K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (設) R0

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (設) R0



鳥瞰図 FCS-005-1/3

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (設) R0



鳥瞰図 FCS-005-2/3

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (設) R0



鳥瞰図 FCS-005-3/3

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 F C S - 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	0.31	171	406.4	12.7	STS410
2	0.31	171	216.3	8.2	STS410
3	0.31	171	114.3	6.0	STS410

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 F C S - 0 0 5

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	201 202
2	202 203 204
3	204 205 206 207 209 210 211 212 213 214 215 216 903

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 F C S - 0 0 5

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)
201		204		210		213		903	
202		205		211		214			
203		206		212		215			

鳥 瞰 図 F C S - 0 0 5

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)
207		216	
208		217	
209		218	
251		253	
252		254	

鳥 瞰 図 F C S - 0 0 5

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	208			
弁2	217			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F C S - 0 0 5

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
903						

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
STS410	171	—	—	—	103

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2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500の規定に基づく評価

鳥瞰図	供用状態	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)	
				計算応力 $S_{pr,m}(1)^{*1}$ $S_{pr,m}(2)^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$	計算応力 $S_n(a)^{*3}$ $S_n(b)^{*4}$	許容応力 $S_a(c)^{*5}$ $S_a(d)^{*6}$
FCS-005	(A, B)	206	$S_{pr,m}(1)^{*1}$	47	154	—	—
	(A, B)	204	$S_n(a)^{*3}$	—	—	58	257
	(A, B)	206	$S_{pr,m}(2)^{*2}$	47	185	—	—
	(A, B)	204	$S_n(b)^{*4}$	—	—	58	273

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。
 *3：設計・建設規格 PPC-3530(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-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。
 *5：設計・建設規格 PPC-3530(1)c.に基づき計算した許容応力を示す。
 *6：設計・建設規格 PPC-3530(1)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2以下の管)

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	FCS-005	206	47	154	3.27	○	206	47	185	3.93	○
2	FCS-006	255	23	154	6.69	—	255	23	185	8.04	—
3	FCS-007	4	31	154	4.96	—	4	31	185	5.96	—
4	FCS-008	208	28	154	5.50	—	208	28	185	6.60	—

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以下の管)

No.	配管 モデル	供用状態 (A, B) *1						供用状態 (A, B) *2								
		一次応力+二次応力			一次応力+二次応力			一次応力+二次応力			一次応力+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	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表
1	FCS-005	204	58	257	4.43	○	204	58	278	4.79	○	204	58	278	4.79	○
2	FCS-006	257	52	312	6.00	—	257	52	336	6.46	—	257	52	336	6.46	—
3	FCS-007	202	46	257	5.58	—	202	46	278	6.04	—	202	46	278	6.04	—
4	FCS-008	207	50	257	5.14	—	207	50	278	5.56	—	207	50	278	5.56	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1) a に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(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	4
3. 計算条件	9
3.1 設計条件	9
3.2 材料及び許容応力	15
4. 評価結果	17
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、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、可燃性ガス濃度制御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

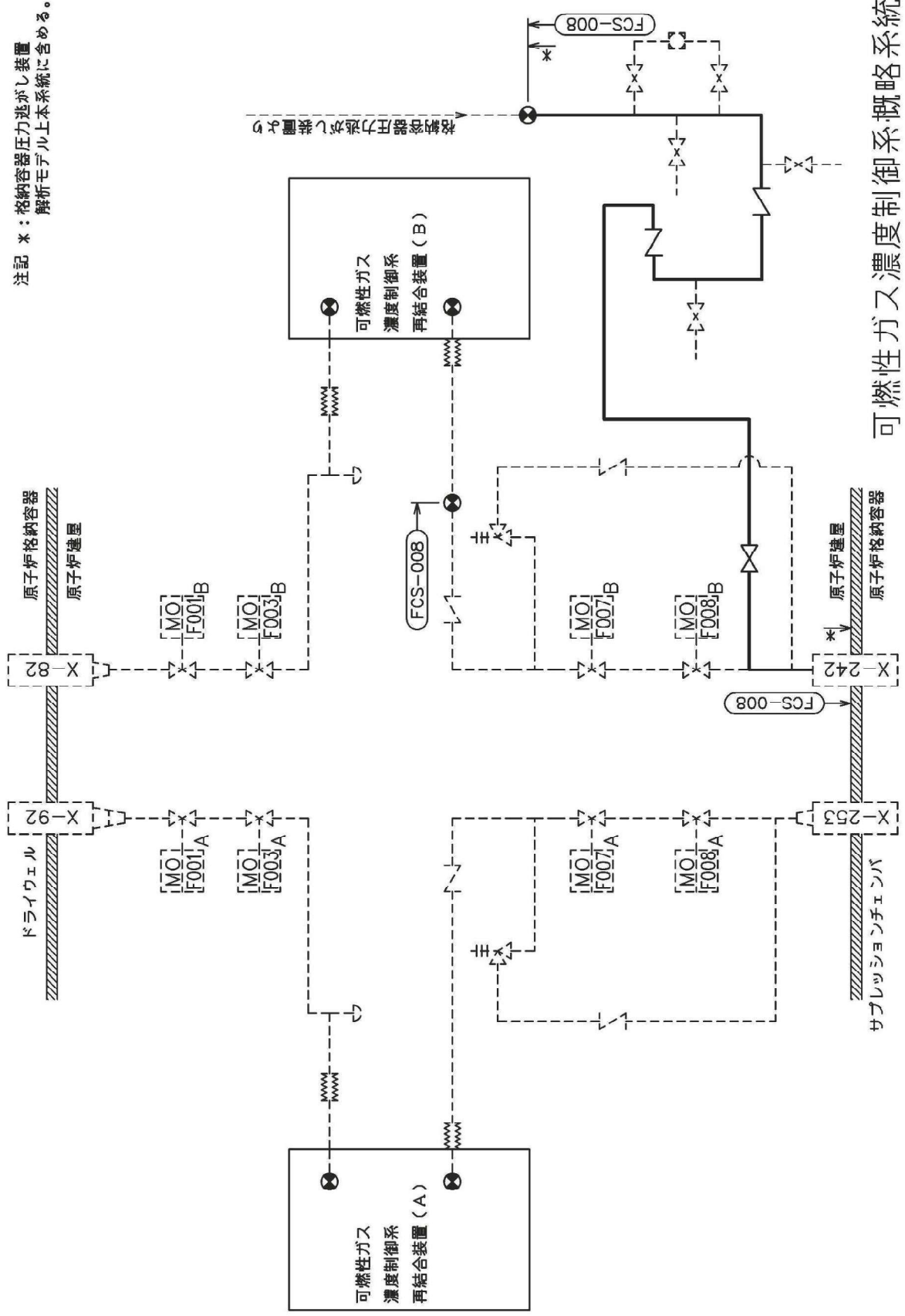
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

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


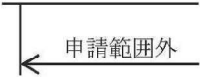
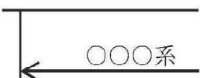


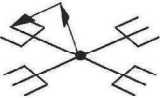
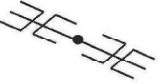

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



可燃性ガス濃度制御系概略系統図

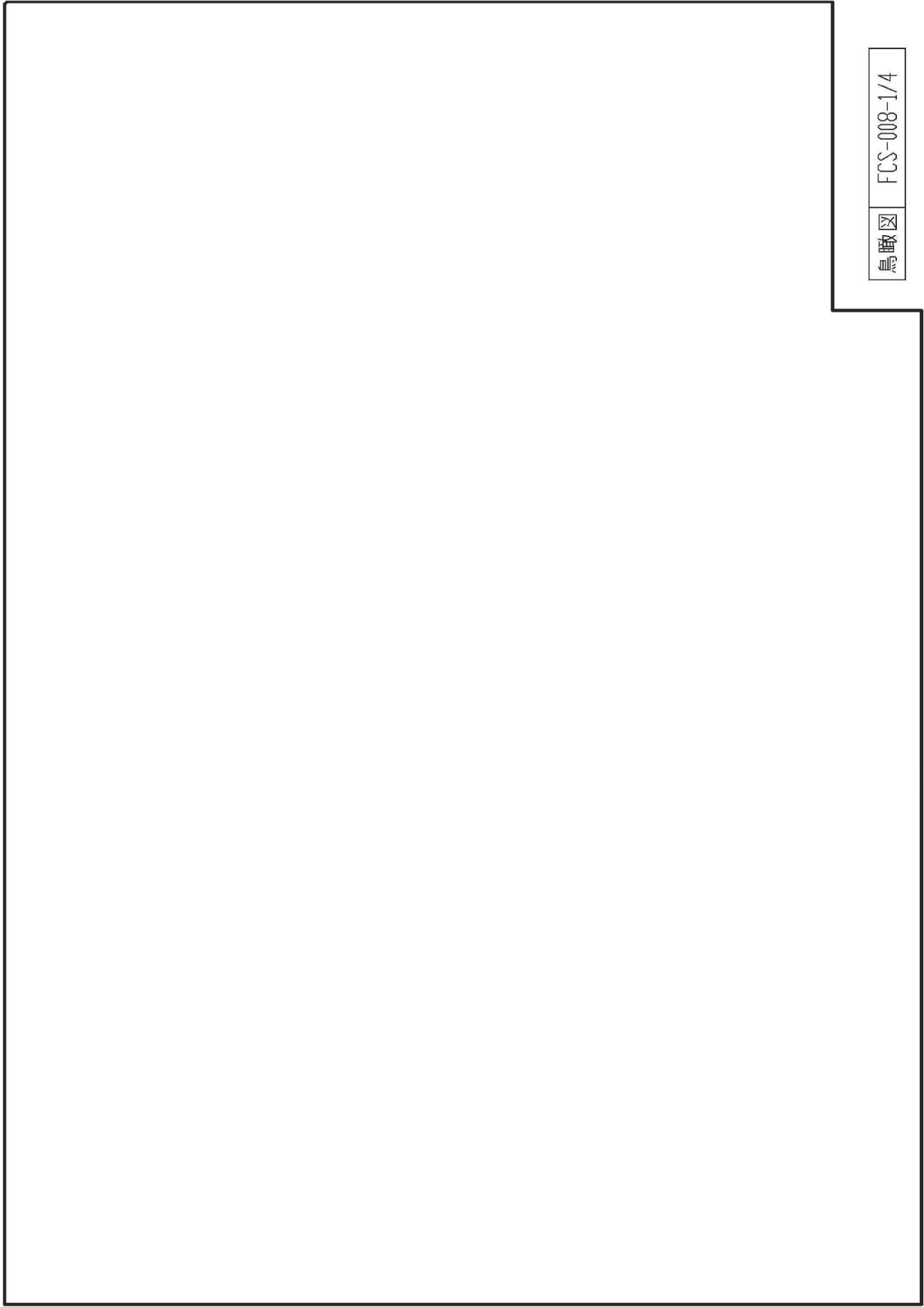
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

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

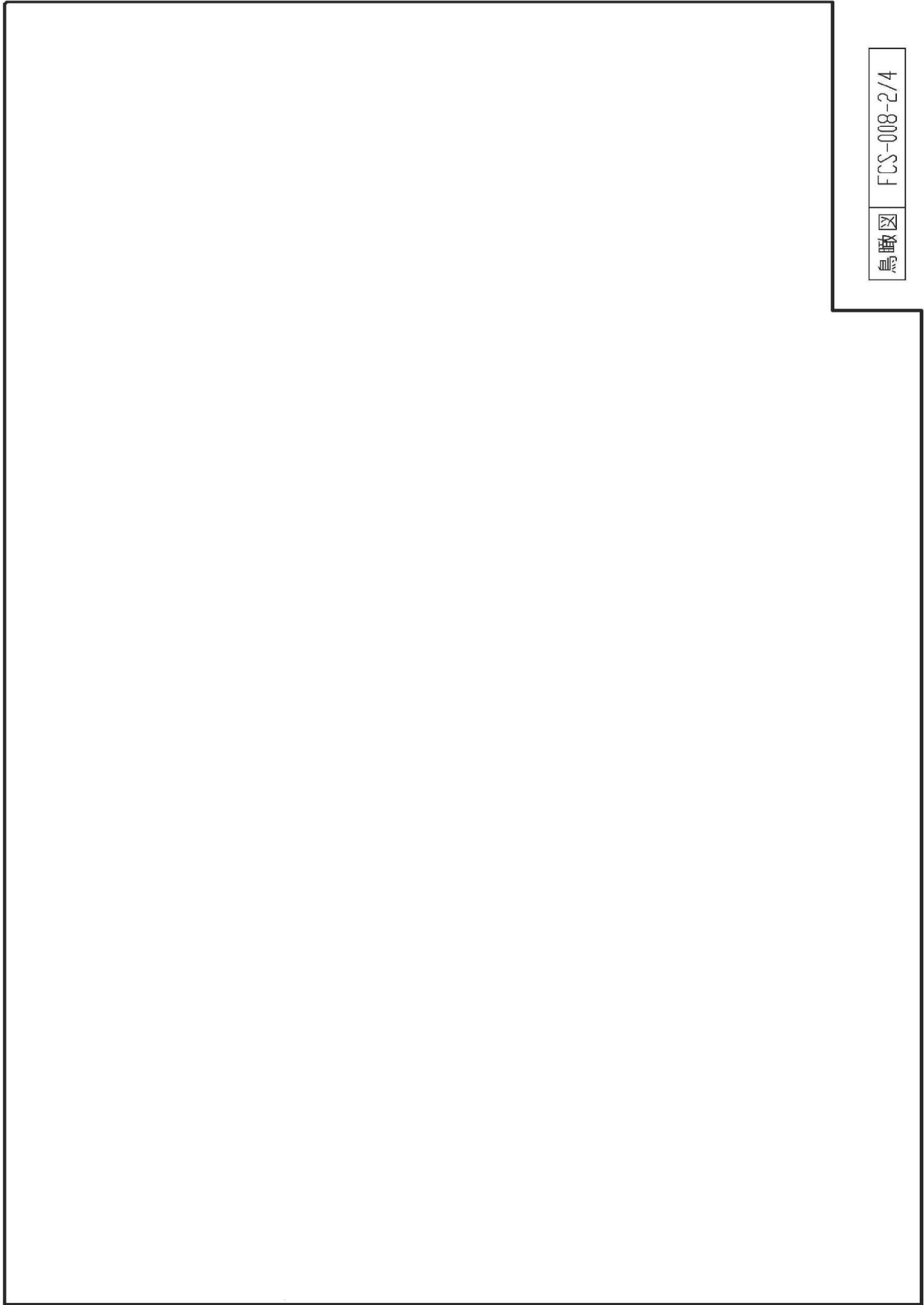
K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (重) R0

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (重) R0



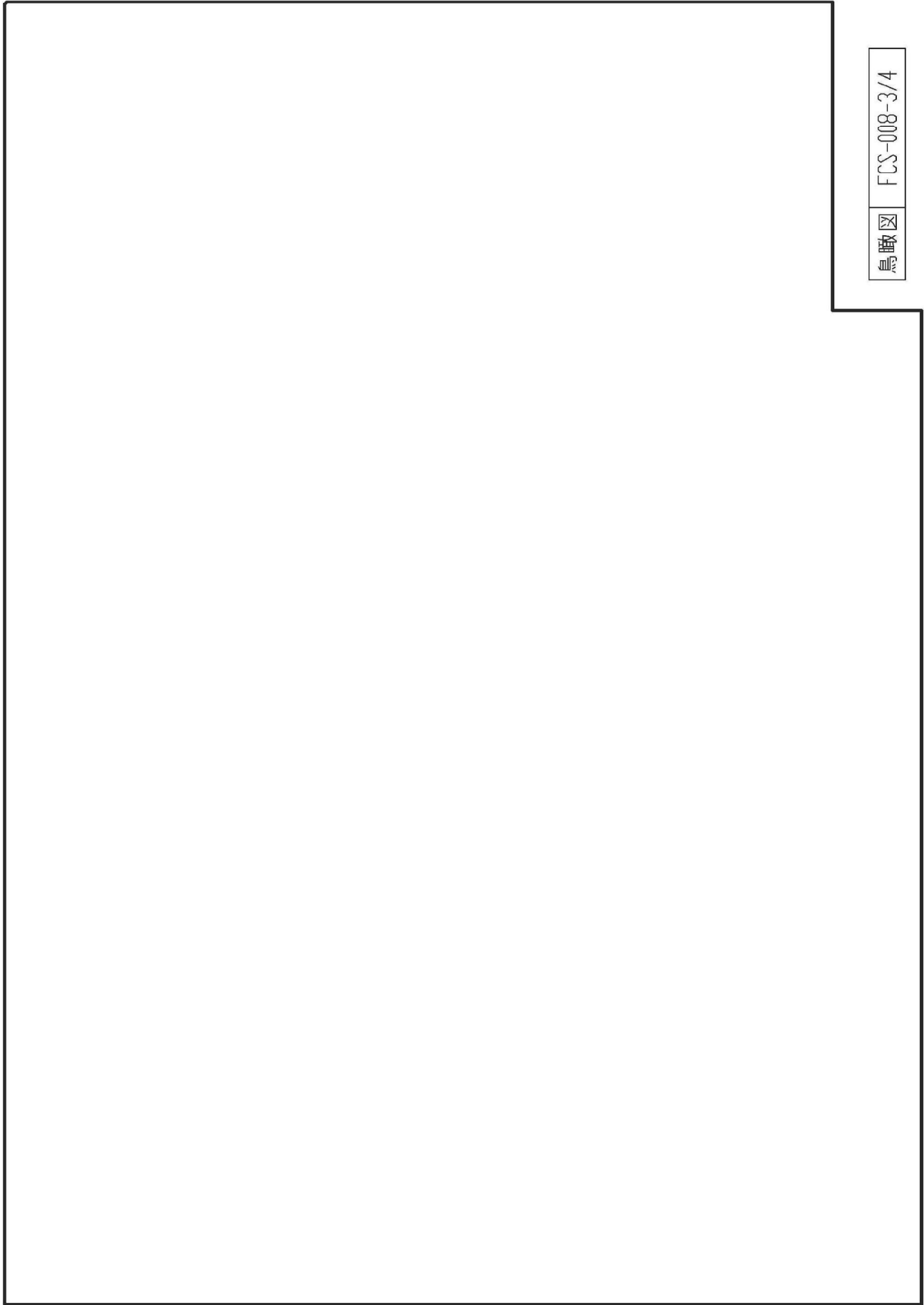
鳥瞰図 FCS-008-1/4

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (重) R0



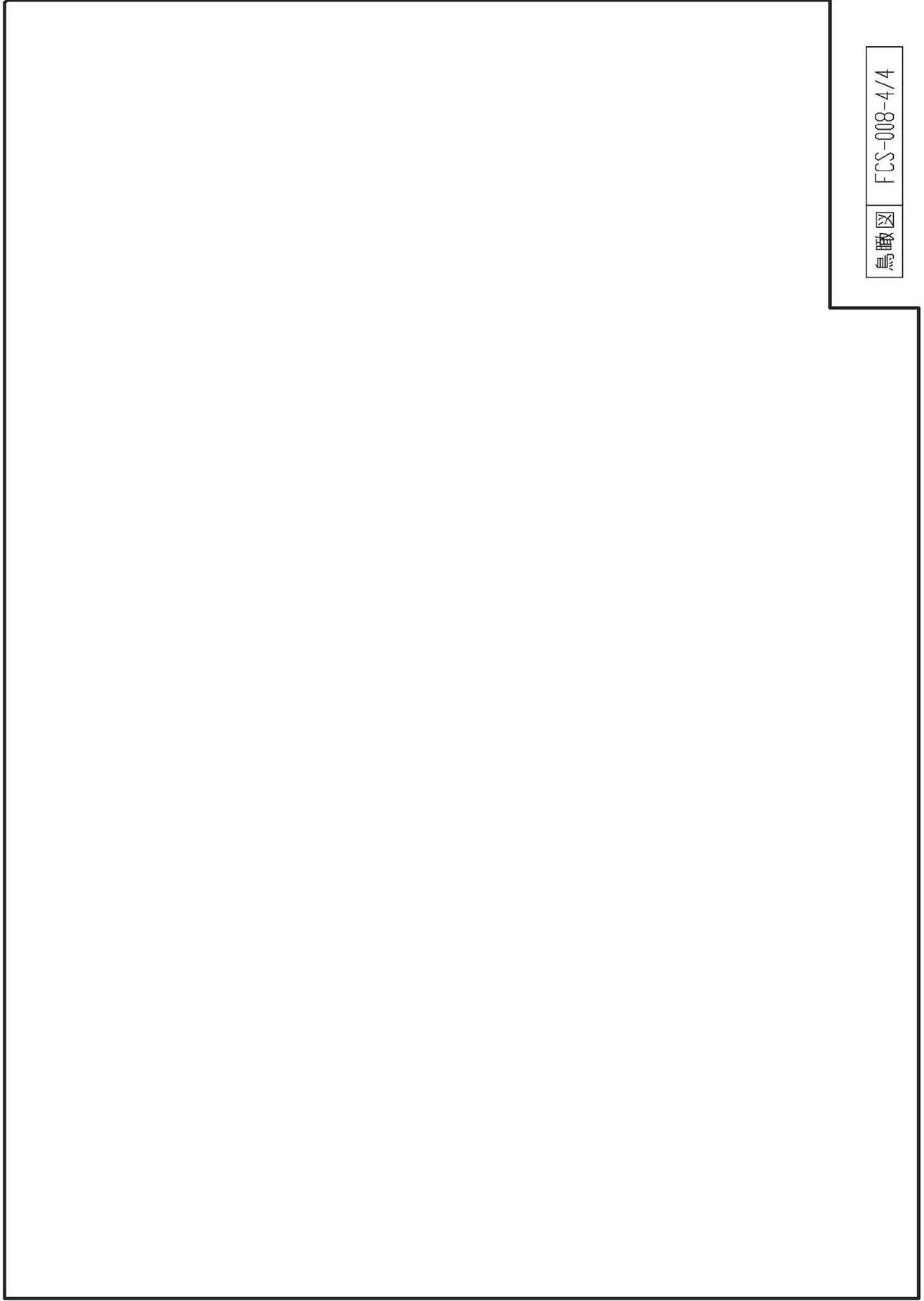
鳥瞰図 FCS-008-2/4

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (重) R0



鳥瞰図 FCS-008-3/4

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (重) R0



鳥瞰図 FCS-008-4/4

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 F C S - 0 0 8

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	0.62	200	165.2	7.1	STS410
2	0.62	200	60.5	3.9	S25C
3	1.00	200	60.5	3.9	SUS316LTP
4	0.62	200	60.5	3.9	STPT410

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 F C S - 0 0 8

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	31	64	206	207	208	802									
2	206	365	366												
3	300	301	302	303	304	305	306	307	308	310	311	312	313	314	315
	316	317	319	320	321	322									
4	324	364	365												

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 F C S - 0 0 8

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)
31		300		305		313		321	
64		301		306		314		364	
206		302		307		315		365	
207		303		311		316		366	
208		304		312		320		802	

鳥 瞰 図 F C S - 0 0 8

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
308		317		322	
309		318		323	
310		319		324	

鳥 瞰 図 F C S - 0 0 8

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	309			
弁2	318			
弁3	323			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F C S - 0 0 8

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
300						
** 304 **						
** 312 **						
316						
** 316 **						

--

K6 ① VI-3-3-6-2-5-2-1-2 (重) R0

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
S25C	200	—	—	—	110
STPT410	200	—	—	—	103
STS410	200	—	—	—	103
SUS316LTP	200	—	—	—	107

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
STS410	200	—	—	—	103

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管であつてクラス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
FCS-008	208	S_{prim}^{*1}	S_{prim}^{*1}	$1.5 \cdot S_h$
	208	S_{prim}^{*2}	S_{prim}^{*2}	$1.8 \cdot S_h$

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管であつてクラス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_{prim}^{*1} S_{prim}^{*2}	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
FCS-008	208 208	S_{prim}^{*1} S_{prim}^{*2}	17 17	103 123

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	FCS-008	208	30	154	5.13	○	208	30	185	6.16	○

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 (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	FCS-008	208	17	103	6.05	○	208	17	123	7.23	○

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。