

別紙 容器の強度計算書のフォーマット

VI-3-○-○-○ ○○○の強度計算書

まえがき

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-3-2-8「重大事故等クラス2 容器の強度計算方法」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

機器名	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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)

## 目 次

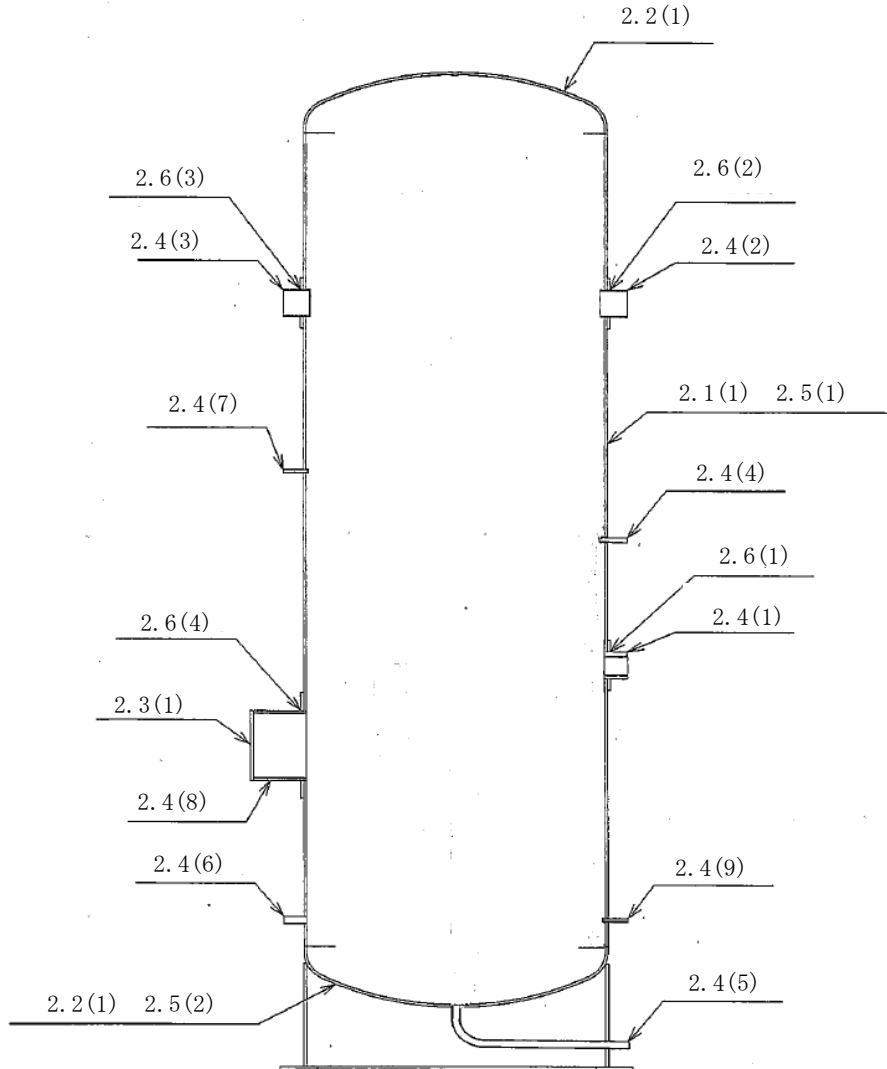
1. 計算条件	.....
1.1 計算部位	.....
1.2 設計条件	.....
2. 強度計算	.....
2.1 容器の胴の厚さの計算	.....
2.2 容器の鏡板の厚さの計算	.....
2.3 容器の平板の厚さの計算	.....
2.4 容器の管台の厚さの計算	.....
2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算	.....
2.6 容器の穴の補強計算	.....
2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価	.....



1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の  
計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	****
最高使用温度 (°C)	***

## 2. 強度計算

### 2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(1) 胴板
材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	
最高使用温度			(°C)
胴の内径			$D_i$
許容引張応力	S	(MPa)	107
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	$t_1$	(mm)	
必要厚さ	$t_2$	(mm)	
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

2.2 容器の鏡板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称		(1) 鏡板
鏡板の外径	$D_{oc}$ (mm)	2240.00
鏡板の中央部における内面の半径	$R$ (mm)	2200.00
鏡板のすみの丸みの内半径	$r$ (mm)	220.00
$3 \cdot t_{co}$	(mm)	60.00
$0.06 \cdot D_{oc}$	(mm)	134.40
評価： $D_{oc} \geq R$ , $r \geq 3 \cdot t_{co}$ , $r \geq 0.06 \cdot D_{oc}$ , $r \geq 50\text{mm}$ , よってさら形鏡板である。		

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称		(1) 鏡板
材料		SUS316L
最高使用圧力	$P$ (MPa)	
最高使用温度	(°C)	
胴の内径	$D_i$ (mm)	
さら形鏡板の形状による係数	$W$	
許容引張応力	$S$ (MPa)	107
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	$t_1$ (mm)	
必要厚さ	$t_2$ (mm)	
$t_1, t_2$ の大きい値	$t$ (mm)	
呼び厚さ	$t_{co}$ (mm)	
最小厚さ	$t_c$ (mm)	
評価： $t_c \geq t$ , よって十分である。		

### 2.3 容器の平板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称		(1) マンホール平板
平板の取付け方法		(i)
平板の穴の有無		無し
溶接部の寸法	$t_{w1}$	(mm)
溶接部の寸法	$t_{w2}$	(mm)
胴又は管の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)
胴又は管の最小厚さ	$t_s$	(mm)
	$t_{w1} + t_{w2}$	
	$2 \cdot t_s$	(mm)
	$1.25 \cdot t_{sr}$	(mm)
評価： $t_{w1} + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ , $t_{w1} \geq t_s$ , $t_s \geq 1.25 \cdot t_{sr}$ よって十分である。		

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

平板名称		(1) マンホール平板
平板の取付け方法		(i)
平板の穴の有無		無し
溶接部の寸法	$t_i$	(mm)
胴又は管の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)
胴又は管の最小厚さ	$t_s$	(mm)
	$2 \cdot t_{sr}$	(mm)
	$1.25 \cdot t_s$	(mm)
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ , $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ よって十分である。		

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3310 (告示第501号第34条第1項)

平板の厚さ

平板名称			(1) マンホール平板
材料			SUSF316L (厚さ130mm未満)
最高使用圧力	P	(MPa)	
最高使用温度			(°C)
許容引張応力	S	(MPa)	107
取付け方法による係数	K		
平板の径	d	(mm)	
必要厚さ	t	(mm)	
呼び厚さ	$t_{p.o}$	(mm)	
最小厚さ	$t_p$	(mm)	
評価： $t_p \geq t$ ，よって十分である。			

## 2.4 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称		(1) ○○○入口
材料		SUS316LTP-S
最高使用圧力	$P$ (MPa)	
最高使用温度	(°C)	
管台の外径	$D_o$ (mm)	
許容引張応力	$S$ (MPa)	107
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	$t_1$ (mm)	
必要厚さ	$t_3$ (mm)	
$t_1, t_3$ の大きい値	$t$ (mm)	
呼び厚さ	$t_{no}$ (mm)	
最小厚さ	$t_n$ (mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。		

2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格 PVC-3150(2)

胴板名称		(1) 胴板
材料		SUS316L
最高使用圧力	P (MPa)	
最高使用温度	(°C)	
胴の外径	D (mm)	
許容引張応力	S (MPa)	107
胴板の最小厚さ	$t_s$ (mm)	
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$	(mm)	
61, $d_{r1}$ の小さい値	(mm)	61.00
K		
$D \cdot t_s$	(mm <sup>2</sup> )	
200, $d_{r2}$ の小さい値	(mm)	200.00
補強を要しない穴の最大径	(mm)	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称		○○○入口(3.6(1)) ○○○出口(3.6(2)) ○○○出口(3.6(3)) マンホール(3.6(4))

容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格 PVC-3230(2)

鏡板名称		(2) 鏡板
材料		SUS316L
最高使用圧力	P (MPa)	
最高使用温度	(°C)	
鏡板のフランジ部の外径	D (mm)	
許容引張応力	S (MPa)	107
鏡板の最小厚さ	$t_c$ (mm)	
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_c) / 4$	(mm)	
61, $d_{r1}$ の小さい値	(mm)	61.00
K		
$D \cdot t_c$	(mm <sup>2</sup> )	
200, $d_{r2}$ の小さい値	(mm)	
補強を要しない穴の最大径	(mm)	
評価：補強の計算を要する穴の名称		無し



## 2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-11

部材名称	(1) ○○○入口	
胴板材料	SUS316L	
管台材料	SUS316LTP-S	
強め板材料	SUS316L	
最高使用圧力	P	(MPa)
最高使用温度		(°C)
胴板の許容引張応力	$S_s$	(MPa)
管台の許容引張応力	$S_n$	(MPa)
強め板の許容引張応力	$S_e$	(MPa)
穴の径	d	(mm)
管台が取り付く穴の径	$d_w$	(mm)
胴板の最小厚さ	$t_s$	(mm)
管台の最小厚さ	$t_n$	(mm)
胴板の継手効率	$\eta$	1.00
係数	F	1.00
胴の内径	$D_i$	(mm)
胴板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$	(mm)
穴の補強に必要な面積	$A_r$	(mm <sup>2</sup> )
補強の有効範囲	$X_1$	(mm)
補強の有効範囲	$X_2$	(mm)
補強の有効範囲	X	(mm)
補強の有効範囲	$Y_1$	(mm)
補強の有効範囲	$Y_2$	(mm)
強め板の最小厚さ	$t_e$	(mm)
強め板の外径	$B_e$	(mm)
管台の外径	$D_{on}$	(mm)
溶接寸法	$L_1$	(mm)
溶接寸法	$L_2$	(mm)
溶接寸法	$L_3$	(mm)
胴板の有効補強面積	$A_1$	(mm <sup>2</sup> )
管台の有効補強面積	$A_2$	(mm <sup>2</sup> )
すみ肉溶接部の有効補強面積	$A_3$	(mm <sup>2</sup> )

部材名称	(1) ○○○入口	
強め板の有効補強面積	$A_4$	( $\text{mm}^2$ )
補強に有効な総面積積	$A_0$	( $\text{mm}^2$ )
評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。		
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径	$d_j$	(mm)
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。		
溶接部にかかる荷重	$W_1$	(N)
溶接部にかかる荷重	$W_2$	(N)
溶接部の負うべき荷重	$W$	(N)
すみ肉溶接の許容せん断応力	$S_{w1}$	(MPa)
突合せ溶接の許容せん断応力	$S_{w2}$	(MPa)
突合せ溶接の許容引張応力	$S_{w3}$	(MPa)
管台壁の許容せん断応力	$S_{w4}$	(MPa)
応力除去の有無		
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	$F_1$	
突合せ溶接の許容せん断応力係数	$F_2$	
突合せ溶接の許容引張応力係数	$F_3$	
管台壁の許容せん断応力係数	$F_4$	
すみ肉溶接部のせん断力	$W_{e1}$	(N)
すみ肉溶接部のせん断力	$W_{e2}$	(N)
すみ肉溶接部のせん断力	$W_{e3}$	(N)
突合せ溶接部のせん断力	$W_{e4}$	(N)
突合せ溶接部の引張力	$W_{e8}$	(N)
突合せ溶接部の引張力	$W_{e9}$	(N)
管台のせん断力	$W_{e10}$	(N)
予想される破断箇所の強さ	$W_{ebp1}$	(N)
予想される破断箇所の強さ	$W_{ebp2}$	(N)
予想される破断箇所の強さ	$W_{ebp3}$	(N)
予想される破断箇所の強さ	$W_{ebp4}$	(N)
予想される破断箇所の強さ	$W_{ebp5}$	(N)
評価： $W_{ebp1} \geq W$ ， $W_{ebp2} \geq W$ ， $W_{ebp3} \geq W$ ， $W_{ebp4} \geq W$ ， $W_{ebp5} \geq W$ 以上より十分である。		

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価の評価結果例

2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

胴側胴板（使用材料規格：J I S G ○○○○ △△△△）の評価結果

（比較材料：J I S G ○○○○ △△△△）

（材料記号を記載）

○○○に使用している○○○は、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し、同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370N/mm <sup>2</sup> 以上	215N/mm <sup>2</sup> 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370N/mm <sup>2</sup> 以上	215N/mm <sup>2</sup> 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ～ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ～ 0.35	0.30 ～ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>Si, P, S の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないと考えます。</p> <p>Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。</p> <p>P：冷間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16mm 未満）であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>S：熱間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16mm 未満）であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p>									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により、機械的強度、化学成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、△△△△を重大事故等クラス2材料として使用することに問題ないと考えます。

（材料記号を記載）

## VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法

まえがき

本書は、設計及び工事の計画認可申請書に添付する重大事故等クラス2管の強度計算について説明するものである。

本書は、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」に基づき以下により構成される。

- (1) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の基本板厚計算方法
- (2) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の応力計算方法
- (3) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の規定によらない場合の強度計算方法
- (4) 重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算方法

- (1) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の基本板厚計算方法

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1
1.3 強度計算書の構成とその見方	4
1.4 計算精度と数値の丸め方	5
1.5 材料の表示方法	6
1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法	7
2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法	8
2.1 共通記号	8
2.2 管の板厚計算	9
2.3 平板の強度計算	11
2.4 鏡板の強度計算	23
2.5 レジューサの強度計算	26
2.6 管の穴と補強計算	30
2.7 フランジの強度計算	55
2.8 伸縮継手の強度計算	70
別紙1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領	
別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット	

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、発電用原子力設備のうち重大事故等クラス2管であってクラス2管の基本板厚計算書（以下「強度計算書」という。）について説明するものである。

### 1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) 強度計算は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

新設・改造設備は設計・建設規格による評価を行う。

なお、告示第501号と設計・建設規格の比較に基づき、告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表1-1に示すとおりである。

- (2) 告示第501号及び設計・建設規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。

日本産業規格（以下「J I S」という。）と強度計算書との対応は、表1-2に示すとおりである。

- (3) 管継手は、以下に掲げる規格（形状及び寸法に関する部分に限る。）又は設計・建設規格別表4に掲げるものとし、接続配管のスケジュール番号と同等以上のものを使用する。（設計・建設規格 PPC-3415）

- a. J I S B 2 3 1 2 (2001) 「配管用鋼製突合せ溶接式管継手」
- b. J I S B 2 3 1 3 (2001) 「配管用鋼板製突合せ溶接式管継手」
- c. J I S B 2 3 1 6 (1997) 「配管用鋼製差込み溶接式管継手」

- (4) 強度計算書で計算するもの以外のフランジ継手については、以下に掲げる規格（材料に関する部分を除く。）又は設計・建設規格別表2に掲げるものを使用する。（設計・建設規格 PPC-3414）

- a. J I S B 2 2 3 8 (1996) 「鋼製管フランジ通則」
- b. J I S B 2 2 3 9 (1996) 「鋳鉄製管フランジ通則」
- c. J I S B 8 2 1 0 (1994) 「蒸気用及びガス用ばね安全弁」

- (5) 管の接続

管と管を接続する場合は、設計・建設規格 PPC-3430により溶接継手又はフランジ継手とする。



表1-1 告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
第58条第1項 PPC-3411 (直管)  PPC-3411(1) PPC-3411(2) PPC-3411(3)  PPC-3412 (曲げ管) PPC-3411 (直管) を準用する。	2.2  2.4  2.5	管の板厚計算 鏡板の強度計算 (フランジ部) レジューサの強度計算 (フランジ部)
第58条第3項 PPC-3413 (平板)	2.3	平板の強度計算
PPC-3414 (フランジ) PPC-3414(1) PPC-3414(2) PPC-3414(3)	2.7	フランジの強度計算 (1.2(4) フランジ継手)
PPC-3415 (管継手) PPC-3415(1)		1.2(3)管継手
第61条第1項 PPC-3415.1 (レジューサ) PPC-3415.1(1) PPC-3415.1(2) PPC-3415.1(3)  準用 第32条第3項, 第4項 PVC-3124.2 (外面に圧力を受ける円すい形の胴の厚さ)	2.5	レジューサの強度計算          レジューサの強度計算 レジューサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))

K6 ① VI-3-2-9(1) R0

告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
第58条第2項 PPC-3415.2 (鏡板) PPC-3415.2(1) PPC-3415.2(2)	2.4	鏡板の強度計算
PPC-3416 (伸縮継手)	2.8	伸縮継手の強度計算
第60条 PPC-3420 (穴と補強) PPC-3421 PPC-3422 PPC-3423 PPC-3424  PPC-3422(3)	2.6      2.3	管の穴と補強計算      平板の強度計算

表1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
No.	項		
J I S B 8243 (1981) 「圧力容器の構造」		2.5	レジャーサの強度計算
J I S B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」 附属書3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」	2 3 4 5	2.7	フランジの強度計算*

注記\* : 設計・建設規格 PPC-3414(2)により J I S B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」 (以下「J I S B 8265」という。) の附属書3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」を用いて計算を行う。

### 1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本書と各配管の強度計算書からなる。
- (2) 各配管の強度計算書では、記号の説明及び計算式を省略しているので、本書によるものとする。
- (3) 各配管の強度計算書において、NO. の番号は概略系統図の丸で囲んだ番号を表す。

#### 1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表1-3に示すとおりとする。

表1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類		単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁
圧	下記以外の圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
力	外面に受ける最高の圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位*1
温度		℃	—	—	整数位
許容応力*2		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
長 さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
	最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
	ボルト谷径	mm	—	—	小数点以下第3位
	ガスケット厚さ	mm	—	—	小数点以下第1位
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
角度		°	小数点以下第2位 (小数点以下第1位)*4	四捨五入	小数点以下第1位 (整数位)*4

注記\*1：必要に応じて小数点以下第3位を用いる。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示第501号別表に記載された許容引張応力及び設計降伏点は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

\*3：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*4：管の穴と補強計算の主管と分岐管とのなす角度に用いる。

### 1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。  
 設計・建設規格に記載されていないが設計・建設規格に相当材が記載されている場合は、次のように表示する。

相当材記号 相当 (当該材記号)

(例1) SM400A 相当 (SMA400AP)

(例2) SCMV3-1 相当 (ASME SA387 Gr. 11Cl. 1)

- (2) 管の強度計算書において管の製造方法の区別を表示するので、材料表示としては、製造方法の区別を特に表示しない。

(継目無管：S，溶接管：W)

- (3) 強度区分により許容引張応力の値が異なる場合、材料記号の後に J I S で定める強度区分を付記する。

(例)

設計・建設規格の表示	計算書の表示
SCMV3 $\left( \begin{array}{l} \text{付録材料図表} \\ \text{Part5 表5の許容} \\ \text{引張応力の上段} \end{array} \right)$	SCMV3-1
SCMV3 $\left( \begin{array}{l} \text{付録材料図表} \\ \text{Part5 表5の許容} \\ \text{引張応力の下段} \end{array} \right)$	SCMV3-2

- (4) 使用する厚さ又は径等によって許容引張応力の値が異なる場合、材料記号の後に該当する厚さ又は径等の範囲を付記して表示する。

(例) SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)

- (5) ガasket材料で非石綿の場合の表示は、各計算「記号の説明」の「計算書の表示」による。

(例) NON-ASBESTOS

なお、この場合のガasket係数 (m) 及びガasketの最小設計締付圧力 (y) は、  
 J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2 備考3によりガasketメーカー推奨値を適用する。

## 1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法

### (1) 管継手の表示方法

概略系統図において、計算対象となる管と管継手の区別をするために管継手のみの管番号に“\*”を付け、概略系統図中に“注記\*：管継手”と表示する。

### (2) 管の仕様変更点の表示方法

概略系統図中、管の途中において仕様変更が生じた場合は“—●—”のように表示する。

2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法

発電用原子力設備のうち重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算に用いる計算式と記号を以下に定める。

2.1 共通記号

特定の計算に限定せず、一般的に使用する記号を共通記号として次に掲げる。  
 なお、以下に示す記号のうち、各計算において説明しているものはそれに従う。

告示 第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
	NO.	管, 平板, 鏡板, レジューサ, 管の穴, フランジ及び伸縮継手等の番号 数字のみ: 管 B: 平板 C: 鏡板 R: レジューサ T: 管の穴 F: フランジ E: 伸縮継手 SP: 穴あき管	—
P	P	最高使用圧力 (内圧)	MPa
P <sub>e</sub>	P <sub>e</sub>	外面に受ける最高の圧力	MPa
	Q	厚さの負の許容差	%, mm
η	η	継手の効率 管及び鏡板は告示第501号第32条第4項又は設計・建設規格 PVC-3130による。レジューサは告示第501号第32条第4項又は設計・建設規格 PVC-3130及びPVC-3140による。	—

## 2.2 管の板厚計算

管の板厚計算は、告示第501号第58条第1項又は設計・建設規格 PPC-3411を適用する。

### (1) 記号の説明

告示第501号又は設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
B	B	外面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1～図20により求めた値（Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に $t_{op}$ となる。）	—
$D_o$	$D_o$	管の外径	mm
$l$	$l$	管の座屈の長さ	mm
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
t	t	管の計算上必要な厚さ	mm
t	$t_{op}$	管の計算上必要な厚さ	mm
	$t_r$	管に必要な厚さ	mm
	$t_s$	管の最小厚さ	mm
	$t_t$	炭素鋼鋼管の告示第501号上又は設計・建設規格上必要な最小厚さ	mm
	算式	$t_r$ として用いる値の算式	—
	製法		—
	S	継目無管	
	W	溶接管	



(2) 算式

管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

告示第501号第58条第1項第1号の式又は設計・建設規格 PPC-3411(1)の式より求めた

値：t

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \dots\dots\dots (A)$$

b. 外面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPC-3411(2)の図PPC-3411-1より求めた値。ただし、図から求められない場合は次の式より求めた値：t<sub>op</sub>

$$t_{op} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B} \dots\dots\dots (B)$$

c. 炭素鋼鋼管の告示第501号上又は設計・建設規格上必要な最小厚さ：t<sub>t</sub>

告示第501号第58条第1項第3号の表又は設計・建設規格 PPC-3411(3)の表PPC-3411-1より求めた値 …………… (C)

(3) 評価

t, t<sub>op</sub>又はt<sub>t</sub>のいずれか大きい方の値をt<sub>r</sub>とする。

管の最小厚さ(t<sub>s</sub>) ≥ 管に必要な厚さ(t<sub>r</sub>)ならば強度は十分である。

(4) 補足

a. 計算書中、算式の項の文字は(2)a項, b項及びc項の文字A, B及びCに対応する。

b. 曲げ管は、管に必要な厚さが確保されている場合は、直管と同等に考えるものとし、表示はしないものとする。

### 2.3 平板の強度計算

平板の強度計算は、告示第501号第58条第3項又は設計・建設規格 PPC-3413及び設計・建設規格 PPC-3422(3)を適用する。

#### (1) 記号の説明

告示第501号又は設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表示内容	単位
A <sub>b</sub>	A <sub>b</sub>	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m</sub>	A <sub>m</sub>	ボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m1</sub>	A <sub>m1</sub>	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m2</sub>	A <sub>m2</sub>	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>	ガスケット座の基本幅（JIS B 8265 附属書3 表3による。）	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	告示第501号第58条第3項の表又は設計・建設規格の表PPC-3413-1に規定する方法によって測った平板の径又は最小内径	mm
d <sub>b</sub>	d <sub>b</sub>	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
	d <sub>h</sub>	穴の径	mm
F	F	全体のボルトに作用する力	N
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G <sub>s</sub>	ガスケット接触面の外径	mm
H	H	内圧によってフランジに加わる全荷重	N
H <sub>P</sub>	H <sub>P</sub>	気密を十分に保つためにガスケット又は継手接触面に加える圧縮力	N
h <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	ボルトのピッチ円の直径とdとの差の2分の1	mm
K	K	平板の取付け方法による係数	—
ℓ	ℓ	フランジの長さ	mm
m	m	t <sub>r</sub> / t <sub>s</sub>	—
m	m <sub>g</sub>	ガスケット係数（JIS B 8265 附属書3 表2による。）	—
N	N	ガスケットの接触面の幅（JIS B 8265 附属書3 表3による。）	mm
n	n	ボルトの本数	—
r	r	すみの丸みの内半径	mm

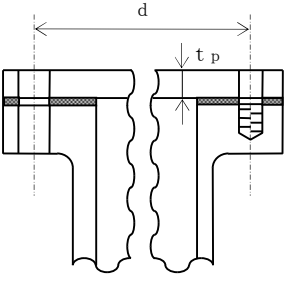
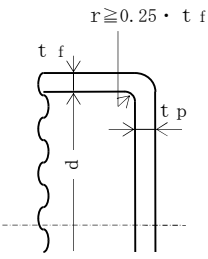
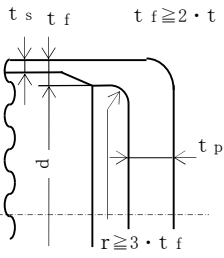
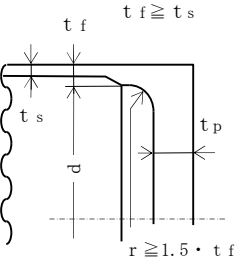
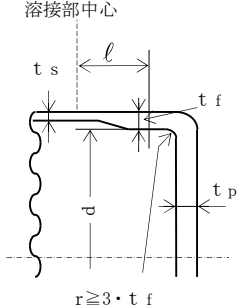
告示第501号又は設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表示内容	単位
S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力	MPa
$\sigma_a$	S <sub>a</sub>	告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。 常温におけるボルト材料の許容引張応力	MPa
$\sigma_b$	S <sub>b</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。 最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力	MPa
	S <sub>x</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。 ボルトの許容引張応力 (S <sub>a</sub> 又はS <sub>b</sub> のいずれか小さい方の値)	MPa
	S <sub>1</sub>	最高使用温度におけるねじ込み輪, 分割リング等の機械的装置の材料の許容引張応力	MPa
t	t	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6による。 平板の計算上必要な厚さ	mm
t <sub>c</sub>	t <sub>c</sub>	平板のすみ肉ののど厚	mm
t <sub>f</sub> , t	t <sub>f</sub>	平板のフランジ部の厚さ	mm
t <sub>w</sub>	t <sub>i</sub>	平板ののど厚	mm
t <sub>n</sub>	t <sub>n</sub>	ガスケット溝を考慮した平板の厚さ	mm
t	t <sub>p</sub>	平板の最小厚さ	mm
	t <sub>p o</sub>	平板の呼び厚さ	mm
t <sub>s</sub>	t <sub>s</sub>	管の最小厚さ	mm
t <sub>r</sub>	t <sub>r</sub>	継目のない管の計算上必要な厚さ	mm
t <sub>w</sub> , t <sub>w1</sub>	t <sub>w</sub>	平板の溶接部の深さ	mm
t <sub>w2</sub>	t <sub>w2</sub>	平板の溶接部の長さ	mm
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W <sub>g</sub>	W <sub>g</sub>	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W <sub>m1</sub>	W <sub>m1</sub>	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>m2</sub>	W <sub>m2</sub>	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub>	使用状態でのボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (JIS B 8265 附属書3 表2による。)	N/mm <sup>2</sup>

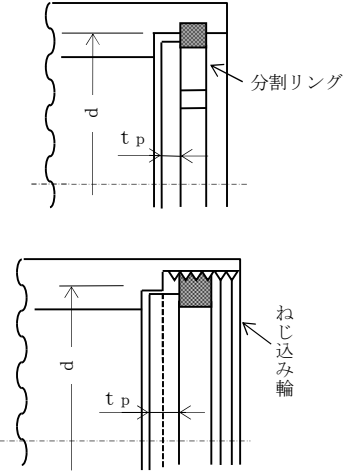
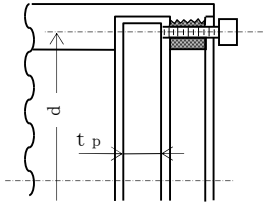
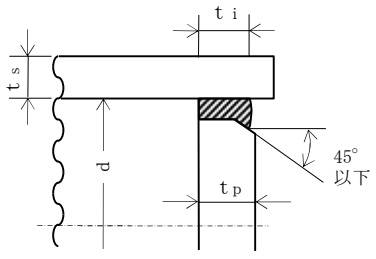
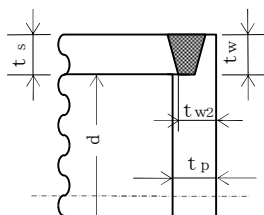
告示第501号又は設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
$\pi$          (a)~(n)	$\pi$ $\sigma_p$ NON-ASBESTOS SUS-NON-ASBESTOS ガasket座 面の形状 平板の取付け 方法 2A~2N	円周率 平板に作用する力によって生じる応力 非石綿ジョイントシート 渦巻形金属ガスケット（非石綿）（ステンレス鋼） J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。 平板の取付け方法で設計・建設規格 PPC-3413の表PPC-3413-1による。 取付け方法の表示区分	— MPa — — — —

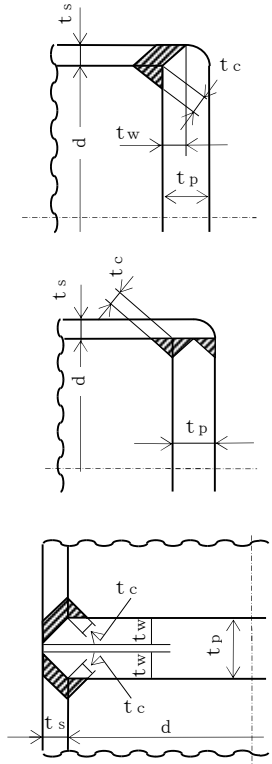
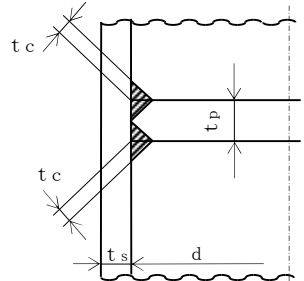
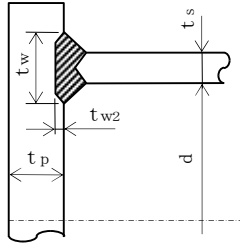
(2) 形状の制限（告示第501号）

取 付 け 方 法		形 状 の 制 限
(ℓ)	その他の場合	無し

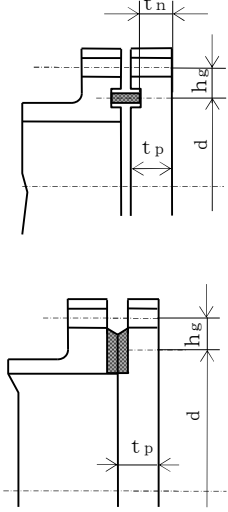
形状の制限（設計・建設規格）

取付け方法	形状の制限
<p>(a)</p> 	<p>無し</p>
<p>(b)</p> 	<p><math>d \leq 600\text{mm}</math>, <math>d/20 \leq t_p &lt; d/4</math>かつ, <math>r \geq 0.25 \cdot t_f</math>であること。</p>
<p>(c)</p> 	<p><math>t_f \geq 2 \cdot t_s</math>かつ, <math>r \geq 3 \cdot t_f</math>であること。</p>
<p>(d)</p> 	<p><math>t_f \geq t_s</math>かつ, <math>r \geq 1.5 \cdot t_f</math>であること。</p>
<p>(e)</p> 	<p><math>r \geq 3 \cdot t_f</math>であること。</p>

取付け方法	形状の制限
<p>(f)</p> 	<p><math>0.8 \cdot S_i \geq \sigma_p</math> であること。</p>
<p>(g)</p> 	<p><math>0.8 \cdot S_x \geq \sigma_p</math> であること。</p>
<p>(h)</p> 	<p><math>t_i \geq 2 \cdot t_r</math> かつ, <math>t_i \geq 1.25 \cdot t_s</math> であること。</p>
<p>(i)</p>  <p><math>t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s</math>  <math>t_w \geq t_s</math></p>	<p><math>t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s</math>, <math>t_w \geq t_s</math> かつ,  <math>t_s \geq 1.25 \cdot t_r</math> であること。</p>

取 付 け 方 法	形 状 の 制 限
<p>(j)</p> 	<p>(1) 平板が鍛造品で、かつ、平板の面からの開先角度が<math>45^\circ</math> 未満の場合  <math>t_w \geq \text{Min} (0.5 \cdot t_s, 0.25 \cdot t_p)</math> かつ、  <math>t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})</math> であること。</p> <p>(2) (1)以外の場合  <math>t_w \geq \text{Min} (t_s, 0.5 \cdot t_p)</math> かつ、  <math>t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})</math> であること。</p>
<p>(k)</p> 	<p><math>t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})</math> であること。</p>
<p>(l)</p>  <p><math>t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s</math></p>	<p><math>t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s</math> であること。</p>



取 付 け 方 法	形 状 の 制 限
<p>(m)</p> 	<p>無し</p>
<p>(n)</p> <p>その他の場合</p>	<p>無し</p>

(3) 算式

平板の計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

a. 平板に穴がない場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

Kの値は以下による。(告示第501号)

取付け方法	Kの値
(ℓ)	0.75

Kの値は以下による。(設計・建設規格)

取付け方法	Kの値
(a)	0.17
(b)	0.13
(c)	0.17
(d)	Max (0.33・m, 0.2)      m = t <sub>r</sub> / t <sub>s</sub>
(e)	0.17* <sup>1</sup> 0.10
(f)	0.20
(g)	0.20* <sup>2</sup>
(h)	Max (0.33・m, 0.2)      m = t <sub>r</sub> / t <sub>s</sub>
(i)	0.33
(j)	
(k)	Max (0.33・m, 0.2)      m = t <sub>r</sub> / t <sub>s</sub>
(ℓ)	
(m)	0.20 + $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ ただし、t <sub>n</sub> の厚さの場合は $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ * <sup>3</sup>
(n)	0.50

注記\*1：取付け方法 (e) の場合

t<sub>f</sub>からt<sub>s</sub>へ移行するテーパが1対4又はそれより緩やかであり、かつ、以下の(a)又は(b)いずれかの場合、K=0.10とできる。

(a)  $l \geq \left(1.1 - 0.8 \cdot \frac{t_s^2}{t_f^2}\right) \cdot \sqrt{d \cdot t_f}$  の場合

(b) 管が  $2 \cdot \sqrt{d \cdot t_s}$  以上の長さにあたって

$t_s \geq 1.12 \cdot t_f \cdot \sqrt{1.1 - l / \sqrt{d \cdot t_f}}$  の場合

注記\*2：取付け方法（g）の場合の $\sigma_p$ は以下による。

(a) ガスケット座の有効幅及びガスケット反力円の直径

ガスケット座の有効幅（ $b$ ）及びガスケット反力円の直径（ $G$ ）は、ガスケット座の基本幅（ $b_o$ ）に従い以下のように求める。

$b_o \leq 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

$b_o > 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$$

$$G = G_s - 2 \cdot b$$

ただし、 $b_o$ はJIS B 8265 附属書3 表3による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

$$W_{m1} = H + H_P$$

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P$$

$$W = H$$

$$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m_g \cdot P$$

ただし、 $P$ は2.7項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガスケット締付時に必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

(c) ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{S_b} \quad (\text{使用状態})$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{S_a} \quad (\text{ガスケット締付時})$$

$$A_m = \text{Max}(A_{m1}, A_{m2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot n$$

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

$$W_g = \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) \cdot S_a \quad (\text{ガスケット締付時})$$

$$F = \text{Max}(W_o, W_g)$$

(e) 平板に作用する力によって生じるボルトの応力

$$\sigma_p = \frac{F}{A_b}$$

注記\*3：取付け方法 (m) の場合の F, h<sub>g</sub>, W及び d は以下による。

(a) ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は, ガasket座の基本幅 (b<sub>o</sub>) に従い以下のように求める。

b<sub>o</sub> ≤ 6.35 mm の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

b<sub>o</sub> > 6.35 mm の場合

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$$

$$G = G_s - 2 \cdot b$$

ただし, b<sub>o</sub> は J I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

$$W_{m1} = H + H_P$$

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P$$

$$W = H$$

$$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m_g \cdot P$$

ただし, P は 2.7 項 (1) のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガasket締付時に必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

(c) ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{S_b} \quad (\text{使用状態})$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{S_a} \quad (\text{ガasket締付時})$$

$$A_m = \text{Max}(A_{m1}, A_{m2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 \cdot n$$

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

$$W_g = \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) \cdot S_a \quad (\text{ガasket締付時})$$

$$F = \text{Max}(W_o, W_g)$$

(e) 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

$$h_g = \frac{C - G}{2}$$

b. 平板に穴を設ける場合は、設計・建設規格 PPC-3422(3)により平板の計算上必要な厚さを、次の式より計算した値とする。

(a) 穴の径 ( $d_h$ ) が平板の径又は最小内のり ( $d$ ) の値の2分の1以下の場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

ただし、 $K$ の値は (m) の取付け方法を除き0.375以上とすることを要しない。

(b) 穴の径 ( $d_h$ ) が平板の径又は最小内のり ( $d$ ) の値の2分の1を超える場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2.25 \cdot K \cdot P}{S}}$$

(4) 評価

平板の最小厚さ ( $t_p$ )  $\geq$  平板の計算上必要な厚さ ( $t$ ) ならば強度は十分である。

(5) 補足

a. 取付け方法は、告示第501号第58条第3項の表又は設計・建設規格 PPC-3413の表 PPC-3413-1の条件を満足するものとする。

b. スペクタクルフランジの取付け方法は (g) タイプとする。

## 2.4 鏡板の強度計算

鏡板の強度計算は、告示第501号第58条第1項、第2項又は設計・建設規格 PPC-3415.2及び設計・建設規格 PPC-3411を適用する。

### (1) 記号の説明

告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
B	B	中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1～ 図20により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計 算により最終的に t となる。)	—
D	D	半だ円形鏡板の内面における長径	mm
D <sub>o</sub>	D <sub>o</sub>	鏡板が取り付けられる管の外径 (フランジ部の外径に同じ。)	mm
	D <sub>o c</sub>	さら形鏡板の外径	mm
h	h	半だ円形鏡板の内面における短径の2分の1	mm
K	K	半だ円形鏡板の形状による係数	—
K	K <sub>K</sub>	半だ円形鏡板の中高面に圧力を受ける場合の計 算に用いる係数 設 計 ・ 建 設 規 格 PPC-3415.2(2)f. の 表 PPC-3415.2-1による。	—
R	R	さら形鏡板の中央部における内半径又は全半球 形鏡板の内半径	mm
R	R <sub>D</sub>	さら形又は全半球形鏡板の中央部の外半径 R <sub>D</sub> = R + (最小厚さ)	mm
R	R <sub>R</sub>	半だ円形鏡板の外面の長径 R <sub>R</sub> = D + 2・(最小厚さ)	mm
r	r	さら形鏡板のすみの丸みの内半径	mm
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付 録材料図表 Part5 表5による。	MPa
t	t	鏡板の鏡部及びフランジ部の計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>c</sub>	鏡板の最小厚さ	mm
	t <sub>c o</sub>	鏡板の公称厚さ	mm
W	W	さら形鏡板の形状による係数	—
	形 式	鏡板の形式及び計算箇所を示す名称	—
	算 式	t として用いる値の算式	—

(2) 算式

鏡板の計算上必要な厚さは、次に掲げる値とする。

a. さら形鏡板鏡部

形状は設計・建設規格 PPC-3415.2(1)a.により以下とする。

$$\begin{aligned} D_{oc} &\geq R \\ r &\geq 3 \cdot t_{co} \\ r &\geq 0.06 \cdot D_{oc} \\ r &\geq 50\text{mm} \end{aligned}$$

設計・建設規格 PPC-3415.2(2)a.の式PPC-1.12又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)b.の式PPC-1.14より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots\dots\dots (A)$$

ただし、

$$W = \frac{1}{4} \cdot \left( 3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

(b) 中高面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P_e \cdot R_D}{B} \dots\dots\dots (A')$$

b. 全半球形鏡板鏡部

告示第501号第58条第2項第2号ハ、又はニの式又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)c.の式PPC-1.15又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)d.の式PPC-1.16より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots\dots\dots (B)$$

(b) 中高面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P_e \cdot R_D}{B} \dots\dots\dots (B')$$

c. 半だ円形鏡板鏡部

形状は告示第501号第58条第2項第1号ハ又は設計・建設規格 PPC-3415.2(1)c.により以下とする。

$$2 \geq \frac{D}{2 \cdot h}$$

告示第501号第58条第2項第2号ホ, 又はへの式又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)e.の式PPC-1.17又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)f.より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots\dots\dots (C)$$

ただし,

$$K = \frac{1}{6} \cdot \left\{ 2 + \left( \frac{D}{2 \cdot h} \right)^2 \right\}$$

(b) 中高面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P_e \cdot K_K \cdot R_R}{B} \dots\dots\dots (C')$$

d. 鏡板のフランジ部

告示第501号第58条第1項又は設計・建設規格 PPC-3411により求めた値

(a) 内面に圧力を受ける管 …………… (D)

(b) 外面に圧力を受ける管 …………… (D')

(c) 炭素鋼鋼管の告示第501号上又は設計・建設規格上必要な最小厚さ … (D'')

(a), (b)又は(c)のいずれか大きい方の値とする。

(3) 評価

鏡板の最小厚さ (t<sub>c</sub>) ≥ 鏡部 (上段) 及びフランジ部 (下段) の計算上必要な厚さ (t) ならば強度は十分である。

(4) 補足

計算書中, 算式の項の文字は(2)a項, b項, c項及びd項の文字A, A', B, B', C, C', D, D'及びD''に対応する。



## 2.5 レジューサの強度計算

レジューサの強度計算は、告示第501号第61条第1項（告示第501号第32条第3項、第4項準用）及びJIS B 8243又は設計・建設規格 PPC-3415.1（設計・建設規格 PVC-3124.2準用）及び設計・建設規格 PPC-3411を適用する。

### (1) 記号の説明

告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
B	B	外面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1～ 図20により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計 算により最終的に $t_3$ となる。)	—
$D_i$	$D_i$	円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部 分の軸に垂直な断面の内径	mm
$D_o$	$D_o$	レジューサのフランジ部の外径	mm
	$D_{o\ell}$	大径端側の外径	mm
K	K	JIS B 8243 図4-12又は設計・建設 規格 PPC-3415.1(3)の 図PPC-3415.1-1より求めた係数	—
$r, r_o, r_s$	r	円すいのすその丸みの部分の内半径 (円すいの丸みの外半径)	mm
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号別表第6又は別表第7又は設計・ 建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6 による。	MPa
S	$S_1$	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料 図表 Part5 表5又は表6に定める値の2倍、又は 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定 める値の0.9倍の値のいずれか小さい方の値	MPa
t	t	レジューサの計算上必要な厚さ	mm
	$t_1$	円すいの部分の計算上必要な厚さ	mm
	$t_2$	すその丸みの部分の計算上必要な厚さ	mm
	$t_3$	外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さ	mm
	$t_s$	レジューサの最小厚さ	mm
	$t_{s\ell}$	大径端側の最小厚さ	mm
W	W	円すいの形状による係数	—

告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
$\theta$	$\theta$ 算 式 端部記号	円すいの頂角の2分の1 tとして用いる値の算式（計算上必要な厚さが 最大となる算式） 大径端，小径端及びフランジ部を示す名称	° — —

(2) 算式

レジューサの計算上必要な厚さは、次に掲げる値とし、大径端側及び小径端側のそれぞれについて計算を行う。

a. 円すいの部分（内面に圧力を受けるもの）

告示第501号第32条第3項第2号チ(イ)又は設計・建設規格 PPC-3415.1(1)a. の式 PPC-1.8より求めた値

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.6 \cdot P)} \dots\dots\dots (A)$$

b. すその丸みの部分（内面に圧力を受けるもの）

大径端側

告示第501号第32条第3項第2号チ(ロ)又は設計・建設規格 PPC-3415.1(1)b. の式 PPC-1.9より求めた値

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i \cdot W}{4 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.1 \cdot P)} \dots\dots\dots$$

ただし、

$$W = \frac{1}{4} \cdot \left( 3 + \sqrt{\frac{D_i}{2 \cdot r \cdot \cos \theta}} \right) \dots\dots\dots (B)$$

小径端側

J I S B 8 2 4 3 又は設計・建設規格 PPC-3415.1(3) の式 PPC-1.11 より求めた値

$$t_2 = \frac{K}{\eta} \cdot \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S + 0.8 \cdot P} \dots\dots\dots$$

ただし、Kは J I S B 8 2 4 3 の図4-12又は設計・建設規格 PPC-3415.1(3) の図 PPC-3415.1-1より求めた値

c. レジューサのフランジ部

設計・建設規格 PPC-3411により求めた値

- (a) 内面に圧力を受ける管 ..... (C)
  - (b) 外面に圧力を受ける管 ..... (C')
  - (c) 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ ..... (C'')
- (a), (b)又は(c)のいずれか大きい方の値とする。

d. 円すい及びすその丸みの部分（外面に圧力を受けるもの）

設計・建設規格 PVC-3124.2により求める。

(a) 円すいの頂角の2分の1が22.5° 以下のもの

イ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍以下の場合

$$t_3 = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B} \dots\dots\dots (D)$$

ただし、 $D_o = D_{ol}$ 、長さは円すい部の軸方向の長さとする。

ロ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍を超える場合

次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値

$$\left. \begin{aligned} t_3 &= \frac{D_o \cdot (P_e / B + 0.0833)}{2.167} \\ t_3 &= \frac{D_o}{2} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot P_e}{S_1}} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (D')$$

ただし、 $D_o = D_{ol}$ 、長さは円すい部の軸方向の長さとする。

(b) 円すいの頂角の2分の1が22.5° を超え60° 以下のもの

イ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍以下の場合

$$t_3 = \frac{3 \cdot P_e \cdot (D_o - 2 \cdot t_s)}{4 \cdot B} \dots\dots\dots (D'')$$

ただし、 $D_o = D_{ol}$ 、 $t_s = t_{sl}$ 、長さは $(D_{ol} - 2 \cdot t_{sl})$ とする。

ロ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍を超える場合

次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値

$$\left. \begin{aligned} t_3 &= \frac{(D_o - 2 \cdot t_s) \cdot (P_e / B + 0.0833)}{2.167} \\ t_3 &= \frac{(D_o - 2 \cdot t_s)}{2} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot P_e}{S_1}} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (D''')$$

ただし、 $D_o = D_{ol}$ 、 $t_s = t_{sl}$ 、長さは $(D_{ol} - 2 \cdot t_{sl})$ とする。

(3) 評価

大径端側及び小径端側のそれぞれについて、レジューサの最小厚さ ( $t_s$ )  $\geq$  レジューサの計算上必要な厚さ ( $t$ ) ならば強度は十分である。

(4) 補足

- a. 計算書中、NO. (レジューサの番号) に\*印の付いているものは、偏心レジューサを示す。
- b. 偏心レジューサの場合の  $\theta$  は、円すいの頂角をそのまま使用する。
- c. 計算書中、算式の項の文字は(2)a項, b項, c項及びd項の文字A, B, C, C', C'', D, D', D' 及びD'''に対応する。

## 2.6 管の穴と補強計算

管の穴と補強計算は、告示第501号第60条又は設計・建設規格 PPC-3420を適用する。

### (1) 記号の説明

	告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
直 管 又 は 曲 げ 管 の 記 号	B	B	外面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1～図20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算に より最終的に $t_{br}$ 及び $t_{rr}$ となる。)	—
	D	$D_{or}$	主管の外径	mm
	d	d	断面に現われる穴の径	mm
	d	$d_{fr}$	補強を要しない穴の最大径	mm
	K	K	穴の補強計算の係数 $\left( = \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r} \right)$	—
		$Q_r$	主管の厚さの負の許容差	%, mm
	S	$S_r$	最高使用温度における主管の材料の許容引張応力 告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材 料図表 Part5 表5による。	MPa
	$t_s$	$t_r$	主管の最小厚さ	mm
		$t_{ro}$	主管の公称厚さ	mm
	$t_{sr}, t_{r3}$	$t_{rr}$	主管の計算上必要な厚さ	mm
$\eta$	$\eta$	継手の効率 穴が管の長手継手を通る場合 穴が鏡板を継ぎ合わせて作る場合の当該継手を通る 場合 穴が管と全半球形鏡板との接合部の周継手を通る場 合 告示第501号第32条第4項又は設計・建設規格 PVC-3130に規定する効率 その他の場合は1.00とする。	—	

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
鏡板の記号	B	B	中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1～図20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に $t_{br}$ 及び $t_{cr}$ となる。)	—
	D	D	鏡板の内面における長径	mm
	D	D <sub>o</sub>	鏡板が取り付けられる管の外径 (フランジ部の外径に同じ。)	mm
	d	d	断面に現われる穴の径	mm
	d	d <sub>fr</sub>	補強を要しない穴の最大径	mm
	K	K	穴の補強計算の係数	—
	K <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	半だ円形鏡板の中底面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 PPC-3424(1)の表PPC-3424-1及び表PPC-3424-2による。	—
	K	K <sub>K</sub>	半だ円形鏡板の中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 PPC-3415.2(2)f.の表PPC-3415.2-1による。	—
	R	R	さら形鏡板の中央部における内面の半径又は全半球形鏡板の内半径	mm
	S	S	最高使用温度における鏡板の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
	t <sub>s</sub>	t <sub>c</sub>	鏡板の最小厚さ	mm
		t <sub>co</sub>	鏡板の公称厚さ	mm
	t <sub>sr</sub> , t <sub>ri</sub>	t <sub>cr</sub>	鏡板の計算上必要な厚さ	mm
W	W	さら形鏡板の形状による係数	—	

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
平 板 の 記 号	d	d	平板の径又は最小内のり	mm
	d	d <sub>H</sub>	断面に現われる穴の径	mm
	K	K	平板の取付け方法による係数	—
	S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
	t	t	補強を要しない平板の計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>s</sub>	t <sub>c</sub>	平板の最小厚さ	mm
		t <sub>co</sub>	平板の呼び厚さ	mm
	t <sub>sr</sub> , t <sub>r2</sub>	t <sub>cr</sub>	平板の計算上必要な厚さ	mm
		取付け方法	平板の取付け方法で設計・建設規格 PPC-3413の 表PPC-3413-1による。	—
	(a)~(n)	2A~2N	取付け方法の表示区分	

	告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
共 通 記 号  (管 の 穴 と 補 強 計 算)	A	A <sub>0</sub>	穴の補強に有効な面積の総和	mm <sup>2</sup>
		A <sub>1</sub>	穴の補強に有効な主管部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>2</sub>	穴の補強に有効な管台部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>3</sub>	穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm <sup>2</sup>
	A <sub>r</sub>	A <sub>4</sub>	穴の補強に有効な強め材部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>r</sub>	穴の補強に必要な面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>rD</sub>	大穴の補強に必要な面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>0D</sub>	大穴の補強に有効な面積の総和	mm <sup>2</sup>
	A <sub>s</sub>	A <sub>1D</sub>	大穴の補強に有効な主管部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>2D</sub>	大穴の補強に有効な管台部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>3D</sub>	大穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>4D</sub>	大穴の補強に有効な強め材部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>s r</sub>	2つの穴の間の主管の必要な断面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>s o</sub>	2つの穴の間の主管の断面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>r i</sub>	2つの穴の補強に必要な面積の2分の1の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>o i</sub>	2つの穴の間にある補強に有効な面積	mm <sup>2</sup>
	D <sub>i</sub>	A <sub>r s</sub>	隣接する穴の補強に必要な面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>2 s</sub>	隣接する穴の補強に有効な管台部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>3 s</sub>	隣接する穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm <sup>2</sup>
		A <sub>4 s</sub>	隣接する穴の補強に有効な強め材部の面積	mm <sup>2</sup>
	d	D <sub>i b</sub>	管台の内径	mm
		D <sub>i r</sub>	主管の内径	mm
		D <sub>o b</sub>	管台の外径	mm
		D <sub>o e</sub>	強め材の外径	mm
		d <sub>D</sub>	断面に現われる隣接する穴の径	mm
		d <sub>f r D</sub>	大穴の補強を要しない限界径	mm
		d <sub>r 1</sub>	補強を要しない穴の最大径	mm
	F	d <sub>r 2</sub>	補強を要しない穴の最大径	mm
		F	告示第501号第60条第2項第1号ロ又は設計・建設規格 PPC-3424(1)b.により求められる係数	—
		F <sub>1</sub>	すみ肉溶接のせん断応力係数	—
F <sub>2</sub>		突合せ溶接の引張応力係数	—	
	F <sub>3</sub>	突合せ溶接のせん断応力係数	—	



		告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位	
共通記号 (管の穴と補強計算)	$l$	L		2つの穴の径の平均値の1.5倍の値	mm	
		L <sub>A</sub>		穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲	mm	
		L <sub>AD</sub>		穴の中心線に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲	mm	
		L <sub>N</sub>		主管の面に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲	mm	
		L <sub>ND</sub>		主管の面に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲	mm	
		L <sub>s</sub>		2つの穴の中心間の距離	mm	
		L <sub>1</sub>		管台のすみ肉部の脚長 (A形, B形) 又は管台補強部の短辺長さ (C形)	mm	
		L <sub>2</sub>		強め材のすみ肉部の脚長	mm	
		P, P <sub>e</sub>	P		最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力	MPa
			Q <sub>b</sub>		管台の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S <sub>b</sub>		最高使用温度における管台の材料の許容引張応力 告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa	
		S <sub>e</sub>		最高使用温度における強め材の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa	
		S <sub>w1</sub>		すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa	
	t <sub>n</sub>	S <sub>w2</sub>		突合せ溶接の許容引張応力	MPa	
		S <sub>w3</sub>		突合せ溶接の許容せん断応力	MPa	
		t <sub>b</sub>		管台の最小厚さ	mm	
		t <sub>bn</sub>		管台の公称厚さ	mm	
		t <sub>nr</sub>	t <sub>br</sub>		管台の計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>e</sub>			強め材の最小厚さ	mm	
		W		溶接部の負うべき荷重	N	
	W <sub>e1</sub>		管台取付部すみ肉溶接部の許容せん断力	N		
	W <sub>e2</sub>		管台取付部突合せ溶接部の許容せん断力	N		

	告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
共通記号 (管の穴と補強計算)	$\theta$	$W_{e3}$	管台取付部突合せ溶接部の許容せん断力	N
		$W_{e4}$	強め材取付部突合せ溶接部の許容引張力	N
		$W_{e5}$	強め材取付部すみ肉溶接部の許容せん断力	N
		$W_{ebp1}$	予想される破断箇所の強さ	N
		$W_{ebp2}$	予想される破断箇所の強さ	N
		$W_{ebp3}$	予想される破断箇所の強さ	N
		$\alpha$	分岐管の中心線と主管の中心線との交角	°
		$\pi$	円周率	—
		形 式	管台の取付け形式	—

(2) 計算手順及び算式

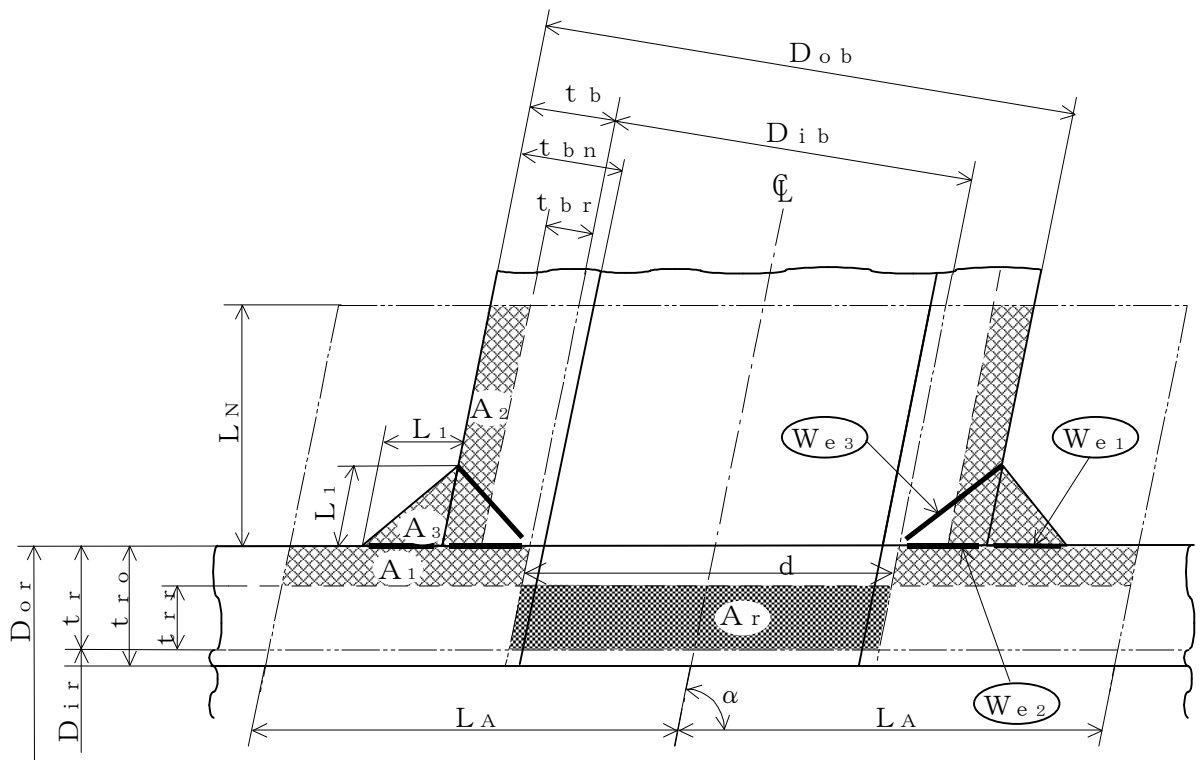
a. 穴の形状

管に設ける穴は、告示第501号第60条第1項第1号又は設計・建設規格 PPC-3421(2)により円形又はだ円形であること。

b. 管台の取付け形式

図2-1～図2-5に管台の取付け形式及び予想される破断形式を示す。

ただし、すみ肉溶接部分の破断箇所については、両方の脚長が等しいため、片側の脚長の破断形式のみを図示する。



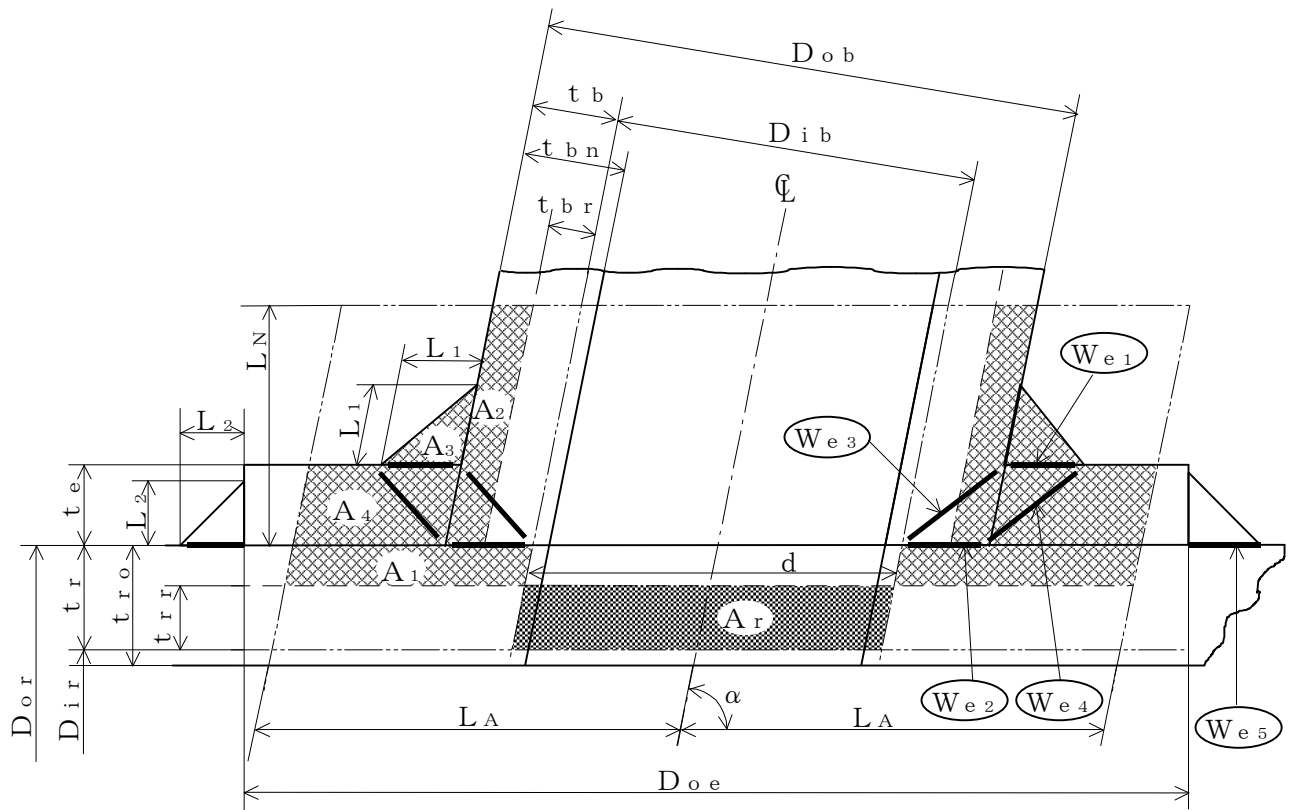
補強に有効な面積



補強に必要な面積

予想される破断形式

- を通る破断
- を通る破断

図2-1 A形 (強め材のない場合)

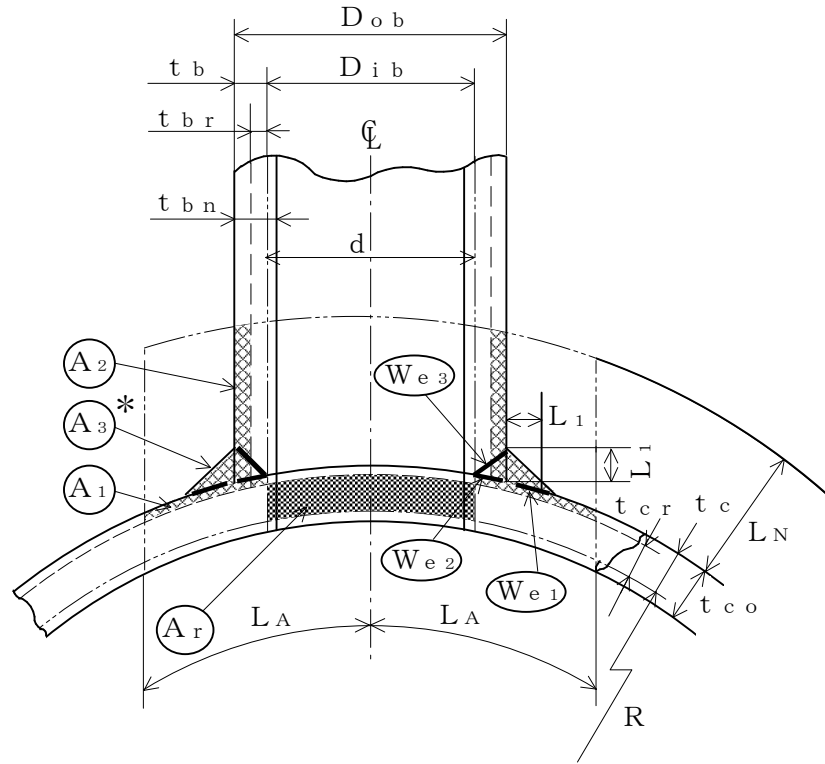




-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

予想される破断形式

- (We<sub>1</sub>) (We<sub>3</sub>) を通る破断
- (We<sub>2</sub>) (We<sub>4</sub>) を通る破断
- (We<sub>2</sub>) (We<sub>5</sub>) を通る破断

図2-2 B形 (強め材のある場合)



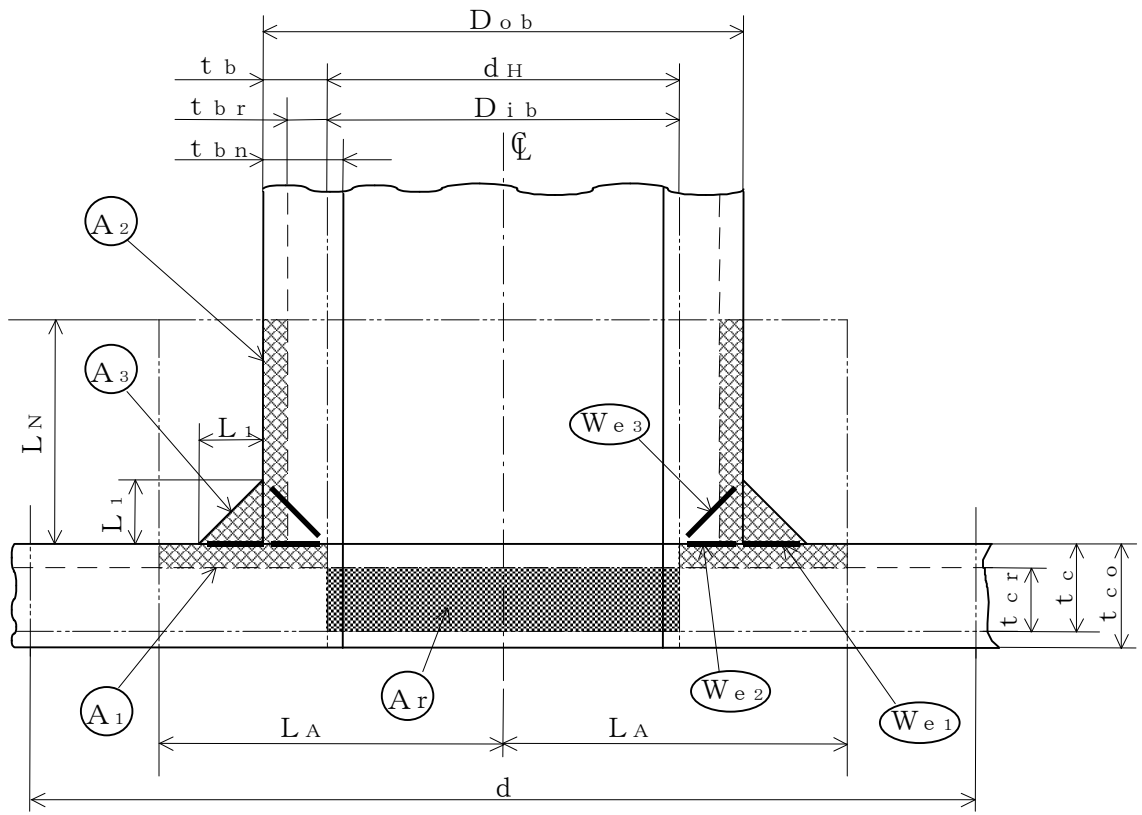
 補強に有効な面積  
 補強に必要な面積



予想される破断形式

- $(We_3)$  を通る破断
- $(We_1)$   $(We_2)$  を通る破断

注記\* :  $A_3$ の面積で $(L_1)^2$ 以外の部分は、  
補強面積評価上は考慮しない。

図2-3 A形 (鏡板で強め材のない場合)

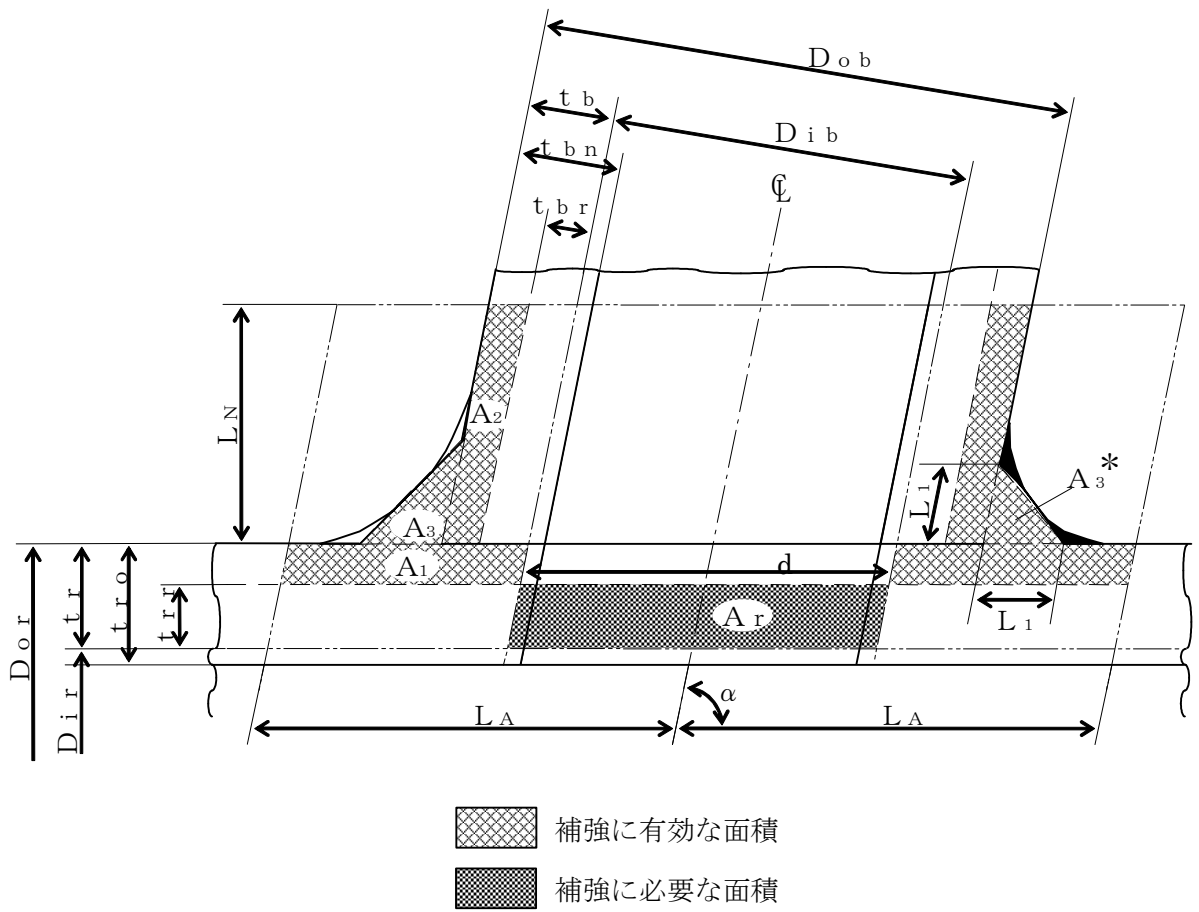


 補強に有効な面積  
 補強に必要な面積

予想される破断形式

- $W_{e3}$  を通る破断
- $W_{e1}$   $W_{e2}$  を通る破断

図2-4 A形（平板で強め材のない場合）



注記\* : 本形式における補強に有効な面積 $A_3$ はA形及びB形と同様に  
 $A_3 = (L_1)^2 \cdot \sin \alpha \cdot S_b / S_r$  (上記  部) として算出するものとし、同補強部外側の余肉部 (上記  部) は、補強面積評価上は考慮しない。

図2-5 C形 (一体形で強め材のない場合)

## c. 穴の補強の要否

穴の補強の要否は、告示第501号第60条第1項第2号又は設計・建設規格 PPC-3422を適用する。

## (a) 算式

補強を要しない穴の最大径は、次のイ項又はロ項で計算した値のいずれか大きい値 ( $d_{fr}$ ) とする。

イ. 平板以外の管に設ける穴であって、穴の径が61mm以下で、かつ、管の内径の4分の1以下の穴 ( $d_{r1}$ )

ロ. 平板以外の管に設ける穴であって、イ項に掲げるものを除き、穴の径が200mm以下で、かつ、告示第501号第60条第1項第2号ロの図又は設計・建設規格の図PPC-3422-1及び図PPC-3422-2により求めた値以下の穴 ( $d_{r2}$ )

直管又は曲げ管の場合

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D_{or} \cdot t_r \cdot (1-K)}$$

鏡板の場合

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D_o \cdot t_c \cdot (1-K)}$$

ただし、Kの値は次の算式による。

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$K = \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r}$$

(ロ) さらに形鏡板又は半だ円形鏡板の場合

$$K = \frac{P \cdot D_o}{1.82 \cdot S \cdot \eta \cdot t_c}$$

(ハ) 全半球形鏡板の場合

$$K = \frac{P \cdot D_o}{3.64 \cdot S \cdot \eta \cdot t_c}$$

ただし、 $K > 0.99$ の場合は $K = 0.99$ とする。

ハ. 平板に穴を設ける場合であって、平板の最小厚さ ( $t_c$ ) が次の式により計算した値以上のもの

(イ) 穴の径が平板の径又は最小内のりである  $d$  の値の2分の1以下の場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

ただし、Kの値は設計・建設規格 PPC-3413の表PPC-3413-1中で(m)の取付け方法を除き、0.375以上とすることを要しない。

(ロ) 穴の径が平板の径又は最小内のりである  $d$  の値の2分の1を超える場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2.25 \cdot K \cdot P}{S}}$$



(b) 評価

補強を要しない穴の最大径 ( $d_{fr}$ )  $\geq$  断面に現われる穴の径 ( $d$ ) 又は平板の最小厚さ ( $t_c$ )  $\geq$  補強を要しない平板の計算上必要な厚さ ( $t$ ) ならば、穴の補強計算及び溶接部の強度計算は必要ない。

必要な場合は、d項以降による。

d. 穴の補強に有効な範囲

穴の補強に有効な範囲は、告示第501号第60条第2項第1号イ又は設計・建設規格 PPC-3424(1)a. を適用する。

ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(a) 穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲 ( $L_A$ ) は、次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値

イ. 直管又は曲げ管の場合

$$L_A = d \quad \text{又は} \quad L_A = \frac{d}{2} + t_r + t_b$$

ロ. 鏡板の場合

$$L_A = d \quad \text{又は} \quad L_A = \frac{d}{2} + t_c + t_b$$

ハ. 平板の場合

$$L_A = d_H \quad \text{又は} \quad L_A = \frac{d_H}{2} + t_c + t_b$$

(b) 主管の面に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲 ( $L_N$ ) は、次の2つの式より計算したいずれか小さい方の値

イ. 直管又は曲げ管の場合

$$L_N = 2.5 \cdot t_r \quad \text{又は} \quad L_N = 2.5 \cdot t_b + t_e$$

ロ. 鏡板の場合

$$L_N = 2.5 \cdot t_c \quad \text{又は} \quad L_N = 2.5 \cdot t_b$$

ハ. 平板の場合

$$L_N = 2.5 \cdot t_c \quad \text{又は} \quad L_N = 2.5 \cdot t_b$$

e. 主管の厚さの計算

主管の計算上必要な厚さ ( $t_{rr}$ 又は $t_{cr}$ ) は、告示第501号第60条第2項第1号ロ(イ)又は設計・建設規格 PPC-3424(1)b. (a)を適用する。

(a) 直管又は曲げ管の場合

$$t_{rr} = \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \quad \dots\dots\dots \text{(内圧)}$$

ただし、 $\eta = 1.00$

$$t_{rr} = \frac{3 \cdot P \cdot D_{or}}{4 \cdot B} \quad \dots\dots\dots \text{(外圧)}$$

(b) 鏡板の場合

イ. さら形鏡板

$$t_{cr} = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots\dots\dots (中低面)$$

ただし,  $W=1.00$ 及び $\eta=1.00$

$$t_{cr} = \frac{P \cdot (R + t_c)}{B} \dots\dots\dots (中高面)$$

ロ. 半だ円形鏡板

$$t_{cr} = \frac{P \cdot K_1 \cdot D}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots\dots\dots (中低面)$$

$$t_{cr} = \frac{P \cdot K_K \cdot (D + 2 \cdot t_c)}{B} \dots\dots\dots (中高面)$$

ハ. 全半球形鏡板

$$t_{cr} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots\dots\dots (中低面)$$

$$t_{cr} = \frac{P \cdot (R + t_c)}{B} \dots\dots\dots (中高面)$$

(c) 平板の場合

$$t_{cr} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

f. 管台の厚さの計算

管台の計算上必要な厚さ ( $t_{br}$ ) は, 告示第501号第60条第2項第1号ロ(ロ)又は設計・建設規格 PPC-3424(1)b. (b)を適用する。

$$t_{br} = \frac{P \cdot D_{ib}}{2 \cdot S_b - 1.2 \cdot P} \dots\dots\dots (内圧)$$

$$t_{br} = \frac{3 \cdot P \cdot D_{ob}}{4 \cdot B} \dots\dots\dots (外圧)$$

g. 穴の補強計算

穴の補強計算は, 告示第501号第60条第2項第1号又は設計・建設規格 PPC-3424(1)を適用する。

(a) 算式

イ. 補強に必要な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha)$$

(ロ) 鏡板の場合

$$A_r = d \cdot t_{cr}$$

(ハ) 平板の場合

$$A_r = 0.5 \cdot d_H \cdot t_{cr}$$

ロ. 補強に有効な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d)$$

$$A_2 = 2 \cdot (t_b - t_{br}) \cdot \text{cosec}\alpha \cdot L_N \cdot \frac{S_b}{S_r}$$

$$A_3 = (L_1)^2 \cdot \sin\alpha \cdot \frac{S_b}{S_r}$$

$$A_4 = (D_{oe} - D_{ob} \cdot \text{cosec}\alpha) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_r} + (L_2)^2 \cdot \frac{S_e}{S_r}$$

(強め材が有効範囲 $L_A$ 内にある場合)

$$A_4 = (2 \cdot L_A - D_{ob} \cdot \text{cosec}\alpha) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_r}$$

(強め材が有効範囲 $L_A$ の外までである場合)

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

(ロ) 鏡板の場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot (2 \cdot L_A - d)$$

$$A_2 = 2 \cdot (t_b - t_{br}) \cdot L_N \cdot \frac{S_b}{S}$$

$$A_3 = (L_1)^2 \cdot \frac{S_b}{S}$$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(ハ) 平板の場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot (2 \cdot L_A - d_H)$$

$$A_2 = 2 \cdot (t_b - t_{br}) \cdot L_N \cdot \frac{S_b}{S}$$

$$A_3 = (L_1)^2 \cdot \frac{S_b}{S}$$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(b) 評価

穴の補強に有効な面積 ( $A_0$ ) > 穴の補強に必要な面積 ( $A_r$ ) ならば穴の補強は十分である。

h. 大穴の補強の要否

大穴の補強の要否は、告示第501号第60条第2項第4号又は設計・建設規格PPC-3424(4)を適用する。

(a) 算式

大穴の補強を要しない限界径 ( $d_{frD}$ )

イ.  $D_{ir}$ が1500mm以下の場合

$$d_{frD} = D_{ir} / 2$$

ただし、500mmを超える場合500mmとする。

ロ.  $D_{ir}$ が1500mmを超える場合

$$d_{frD} = D_{ir} / 3$$

ただし、1000mmを超える場合1000mmとする。

(b) 評価

大穴の補強を要しない限界径 ( $d_{frD}$ )  $\geq$  断面に現われる穴の径 ( $d$ ) ならば大穴の補強計算は必要ない。

必要な場合は、 $i$ 項以降による。

i. 大穴の補強に有効な範囲

大穴の補強に有効な範囲は、告示第501号第60条第2項第4号又は設計・建設規格 PPC-3424(4)を適用する。

ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(a) 大穴の補強における管台の取付け形式

図2-6～図2-10に大穴の補強における管台の取付け形式を示す。

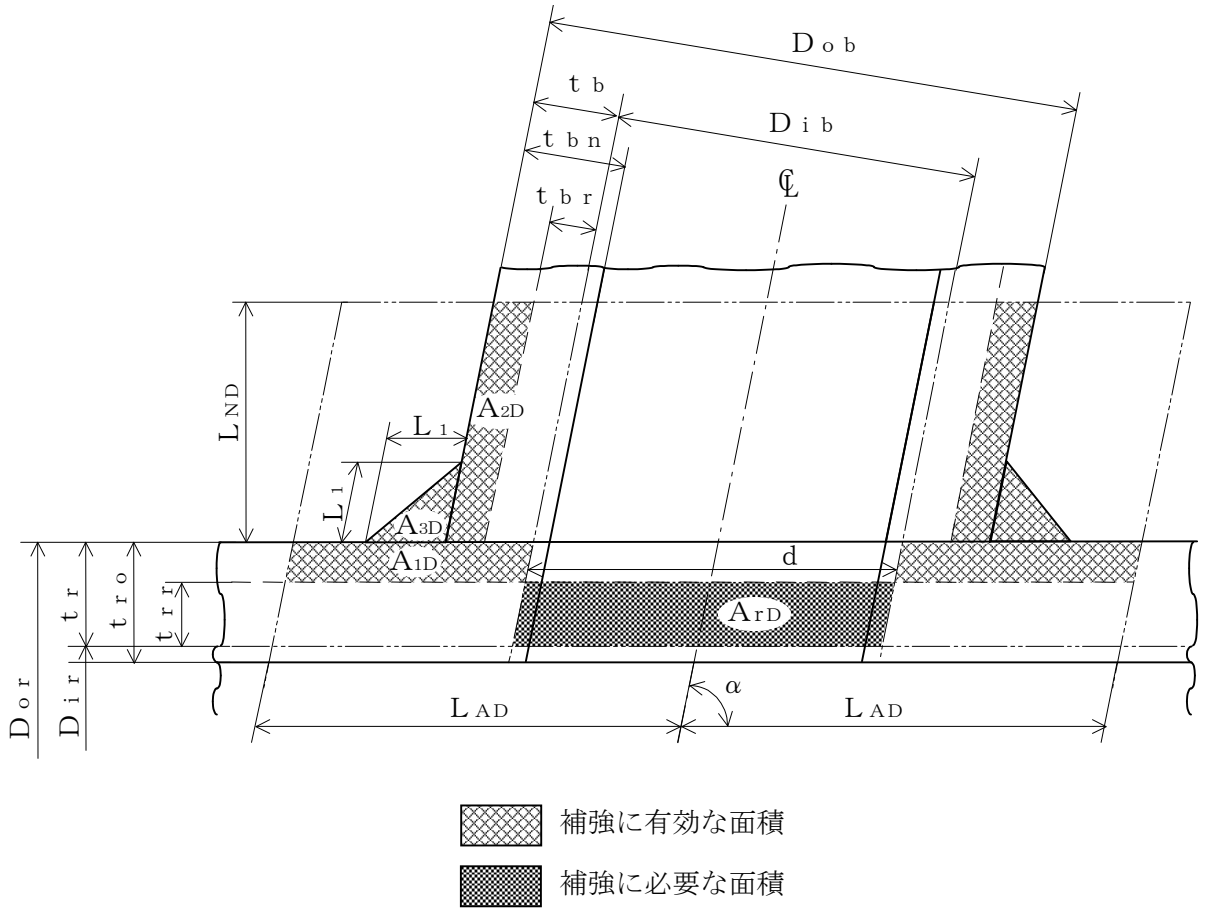


図2-6 A形（強め材のない場合）

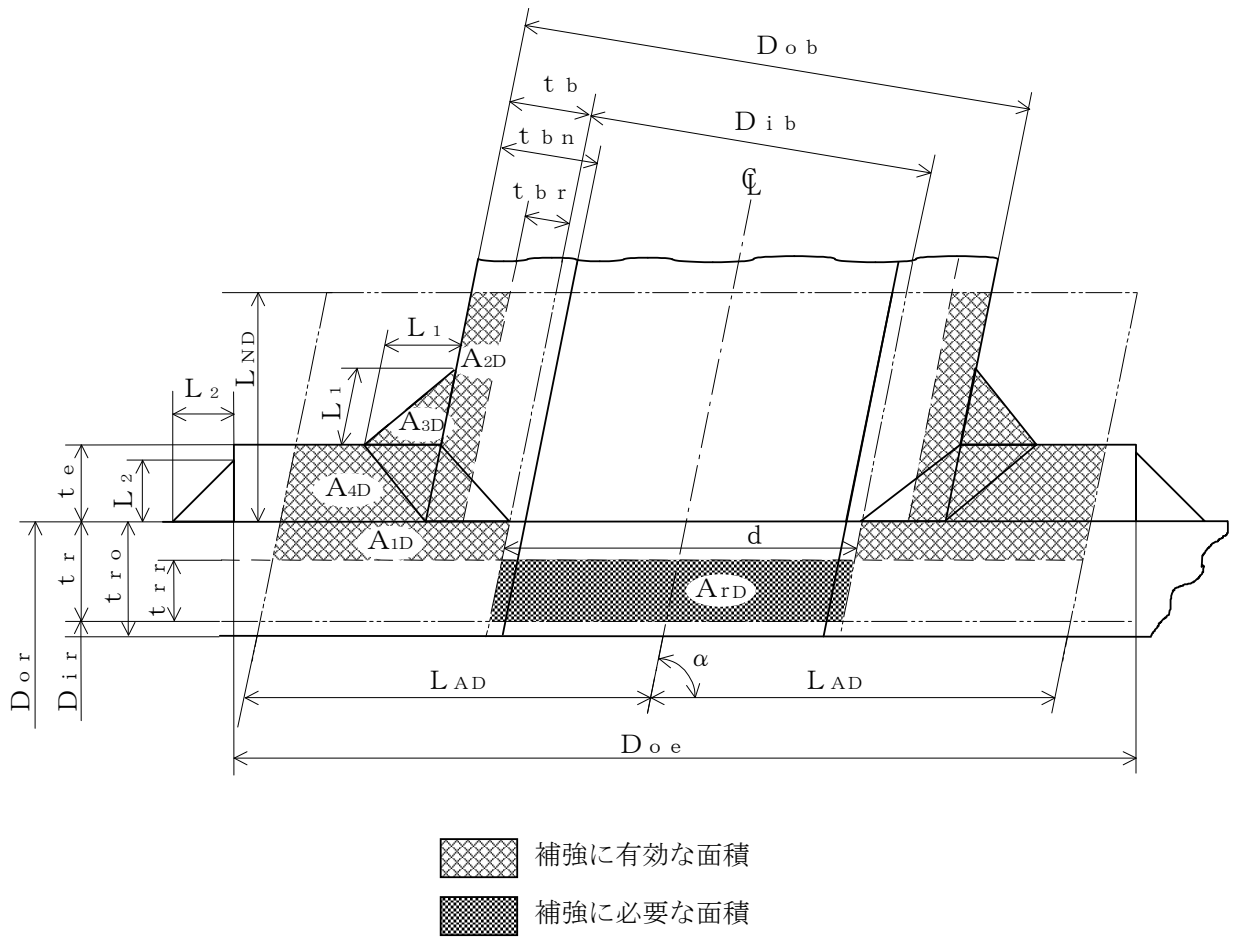
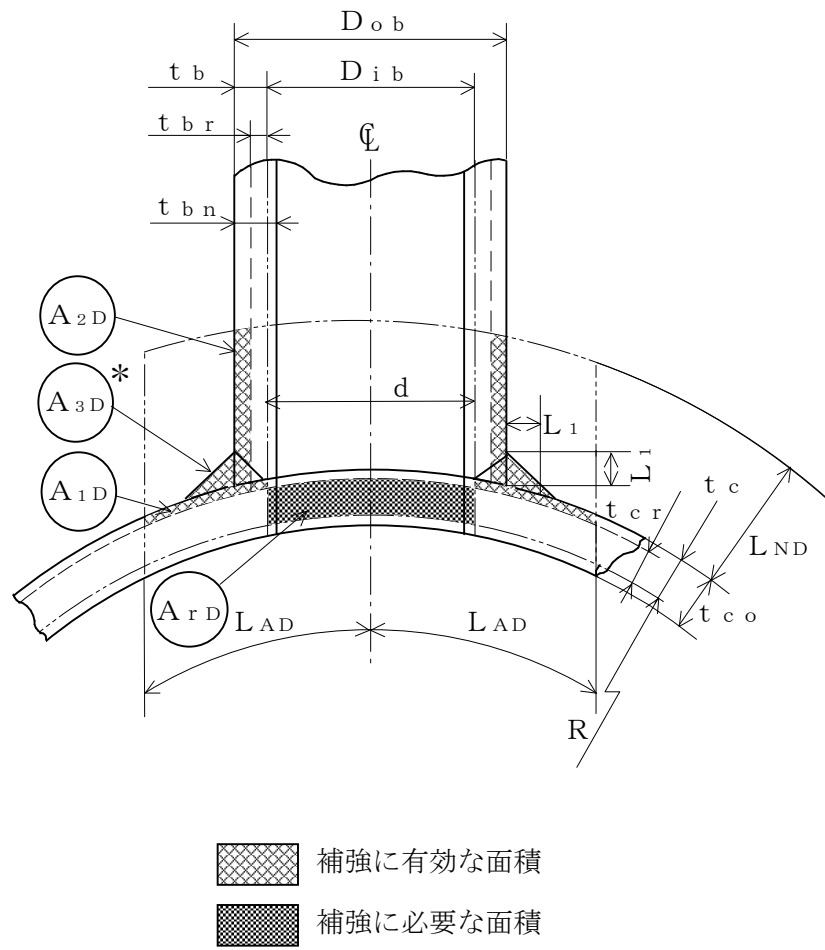
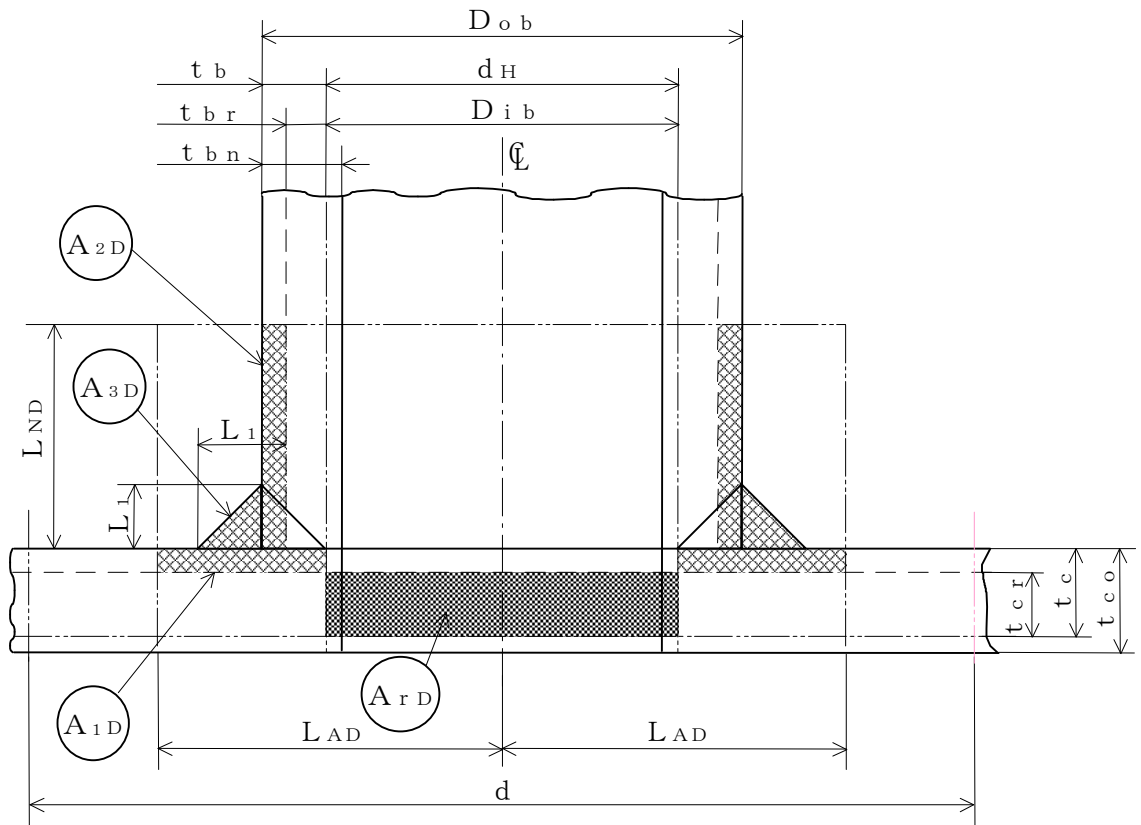


図2-7 B形（強め材のある場合）



注記\* :  $A_{3D}$ の面積で $(L_1)^2$ 以外の部分は、補強面積評価上は考慮しない。

図2-8 A形 (鏡板で強め材のない場合)





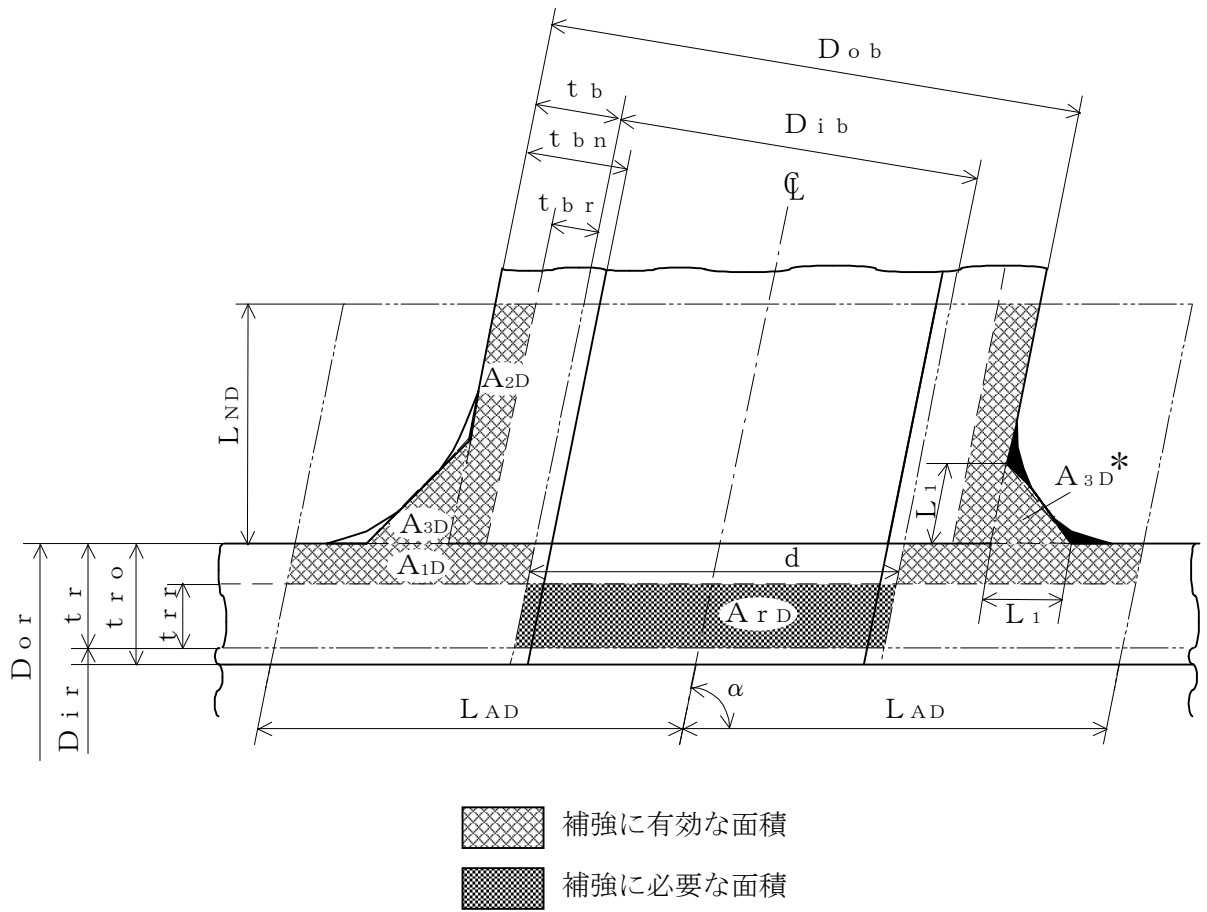
-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図2-9 A形（平板で強め材のない場合）





注記\*：本形式における補強に有効な面積 $A_{3D}$ はA形及びB形と同様に  
 $A_{3D} = (L_1)^2 \cdot \sin\alpha \cdot S_b / S_r$  (上記  部) として算出  
 するものとし、同補強部外側の余肉部 (上記  部) は、補強  
 面積評価上は考慮しない。

図2-10 C形 (一体形で強め材のない場合)

(b) 穴の中心線に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

$$L_{AD} = \frac{d}{2} + \frac{d}{4}$$

(c) 主管の面に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

$$L_{ND} = L_N$$

j. 大穴の補強計算

大穴の補強計算は、告示第501号第60条第2項第4号又は設計・建設規格 PPC-3424(4)を適用する。

(a) 算式

イ. 大穴の補強に必要な面積

$$A_{rD} = \frac{2}{3} \cdot A_r$$

ロ. 大穴の補強に有効な面積

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_{AD} - d)$$

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

$$A_{2D} = 2 \cdot \left( \frac{d}{4} - t_{br} \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot L_{ND} \cdot \frac{S_b}{S_r}$$

(管台の外径が有効範囲  $L_{AD}$  の外までである場合)

$$A_{3D} = A_3$$

(すみ肉部の脚長が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

$$A_{3D} = 0$$

(すみ肉部の脚長が有効範囲  $L_{AD}$  の外までである場合)

$$A_{4D} = A_4$$

(強め材が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

$$A_{4D} = \left( 3 \cdot \frac{d}{2} - D_{ob} \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_r}$$

(強め材が有効範囲  $L_{AD}$  の外までである場合)

$$A_{0D} = A_{1D} + A_{2D} + A_{3D} + A_{4D}$$

(b) 評価

大穴の補強に有効な面積 ( $A_{0D}$ )  $\geq$  大穴の補強に必要な面積 ( $A_{rD}$ ) ならば大穴の補強は十分である。

## k. 2つ穴の補強計算

2つ以上の穴の補強に有効な範囲が重なり合う場合の補強計算は、設計・建設規格 PPC-3424(2)a., b. 及びc. を適用する。

以下、直管の2つ穴の計算方法を示す。

## (a) 算式

イ. 2つの穴の間にある主管の必要な断面積

$$A_{sr} = 0.7 \cdot L_s \cdot t_{rr} \cdot F$$

ロ. 2つの穴の間にある主管の断面積

$$A_{so} = \left( L_s - \frac{d + d_D}{2} \right) \cdot t_r$$

## (b) 算式

2つの穴の径の平均値の1.5倍の値

$$L = 1.5 \cdot \left( \frac{d + d_D}{2} \right)$$

## (c) 算式

イ. 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1

$$A_{ri} = \frac{A_r + A_{rs}}{2}$$

$A_r$  及び  $A_{rs}$  は1つの穴の計算に準じる。

ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積

$$A_{oi} = \left( L_s - \frac{d + d_D}{2} \right) \cdot (t_r - t_{rr}) + \frac{A_2 + A_{2s}}{2} + \frac{A_3 + A_{3s}}{2} + \frac{A_4 + A_{4s}}{2}$$

$A_2, A_{2s}, A_3, A_{3s}, A_4$  及び  $A_{4s}$  は、1つの穴の計算に準じる。

## (d) 評価

穴の補強は、以下の条件を満足すれば十分である。

- イ. 2つの穴の間にある主管の断面積 ( $A_{so}$ )  $\geq$  2つの穴の間にある主管の必要な断面積 ( $A_{sr}$ )
- ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積 ( $A_{oi}$ )  $\geq$  2つの穴の補強に必要な面積の2分の1 ( $A_{ri}$ )
- ハ. 2つの穴の中心間の距離 ( $L_s$ )  $\geq$  2つの穴の径の平均値の1.5倍 ( $L$ )

## 1. 溶接部の強度計算

溶接部の強度計算は、設計・建設規格 PPC-3424(8)及び(9)を適用する。

ただし、C形に関しては評価すべき溶接部がないため、強度計算は行わない。

## (a) 算式

## イ. 溶接部の負うべき荷重

## (イ) 直管又は曲げ管の場合

$$W = d \cdot t_{rr} \cdot S_r - (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \cdot S_r$$

## (ロ) 鏡板の場合

$$W = d \cdot t_{cr} \cdot S - (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \cdot S$$

## (ハ) 平板の場合

$$W = d_H \cdot t_{cr} \cdot S - (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot (2 \cdot L_A - d_H) \cdot S$$

## ロ. 溶接部の許容応力

## (イ) 直管又は曲げ管の場合

$$S_{W1} = S_r \cdot F_1$$

$$S_{W2} = S_r \cdot F_2$$

$$S_{W3} = S_r \cdot F_3$$

## (ロ) 鏡板又は平板の場合

$$S_{W1} = S \cdot F_1$$

$$S_{W2} = S \cdot F_2$$

$$S_{W3} = S \cdot F_3$$

## ハ. 溶接部の破断強さ

## (イ) 直管又は曲げ管の場合

$$W_{e1} = \pi \cdot \left( \frac{d}{2} + t_b \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot L_1 \cdot S_{W1}$$

$$W_{e2} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{W3} \cdot \operatorname{cosec} \alpha / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{W3} \cdot \operatorname{cosec} \alpha / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot \left( \frac{d}{2} + t_b \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot t_e \cdot S_{W2}$$

$$W_{e5} = \pi \cdot D_{oe} \cdot L_2 \cdot S_{W1} / 2$$

## (ロ) 鏡板の場合

$$W_{e1} = \pi \cdot \left( \frac{d}{2} + t_b \right) \cdot L_1 \cdot S_{W1}$$

$$W_{e2} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{W3} / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{W3} / 2$$

(ハ) 平板の場合

$$W_{e1} = \pi \cdot \left( \frac{d_H}{2} + t_b \right) \cdot L_1 \cdot S_{W1}$$

$$W_{e2} = \pi \cdot d_H \cdot t_b \cdot S_{W3} / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot d_H \cdot t_b \cdot S_{W3} / 2$$

ニ. 予想される破断箇所の強さ

(イ) A形の管台形式の場合

$$W_{ebp1} = W_{e3} \quad \text{を通る強さ} = W_{e3}$$

$$W_{ebp2} = W_{e1} + W_{e2} \quad \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

(ロ) B形の管台形式の場合

$$W_{ebp1} = W_{e1} + W_{e3} \quad \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e3}$$

$$W_{ebp2} = W_{e2} + W_{e4} \quad \text{を通る強さ} = W_{e2} + W_{e4}$$

$$W_{ebp3} = W_{e2} + W_{e5} \quad \text{を通る強さ} = W_{e2} + W_{e5}$$

(b) 評価

イ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が0以下の場合

溶接部の強度は十分とみなし、溶接部の強度計算は行わない。

ロ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が0を超える場合

溶接部の負うべき荷重 (W)  $\leq$  予想される破断箇所の強さ ( $W_{ebp1}$ ,  $W_{ebp2}$ ,  $W_{ebp3}$ ) ならば溶接部の強度は十分である。

(3) 補足

a. 穴の補強計算、大穴の補強計算及び2つ穴の補強計算において面積の計算をする際、

$$\frac{S_b}{S_r}, \frac{S_b}{S} \text{ 又は } \frac{S_e}{S_r} \text{ が1を超える場合は、値を1として計算する。}$$

b. 断面が長手軸となす角度により求めた係数Fは、1として計算する。

c. 鏡板及び平板の補強計算は、本書では取付け角度が90°で1つ穴のものについての計算方法を示す。

## 2.7 フランジの強度計算

フランジの強度計算は、設計・建設規格 PPC-3414を適用する。

計算は、J I S B 8 2 6 5 附属書3を適用する。

### (1) 記号の説明

設計・建設規格又はJ I Sの記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
A	A	フランジの外径	mm
A b	A b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A m	A m	ボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A m <sub>1</sub>	A m <sub>1</sub>	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A m <sub>2</sub>	A m <sub>2</sub>	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
B	B	フランジの内径	mm
B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B + g <sub>0</sub> ( f ≥ 1のときの一体形フランジの場合) B + g <sub>1</sub> (ルーズ形フランジ (差込み形フランジ) 及び一体形フランジで f の最小採用値は1であるが、J I S B 8 2 6 5 附属書3 図4より求まる f が1未満となる場合)	mm
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>	ガスケット座の基本幅 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	係数 $\left( = \frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2 \text{(一体形フランジの場合)} \right)$ $\left( = \frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0^2 \text{(ルーズ形フランジ (差込み形フランジ) の場合)} \right)$	mm <sup>3</sup>
d <sub>b</sub>	d <sub>b</sub>	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
	d <sub>i</sub>	穴あきボルトの内径	mm
e	e	係数 $\left( = \frac{F}{h_0} \text{(一体形フランジの場合)} \right)$ $\left( = \frac{F_L}{h_0} \text{(ルーズ形フランジ (差込み形フランジ) の場合)} \right)$	mm <sup>-1</sup>
F	F	一体形フランジの係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図5又は表4による。)	—

設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
F <sub>L</sub>	F <sub>L</sub>	ルーズ形フランジの係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図6又は表4による。)	—
f	f	ハブ応力修正係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図4又は表4による。)	—
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G <sub>s</sub>	ガスケット接触面の外径	mm
g <sub>0</sub>	g <sub>0</sub>	ハブ先端の厚さ	mm
g <sub>1</sub>	g <sub>1</sub>	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	圧力によってフランジに加わる全荷重	N
H <sub>D</sub>	H <sub>D</sub>	圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
H <sub>G</sub> , H <sub>G</sub>	H <sub>G</sub>	ガスケット荷重	N
H <sub>P</sub>	H <sub>P</sub>	気密を十分に保つためにガスケット又は継手接触面に加える圧縮力	N
H <sub>T</sub>	H <sub>T</sub>	圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
h	h	ハブの長さ	mm
h <sub>D</sub>	h <sub>D</sub>	ボルト穴の中心円から H <sub>D</sub> 作用点までの半径方向の距離	mm
h <sub>G</sub>	h <sub>G</sub>	ボルト穴の中心円から H <sub>G</sub> 作用点までの半径方向の距離	mm
h <sub>0</sub>	h <sub>0</sub>	$\sqrt{B \cdot g_0}$	mm
h <sub>T</sub>	h <sub>T</sub>	ボルト穴の中心円から H <sub>T</sub> 作用点までの半径方向の距離	mm
K	K	フランジの内外径の比	—
L	L	係数 $( = \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} )$	—
M <sub>D</sub>	M <sub>D</sub>	内圧によってフランジの内径面に加わるモーメント	N・mm
M <sub>G</sub>	M <sub>G</sub>	ガスケット荷重によるモーメント	N・mm
M <sub>g</sub>	M <sub>g</sub>	ガスケット締付時にフランジに作用するモーメント	N・mm
M <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	使用状態でフランジに作用するモーメント	N・mm
M <sub>T</sub>	M <sub>T</sub>	内圧によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差によるモーメント	N・mm
m	m <sub>g</sub>	ガスケット係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	—

設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
N	N	ガスケットの接触面の幅 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
M	M <sub>e</sub>	フランジ部に作用するモーメント	N・mm
P <sub>FD</sub>	P	設計圧力 応力計算に用いる設計圧力は最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力に P <sub>e q</sub> を加えたものである。	MPa
P <sub>e q</sub>	P <sub>e q</sub>	管の自重及びその他の機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した値 $P_{e q} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G^3}$	MPa
	P <sub>o</sub>	最高使用圧力 (内圧)	MPa
R	R	ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径方向の距離	mm
T	T	$K = \left( \frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。)	—
t	t	フランジの厚さ	mm
U	U	$K = \left( \frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。)	—
V	V	一体形フランジの係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図8又は表4による。)	—
V <sub>L</sub>	V <sub>L</sub>	ルーズ形フランジの係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図9又は表4による。)	—
W, W <sub>g</sub>	W <sub>g</sub>	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W <sub>m1</sub>	W <sub>m1</sub>	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>m2</sub>	W <sub>m2</sub>	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub>	使用状態でのボルト荷重	N
Y	Y	$K = \left( \frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。)	—
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	N/mm <sup>2</sup>

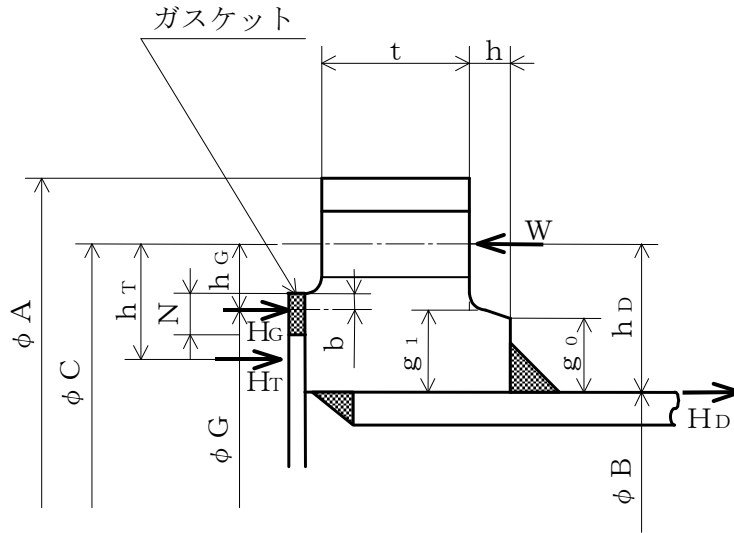


設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
Z	Z	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (JIS B 8265 附属書3 図7による。)	—
$\pi$	$\pi$	円周率	—
$\sigma_a$	$\sigma_a$	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
$\sigma_b$	$\sigma_b$	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
$\sigma_f$	$\sigma_{fa}$	常温におけるフランジ材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
$\sigma_f$	$\sigma_{fb}$	最高使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
$\sigma_H$	$\sigma_{Hg}$	ガスケット締付時のハブの軸方向応力	MPa*
$\sigma_H$	$\sigma_{Ho}$	使用状態でのハブの軸方向応力	MPa*
$\sigma_R$	$\sigma_{Rg}$	ガスケット締付時のフランジの径方向応力	MPa*
$\sigma_R$	$\sigma_{Ro}$	使用状態でのフランジの径方向応力	MPa*
$\sigma_T$	$\sigma_{Tg}$	ガスケット締付時のフランジの周方向応力	MPa*
$\sigma_T$	$\sigma_{To}$	使用状態でのフランジの周方向応力	MPa*
	形 式	フランジの形式	—
	NON-ASBESTOS	非石綿ジョイントシート	—
	SUS-NON-ASBESTOS	渦巻形金属ガスケット (非石綿) (ステンレス鋼)	—

注記\* : JIS B 8265は「N/mm<sup>2</sup>」を使用しているが、設計・建設規格に合わせ「MPa」に読み替えるものとする。

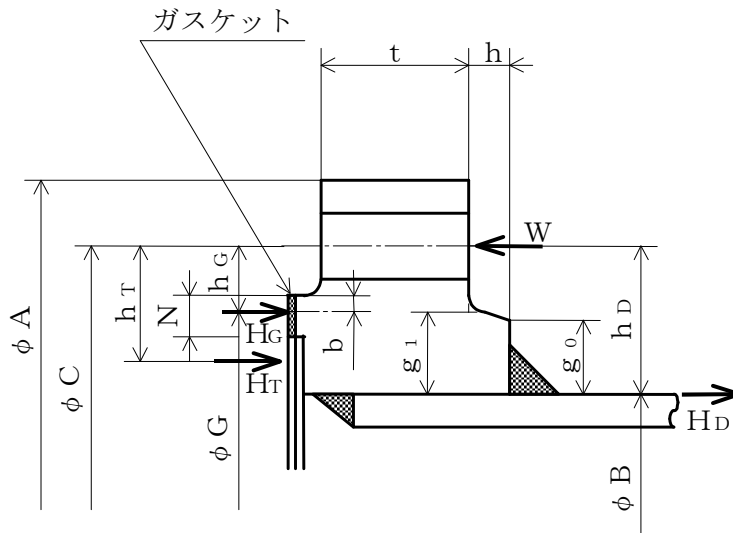
(2) フランジの形式

フランジの形式及び各部の記号は、図2-11～図2-15による。  
ただし、 $W$ は、 $W_g$ 、 $W_{m1}$ 、 $W_{m2}$ 及び $W_o$ のボルト荷重を表す。



注：ハブのテーパが $6^\circ$ 以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

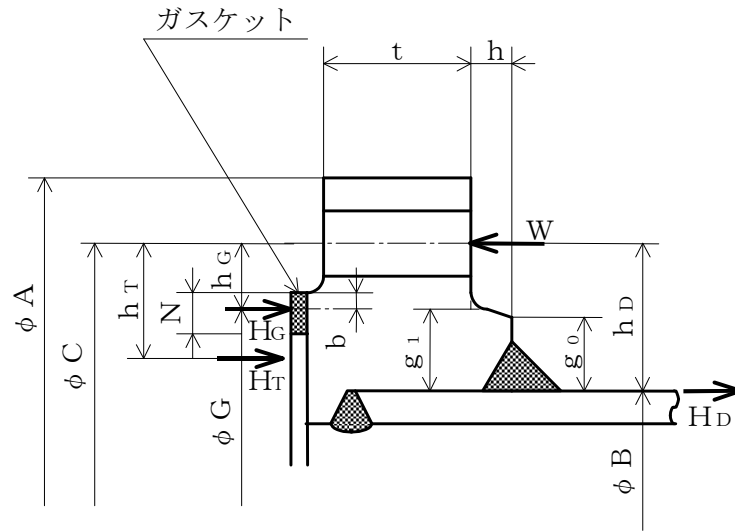
TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)



注：ハブのテーパが $6^\circ$ 以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

TYPE-2 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)

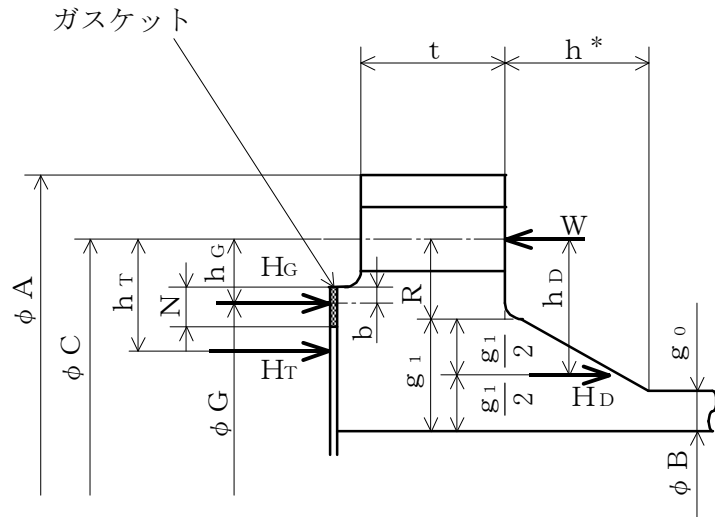
図2-11 ルーズ形フランジ（差込み形フランジ）



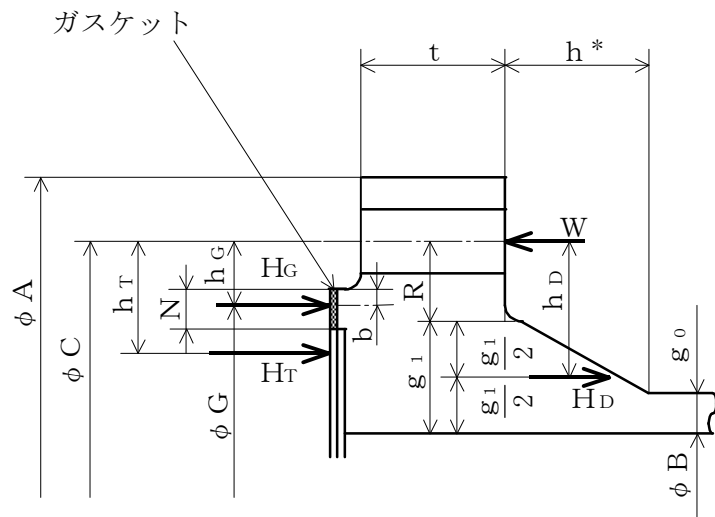
注：ハブのテーパが $6^\circ$  以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

TYPE-3 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 5)

図2-12 ルーズ形フランジ（差込み形フランジ）



TYPE-4 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)



TYPE-5 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)

注記\* : フランジに近いハブのこう配が1/3以下の場合、 $h$ は下図に従う。

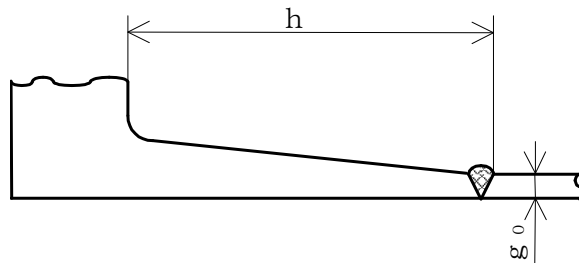


図2-13 一体形フランジ

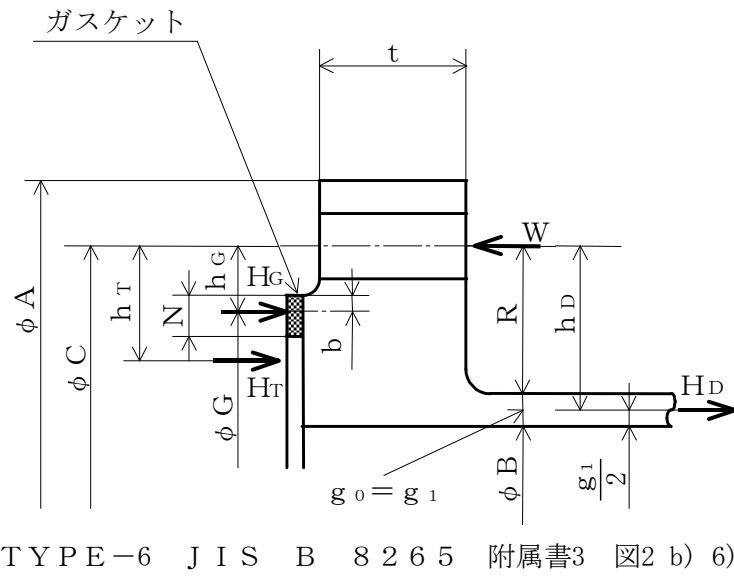
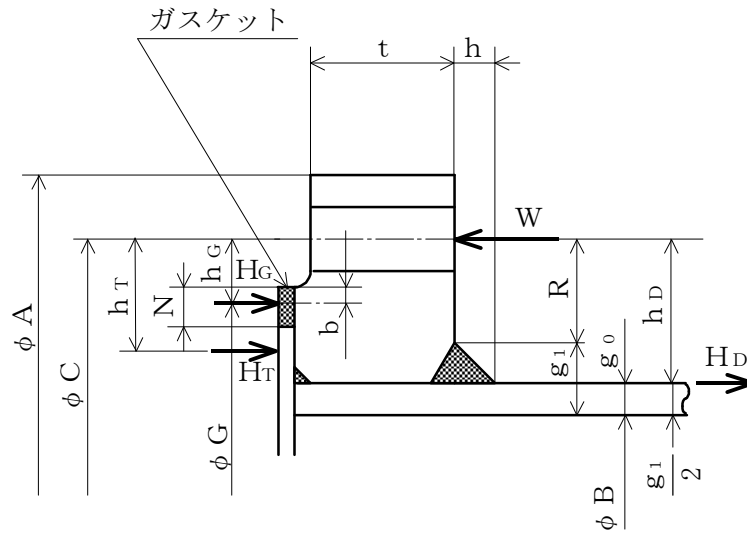
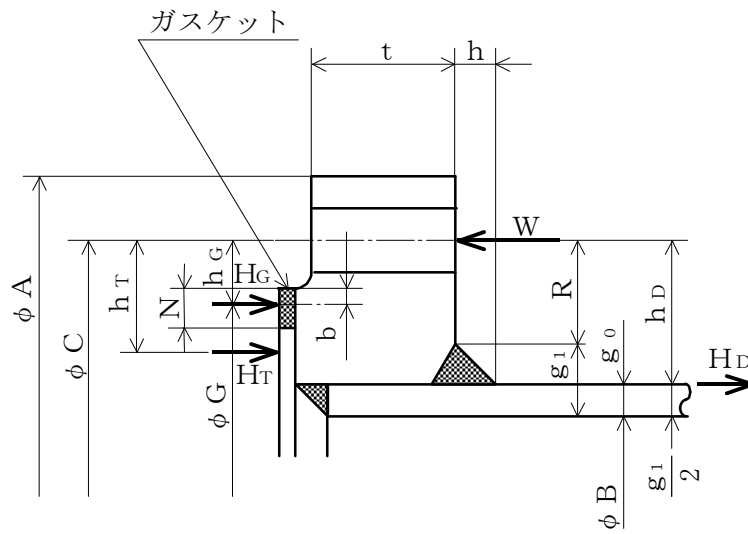


図2-14 一体形フランジ



TYPE-7 JIS B 8265 附属書3 図2 c) 12)  
(一体形フランジとして計算)



TYPE-8 JIS B 8265 附属書3 図2 c) 11)  
(一体形フランジとして計算)

図2-15 任意形フランジ

## (3) 内圧計算手順及び算式

## a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b<sub>o</sub>) に従い以下のように求める。

b<sub>o</sub> ≤ 6.35mmの場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

b<sub>o</sub> > 6.35mmの場合

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$$

$$G = G_s - 2 \cdot b$$

ただし、b<sub>o</sub>はJ I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。

## b. 計算上必要なボルト荷重

## (a) 使用状態で必要なボルト荷重

$$W_{m1} = H + H_P$$

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P$$

$$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m_g \cdot P$$

## (b) ガasket締付時に必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

## c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{\sigma_b} \quad (\text{使用状態})$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{\sigma_a} \quad (\text{ガasket締付時})$$

$$A_m = \text{Max} (A_{m1}, A_{m2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot (d_b^2 - d_i^2) \cdot n$$

## d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

$$W_g = \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) \cdot \sigma_a \quad (\text{ガasket締付時})$$

- e. 使用状態でフランジに加わる荷重

$$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P$$

$$H_G = W_o - H$$

$$H_T = H - H_D$$

- f. 使用状態でフランジ荷重に対するモーメントアーム

フランジの形式	$h_D$	$h_G$	$h_T$
一体形フランジ	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$

ただし,

$$R = \left( \frac{C - B}{2} \right) - g_1$$

- g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

- h. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

$$M_g = W_g \cdot \left( \frac{C - G}{2} \right)$$

- i. 一体形フランジ及びルーズ形フランジ (差込み形フランジ) の応力

- (a) 使用状態でフランジの応力

$$\sigma_{H_o} = \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P_o \cdot B}{4 \cdot g_o}$$

$$\sigma_{R_o} = \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_o}{L \cdot t^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{T_o} = \frac{Y \cdot M_o}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{R_o}$$



(b) ガスケット締付時のフランジの応力

$$\sigma_{Hg} = \frac{f \cdot M_g}{L \cdot g_1^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{Rg} = \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_g}{L \cdot t^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{Tg} = \frac{Y \cdot M_g}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{Rg}$$

ただし,

$$L = \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d}$$

$$h_o = \sqrt{B \cdot g_o}$$

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2 \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_o^2 \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

$$e = \frac{F}{h_o} \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$e = \frac{F_L}{h_o} \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

また、Bが $20 \cdot g_1$ より小さいときは、ハブの軸方向の応力 ( $\sigma_{Ho}$ ) 及び $\sigma_{Hg}$ の計算式のBの代わりに $B_1$ を用いる。

j. 評価

内圧を受けるフランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

- |                |  |
|----------------|--|
| (a) ボルトの総有効断面積 | $A_m < A_b$                              |
| (b) ハブの軸方向応力   |  |
| 使用状態にあつては      | $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては  | $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (c) フランジの径方向応力 |  |
| 使用状態にあつては      | $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては  | $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (d) フランジの周方向応力 |  |
| 使用状態にあつては      | $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては  | $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |

(4) 外圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b<sub>o</sub>) に従い以下のように求める。

b<sub>o</sub> ≤ 6.35mmの場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

b<sub>o</sub> > 6.35mmの場合

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$$

$$G = G_s - 2 \cdot b$$

ただし、b<sub>o</sub>はJIS B 8265 附属書3 表3による。

b. 計算上必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{\sigma_a}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot (d_b^2 - d_i^2) \cdot n$$

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_g = \left( \frac{A_{m2} + A_b}{2} \right) \cdot \sigma_a$$

e. 使用状態でフランジに加わる荷重

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P$$

$$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P$$

$$H_T = H - H_D$$

f. 使用状態でフランジ荷重に対するモーメントアーム

フランジの形式	h <sub>D</sub>	h <sub>G</sub>	h <sub>T</sub>
一体形フランジ	R + 0.5 · g <sub>1</sub>	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$

ただし、

$$R = \left( \frac{C - B}{2} \right) - g_1$$

g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$M_o = H_D \cdot (h_D - h_G) + H_T \cdot (h_T - h_G)$$

h. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

$$M_g = W_g \cdot h_G$$

i. 一体形フランジ及びルーズ形フランジ（差込み形フランジ）の応力

(a) 使用状態でのフランジの応力

$$\sigma_{Ho} = \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P_e \cdot B}{4 \cdot g_o}$$

$$\sigma_{Ro} = \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_o}{L \cdot t^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{To} = \frac{Y \cdot M_o}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{Ro}$$

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

$$\sigma_{Hg} = \frac{f \cdot M_g}{L \cdot g_1^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{Rg} = \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_g}{L \cdot t^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{Tg} = \frac{Y \cdot M_g}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{Rg}$$

ただし、

$$L = \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d}$$

$$h_o = \sqrt{B \cdot g_o}$$

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2 \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_o^2 \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

$$e = \frac{F}{h_o} \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$e = \frac{F_L}{h_o} \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

また、Bが $20 \cdot g_1$ より小さいときは、ハブの軸方向の応力（ $\sigma_{Ho}$ ）及び $\sigma_{Hg}$ の計算式のBの代わりに $B_1$ を用いる。

j. 評価

外圧を受けるフランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

- (a) ボルトの総有効断面積  $A_{m2} < A_b$
- (b) ハブの軸方向応力  
使用状態にあっては  $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$   
ガスケット締付時にあっては  $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$
- (c) フランジの径方向応力  
使用状態にあっては  $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$   
ガスケット締付時にあっては  $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$
- (d) フランジの周方向応力  
使用状態にあっては  $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$   
ガスケット締付時にあっては  $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

## 2.8 伸縮継手の強度計算

伸縮継手の強度計算は、設計・建設規格 PPC-3416を適用する。

### (1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
b	b	継手部の波のピッチの2分の1	mm
c	c	継手部の層数	—
E	E	材料の縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1による。	MPa
h	h	継手部の波の高さ	mm
N	N	許容繰返し回数	—
	$N_r$	実際の繰返し回数	—
n	n	継手部の波数の2倍の値	—
t	t	継手部の板の厚さ	mm
	U	実際の繰返し回数( $N_r$ )／許容繰返し回数(N)	—
$\delta$	$\delta$	全伸縮量	mm
$\sigma$	$\sigma$	継手部応力	MPa
	算 式		—
	A	調整リング無しの場合	
	B	調整リング付きの場合	

### (2) 継手部の形状

継手部の形状を図2-16に示す。

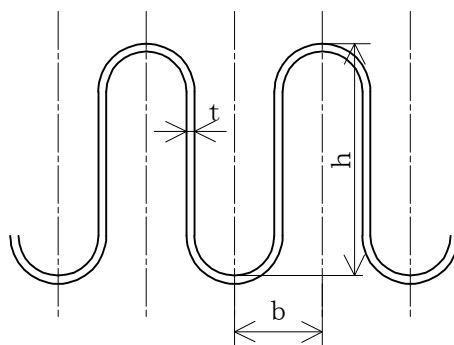


図2-16 継手部の形状

(3) 算式

伸縮継手の許容繰返し回数は

$$N = \left( \frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

ただし、材料がステンレス鋼及び高ニッケル合金のものに限る。

a. 調整リングが付いていない場合の継手部応力

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h^2}{2 \cdot t^2 \cdot c} \dots\dots\dots (A)$$

b. 調整リングが付いている場合の継手部応力

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h}{t \cdot c} \dots\dots\dots (B)$$

(4) 評価

実際の繰返し回数 ( $N_r$ ) と許容繰返し回数 ( $N$ ) の比 ( $U = N_r / N$ ) が  $U \leq 1$  であれば、伸縮継手の強度は十分である。

実際の繰返し回数が2種類以上の場合、実際の繰返し回数と許容繰返し回数の比を加えた値 ( $U = \sum_i (N_{r i} / N_i)$ ) が  $U \leq 1$  であれば、伸縮継手の強度は十分である。

## 別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領

- 基本板厚計算書の概略系統図記載要領については、VI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法 別紙」による。
- 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領



## 別紙 2 管の基本板厚計算書のフォーマット

1. 管の基本板厚計算書の書式例  
書式例を次頁以降に示す。

VI-3-○-○-○ 管の基本板厚計算書

## まえがき

本計算書は、VI-3-1-\*「クラス\*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-\*「クラス\*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

管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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																

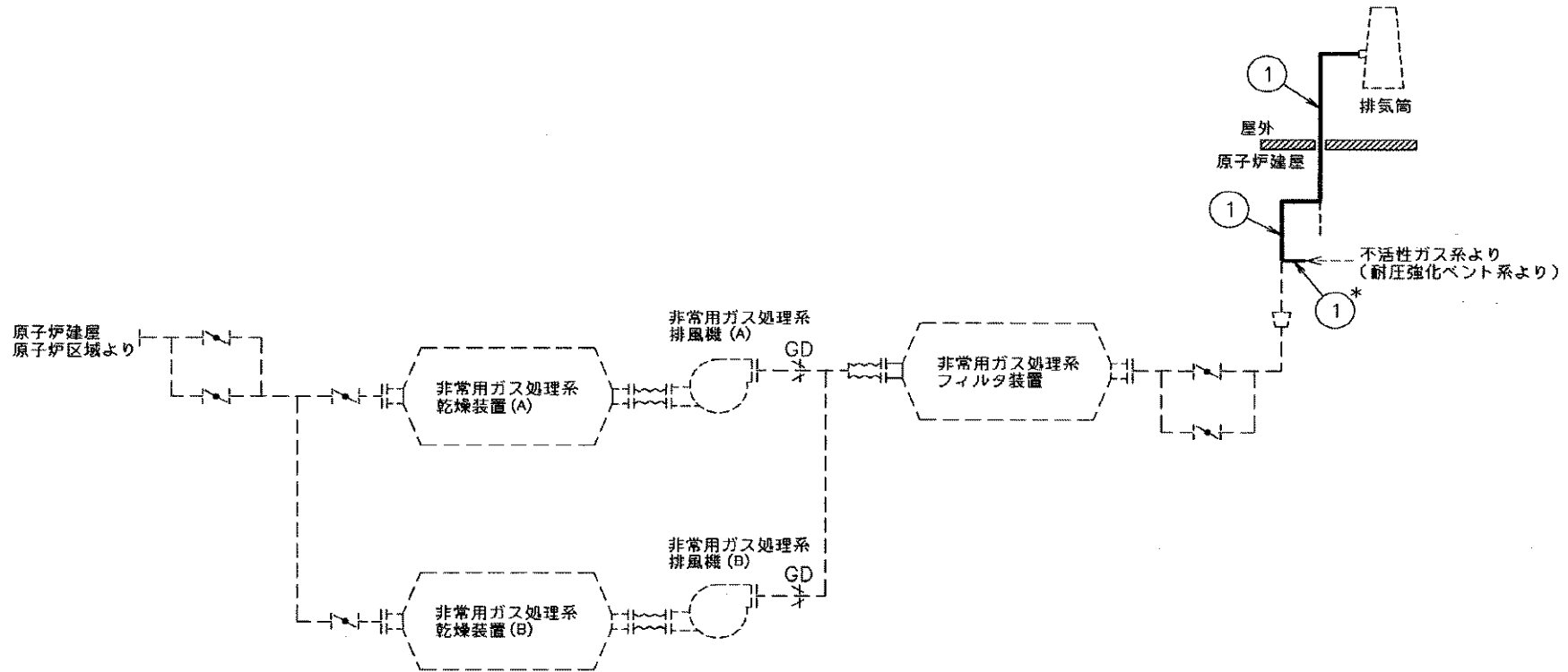
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

## 目 次

1. 概略系統図 .....
2. 管の強度計算書 .....
3. 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価 .....

1. 概略系統図



注記\*：管継手  
非常用ガス処理系概略系統図



2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t <sub>s</sub> (mm)	t (mm)	算 式	t <sub>r</sub> (mm)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
11														

評価：t<sub>s</sub> ≥ t<sub>r</sub>, よって十分である。

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3420 準用

NO.	T2	$A_r$ (mm <sup>2</sup> )	
形 式		$A_0$ (mm <sup>2</sup> )	
最高使用圧力 (MPa)		$A_1$ (mm <sup>2</sup> )	
最高使用温度 (°C)		$A_2$ (mm <sup>2</sup> )	
主管と管台の角度 (°)		$A_3$ (mm <sup>2</sup> )	
		$A_4$ (mm <sup>2</sup> )	
主管材料		評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。	
$S_r$ (MPa)			
$D_{or}$ (mm)			
$D_{ir}$ (mm)			
$t_{ro}$ (mm)		$d_{fr}D$ (mm)	
$Q_r$		$L_{AD}$ (mm)	
$t_r$ (mm)		$L_{ND}$ (mm)	
$t_{rr}$ (mm)		$A_{rD}$ (mm <sup>2</sup> )	
$\eta$		$A_{0D}$ (mm <sup>2</sup> )	
		$A_{1D}$ (mm <sup>2</sup> )	
管台材料		$A_{2D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$S_b$ (MPa)		$A_{3D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$D_{ob}$ (mm)		$A_{4D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$D_{ib}$ (mm)		評価： $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。	
$t_{bn}$ (mm)			
$Q_b$			
$t_b$ (mm)			
$t_{br}$ (mm)		$W$ (N)	
		$F_1$	—
		$F_2$	—
強め材材料		$F_3$	—
$S_e$ (MPa)		$S_{W1}$ (MPa)	—
$D_{oe}$ (mm)		$S_{W2}$ (MPa)	—
$t_e$ (mm)		$S_{W3}$ (MPa)	—
		$W_{e1}$ (N)	—
穴の径 $d$ (mm)		$W_{e2}$ (N)	—
$K$		$W_{e3}$ (N)	—
$d_{fr}$ (mm)		$W_{e4}$ (N)	—
$L_A$ (mm)		$W_{e5}$ (N)	—
$L_N$ (mm)		$W_{ebp}$ (N)	—
$L_1$ (mm)		$W_{ebp}$ (N)	—
$L_2$ (mm)		$W_{ebp}$ (N)	—
		評価： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

管の穴と補強計算書 (クラス3配管)

設計・建設規格 PPD-3420

NO.	T3	$A_r$ ( $\text{mm}^2$ )	
形 式		$A_0$ ( $\text{mm}^2$ )	
最高使用圧力 (MPa)		$A_1$ ( $\text{mm}^2$ )	
最高使用温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )		$A_2$ ( $\text{mm}^2$ )	
主管と管台の角度 ( $^{\circ}$ )		$A_3$ ( $\text{mm}^2$ )	
		$A_4$ ( $\text{mm}^2$ )	
主管材料		評価: $A_0 > A_r$ よって十分である。	
$S_r$ (MPa)			
$D_{or}$ (mm)			
$D_{ir}$ (mm)			
$t_{ro}$ (mm)		$d_{frD}$ (mm)	
$Q_r$		$L_{AD}$ (mm)	
$t_r$ (mm)		$L_{ND}$ (mm)	
$t_{rr}$ (mm)		$A_{rD}$ ( $\text{mm}^2$ )	
$\eta$		$A_{0D}$ ( $\text{mm}^2$ )	
		$A_{1D}$ ( $\text{mm}^2$ )	
管台材料		$A_{2D}$ ( $\text{mm}^2$ )	
$S_b$ (MPa)		$A_{3D}$ ( $\text{mm}^2$ )	
$D_{ob}$ (mm)		$A_{4D}$ ( $\text{mm}^2$ )	
$D_{ib}$ (mm)		評価: $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。	
$t_{bn}$ (mm)			
$Q_b$			
$t_b$ (mm)			
$t_{br}$ (mm)		$W$ (N)	
		$F_1$	—
		$F_2$	—
強め材材料		$F_3$	—
$S_e$ (MPa)		$SW_1$ (MPa)	—
$D_{oe}$ (mm)		$SW_2$ (MPa)	—
$t_e$ (mm)		$SW_3$ (MPa)	—
		$W_{e1}$ (N)	—
穴の径 $d$ (mm)		$W_{e2}$ (N)	—
$K$		$W_{e3}$ (N)	—
$d_{fr}$ (mm)		$W_{e4}$ (N)	—
$L_A$ (mm)		$W_{e5}$ (N)	—
$L_N$ (mm)		$W_{ebp}$ (N)	—
$L_1$ (mm)		$W_{ebp}$ (N)	—
$L_2$ (mm)		$W_{ebp}$ (N)	—
		評価: $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価の評価結果例

3. 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

胴側胴板（使用材料規格：J I S G ○○○○ △△△△）の評価結果

（比較材料：J I S G ○○○○ △△△△）

○○○に使用している○○○は、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し、同等であることを示す。

(材料記号を記載)

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370N/mm <sup>2</sup> 以上	215N/mm <sup>2</sup> 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370N/mm <sup>2</sup> 以上	215N/mm <sup>2</sup> 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ～ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ～ 0.35	0.30 ～ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>Si, P, S の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないとする。</p> <p>Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。</p> <p>P：冷間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16mm 未満）であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>S：熱間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16mm 未満）であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p>									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により、機械的強度、化学成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、△△△△を重大事故等クラス2材料として使用することに問題ないとする。

(材料記号を記載)

VI-3-○-○-○ 管の基本板厚計算書

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成\*\*年\*\*月\*\*日付け\*\*資庁第\*\*\*\*号にて認可された工事計画のIV-\*\*-\*\*「管の基本板厚計算書」による。

(2) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の応力計算方法

## 目 次

1. 一般事項 .....	1
1.1 概要 .....	1
1.2 適用規格・基準等 .....	1
2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法.....	2
2.1 計算方針 .....	2
2.2 計算方法 .....	2
2.2.1 解析による計算 .....	2
2.2.2 計算式 .....	3
2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力.....	5
2.2.4 計算精度と数値の丸め方.....	6
3. 計算書の構成 .....	7
3.1 管の応力計算書 .....	7



## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、発電用原子力設備のうち重大事故等クラス2管であってクラス2管の応力計算書（以下「計算書」という。）について説明するものである。

### 1.2 適用規格・基準等

適用規格及び基準を以下に示す。

- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（原子力規制委員会 2013 年 6 月）（以下「技術基準規則」という。）
- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原子力規制委員会 2013 年 6 月）（以下「技術基準規則解釈」という。）
- 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））） J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）
- 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年通商産業省告示第 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）

## 2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法

### 2.1 計算方針

重大事故等対処設備の材料及び構造は技術基準規則第55条に規定されており、技術基準規則解釈第55条第7項の規定に基づき、技術基準規則第17条の設計基準対象施設の規定を準用する。

重大事故等クラス2管であってクラス2管の応力計算として、設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく一次応力評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、告示第501号第56条第1号の規定に基づく一次応力評価を実施する。なお、設計・建設規格 PPC-3530 または告示第501号第56条第2号に規定の一次+二次応力制限は疲労破壊防止のための規定であるが、重大事故等事象は運転状態IVを超える事象であり、繰返し発生することがなく、疲労に有意な影響を及ぼすことがないことから、一次+二次応力評価を省略する。また、既工認評価結果が有り、かつ評価条件（最高使用圧力及び最高使用温度）に変更がない場合は、既工認の確認による評価を実施する。

### 2.2 計算方法

#### 2.2.1 解析による計算

応力計算は三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。なお、解析コードは、「I S A P」, 「M S A P (配管)」, 「M S C N A S T R A N」, 「N u P I A S」又は「S O L V E R」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、VI-3 別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### 2.2.1.1 解析モデルの作成

配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

- (1) 配管系は三次元多質点系はりモデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
- (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
- (3) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカ点からアンカ点までとする。
- (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
- (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように、適切な間隔で設ける。
- (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
  - a. レストレイント：拘束方向の剛性を考慮する。
  - b. スナッパ：拘束方向の剛性を考慮する。
  - c. アンカ：6方向を固定と扱う。
  - d. ガイド：拘束方向及び回転拘束方向の剛性を考慮する。

- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量（フランジ部含む。）の他に弁等の集中質量、保温材等の付加質量及び管内流体の質量を考慮するものとする。

### 2.2.1.2 解析条件

解析において考慮する解析条件を以下に示す。

#### (1) 荷重条件

- a. 内圧
- b. 機械的荷重（自重及びその他の長期的荷重）
- c. 機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力及びその他の短期的荷重）

### 2.2.2 計算式

#### 2.2.2.1 記号の定義

計算式中に説明のない記号の定義は下表のとおりとする。

記号	単位	定義
$B_1, B_2, B_{2b}, B_{2r}$	—	設計・建設規格 PPB-3810 及び告示第 501 号第 48 条に規定する応力係数（一次応力の計算に使用するもの）
$i_1$	—	告示第 501 号第 57 条に規定する応力係数又は 1.33 のいずれか大きい方の値
$D_0$	mm	管の外径
$M_a$	N・mm	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
$M_{ab}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
$M_{ar}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
$M_b$	N・mm	管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
$M_{bb}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
$M_{br}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
$P$	MPa	最高使用圧力
$P_m$	MPa	内面に受ける最高の圧力
$S_h$	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
$S_{prim}$	MPa	一次応力
$t$	mm	管の厚さ
$Z$	mm <sup>3</sup>	管の断面係数
$Z_b$	mm <sup>3</sup>	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数
$Z_r$	mm <sup>3</sup>	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数

## 2.2.2.2 応力計算

## (1) 設計・建設規格 PPC-3500 による評価

## a. 一次応力 (設計・建設規格 PPC-3520)

(a) 最高使用圧力及び機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る。) による一次応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{ab} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{ar} / Z_r \\ \leq 1.5 \cdot S_h$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_a / Z \leq 1.5 \cdot S_h$$

(b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重 (自重その他の長期的荷重及び逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重) による一次応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P_m \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot (M_{ab} + M_{bb}) / Z_b + \\ B_{2r} \cdot (M_{ar} + M_{br}) / Z_r \leq 1.8 \cdot S_h$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P_m \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot (M_a + M_b) / Z \leq 1.8 \cdot S_h$$

## (2) 告示第501号第56条から第57条までの規定に基づく評価

## a. 一次応力 (第56条第1号)

(a) 最高使用圧力及び機械荷重 (自重その他の長期的荷重に限る) による一次応力

$$S_{pr m} = P \cdot D_0 / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot M_a / Z \leq S_h$$

(b) 内圧に受ける最高の圧力及び機械荷重 (自重その他の長期的荷重及び逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重) による一次応力

$$S_{pr m} = P_m \cdot D_0 / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b) / Z \leq 1.2 \cdot S_h$$

### 2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	荷重の組合せ	状態
重大事故等 クラス2管	P + D	重大事故等時 許容応力状態V
	P + M + D	

表 2-1 中の記号

P : 内圧による荷重

M : 逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重

D : 自重その他の長期的荷重

表 2-2 許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)
重大事故等時*	$1.5 \cdot S_h$
	$1.8 \cdot S_h$

注記\* : 重大事故等時の状態。設計・建設規格の供用状態 A, B での許容応力を用いる。

表 2-3 許容応力（告示第 501 号第 56 条）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)
許容応力状態 V*	$S_h$
	$1.2 \cdot S_h$

注記\* : 重大事故等時の状態。告示第 501 号の許容応力状態 I, II での許容応力を用いる。

## 2.2.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-4に示すとおりである。

表2-4 表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第1位	四捨五入	整数位
	変位置量	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
計算条件	圧力	MPa	小数点第3位	四捨五入	小数点第2位 <sup>*1</sup>
	温度	℃	小数点第1位	四捨五入	整数位
	外径	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	厚さ	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	縦弾性係数	MPa	小数点第1位	四捨五入	整数位
	質量	kg	小数点第1位	四捨五入	整数位
	単位長さ質量	kg/m	小数点第1位	四捨五入	整数位
	ばね定数	N/mm	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	方向余弦	—	小数点第5位	四捨五入	小数点第4位
	許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
解析結果	計算応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位
及び評価	許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位

注記\*1：必要に応じて小数点第1位表示若しくは小数点第3位表示とする。また、静水頭は「静水頭」と記載する。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示別表に記載された許容引張応力は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

### 3. 計算書の構成

#### 3.1 管の応力計算書

##### (1) 概要

本計算方法に基づき、管の応力計算を実施した結果を示す旨を記載する。設計及び工事の計画書に記載された範囲の管のうち、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、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についても記載する。

##### (2) 概略系統図

設計及び工事の計画書に記載された範囲の系統の概略を示した図面を添付する。ただし、既工認における評価結果の確認による評価を実施した範囲については、既工認の計算書番号等を記載する。

##### (3) 鳥瞰図

評価結果記載の解析モデルの解析モデル図を添付する。

##### (4) 計算条件

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-1～応-7-2 に示す。

##### (5) 評価結果

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-8-1～応-8-2 に示す。

##### (6) 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する。このため、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を記載する。本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-9 に示す。

・FORMAT 応-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。

鳥瞰図番号

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

・FORMAT 応-2 :

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥瞰図番号

管名称	対応する評価点

・FORMAT 応-3 :

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥瞰図番号

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)



・FORMAT 応-4 :

鳥瞰図番号

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)

・FORMAT 応-5 :

鳥瞰図番号

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)

・FORMAT 応-6 :

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号

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

・FORMAT 応-7-1 :

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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>

注記\* : 評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

• FORMAT 応-7-2 :

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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>

注記\* : 評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

• FORMAT 応-8-1 :

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 S <sub>pr m</sub> <sup>*1</sup> S <sub>pr m</sub> <sup>*2</sup>	許容応力 1.5・S <sub>h</sub> 1.8・S <sub>h</sub>
鳥瞰図番号		S <sub>pr m</sub> <sup>*1</sup> S <sub>pr m</sub> <sup>*2</sup>	Max Max	1.5・S <sub>h</sub> 1.8・S <sub>h</sub>

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。

・FORMAT 応-8-2 :

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 $S_h$ $1.2 \cdot S_h$
鳥瞰図番号		$S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	Max Max	$S_h$ $1.2 \cdot S_h$

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。

・FORMAT 応-9 :

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管）

No.	配管モデル	重大事故等時				
		一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*, **	—
2	***-2	2	**	***	*, **	—
3	***-3	3	**	***	*, **	—
4	***-4	4	**	***	*, **	○
5	***-5	5	**	***	*, **	—

- (3) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の規定によらない場合の強度計算方法

## 目 次

1. 一般事項 .....	1
1.1 概要 .....	1
1.2 計算精度と数値の丸め方 .....	2
2. ダクトの強度計算方法 .....	3
2.1 記号の定義 .....	3
2.2 強度計算方法 .....	9
3. ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価 .....	18
3.1 記号の定義 .....	18
3.2 強度計算方法 .....	18

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、重大事故等クラス2管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む））＜第I編 軽水炉規格＞J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

重大事故等クラス2管の強度計算方法及び計算式については、設計・建設規格クラス2管の規定に基づくものとする。

設計・建設規格クラス2管の規定によらない場合の評価方法として、機械工学便覧の規定を用いる。ただし、設計・建設規格に計算式の規定がない応力計算については、「日本産業規格」（以下「J I S」という）を準用する。

設計・建設規格の計算式による評価を実施するが、応力解析による評価を用いる場合は、一次応力強さを設計応力強さ以下とすることで、設備の全体的な変形が弾性域内であることを確認する。

## 1.2 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表1-1に示すとおりとする。

表1-1 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	下記以外の圧力	MPa	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
	最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位*1
温度		℃	—	—	整数位
単位面積当りの質量		Kg/mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
ヤング率		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*3
許容応力*2		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位*4
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
	最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
	ねじの有効径	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	ねじの内径	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
ねじ山の数		—	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
変位量		mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
角度		°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位

注記\*1：必要に応じて小数点以下第3位を用いる。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

\*3：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*4：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

2. ダクトの強度計算方法

円形ダクト、矩形ダクトの強度評価式はクラス2管には定められていないことから、設計・建設規格を準用した評価式、又は設計・建設規格に規定されていない評価式を用いた強度計算方法並びに計算式について説明する。

2.1 記号の定義

ダクトの厚さ計算、フランジの応力計算、ダクトの応力計算に用いる記号については、次のとおりである。

(1) ダクトの厚さ計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの厚さ計算に使用するもの	B	—	設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1～図20により求めた値
	D <sub>o</sub>	mm	ダクト外径
	P	MPa	最高使用圧力
	P <sub>e</sub>	MPa	外面に受ける最高の圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力* <sup>1</sup>
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	η	—	長手継手の効率* <sup>2</sup>

注記\*1：設計・建設規格 付録材料図表 Part5に規定がない場合は、S値は $5/8 S_y$ と $1/4 S_u$ の小さい方の値とし、 $S_y$ 、 $S_u$ はJISに記載の値とする。

\*2：継手の効率については、設計・建設規格 PVC-3130に定めるところによる。



b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの厚さ計算に使用するもの	a	mm	ダクト長辺寸法
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	$D_p$	kg/mm <sup>2</sup>	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
	E	MPa	ヤング率
	g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度 (=9.80665)
	P	MPa	最高使用圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力*
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	$\nu$	—	ポアソン比
	$\delta_{max}$	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

注記\*：設計・建設規格 付録材料図表 Part5に規定がない場合は，S値は $5/8 S_y$ と $1/4 S_u$ の小さい方の値とし， $S_y$ ， $S_u$ はJISに記載の値とする。

## (2) フランジの応力計算に使用するもの

## a. 円形のダクト

記号	単位	定義
$A_b$	$\text{mm}^2$	ボルト総有効断面積
$B$	$\text{mm}$	フランジ内径 (図2-1による。)
$C$	$\text{mm}$	ボルト穴中心円直径 (図2-1による。)
$G$	$\text{mm}$	ガスケット反力円直径
$G_o$	$\text{mm}$	ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい方の値 (図2-1による。)
$H$	$\text{N}$	内圧力によってフランジに加わる全荷重
$H_D$	$\text{N}$	内圧力によってフランジ内径面に加わる荷重 (図2-1による。)
$H_P$	$\text{N}$	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力 (図2-1による。)
$H_R$	$\text{N}$	平衡反力 (図2-1による。)
$H_T$	$\text{N}$	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内径面に加わる荷重との差 (図2-1による。)
$M_o$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	使用状態でフランジに作用する全モーメント
$P$	$\text{MPa}$	最高使用圧力
$W_m$	$\text{N}$	使用状態のボルト荷重 (図2-1による。)
$b''$	$\text{mm}$	使用状態におけるガスケット座有効幅 $2b'' = 5$
$d_b$	$\text{mm}$	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
$d_h$	$\text{mm}$	ボルト穴直径
$h_D$	$\text{mm}$	ボルト穴中心円から $H_D$ 作用点までの半径方向の距離 (図2-1による。)
$h_P$	$\text{mm}$	ボルト穴中心円から $H_P$ 作用点までの半径方向の距離 (図2-1による。)
$h_R$	$\text{mm}$	ボルト穴中心円から $H_R$ 作用点までの半径方向の距離 (図2-1による。)
$h_T$	$\text{mm}$	ボルト穴中心円から $H_T$ 作用点までの半径方向の距離 (図2-1による。)
$m$	—	ガスケット係数
$n$	本	ボルト本数
$t$	$\text{mm}$	フランジ厚さ (図2-1による。)
$\sigma_b$	$\text{MPa}$	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 (設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7)
$\sigma_f$	$\text{MPa}$	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 (設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5)
$\sigma_{max}$	$\text{MPa}$	使用状態でフランジに作用する発生応力
$\sigma'_{max}$	$\text{MPa}$	使用状態でボルトに作用する発生応力

ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの

b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	$A_b$	$\text{mm}^2$	ボルト総有効断面積
	$B_1$	mm	フランジ内面幅（長辺側）（図2-2による。）
	$B_2$	mm	フランジ内面幅（短辺側）（図2-2による。）
	$C_1$	mm	ボルト穴間の距離（長辺側）（図2-2による。）
	$C_2$	mm	ボルト穴間の距離（短辺側）（図2-2による。）
	$G_0$	mm	ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値（図2-2による。）
	$G_1$	mm	ガスケット反力距離（長辺側）
	$G_2$	mm	ガスケット反力距離（短辺側）
	$H$	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
	$H_D$	N	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重（図2-2による。）
	$H_P$	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力（図2-2による。）
	$H_R$	N	平衡反力（図2-2による。）
	$H_T$	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内面に加わる荷重との差（図2-2による。）
	$M_0$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	使用状態でフランジに作用する全モーメント
	$P$	MPa	最高使用圧力
	$W_m$	N	使用状態のボルト荷重（図2-2による。）
	$b''$	mm	使用状態におけるガスケット座有効幅 $2b'' = 5$
	$d_b$	mm	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	$d_h$	mm	ボルト穴直径
	$h_D$	mm	ボルト穴中心から $H_D$ 作用点までの距離（図2-2による。）
	$h_P$	mm	ボルト穴中心から $H_P$ 作用点までの距離（図2-2による。）
	$h_R$	mm	ボルト穴中心から $H_R$ 作用点までの距離（図2-2による。）
	$h_T$	mm	ボルト穴中心から $H_T$ 作用点までの距離（図2-2による。）
	$m$	—	ガスケット係数
	$n$	本	ボルト本数
	$t$	mm	フランジ厚さ（図2-2による。）
	$\sigma_b$	MPa	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 （設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7）
	$\sigma_f$	MPa	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 （設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5）
$\sigma_{max}$	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力	
$\sigma'_{max}$	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力	

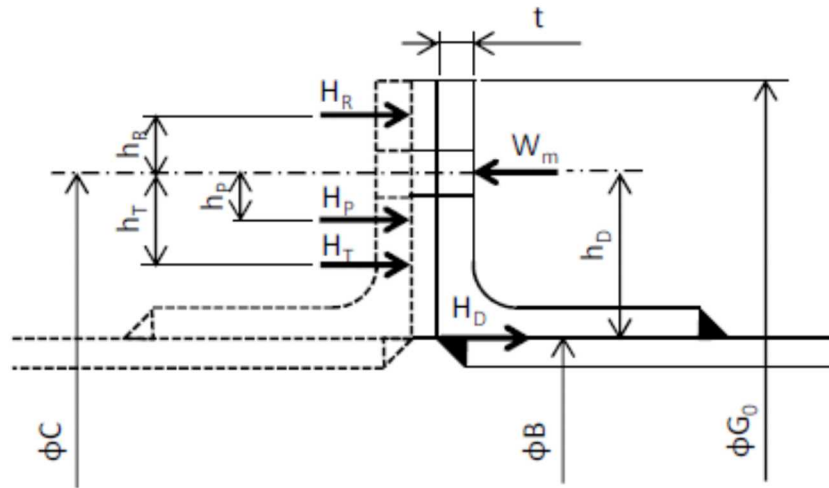


図2-1 フランジの寸法（円形ダクト）

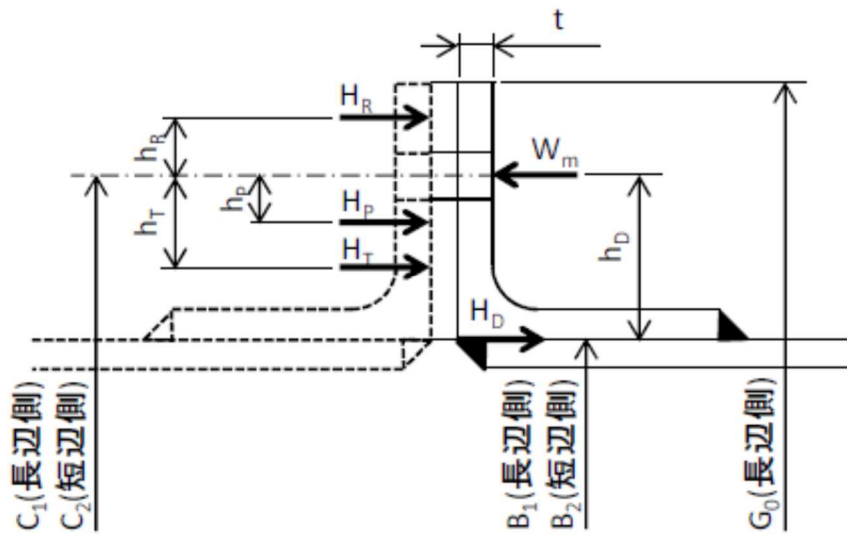


図2-2 フランジの寸法（矩形ダクト）

(3) ダクトの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの応力計算に使用するもの	B <sub>1</sub>	—	設計・建設規格 PPB-3810に規定する応力係数
	B <sub>2</sub>	—	
	D <sub>0</sub>	mm	ダクト外径
	M <sub>a</sub>	N・mm	ダクトの機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生じるモーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	S <sub>h</sub>	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力*
	S <sub>p r m</sub>	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	Z	mm <sup>3</sup>	ダクトの断面係数

注記\*：設計・建設規格 付録材料図表 Part5に規定がない場合は、S値は $5/8S_y$ と $1/4 S_u$ の小さい方の値とし、 $S_y$ 、 $S_u$ はJ I Sに記載の値とする。

b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの応力計算に使用するもの	a	mm	ダクト長辺寸法
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D <sub>p</sub>	kg/mm <sup>2</sup>	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
	E	MPa	ヤング率
	g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度 (=9.80665)
	P	MPa	最高使用圧力
	S <sub>h</sub>	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力*
	S <sub>p r m</sub>	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	ν	—	ポアソン比
	δ <sub>max</sub>	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

注記\*：設計・建設規格 付録材料図表 Part5に規定がない場合は、S値は $5/8S_y$ と $1/4 S_u$ の小さい方の値とし、 $S_y$ 、 $S_u$ はJ I Sに記載の値とする。

## 2.2 強度計算方法

円形のダクト，矩形のダクトの計算方法並びに計算式を示す。

材料の許容応力は，設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1，表5，表7に応じた値を用いる。

設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1，表5，表7記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し，小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は設計・建設規格又は機械工学便覧に基づき，適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから，強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

### (1) 応力の制限（設計・建設規格 PPC-3111準用）

ダクトの耐圧設計は設計・建設規格 PPC-3400の規定に従って行う。

### (2) ダクトの厚さの計算（設計・建設規格 PPC-3411準用及び機械工学便覧（設計・建設規格 PPC-3411参考））

ダクトの厚さは，次の計算式により求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

なお，内部流体が空気であり，かつ，耐腐食性を考慮し内面塗装をほどこしている場合は，腐れしろの考慮は不要であることから，炭素鋼鋼管の必要最小厚さは適用しない。

#### a. 円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり，設計・建設規格 PPC-3411に規定されている下式を用いて，計算上必要な厚さを求める。

なお，ダクトの外面に圧力を受けるものにあつては，外面圧に対する厚さ計算を行う。

区 分	適用規格番号	計 算 式
内圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(1)準用	$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$
外圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(2)準用	$t = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$
炭素鋼鋼管	設計・建設規格 PPC-3411(3)準用	必要最小厚さを 満足すること

b. 矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると、ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で、軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板と見なすことができる。ここで、両サイドの2つの側面のダクト板は支持しているダクト板面（評価対象面）に作用する圧力及び自重（面外荷重）を面内で受けている。また、接続部材（及び補強部材）は支持しているダクト板面（評価対象面）に取り付けられており、本部位は評価対象面本体よりも面外荷重に対する剛性が增強されている。したがって、評価対象面は、面外に等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板と見なせ、長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧）を用いて、計算上必要な厚さを求めることができる。

（図2-3参照）

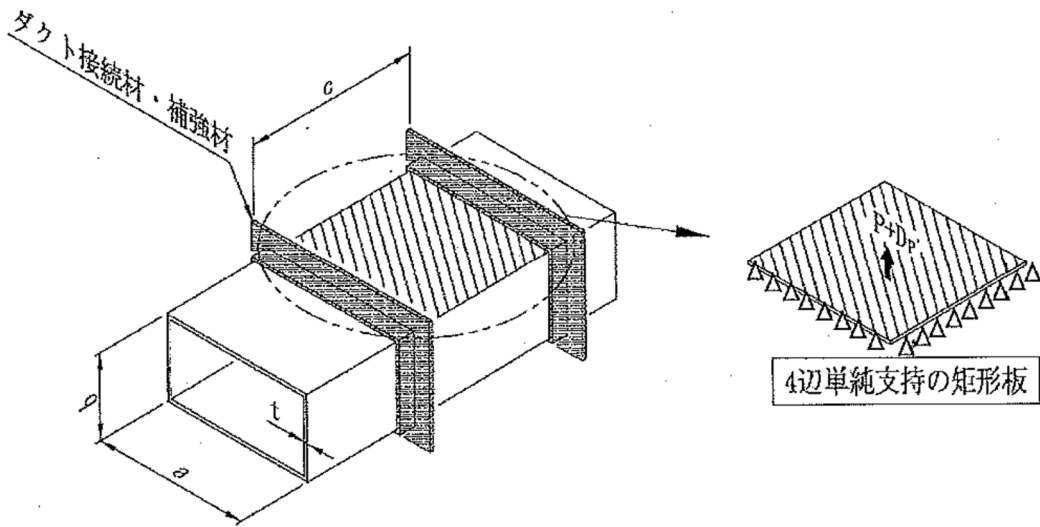


図2-3 板材の面外荷重に対する評価モデル

区分	適用規格番号	計算式
矩形のダクト	<p>機械工学便覧 設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考</p>	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4} (P+gD_p) = \frac{4}{3} \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{max}}{t} + \left( \frac{4\nu}{a^2 c^2} + (3-\nu^2) \left( \frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right) \left( \frac{\delta_{max}}{t} \right)^3 \quad \dots (2.1)$ $S = \frac{\pi^2 E}{8(1-\nu^2)} \left( \frac{(2-\nu^2)\delta_{max} + 4t}{a^2} + \nu \frac{(\delta_{max} + 4t)}{c^2} \right) \quad \dots (2.2)$

(2.1) 式及び (2.2) 式を解いて、両式を満足する  $\delta_{max}$  及び  $t$  を求める。このときの  $t$  を長方形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお、縦弾性係数は原子力設備の技術基準 別表第11の値を用いて算出し、ポアソン比を0.3として計算を行う。

(3) フランジ (設計・建設規格 PPC-3414準用)

a. 円形のダクト

円形のアングルフランジ構造であり、J I S B 8 2 6 5 (2003)「压力容器の構造 — 一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており、同様な寸法の取り方が可能であるため、図2-4「フランジ型式」に示すルーズ形フランジと見なし、設計・建設規格 PPC-3414(2)に従い、J I S B 8 2 6 5 (2003)「压力容器の構造 — 一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じて応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

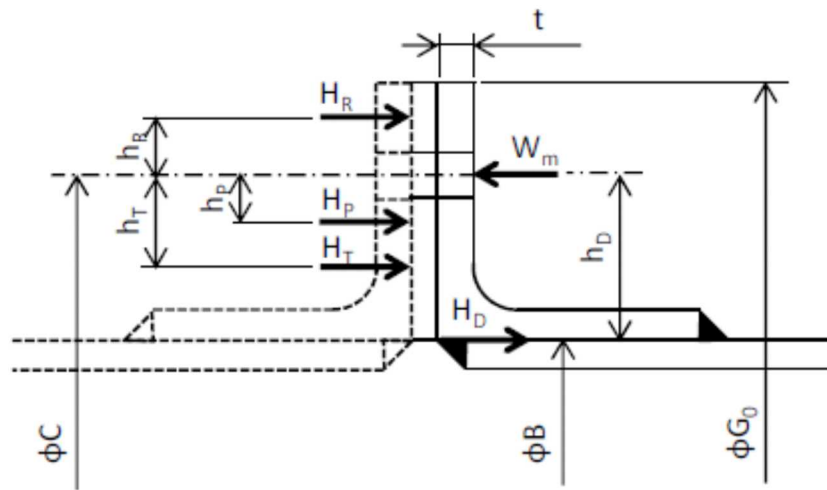


図2-4 フランジ型式 (円形アングルフランジ)



項 目		計 算 式
計算上必要なボルト荷重	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
	ガスケット反力円直径	$G = C - (d_h + 2 \cdot b'')$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重	$H = \frac{\pi}{4} \left( C - d_h \right)^2 \cdot P$
	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_p = 2 \cdot \pi \cdot b'' \cdot G \cdot m \cdot P$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_p \cdot h_p}{h_R}$
	使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_p + H_R$
ボルトの発生応力	ボルト総有効断面積	$A_b = n \frac{\pi}{4} d_b^2$
	使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評 価	$\sigma'_{max}$ が $\sigma_b$ 以下となることを確認する。

項 目		計 算 式
フランジに作用するモーメント	内圧力によってフランジ内径面に加わる荷重	$H_D = \frac{\pi}{4} B^2 \cdot P$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内径面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$
	ボルト穴中心円からH <sub>D</sub> 作用点までの半径方向の距離	$h_D = \frac{C - B}{2}$
	ボルト穴中心円からH <sub>P</sub> 作用点までの半径方向の距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
	ボルト穴中心円からH <sub>R</sub> 作用点までの半径方向の距離	$h_R = \frac{G_0 - (C + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$
	ボルト穴中心円からH <sub>T</sub> 作用点までの半径方向の距離	$h_T = \frac{(C + d_h + 2 \cdot b'') - B}{4}$
	使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
フランジに生じる応力	使用状態でフランジに作用する発生応力	$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2(\pi \cdot C - n \cdot d_h)}$
	評 価	$\sigma_{max}$ が $1.5 \sigma_f$ 以下となることを確認する。

b. 矩形のダクト

矩形のアンゲルフランジ構造であり，JIS B 8265(2003)「压力容器の構造 — 一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており，矩形と円形の形状の違いを考慮することにより，同様な寸法の取り方が可能であるため，図2-5「フランジ型式」に示すルーズ形フランジに準じた形状にモデル化し，JIS B 8265(2003)「压力容器の構造 — 一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じて応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。

なお，フランジについては，図2-5「フランジ型式」に示す断面形状が等ボルト間隔で直線上に配列されているものとして，フランジに作用する曲げ応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。

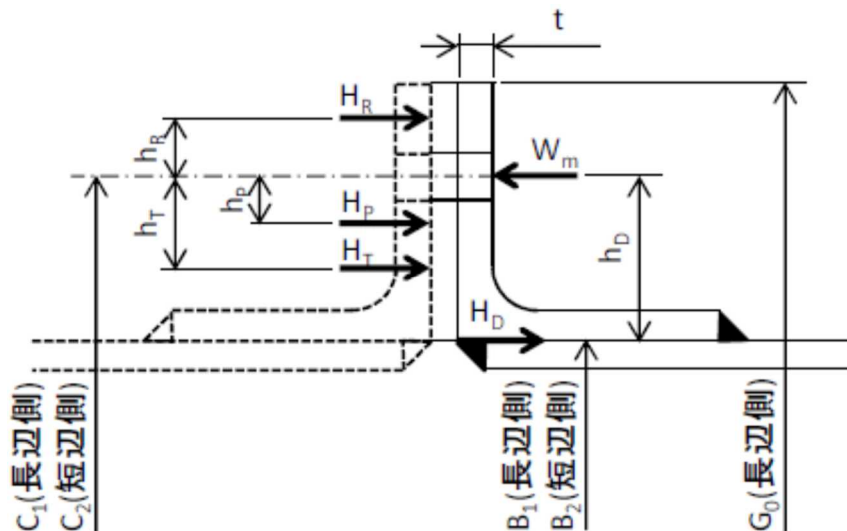


図2-5 フランジ型式 (矩形アンゲルフランジ)

項 目		計 算 式
計算上必要なボルト荷重	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
	ガスケット反力距離（長辺側）	$G_1 = C_1 - (d_h + 2 \cdot b'')$
	ガスケット反力距離（短辺側）	$G_2 = C_2 - (d_h + 2 \cdot b'')$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重	$H = (C_1 - d_h)(C_2 - d_h) \cdot P$
	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重	$H_D = B_1 \cdot B_2 \cdot P$
	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 4 \cdot (G_1 + G_2) \cdot b'' \cdot m \cdot P$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$
	ボルト穴中心からH <sub>D</sub> 作用点までの距離	$h_D = \frac{C_1 - B_1}{2}$
	ボルト穴中心からH <sub>P</sub> 作用点までの距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
	ボルト穴中心からH <sub>R</sub> 作用点までの距離	$h_R = \frac{G_0 - (C_1 + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$
ボルト穴中心からH <sub>T</sub> 作用点までの距離	$h_T = \frac{(C_1 + d_h + 2 \cdot b'') - B_1}{4}$	
使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$	
ボルトの発生応力	ボルト総有効断面積	$A_b = n \frac{\pi}{4} d_b^2$
	使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評 価	$\sigma'_{max}$ が $\sigma_b$ 以下となることを確認する。

項 目		計 算 式
する フランジに モーメント 作用	使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
生じる フランジに 応力	使用状態でフランジに作用する発生応力	$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2 \cdot (2 \cdot (C_1 + C_2) - n \cdot d_h)}$
	評 価	$\sigma_{max}$ が $1.5\sigma_f$ 以下となることを確認する。

(4) 穴の補強計算（設計・建設規格 PPC-3420準用）

穴の補強計算は、管の計算上必要な厚さに相当する穴の欠損面積（補強に必要な面積）を管の計算上必要な厚さを上回る部分の面積（補強に有効な面積）が補充していることを確認するものである。したがって、管の計算上必要な厚さが実際の管厚さに対して小さければ、補強に有効な面積が補強に必要な面積を下回ることはない。

中央制御室換気系ダクトの圧力は最も高くなる箇所でも0.00275MPaと微圧であり、一般に、前述する(2)項にて定義する計算上必要な厚さは、小さい値となる。このため、補強に必要な面積も小さい値となり、補強に有効な面積を上回ることはない。したがって、中央制御室換気系のダクトの厚さが計算上必要な厚さに比べて、余裕があることを確認することによって、補強に有効な面積が補強に必要な面積よりも大きくなることを確認できるので、穴の補強計算は省略する。

(5) 応力計算（設計・建設規格 PPC-3500, 3700及び3800準用）

縦弾性係数は原子力設備の技術基準 別表第11の値を用いて算出し、ポアソン比を0.3として以下の応力計算を行う。

a. 一次応力（設計・建設規格 PPC-3510準用）

(a) 円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり、一次応力は、設計・建設規格 PPC-3520に規定されている次の計算式により求められる値が、最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。機械的荷重（短期的）を生じる逃し弁等が設置されていないため、設計・建設規格 PPC-3520(2)による応力計算は行わない。

適用規格番号	計 算 式	許容応力
設計・建設規格 PPC-3520(1) b 準用	管台及び突合せ溶接式ティー以外の管 $S_{p r m} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_0}{2t} + \frac{B_2 \cdot M_a}{Z}$	1.5 S h

(b) 矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると、ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で、軸方向（流れ方向）を補強部材（及び接続部材）で支持された長方形の板と見なすことができる。したがって、次の計算式（等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧；前述する2.2(2)b項（厚さ計算）の式と同一））により求められる応力値が、最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。

適用規格番号	計 算 式	許容応力
機械工学便覧 設計・建設規格 PPC-3520(1) b 参考	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4} (P+gD_p) = \frac{4}{3} \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{m a x}}{t} + \left( \frac{4\nu}{a^2 c^2} + (3-\nu^2) \left( \frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right) \left( \frac{\delta_{m a x}}{t} \right)^3 \quad \dots (2.3)$ $S_{p r m} = \frac{\pi^2 E \delta_{m a x}}{8(1-\nu^2)} \left( \frac{(2-\nu^2)\delta_{m a x} + 4t}{a^2} + \frac{\nu(\delta_{m a x} + 4t)}{c^2} \right) \quad \dots (2.4)$	1.5 S h

(2.3)式及び(2.4)式を解いて、両式を満足する $\delta_{m a x}$ 及び $S_{p r m}$ を求める。このときの $S_{p r m}$ を矩形の一次応力と定義する。

### 3. ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価

重大事故等クラス2管のうちねじ込み継手については端部がねじ部であるため設計・建設規格に規定されているクラス2管の評価式を適用することができない。このため、ねじ部の強度評価については、以下に示す機械工学便覧に記載されているねじ部のせん断破壊評価式を準用した評価を実施する。

#### 3.1 記号の定義

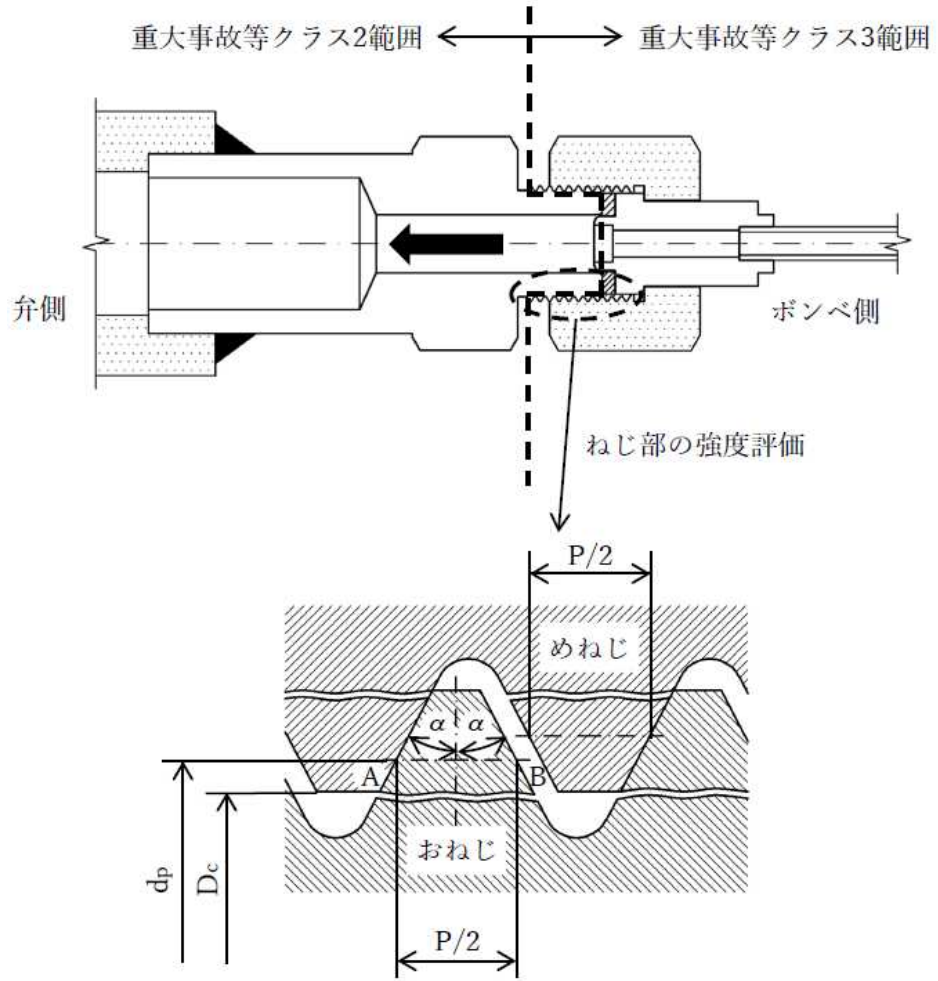
ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価に用いる記号については、次のとおりである。

記号	単位	定義
A B	mm	おねじのせん断長さ
P	mm	ピッチ
d p	mm	おねじの有効径
D c	mm	めねじの内径
$\alpha$	°	ねじ角度
W <sub>B</sub>	N	おねじのねじ山の許容軸方向荷重
z	—	負荷能力があるとみなされる、ねじ山の数 $z = (L - 0.5 \cdot P) / P$
$\tau_B$	MPa	おねじ材料の許容せん断応力
L	mm	ねじの基準長さ
F <sub>B</sub>	MPa	おねじの耐圧力
F <sub>t</sub>	N	ねじ締付トルクによる引抜荷重
A	mm <sup>2</sup>	内圧評価断面積

#### 3.2 強度計算方法

##### (1) 評価式

クラス2管の評価式を適用できないねじ部のせん断応力評価について、使用するねじは J I S B 8 2 4 6 ( 2 0 0 4 ) 「高圧ガス容器用弁」におけるガス充てん口ねじに適合したものを使用することから、ねじ部の強度評価に用いられる機械工学便覧記載のねじ山のせん断破壊式を用い評価する。また、継手部の厚さ計算については、設計・建設規格に規定されている計算上必要な厚さの規定を用いる。



計算式
$AB = (P/2) + (d_p - D_c) \tan \alpha$
$W_B = \pi D_c (AB) z \tau_B$
$F_B = (W_B - F_t) / A$

(2) 許容値

ねじ部のせん断評価は、機械工学便覧記載のせん断破壊式を準用した評価を実施するが、ねじ込み継手は管と管とを接続する継手であることから、許容値については設計・建設規格クラス2管の規定における許容引張応力Sを基に求めた許容せん断応力  $S/\sqrt{3}$  を適用する。



(4) 重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算方法

## 目 次

1. 一般事項 .....	1
1.1 概要 .....	1
1.2 適用規格・基準等 .....	1
2. 重大事故等クラス2管であってクラス1管の強度計算方法.....	2
2.1 計算方針 .....	2
2.2 計算方法 .....	2
2.2.1 解析による計算 .....	2
2.2.2 計算式 .....	3
2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力.....	5
2.2.4 計算精度と数値の丸め方.....	6
3. 計算書の構成 .....	7
3.1 管の応力計算書 .....	7

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、発電用原子力設備のうち重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算書（以下「計算書」という。）について説明するものである。

### 1.2 適用規格・基準等

適用規格及び基準を以下に示す。

- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（原子力規制委員会 2013年6月）（以下「技術基準規則」という。）
- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原子力規制委員会 2013年6月）（以下「技術基準規則解釈」という。）
- 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）））J S M E S N C 1-2005/2007（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）
- 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）

## 2. 重大事故等クラス2管であってクラス1管の強度計算方法

### 2.1 計算方針

重大事故等対処設備の材料及び構造は技術基準規則第55条に規定されており、技術基準規則解釈第55条第7項の規定に基づき、技術基準規則第17条の設計基準対象施設の規定を準用する。

重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算として、設計・建設規格 PPB-3500 による評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、告示第501号第46条による評価を実施する。ただし、既工認評価結果が有り、かつ評価条件（最高使用圧力及び最高使用温度）に変更がない範囲は、既工認の確認による評価を実施する。

注記\*：重大事故等クラス2管はクラス2管の規定への適合が要求されるが、クラス2管はその規定に関わらず、クラス1管の規定に準じてよいと規定されている。

### 2.2 計算方法

#### 2.2.1 解析による計算

応力計算は三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。なお、解析コードは、「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、VI-3 別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### 2.2.1.1 解析モデルの作成

配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

- (1) 配管系は三次元多質点系はりモデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
- (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
- (3) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカ点からアンカ点までとする。
- (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
- (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように、適切な間隔で設ける。
- (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
  - a. レストレイント：拘束方向の剛性を考慮する。
  - b. スナッパ：拘束方向の剛性を考慮する。
  - c. アンカ：6方向を固定と扱う。
  - d. ガイド：拘束方向及び回転拘束方向の剛性を考慮する。

- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量（フランジ部含む。）の他に弁等の集中質量、保温材等の付加質量及び管内流体の質量を考慮するものとする。

### 2.2.1.2 解析条件

解析において考慮する解析条件を以下に示す。

#### (1) 荷重条件

- a. 内圧
- b. 機械的荷重（自重及びその他の長期的荷重）
- c. 機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力及びその他の短期的荷重）

## 2.2.2 計算式

### 2.2.2.1 記号の定義

計算式中に説明のない記号の定義は下表のとおりとする。

記号	単位	定義
$B_1, B_2, B_{2b}, B_{2r}$	—	設計・建設規格 PPB-3810 及び告示第 501 号第 48 条に規定する応力係数（一次応力の計算に使用するもの）
$D_0$	mm	管の外径
$M_{bp}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重により生じるモーメント
$M_{br}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
$M_{ip}$	N・mm	管の機械的荷重により生じるモーメント
$M_{rp}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重により生じるモーメント
$P$	MPa	最高使用圧力
$S_m$	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 及び告示第 501 号別表第 2 に規定する材料の許容応力強さ
$S_y$	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 及び告示第 501 号別表第 9 に規定する材料の設計降伏点
$S_{prm}$	MPa	一次応力
$t$	mm	管の厚さ
$Z_i$	mm <sup>3</sup>	管の断面係数
$Z_b$	mm <sup>3</sup>	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数
$Z_r$	mm <sup>3</sup>	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数

## 2.2.2.2 応力計算

### (1) 設計・建設規格 PPB-3500 による評価

#### a. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3562)

##### (a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{bp} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{rp} / Z_r \\ \leq \text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$$

##### (b) (a)以外の管

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_{ip} / Z_i \leq \text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$$

### (2) 告示第501号第46条の規定に基づく評価

#### a. 一次応力 (第46条第3号)

##### (a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{bp} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{rp} / Z_r \leq 3 \cdot S_m$$

##### (b) (a)以外の管

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_{ip} / Z_i \leq 3 \cdot S_m$$

### 2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	設備	荷重の組合せ	状態
重大事故等クラス2管 であってクラス1管	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	P+M+D	重大事故等時 許容応力状態V

表 2-1 中の記号

P：内圧による荷重

M：逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重

D：自重その他の長期的荷重

表 2-2 許容応力（設計・建設規格 PPB-3562）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
重大事故等時*	$\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$	—	—

注記\*：重大事故等時の状態。設計・建設規格の供用状態Dの許容値を用いる。

表 2-3 許容応力（告示第 501 号第 46 条）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
許容応力状態V	$3 \cdot S_m$	—	—

## 2.2.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-4に示すとおりである。

表2-4 表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第1位	四捨五入	整数位
	変位量	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
計算条件	圧力	MPa	小数点第3位	四捨五入	小数点第2位 <sup>*1</sup>
	温度	℃	小数点第1位	四捨五入	整数位
	外径	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	厚さ	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	縦弾性係数	MPa	小数点第1位	四捨五入	整数位
	質量	kg	小数点第1位	四捨五入	整数位
	単位長さ質量	kg/m	小数点第1位	四捨五入	整数位
	ばね定数	N/mm	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	方向余弦	—	小数点第5位	四捨五入	小数点第4位
	許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
解析結果	計算応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位
及び評価	許容応力 <sup>*2</sup>	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位

注記\*1：必要に応じて小数点第1位表示若しくは小数点第3位表示とする。また、静水頭は「静水頭」と記載する。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示別表に記載された許容引張応力は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。



### 3. 計算書の構成

#### 3.1 管の応力計算書

##### (1) 概要

本計算方法に基づき、管の応力計算を実施した結果を示す旨を記載する。設計及び工事の計画書に記載された範囲の管のうち、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、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についても記載する。

##### (2) 概略系統図

設計及び工事の計画書に記載された範囲の系統の概略を示した図面を添付する。

##### (3) 鳥瞰図

評価結果記載の解析モデルの解析モデル図を添付する。

##### (4) 計算条件

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-1～応-7-2 に示す。

##### (5) 評価結果

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-8-1～応-8-2 に示す。

##### (6) 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する。このため、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を記載する。本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-9 に示す。

・FORMAT 応-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。

鳥瞰図番号

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

・FORMAT 応-2 :

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥瞰図番号

管名称	対応する評価点

・FORMAT 応-3 :

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥瞰図番号

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)

・FORMAT 応-4 :

鳥瞰図番号

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)

・FORMAT 応-5 :

鳥瞰図番号

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)

・FORMAT 応-6 :

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号

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

・FORMAT 応-7-1 :

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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>

注記\* : 評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

・FORMAT 応-7-2 :

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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>

注記\* : 評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

・FORMAT 応-8-1 :

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 <sub>pr m</sub>	許容応力 Min(3・S <sub>m</sub> , 2・S <sub>y</sub> )
鳥瞰図番号		S <sub>pr m</sub>	Max	Min(3・S <sub>m</sub> , 2・S <sub>y</sub> )

・FORMAT 応-8-2 :

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 <sub>pr m</sub>	許容応力 3・S <sub>m</sub>
鳥瞰図番号		S <sub>pr m</sub>	Max	3・S <sub>m</sub>

• FORMAT 応-9 :

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				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*, **	—
2	***-2	2	**	***	*, **	—
3	***-3	3	**	***	*, **	—
4	***-4	4	**	***	*, **	○
5	***-5	5	**	***	*, **	—

## VI-3-2-10 重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1
1.3 強度計算書の構成とその見方	3
1.4 計算精度と数値の丸め方	4
1.5 材料の表示方法	5
2. 計算条件	6
2.1 ポンプの形式判別	6
2.2 計算部位	6
2.3 設計条件	6
3. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定に基づく評価	7
3.1 共通記号	7
3.2 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ	8
3.3 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	9
3.4 ケーシング各部形状の規定	10
3.5 往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ	15
3.6 うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ	16
3.7 ボルトの平均引張応力	18
3.8 耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ	21
3.9 吸込及び吐出フランジ	21
4. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定によらない場合の評価	22
4.1 立形ポンプの強度計算方法	22

別紙 ポンプの強度計算書のフォーマット

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、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」に基づき、重大事故等クラス2ポンプが十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。

### 1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) 強度計算は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(以下「告示第501号」という。)又は発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))J S M E S N C 1-2005/2007)(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)により行う。なお、設計基準対象施設のクラス3ポンプで重大事故等対処設備兼用となるポンプのうち、設計・建設規格のクラス2ポンプに規定がないものについては、クラス3ポンプの規定を準用する。

(例) 軸垂直割りケーシングをもった1段あるいは多段の立形ポンプ

告示第501号と設計・建設規格の比較に基づく、告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表1-1に示すとおりである。

- (2) 告示第501号又は設計・建設規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。

日本産業規格(以下「J I S」という。)と強度計算書との対応は、表1-2に示すとおりである。

- (3) 強度計算書で計算するもの以外のフランジは、以下に掲げる規格(材料に係る部分を除く。)又は設計・建設規格 別表2に掲げるものを使用する。(設計・建設規格 PMC-3710)
  - a. J I S B 2238 (1996) 「鋼製管フランジ通則」



表1-1 告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
(重大事故等クラス 2ポンプ)		
PMC-3110	2.1	ポンプの形式判別
PMC-3320	3.2	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ
PMC-3330	3.3	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ
第77条第7項 PMC-3340	3.4	ケーシング各部形状の規定
PMC-3350	3.5	往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ
第77条第5項 PMC-3410	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ
PMC-3510	3.7	ボルトの平均引張応力
PMC-3610	3.8	耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ
PMC-3710	3.9	吸込及び吐出フランジ

表1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の 計算式 (章節番号)	備 考
No.	項		
J I S B 8 2 6 5 (2003) *	3	3.7	ボルトの平均引張応力 吸込及び吐出フランジ*
「圧力容器の構造—一般事項」附属書3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」	4	3.9	

注記\* : 設計・建設規格 PMC-3710により J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」(以下「J I S B 8 2 6 5」という。)の附属書3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」を用いて計算を行う。

### 1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本書と各ポンプの強度計算書からなる。
- (2) 各ポンプの強度計算書では、記号の説明及び計算式を省略しているので、本書によるものとする。

#### 1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表1-3に示すとおりとする。

表1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位	
最高使用温度	℃	—	—	整数位	
許容応力 <sup>*1</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位
	最小厚さ	mm	小数点以下第2位	切捨て	小数点以下第1位
	ボルト谷径	mm	—	—	小数点以下第3位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>	

注記\*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示第501号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

## 1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。  
設計・建設規格に記載されていないが設計・建設規格に相当材が記載されている場合は、次のように表示する。

相当材記号 相当 (当該材記号)

(例1) SM400A 相当 (SMA400AP)

(例2) SCS14 相当 (ASME SA351 Gr. CF8M)

- (2) 使用する厚さ又は径等によって許容引張応力が異なる場合、材料記号の後に該当する厚さ又は径等の範囲を付記して表示する。

(例) SNB7 (径 $\leq$ 63mm)

- (3) ガasket材料で非石綿の場合の表示は以下とする。

(例) 非石綿ジョイントシート

渦巻形金属ガasket (非石綿) (ステンレス鋼)

平形金属被覆ガasket (非石綿板) (ステンレス鋼)

なお、この場合のガasket係数 $m$ 及びガasketの最小設計締付圧力 $y$ は、J I S

B 8 2 6 5 附属書3 表2 備考3より、ガasketメーカー推奨値を適用する。

## 2. 計算条件

### 2.1 ポンプの形式判別

ポンプの形式が、設計・建設規格 PMC-3110 に掲げるもののうち、いずれかの形式に該当するかを判別する。

- (1) うず巻ポンプであって、ケーシングが軸垂直割り又は軸平行割りであるもの
- (2) ターボポンプであって、ケーシングが軸垂直割りで軸対称であるもの又は軸平行割りであるもの
- (3) 往復ポンプ

上記(1)及び(2)に掲げるポンプについては、設計・建設規格 PMC-3320 から PMC-3340 及び PMC-3400 から PMC-3700、(3)に掲げるポンプについては設計・建設規格 PMC-3350 から PMC-3700 の規定に従って計算を行う。

### 2.2 計算部位

設計・建設規格 PMC-3000において強度計算の対象となる部位を略図を用いて明らかにする。

### 2.3 設計条件

ポンプの強度計算は、最高使用圧力及び最高使用温度に対して行う。

耐圧部(吸込口及び吐出口を除く。)の厚さを求める計算において、使用する最高使用圧力は、以下の(1)又は(2)による。

- (1) 最高使用圧力がポンプの吐出側，吸込側で同一の場合は，その最高使用圧力を使用する。
- (2) 最高使用圧力がポンプの吐出側，吸込側で相違している場合は，以下の条件のうちいずれかにする。
  - a. ケーシングの耐圧部（吸込口及び吐出口を除く。）を吸込側，吐出側に分けそれぞれの最高使用圧力を使用する。  
(分けない場合は，吐出側のみの最高使用圧力を使用する。)
  - b. ピットバレル型（軸垂直割り軸対称ケーシング）ポンプの場合は，吸込側の最高使用圧力のみを使用する。（ただし，一部管台の計算においては，吐出側の最高使用圧力を使用する。）

3. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定に基づく評価

3.1 共通記号

重大事故等クラス2ポンプの強度計算において、特定の計算に限定せず、一般的に使用する記号を共通記号として次に掲げる。

告示第501号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
P	P	最高使用圧力	MPa
S	S	最高使用温度における告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	MPa
t	t	ケーシングの計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>s</sub>	最小厚さ	mm
	t <sub>so</sub>	呼び厚さ	mm
η	η	長手継手の効率で、設計・建設規格 PVC-3130を適用する。	—

### 3.2 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ

重大事故等クラス2ポンプにおけるうず巻ポンプ又はターボポンプのケーシング厚さは、設計・建設規格 PMC-3320を適用する。

#### (1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
A	A	図3-1~2 (設計・建設規格 図PMC-3320-1, 5) に示す寸法	mm

#### (2) 算式

$$t = \frac{P \cdot A}{2 \cdot S}$$

ただし、片吸込み1重うず巻ポンプについては、

$$t = \frac{P \cdot A}{S}$$

#### (3) 評価

最小厚さ ( $t_s$ )  $\geq$  計算上必要な厚さ ( $t$ ) ならば十分である。

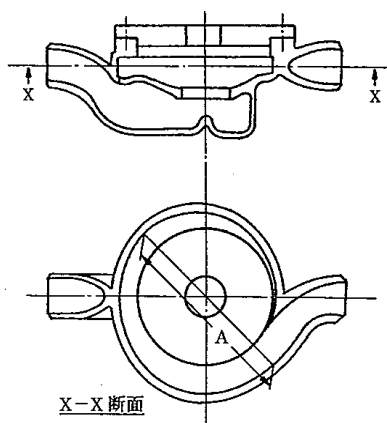


図3-1 1重うず巻ポンプの例  
(設計・建設規格  
図 PMC-3320-1)

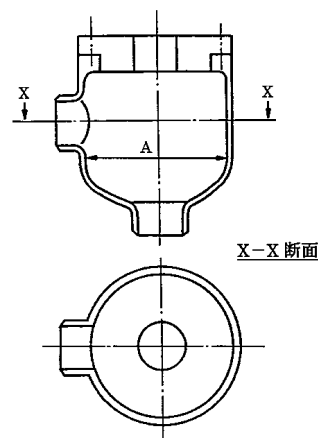


図3-2 ターボポンプの例  
(設計・建設規格  
図 PMC-3320-5)

### 3.3 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

重大事故等クラス2ポンプにおけるうず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さは、設計・建設規格 PMC-3330を適用する。

#### (1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
$l$	$l$	図3-3（設計・建設規格 図PMC-3330-1）に示す 範囲	mm
$r_i$	$r_i$	吸込口部分又は吐出口部分の内半径	mm
$r_m$	$r_m$	次式により計算した値 $r_m = r_i + 0.5 \cdot t$	mm
	$t_l$	$l$ の範囲の最小厚さ	mm
	$t_{l0}$	$l$ の範囲の呼び厚さ	mm

#### (2) 算式

$$l = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t}$$

ただし、 $r_m = r_i + 0.5 \cdot t$

#### (3) 評価

$l$ の範囲の最小厚さ（ $t_l$ ） $\geq$ 計算上必要な厚さ（ $t$ ）\*ならば十分である。

注記\*：ピットバレル型ポンプの吐出口部分については、吐出口の内径と吐出側の最高使用圧力を用いて求めた必要厚さと、ケーシング内径と吸込側の最高使用圧力を用いて求めた必要厚さの大きい値とする。

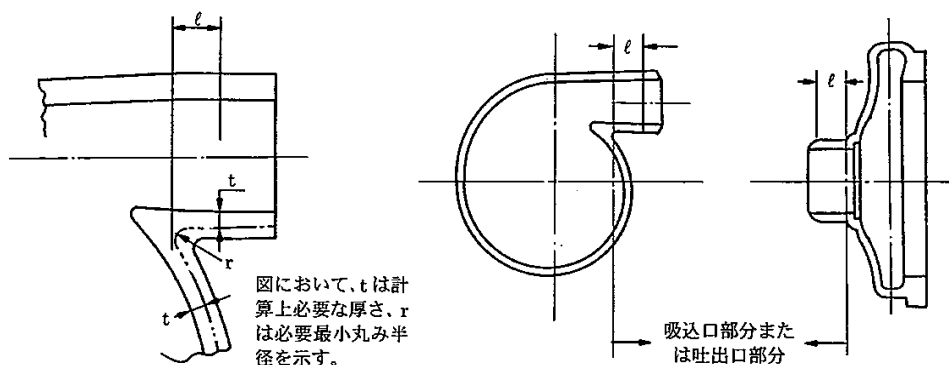


図3-3 吸込み及び吐出口部分の厚さの規定範囲の例  
(設計・建設規格 図 PMC-3330-1)



### 3.4 ケーシング各部形状の規定

#### 3.4.1 うず巻ポンプであって、ケーシングが軸垂直割り又は軸平行割りの形状の規定

2.1項の(1)に掲げるポンプの形状は、告示第501号第77条第7項第1号から第6号又は、設計・建設規格 PMC-3340(1)から(7)によるものとする。

##### (1) 記号の説明

告示第501号又は設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
	$r_1$	図3-4-1 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の両端の丸みの計算上必要な半径	mm
	$r_{1s}$	図3-4-1 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の両端の丸みの最小半径	mm
	$r_{1so}$	図3-4-1 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の両端の丸みの呼び半径	mm
	$r_2$	図3-4-1 (a) (告示第501号第77条第7項図1又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの計算上必要な半径	mm
	$r_{2s}$	図3-4-1 (a) (告示第501号第77条第7項図1又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの最小半径	mm
	$r_{2so}$	図3-4-1 (a) (告示第501号第77条第7項図1又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの呼び半径	mm
	$r_3$	図3-4-1 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すボリュート巻始めの丸みの計算上必要な半径	mm
	$r_{3s}$	図3-4-1 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すボリュート巻始めの丸みの最小半径	mm
	$r_{3so}$	図3-4-1 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すボリュート巻始めの丸みの呼び半径	mm
	$r_4$	図3-4-1 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すクロッチの丸みの計算上必要な半径	mm
	$r_{4s}$	図3-4-1 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すクロッチの丸みの最小半径	mm
	$r_{4so}$	図3-4-1 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すクロッチの丸みの呼び半径	mm

告示第501号又は設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
	$r_5$	図3-4-1 (b) (告示第501号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの計算上必要な半径	mm
	$r_{5s}$	図3-4-1 (b) (告示第501号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの最小半径	mm
	$r_{5so}$	図3-4-1 (b) (告示第501号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの呼び半径	mm
	$t_1$	図3-4-1 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の点Bから点Cまでの範囲の計算上必要な厚さ	mm
	$t_{1s}$	図3-4-1 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の点Bから点Cまでの範囲の最小厚さ	mm
	$t_{1so}$	図3-4-1 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の点Bから点Cまでの範囲の呼び厚さ	mm

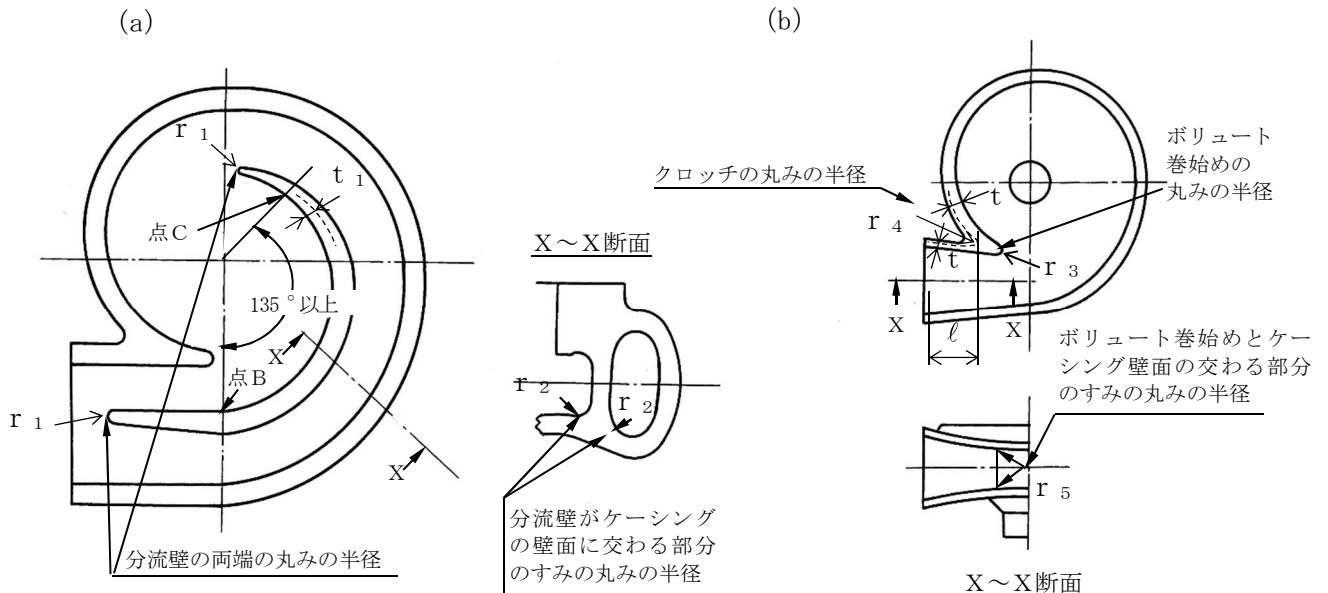


図3-4-1 うず巻ポンプのケーシング各部形状  
 (告示第501号第77条第7項図1, 図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1)

(2) 算式

- |    |  |   |              |
|----|--|---|--------------|
| a. | $t_1 = 0.7 \cdot t$  | } | 図 3-4-1 (a)型 |
| b. | $r_1 = 0.05 \cdot t$                                       |   |              |
| c. | $r_2 = 0.1 \cdot t$ 又は 7mm のうちいずれか大きい値<br>(告示第 5 0 1 号の場合) |   |              |
| d. | $r_3 = 0.05 \cdot t$                                       | } | 図 3-4-1 (b)型 |
| e. | $r_4 = 0.3 \cdot t$  |   |              |
| f. | $r_5 = 0.1 \cdot t$ 又は 7mm のうちいずれか大きい値<br>(告示第 5 0 1 号の場合) |   |              |

(3) 評価

- a. 最小厚さ ( $t_{1s}$ )  $\geq$  計算上必要な厚さ ( $t_1$ ) ならば十分である。
- b. 最小半径 ( $r_{1s}$ )  $\geq$  計算上必要な半径 ( $r_1$ ) ならば十分である。
- c. 最小半径 ( $r_{2s}$ )  $\geq$  計算上必要な半径 ( $r_2$ ) ならば十分である。
- d. 最小半径 ( $r_{3s}$ )  $\geq$  計算上必要な半径 ( $r_3$ ) ならば十分である。
- e. 最小半径 ( $r_{4s}$ )  $\geq$  計算上必要な半径 ( $r_4$ ) ならば十分である。
- f. 最小半径 ( $r_{5s}$ )  $\geq$  計算上必要な半径 ( $r_5$ ) ならば十分である。

3.4.2 横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段のターボポンプのケーシングのボルト穴の規定

重大事故等クラス2ポンプにおける2.1項の(2)に掲げるポンプのうち、横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段ポンプのケーシングのボルト穴は、設計・建設規格PMC-3340(8)，(9)を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
X	a	図3-4-2 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(a)) に示すケーシングボルト中心円上の隣り合うボルト穴の中心間の弧の計算上必要な長さ	mm
	a <sub>s</sub>	図3-4-2 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(a)) に示すケーシングボルト中心円上の隣り合うボルト穴の中心間の弧の最小長さ	mm
	a <sub>s o</sub>	図3-4-2 (a) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(a)) に示すケーシングボルト中心円上の隣り合うボルト穴の中心間の弧の呼び長さ	mm
	X	図3-4-2 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(b)) に示すケーシングボルト穴と吐出ノズル内面との間の計算上必要な距離	mm
	X <sub>s</sub>	図3-4-2 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(b)) に示すケーシングボルト穴と吐出ノズル内面との間の最小距離	mm
	X <sub>s o</sub>	図3-4-2 (b) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(b)) に示すケーシングボルト穴と吐出ノズル内面との間の呼び距離	mm
d	d <sub>b m</sub>	ケーシングボルトの呼び径	mm

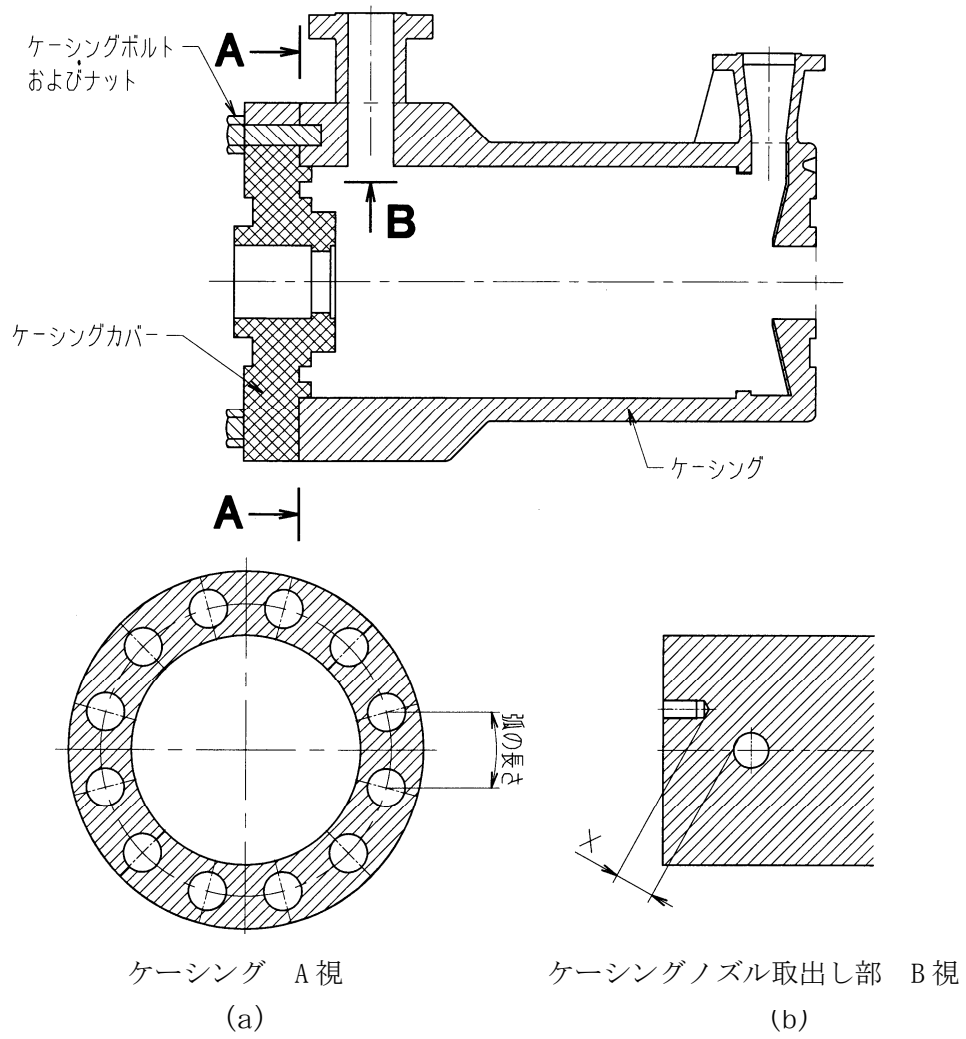


図3-4-2 横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段のターボポンプのケーシングのボルト穴回りの形状  
(設計・建設規格 図 PMC-3340-3)

(2) 算式

- a.  $a = 2 \cdot d_{bm}$
- b.  $X = t$  又は  $0.5 \cdot d_{bm}$  のうちいずれか大きい値

(3) 評価

- a. 最小長さ ( $a_s$ )  $\geq$  計算上必要な長さ ( $a$ ) ならば十分である。
- b. 最小距離 ( $X_s$ )  $\geq$  計算上必要な距離 ( $X$ ) ならば十分である。

### 3.5 往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ

重大事故等クラス2ポンプにおける往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さは、設計・建設規格 PMC-3350 を適用する。

#### (1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
D <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	リキッドシリンダー又はマニホールドの内径	mm
R <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	リキッドシリンダー又はマニホールドの内半径	mm
Z	Z	次式により計算された値 $Z = \frac{S \cdot \eta + P}{S \cdot \eta - P}$	—
	継手の種類		
	継手有り	同 左	—
	継手無し	同 左	—

#### (2) 算式

厚さが内半径の2分の1以下のもの

$$t = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

厚さが内半径の2分の1を超えるもの

$$t = R_i \cdot (\sqrt{Z} - 1)$$

ただし、
$$Z = \frac{S \cdot \eta + P}{S \cdot \eta - P}$$

#### (3) 評価

最小厚さ (t<sub>s</sub>) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

3.6 うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ

3.6.1 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングカバー（軸封部を除く。）の厚さ

重大事故等クラス2ポンプにおけるうず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングカバー（軸封部を除く。）の厚さは、告示第501号第77条第5項第1号又は設計・建設規格 PMC-3410(1)を適用する。

(1) 記号の説明

告示第501号又は設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
d	d	告示第501号第77条第5項第1号の表又は設計・建設規格 表PMC-3410-1に示すケーシングカバーの取付け方法に応じたケーシングカバーの径又は最小内のり	mm
K	K	告示第501号第77条第5項第1号の表又は設計・建設規格 表PMC-3410-1に規定するケーシングカバーの取付け方法による係数	—

(2) 算式

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

(3) 評価

最小厚さ（ $t_s$ ） $\geq$ 計算上必要な厚さ（ $t$ ）ならば十分である。

3.6.2 往復ポンプのケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー）の厚さ

重大事故等クラス2ポンプにおける往復ポンプのケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー）の厚さは、告示第501号第77条第5項第1号又は設計・建設規格 PMC-3410(1)を適用する。

(1) 記号の説明

告示第501号 又は設計・建設 規格の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
d	d	告示第501号第77条第5項第1号の表又は設計・建設規格 表PMC-3410-1に示すケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー又はマニホールドカバー）の取付け方法に応じたケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー又はマニホールドカバー）の径又は最小内のり	mm
F	F	全体のボルトに作用する力（セルフシールガスケットを用いる場合、Fはボルト等に加わる平均引張応力の計算におけるWと等しい。）	N
h <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	ボルト中心円直径とdとの差の2分の1	mm
K	K	告示第501号第77条第5項第1号の表又は設計・建設規格 表PMC-3410-1に規定するケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー又はマニホールドカバー）の取付け方法による係数	—
W	W	パッキンの外径又はケーシングカバーの接触面の外径内の面積に作用する全圧力	MPa

(2) 算式

平板形の場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

(3) 評価

最小厚さ（ $t_s$ ） $\geq$ 計算上必要な厚さ（ $t$ ）ならば十分である。



### 3.7 ボルトの平均引張応力

重大事故等クラス2ポンプのボルトの平均引張応力は、設計・建設規格 PMC-3510を適用し、以下の方法により求める。

#### (1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
A <sub>b</sub>	A <sub>b</sub>	ボルト1本当たりの最小軸断面積 $A_b = (\pi / 4) \cdot d_b^2$	mm <sup>2</sup>
A <sub>G</sub>	A <sub>G</sub>	有効ガスケット面積で、通常のフランジにあっては、実際のガスケット面積の0.5倍 内周においてガスケットの締付応力が最大になるよう加工されたフランジにあっては、実際のガスケット面積の0.2倍とする。	mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	A <sub>w</sub>	ポンプ中心線の片側において内圧が加わる部分の面積で、ガスケットの内周の線と、フランジに平行な平面上への投影図においてケーシング内面を示す線とのいずれか外側の線の外側にケーシングの厚さの0.5倍の幅をとって引いた線とポンプ中心線とで囲まれた部分の面積	mm <sup>2</sup>
	b	ガスケット座の有効幅	mm
	b <sub>o</sub>	ガスケット座の基本幅 (JIS B 8265 附属書3 表3による。)	mm
	d <sub>b</sub>	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部のいずれか小さい方の径	mm
	D <sub>g</sub>	セルフシールガスケットの外径	mm
	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G <sub>s</sub>	ガスケット接触面の外径	mm
	H	圧力によってフランジに加わる全荷重	N
	H <sub>p</sub>	気密を十分に保つために、ガスケット又は継手接触面に加える圧縮力	N
m	m	ガスケット係数 (JIS B 8265 附属書3 表2による。)	—
	N	ガスケットの接触面の幅 (JIS B 8265 附属書3 表3による。)	mm
	n	ボルトの本数	—

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表 示 内 容	単 位
n	n <sub>i</sub>	ポンプ中心線の片側にあるボルトの本数	—
	S <sub>b</sub>	最高使用温度における 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7に規定する材料の許容引張応力	MPa
W	W	ボルトに作用する引張荷重 (注：立形ポンプで評価対象ボルトに部品の自重が掛かる場合はその自重を荷重として加える。)	N
W <sub>m1</sub>	W <sub>m1</sub>	使用状態における必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>m2</sub>	W <sub>m2</sub>	ガスケット締付けに必要な最小ボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	N/mm <sup>2</sup>
	π	円周率	—
S <sub>b</sub>	σ	耐圧部分等のうちボルト等に係るものの最高使用圧力又はガスケット締付時のボルト荷重と釣り合う場合に生じる平均引張応力	MPa

## (2) 算式

- a. 円形フランジをボルト等により締め付ける場合

設計・建設規格 PVB-3121 の解説及び J I S B 8 2 6 5 附属書 3 の方法により計算する。

$$\sigma = \frac{W}{n \cdot A_b}$$

ただし、Wは次式で計算される $W_{m1}$ 、 $W_{m2}$ のいずれか大きい値とする。

$$W_{m1} = H + H_p$$

$$\text{ここで、} H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P$$

$$H_p = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot P$$

$$W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

$b_o \leq 6.35\text{mm}$  の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

$b_o > 6.35\text{mm}$  の場合

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$$

$$G = G_s - 2 \cdot b$$

なお、セルフシールガスケットを使用する場合は、次式を用いる。

$$W_{m1} = H = \frac{\pi}{4} \cdot D_g^2 \cdot P$$

$$W_{m2} = 0$$

- b. うず巻ポンプであって、軸平行割りケーシングの場合、上下ケーシングの締め付けボルトの平均引張応力は合わせ面に平パッキンを用いる際、次の式により計算する。

$$\sigma = \frac{W}{n_i \cdot A_b}$$

ただし、Wは次式で計算される $W_{m1}$ 、 $W_{m2}$ のいずれか大きい値とする。

$$W_{m1} = A_w \cdot P + A_G \cdot m \cdot P$$

$$W_{m2} = 0.5 \cdot A_G \cdot y$$

## (3) 評価

ボルトの平均引張応力 ( $\sigma$ )  $\leq$  許容引張応力 ( $S_b$ ) ならば十分である。

3.8 耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ

重大事故等クラス2ポンプについては設計・建設規格 PMC-3610 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
D <sub>o</sub>	D <sub>o</sub>	管台の外径	mm
	継手の種類		
	継手有り	同 左	—
	継手無し	同 左	—

(2) 算式

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(3) 評価

最小厚さ（t<sub>s</sub>）≧計算上必要な厚さ（t）ならば十分である。

3.9 吸込及び吐出フランジ

重大事故等クラス2ポンプについては設計・建設規格 PMC-3710に規定されるフランジ（JIS規格（材料に係る部分を除く。）又は、設計・建設規格 別表2のいずれか）を用いる。

これ以外のフランジを用いる場合は、JIS B 8265 附属書3により応力計算を行い、必要な強度を有することを確認する。

4. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定によらない場合の評価

4.1 立形ポンプの強度計算方法

重大事故等クラス2ポンプのうち立形ポンプについては、設計・建設規格におけるクラス2ポンプに評価式が規定されていないため、立形ポンプの強度評価については、以下に示すとおり重大事故等クラス2ポンプの評価手法として妥当性を確認した設計・建設規格に規定されているクラス3ポンプの評価式及び判断基準を用いた評価を実施する。

4.1.1 軸垂直割りケーシングをもった1段あるいは多段の立形ポンプの吐出エルボ、揚水管及びボウルの厚み

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
D <sub>o</sub>	D <sub>o</sub>	図4-1（設計・建設規格 図PMD-3310-7）に示す吐出エルボの外径寸法，揚水管の外径寸法又は個々のボウルの吸込み側の最大外径寸法	mm
d	d	吐出エルボ，揚水管又はボウルの内径寸法	mm
y	y	0.4 (D <sub>o</sub> /t ≥ 6.0 の場合) d / (d + D <sub>o</sub> ) (D <sub>o</sub> /t < 6.0 の場合)	—
η	η	長手継手の効率で，設計・建設規格 PVD-3110 を適用する。	—

(2) 算式

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot \eta + P \cdot y)}$$

(3) 評価

最小厚さ (t<sub>s</sub>) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

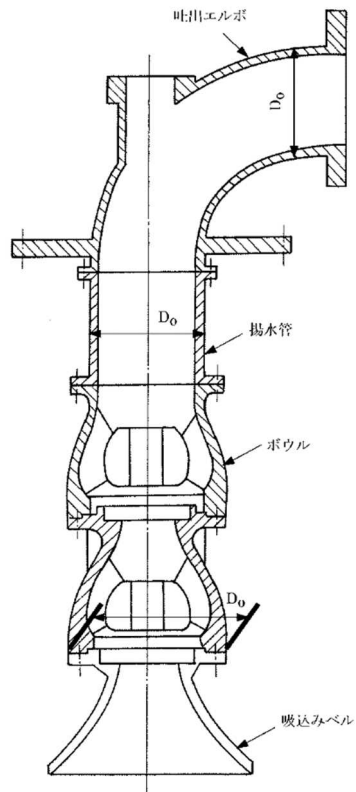


図 4-1 軸垂直割りケーシングをもった多段の立形ポンプの例  
(設計・建設規格 図 PMD-3310-7)

別紙 ポンプの強度計算書のフォーマット

VI-○-○-○-○ ○○○ポンプの強度計算書



まえがき

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-3-2-10「重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法」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

機器名	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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)

## 目 次

1. 計算条件	.....
1.1 ポンプ形式	.....
1.2 計算部位	.....
1.3 設計条件	.....
2. 強度計算	.....
2.1 ケーシングの厚さ	.....
2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	.....
2.3 ケーシングのボルト穴	.....
2.4 ケーシングカバーの厚さ	.....
2.5 ボルトの平均引張応力	.....
2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ	.....
2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価	.....

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

ターボポンプであって、ケーシングが軸垂直割りで軸対称であるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

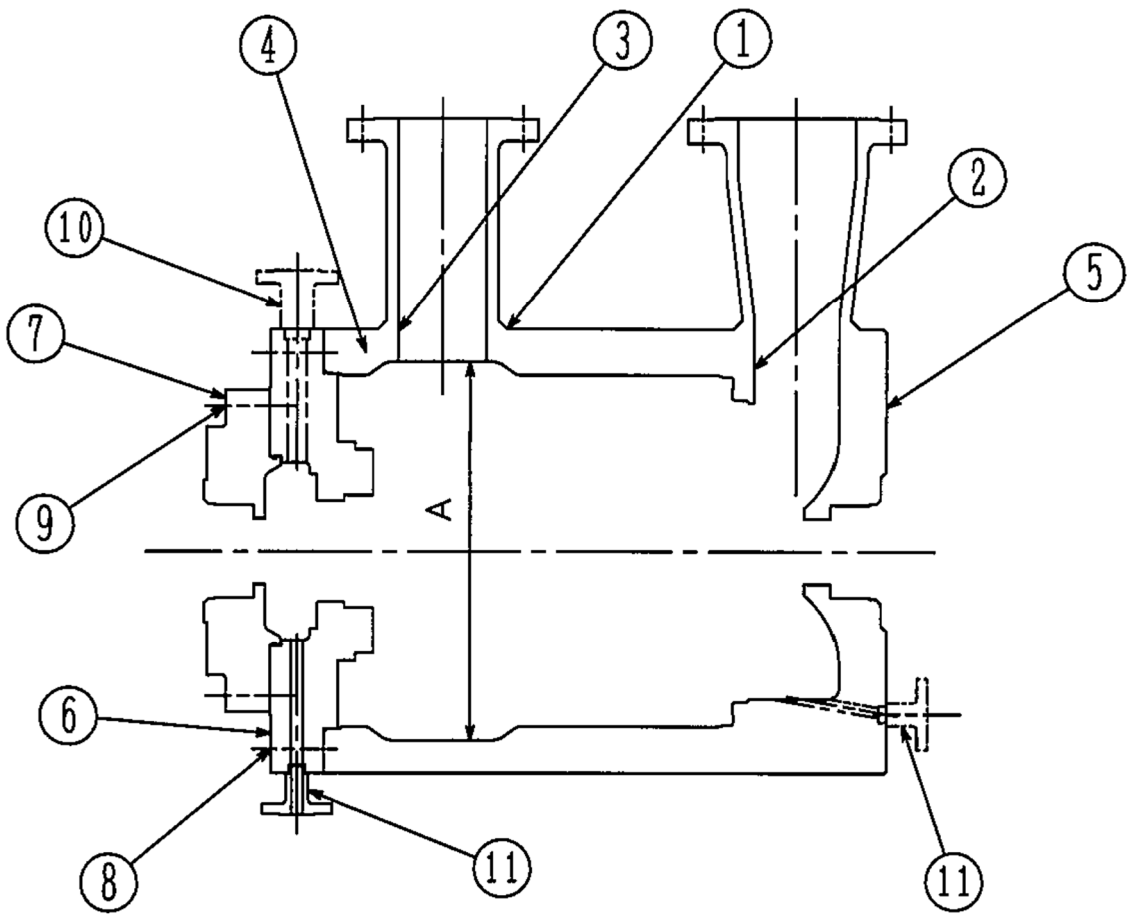


図 1-1 概要図

1.3 設計条件

設計条件	
最高使用圧力 (MPa)	
最高使用温度 (°C)	

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3320

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
①				

t (mm)	t <sub>so</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)

評価：  $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格 PMC-3330

(単位：mm)

計算部位	r <sub>i</sub>	r <sub>m</sub>	ℓ	t	t <sub>ℓo</sub>	t <sub>ℓ</sub>
②						
③						

評価：  $t_\ell \geq t$ ， よって十分である。

### 2.3 ケーシングのボルト穴

設計・建設規格 PMC-3340

(単位：mm)

計算部位	d <sub>bm</sub>	a	a <sub>so</sub>	a <sub>s</sub>	X	X <sub>so</sub>	X <sub>s</sub>
④							

評価： $a_s \geq a$ ，よって十分である。

評価： $X_s \geq X$ ，よって十分である。

### 2.4 ケーシングカバーの厚さ

設計・建設規格 PMC-3410 (告示第501号第77条第5項第1号)

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	平板形	
				d (mm)	K
⑤					
⑥					
⑦					

t (mm)	t <sub>so</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)

評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。

2.5 ボルトの平均引張応力

設計・建設規格 PMC-3510

計算部位	材料	P (MPa)	S <sub>b</sub> (MPa)	d <sub>b</sub> (mm)	n	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )
⑧						
⑨						

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G <sub>s</sub> (mm)	G (mm)	D <sub>g</sub> (mm)

H (N)	H <sub>p</sub> (N)	W <sub>m1</sub> (N)	W <sub>m2</sub> (N)	W (N)	σ (MPa)

評価：σ ≦ S<sub>b</sub>，よって十分である。

2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ

設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D <sub>o</sub> (mm)
⑩				
⑪				

継手の種類	放射線透過試験の有無	$\eta$

t (mm)	t <sub>so</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)

評価：  $t_s \geq t$ ， よって十分である。

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価の評価結果例

2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

(材料記号を記載)

ケーシング (使用材料規格: J I S G ○○○○ △△△△) の評価結果

(比較材料: J I S G ○○○○ △△△△)

ケーシング及びケーシングカバーに使用している△△△△は、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し、同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370 N/mm <sup>2</sup> 以上	215 N/mm <sup>2</sup> 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370 N/mm <sup>2</sup> 以上	215 N/mm <sup>2</sup> 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ~ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ~ 0.35	0.30 ~ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>Si, P, S の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないとする。</p> <p>Si : 一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。</p> <p>P : 冷間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉 (16mm 未満) であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス 2 の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>S : 熱間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉 (16mm 未満) であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス 2 の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p>									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により、機械的強度、化学成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、△△△△を重大事故等クラス 2 材料として使用することに問題ないとする。

(材料記号を記載)



## VI-3-2-11 重大事故等クラス 2 弁の強度計算方法

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1
1.3 強度計算書の構成とその見方	2
1.4 計算精度と数値の丸め方	3
1.5 材料の表示方法	4
2. 重大事故等クラス2弁の強度計算方法	5
2.1 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	5
2.2 2.1項の規定に適合しない場合の計算	8
2.3 管台の最小厚さの計算	10
2.4 フランジの強度計算	11
2.4.1 ボルト締めフランジ	11
2.4.2 全面座フランジ	21
3. 添付図	26

別紙 重大事故等クラス2弁の強度計算書のフォーマット

1. 一般事項

1.1 概要

本書は、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書の基本方針」に基づき、重大事故等クラス2弁が十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

(1) 強度計算は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

告示第501号と設計・建設規格の比較に基づく、告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表1-1に示すとおりである。

(2) 告示第501号又は設計・建設規格に計算式の規定がないものについては他の規格及び基準を適用して行う。

日本産業規格（以下「J I S」という。）と強度計算書との対応は、表1-2に示すとおりである。

(3) 強度計算書で計算するもの以外のフランジは、以下に掲げる規格（材料に係る部分を除く。）又は設計・建設規格 別表2に掲げるものを使用する。（設計・建設規格 VVC-3410）

a. J I S B 2 2 3 8 (1996) 「鋼製管フランジ通則」

表1-1 告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
第85条 弁の形状等 第1項 VVC-3200 耐圧部の設計	2.1	弁箱又は弁ふた及び管台の強度計算 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算
VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算
VVC-3220	2.2	2.1項の規定に適合しない場合の計算
VVC-3230	2.3	管台の最小厚さの計算
第85条 弁の形状等 第4項*	2.4	フランジの強度計算 弁箱と弁ふたのフランジの応力解析 フランジボルトの応力解析
VVC-3300 弁の応力評価		フランジの強度計算
VVC-3310 (a)*	2.4	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析
VVC-3310 (b)*	2.4	フランジボルトの応力解析

注記\*：告示第501号第85条第4項及び設計・建設規格 VVC-3310による計算は、接続管の外径が115mmを超える弁について適用する。

表1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
No.	項		
J I S B 8 2 4 3 (1981) 「圧力容器の構造」 附属書2 「フランジの応力計算方法」		2.4	フランジの強度計算*
J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」 附属書3 (規定)	3		
「圧力容器のボルト締めフランジ」	4		
附属書4 (規定)	3		
「全面形非金属ガスケットを用いる全面座フランジ」	4		

注記\*：告示第501号第85条第4項により J I S B 8 2 4 3 (1981) 「圧力容器の構造」(以下「J I S B 8 2 4 3」という。)の附属書2「フランジの応力計算方法」及び設計・建設規格 VVC-3310により J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」(以下「J I S B 8 2 6 5」という。)の附属書3(規定)「圧力容器のボルト締めフランジ」及び附属書4(規定)「全面形非金属ガスケットを用いる全面座フランジ」を用いて計算を行う。

### 1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本書と各弁の強度計算書からなる。
- (2) 各弁の強度計算書では、記号の説明及び計算式を省略しているため、本書によるものとする。

## 1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表1-3に示すとおりとする。

表1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
	告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力	MPa	—*1 (小数点以下第3位)	—*1 (四捨五入)	小数点以下第2位
	上記以外の圧力	MPa	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
応力	許容応力*2	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
	算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
長さ	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位
	実際の長さ	mm	—	—	小数点以下第1位
	ボルト谷径	mm	—	—	小数点以下第3位
	上記以外の長さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
面積	総断面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
	実際の断面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
力	弁操作力による反力	N	—	—	整数位
	上記以外の力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
角度		°	—	—	小数点以下第1位

注記\*1：設計・建設規格 別表に定められる温度区分の中間の温度における許容圧力を比例法により補間して求める場合は、( )内を適用する。また、告示第501号別表に記載された許容圧力は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第3位を四捨五入して、小数点以下第2位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示第501号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

\*3：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

## 1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。

J I Sの改正により設計・建設規格に定める材料記号と相違が生じた場合、設計・建設規格と同等以上の材料であることを確認し、最新のJ I Sによる材料記号を表示する。

設計・建設規格に記載されていないが設計・建設規格に相当材が記載されている場合は、次のように表示する。

相当材記号 相当（当該材記号）

(例1) SM400A 相当 (SMA400AP)

(例2) SCS14A 相当 (ASME SA351 Gr. CF8M)

- (2) 使用する厚さ又は径等によって許容引張応力の値が異なる場合、材料記号の後に該当する厚さ又は径等の範囲を付記して表示する。

(例) SNB7 (径 $\leq$ 63mm)

- (3) ガasket材料で非石綿の場合の表示は、フランジの強度計算「記号の説明」の「計算書の表示」による。

(例) NON-ASBESTOS

SUS-NON-ASBESTOS

なお、この場合のガasket係数 (m) 及びガasketの最小設計締付圧力 (y) は、J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2 備考3よりガasketメーカー推奨値を適用する。

2. 重大事故等クラス2弁の強度計算方法

発電用原子力設備のうち重大事故等クラス2弁の強度計算に用いる計算式と記号を以下に示す。

2.1 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算

告示第501号第85条第1項又は設計・建設規格 VVC-3210を適用する。

(1) 記号の説明

告示第501号又は設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
$d_m$	$d_m$	図3-1に示す弁入口流路内径	mm
$d_n$	$d_n$	図3-1に示すネック部の内径	mm
$l$	$l$	$\frac{d_n}{d_m} \leq 1.5$ の場合、図3-2に示すネック部の厚さが $t$ 以上必要な部分の範囲	mm
$P$	$P$	最高使用圧力	MPa
$P_1$	$P_1$	最高使用温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より低く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
$P_2$	$P_2$	最高使用温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より高く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
$t$	$t$	弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの計算上必要な厚さ	mm
$t_1$	$t_1$	告示第501号別表第15又は設計・建設規格 別表3の呼び圧力（告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1において $P_1$ に対応する呼び圧力をいう。）の欄のうち当該弁の弁入口流路内径に対応する値	mm
$t_2$	$t_2$	告示第501号別表第15又は設計・建設規格 別表3の呼び圧力（告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1において $P_2$ に対応する呼び圧力をいう。）の欄のうち当該弁の弁入口流路内径に対応する値	mm

告示第501号又は設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	t a b	弁箱の最小厚さ	mm
	t a f	弁ふたの最小厚さ	mm
	T <sub>m</sub>	最高使用温度	℃
t <sub>m</sub>	t <sub>m1</sub>	ℓの範囲内のネック部の計算上必要な厚さ	mm
t <sub>m</sub>	t <sub>m2</sub>	ℓの範囲外及び $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$ の場合ネック部の計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>ma1</sub>	t <sub>m1</sub> に対応するネック部の最小厚さ	mm
	t <sub>ma2</sub>	t <sub>m2</sub> に対応するネック部の最小厚さ	mm

(2) 算式

- a. 弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの計算上必要な厚さ

$$t = t_1 + \frac{(P - P_1) \cdot (t_2 - t_1)}{(P_2 - P_1)}$$

注：最高使用圧力が最高使用温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄に掲げる許容圧力以下の場合は，弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの計算上必要な厚さ t は，告示第501号別表第15又は設計・建設規格 別表3の呼び圧力（1.03MPa）の欄のうち当該弁の弁入口流路内径に対応する値とする。

なお，耐圧部分等のうち弁ふたについては，応力計算を行って必要な強度を有することが明らかである場合は，この限りではない。



b. ネック部の計算上必要な厚さ

(a)  $\frac{d_n}{d_m} \leq 1.5$ の場合

イ. 弁箱流路方向の外径から、ネック方向に沿って次の式で計算した $l$ の範囲の必要厚さ

$$t_{m1} = t$$

$$l = 1.1 \cdot \sqrt{d_m \cdot t}$$

ロ. イ.以外のネック部の必要厚さ

$$t_{m2} = \frac{2 \cdot d_n \cdot t}{3 \cdot d_m}$$

(b)  $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$ の場合

$$t_{m2} = \frac{2 \cdot d_n \cdot t}{3 \cdot d_m}$$

(3) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。ただし、弁箱（ネック部を含む。）で2.2項に掲げる規定（設計・建設規格 VVC-3220）を満足する場合には、この限りではない。

a. 弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの最小厚さ

$$t_{ab} \geq t$$

$$t_{af} \geq t$$

b. ネック部の最小厚さ

(a)  $\frac{d_n}{d_m} \leq 1.5$ の場合

$$t_{ma1} \geq t_{m1}$$

$$t_{ma2} \geq t_{m2}$$

(b)  $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$ の場合

$$t_{ma2} \geq t_{m2}$$

2.2 2.1項の規定に適合しない場合の計算  
設計・建設規格 VVC-3220 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D	D	t 又は $t_{m1}$ 若しくは $t_{m2}$ を満足しない部分を囲んだ円の直径の許容範囲	mm
	D'	t 又は $t_{m1}$ 若しくは $t_{m2}$ を満足しない部分を囲んだ円の実際の直径	mm
$d_1, d_2$	$d_1, d_2$	t 又は $t_{m1}$ 若しくは $t_{m2}$ を満足しない部分が2箇所以上ある場合の、それぞれの部分を囲んだ円の直径	mm
$d_m$	$d_m$	図3-1に示す弁入口流路内径	mm
$l$	$l$	t 又は $t_{m1}$ 若しくは $t_{m2}$ を満足しない部分が2箇所以上ある場合の、それぞれの部分を囲んだ円と円との中心間距離の許容範囲	mm
	$l'$	t 又は $t_{m1}$ 若しくは $t_{m2}$ を満足しない部分が2箇所以上ある場合の、それぞれの部分を囲んだ円と円との中心間の実際の距離	mm
t	t	弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの計算上必要な厚さ（設計・建設規格 VVC-3210(1)による。）	mm
	t'	t 又は $t_{m1}$ 若しくは $t_{m2}$ を満足しない部分の最小厚さ	mm
$t_m$	$t_{m1}, t_{m2}$	ネック部の計算上必要な厚さ（設計・建設規格 VVC-3210(2)による。）	mm

(2) 評価

2.1 項の規定（設計・建設規格 VVC-3210）に適合しない部分がある弁箱であっても，当該部分が以下の条件を満足すれば十分である。

- a.  $t$  又は  $t_{m1}$  若しくは  $t_{m2}$  を満足しない部分を囲んだ円の直径

$$D' \leq D$$

$$D = 0.35 \cdot \sqrt{d_m \cdot t}$$

- b.  $t$  又は  $t_{m1}$  若しくは  $t_{m2}$  を満足しない部分の厚さ

$$t' \geq \frac{3}{4} \cdot t$$

- c.  $t$  又は  $t_{m1}$  若しくは  $t_{m2}$  を満足しない部分が 2 箇所以上ある場合の，それぞれの部分を囲んだ円と円との中心間の距離

$$l' \geq l$$

$$l = 1.75 \cdot \sqrt{d_m \cdot t} + 0.5 \cdot (d_1 + d_2)$$

### 2.3 管台の最小厚さの計算

設計・建設規格 VVC-3230 を適用する。

#### (1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
	No.	管台の番号	—
D <sub>o</sub>	D <sub>o</sub>	管台の外径	mm
P	P	最高使用圧力	MPa
S	S	管台の最高使用温度における設計・建設規格 付録材料 図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	MPa
t	t	管台の計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>br</sub>	管台の最小厚さ	mm
	T <sub>m</sub>	最高使用温度	℃
	t <sub>no</sub>	管台の公称厚さ	mm
η	η	継手の効率（設計・建設規格 PVC-3130表のPVC-3130-1 より求めた値）	—

#### (2) 算式

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

#### (3) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$t_{br} \geq t$$

## 2.4 フランジの強度計算

### 2.4.1 ボルト締めフランジ

告示第501号第85条第4項又は設計・建設規格 VVC-3310を適用する。

#### (1) 記号の説明

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
A	A	フランジの外径	mm
A b	A b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A m	A m	ボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A m <sub>1</sub>	A m <sub>1</sub>	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A m <sub>2</sub>	A m <sub>2</sub>	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
B	B	フランジの内径	mm
B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B + g <sub>0</sub> ( f ≥ 1のときの一体形フランジの場合) B + g <sub>1</sub> ( f < 1のときの一体形フランジの場合)	mm
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>	ガスケット座の基本幅	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	係数 ( = $\frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2$ (一体形フランジの場合) )	mm <sup>3</sup>
d b	d b	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
e	e	係数 ( = $\frac{F}{h_0}$ (一体形フランジの場合) )	mm <sup>-1</sup>
F	F	一体形フランジの係数 ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図3又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図5又は表4による。 )	—

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
	F e	フランジに作用する機械的鉛直荷重（弁操作力による反力）	N
f	f	ハブ応力修正係数 （J I S B 8 2 4 3 附属書2 図2又はJ I S B 8 2 6 5 附属書3 図4又は表4による。）	—
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G s	ガスケット接触面の外径	mm
g o	g o	ハブ先端の厚さ	mm
g 1	g 1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
h	h	ハブの長さ	mm
H D	H D	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
h D	h D	ボルト穴の中心円からH D作用点までの半径方向の距離	mm
H G	H G	ガスケット荷重	N
h G	h G	ボルト穴の中心円からH G作用点までの半径方向の距離	mm
h o	h o	$\sqrt{B \cdot g o}$	mm
H P	H P	気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力	N
H T	H T	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面 に加わる荷重との差	N

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
h <sub>T</sub>	h <sub>T</sub>	ボルト穴の中心円からH <sub>T</sub> 作用点までの半径方向の距離	mm
K	K	フランジの内外径の比	—
L	L	係数 $\left(=\frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d}\right)$	—
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 4 3 附属書2 表2又はJ I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	—
M <sub>D</sub>	M <sub>D</sub>	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重によるモーメント	N・mm
	M <sub>e</sub>	フランジ部に作用するモーメント (駆動部の偏心荷重によるモーメント)	N・mm
M <sub>G</sub>	M <sub>G</sub>	ガスケット荷重によるモーメント	N・mm
M <sub>g</sub>	M <sub>g</sub>	ガスケット締付時にフランジに作用するモーメント	N・mm
M <sub>o</sub>	M <sub>o</sub>	使用状態でフランジに作用するモーメント	N・mm
M <sub>T</sub>	M <sub>T</sub>	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差によるモーメント	N・mm
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 4 3 附属書2 表1又はJ I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
	P	最高使用圧力	MPa
	P <sub>e q</sub>	機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	MPa

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
P	P <sub>FD</sub>	フランジの設計圧力	MPa
R	R	ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径 方向の距離	mm
T	T	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数  ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図5又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。 )	—
t	t	フランジの厚さ	mm
U	U	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数  ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図5又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。 )	—
V	V	一体形フランジの係数  ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図6又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図8又は表4による。 )	—
W <sub>g</sub>	W <sub>g</sub>	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W <sub>m1</sub>	W <sub>m1</sub>	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>m2</sub>	W <sub>m2</sub>	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub>	使用状態でのボルト荷重	N
Y	Y	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数  ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図5又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。 )	—

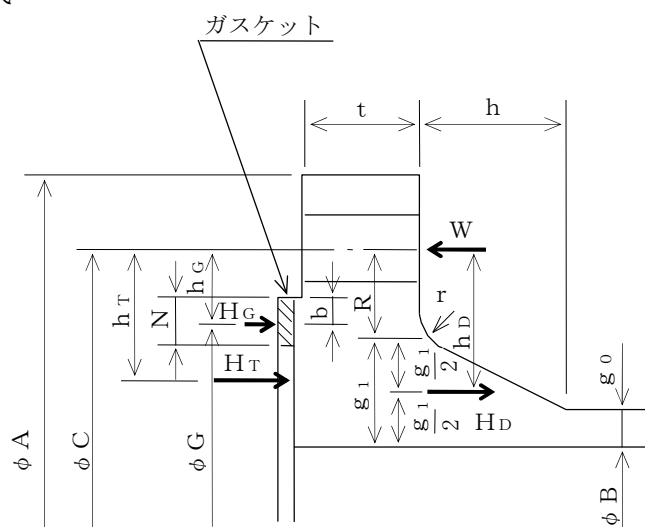


J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 表2又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	N/mm <sup>2</sup>
Z	Z	$K = \left( \frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 ( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図5又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図7による。)	—
π	π	円周率	—
σ <sub>a</sub>	σ <sub>a</sub>	常温におけるボルト材料の告示第 5 0 1 号別表第8又は設計・ 建設規格 付録材料図表 Part5 表7に定める許容引張応力	MPa
σ <sub>b</sub>	σ <sub>b</sub>	最高使用温度におけるボルト材料の告示第 5 0 1 号別表第8又 は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7に定める許容 引張応力	MPa
σ <sub>f</sub>	σ <sub>f a</sub>	常温におけるフランジ材料の告示第 5 0 1 号別表第6又は設 計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める許容引張 応力	MPa
σ <sub>f</sub>	σ <sub>f b</sub>	最高使用温度におけるフランジ材料の告示第 5 0 1 号別表第6 又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める許容 引張応力	MPa
σ <sub>H</sub>	σ <sub>H g</sub>	ガスケット締付時のハブの軸方向応力	MPa*
σ <sub>H</sub>	σ <sub>H o</sub>	使用状態でのハブの軸方向応力	MPa*
σ <sub>R</sub>	σ <sub>R g</sub>	ガスケット締付時のフランジの半径方向応力	MPa*
σ <sub>R</sub>	σ <sub>R o</sub>	使用状態でのフランジの半径方向応力	MPa*
σ <sub>T</sub>	σ <sub>T g</sub>	ガスケット締付時のフランジの周方向応力	MPa*
σ <sub>T</sub>	σ <sub>T o</sub>	使用状態でのフランジの周方向応力	MPa*

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
	NON- ASBESTOS	非石綿ジョイントシート	—
	SUS-NON- ASBESTOS	渦巻形金属ガスケット（非石綿）（ステンレス鋼）	—

注記\*： J I S B 8243は「kg/mm<sup>2</sup>」を使用しているが，設計・建設規格に合わせ「MPa」に読み替えるものとする。また， J I S B 8265は「N/mm<sup>2</sup>」を使用しているが，設計・建設規格に合わせ「MPa」に読み替えるものとする。

(2) 算式



( J I S B 8 2 4 3 附属書2 図1 (g) 又は J I S B 8 2 6 5 附属書3 図2 b) 7 ) )

注1：ここに示すフランジ形式は基本形式とする。

注2：Wは、 $W_g$ 、 $W_{m1}$ 、 $W_{m2}$ 及び $W_o$ のボルト荷重を表す。

図2-1 一体形フランジ

a. ガスケット座の有効幅及びガスケット反力円の直径

(a)  $b_o \leq 6.35\text{mm}$ の場合

$$G = G_s - N$$

$$b = b_o$$

(b)  $b_o > 6.35\text{mm}$ の場合

$$G = G_s - 2 \cdot b$$

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$$

ここで、

$$b_o = N / 2$$

b. フランジ設計圧力

$$P_{FD} = P + P_{eq}$$

$$P_{eq} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G^3} + \frac{4 \cdot F_e}{\pi \cdot G^2}$$

c. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

$$W_{m1} = H + H_P$$

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P_{FD}$$

$$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot P_{FD}$$

(b) ガasket縮付時に必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

d. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{\sigma_b} \quad (\text{使用状態})$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{\sigma_a} \quad (\text{ガasket縮付時})$$

$$A_m = \text{MAX} (A_{m1}, A_{m2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 \cdot n$$

e. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

$$W_g = \frac{A_m + A_b}{2} \cdot \sigma_a \quad (\text{ガasket縮付時})$$

f. 使用状態でフランジに加わる荷重

$$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P_{FD}$$

$$H_G = W_o - H$$

$$H_T = H - H_D$$

g. 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

フランジの形式	$h_D$	$h_G$	$h_T$
一体形フランジ*	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$

$$\text{ただし, } R = \frac{C - B}{2} - g_1$$

注記\* : クラス2弁には、一体形フランジを採用する。

h. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$\begin{aligned} M_D &= H_D \cdot h_D \\ M_G &= H_G \cdot h_G \\ M_T &= H_T \cdot h_T \\ M_o &= M_D + M_G + M_T \end{aligned}$$

i. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

$$M_g = W_g \cdot \frac{C - G}{2}$$

j. 一体形フランジの応力

(a) 使用状態でのフランジの応力

$$\begin{aligned} \sigma_{H_o} &= \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P \cdot B}{4 \cdot g_o} \quad *1, *2 \\ \sigma_{R_o} &= \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_o}{L \cdot t^2 \cdot B} \\ \sigma_{T_o} &= \frac{Y \cdot M_o}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{R_o} \end{aligned}$$

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

$$\begin{aligned} \sigma_{H_g} &= \frac{f \cdot M_g}{L \cdot g_1^2 \cdot B} \quad *2 \\ \sigma_{R_g} &= \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_g}{L \cdot t^2 \cdot B} \\ \sigma_{T_g} &= \frac{Y \cdot M_g}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{R_g} \end{aligned}$$

ここで,

$$\begin{aligned} L &= \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} \\ h_o &= \sqrt{B \cdot g_o} \\ d &= \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2 \\ e &= \frac{F}{h_o} \end{aligned}$$

注記\*1: 告示第501号第50条解説又は設計・建設規格 VVB-3390式(VVB-19)による。

J I S B 8243又はJ I S B 8265の計算式に一次膜応力を加えたものである。

\*2:  $B < 20 \cdot g_1$ のときは,  $\sigma_{H_o}$ 及び $\sigma_{H_g}$ の計算式のBの代わりに $B_1$ を用いる。

(3) 評価

一体形フランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

- a. ボルトの総有効断面積

$$A_b > A_m$$

- b. ハブの軸方向応力

使用状態にあつては  $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

ガスケット締付時にあつては  $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

- c. フランジの半径方向応力

使用状態にあつては  $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

ガスケット締付時にあつては  $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

- d. フランジの周方向応力

使用状態にあつては  $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

ガスケット締付時にあつては  $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

## 2.4.2 全面座フランジ

設計・建設規格 VVC-3310を適用する。

### (1) 記号の説明

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
A b	A b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m</sub>	A <sub>m</sub>	ボルトの所要総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m1</sub>	A <sub>m1</sub>	使用状態でのボルトの所要総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m2</sub>	A <sub>m2</sub>	ガスケット締付時のボルトの所要総有効断面積	mm <sup>2</sup>
B	B	フランジの内径	mm
b'₀	b'₀	G₀-C, ガスケット締付時におけるガスケット座の基本幅	mm
b'	b'	$4 \cdot \sqrt{b'₀}$ , ガスケット締付時におけるガスケット座の有効幅	mm
2b''	2・b''	使用状態におけるガスケット座の有効幅。2・b''=5mm	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d <sub>h</sub>	d <sub>h</sub>	ボルト穴の直径	mm
d <sub>b</sub>	d <sub>b</sub>	ボルトのねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
G'	G'	$C - (d_h + 2 \cdot b'')$ , ガスケット圧縮力H'Pの位置の直径	mm
G₀	G₀	ガスケット外径とフランジ外径の小さい方の値	mm
g <sub>1</sub>	g <sub>1</sub>	フランジ背面のハブの厚さ	mm

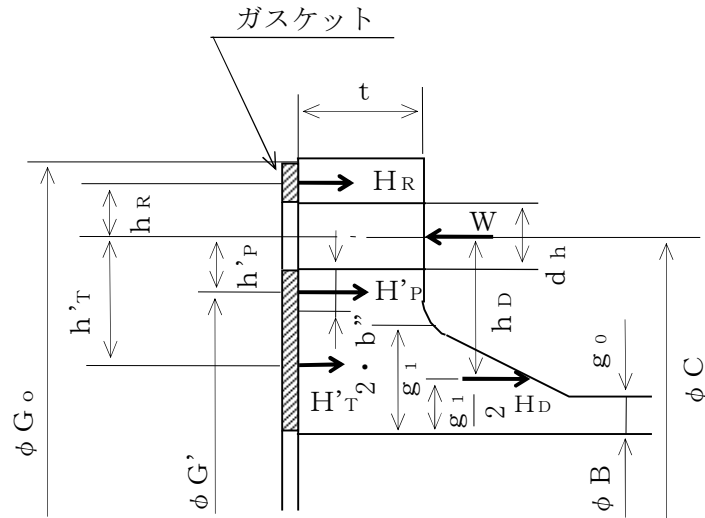
J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
$H_D$	$H_D$	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
$H'$	$H'$	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
$H'_P$	$H'_P$	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	N
$H'_T$	$H'_T$	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
$H_R$	$H_R$	平衡反力	N
$h_D$	$h_D$	ボルト穴の中心円から $H_D$ 作用点までの半径方向の距離	mm
$h'_P$	$h'_P$	ボルト穴の中心円から $H'_P$ 作用点までの半径方向の距離	mm
$h'_T$	$h'_T$	ボルトの中心円から $H'_T$ 作用点までの半径方向の距離	mm
$h_R$	$h_R$	ボルトの中心円から $H_R$ 作用点までの半径方向の距離	mm
$m$	$m$	ガスケット係数 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。 )	—
$M_0$	$M_0$	$H_R \cdot h_R$ , 使用状態でフランジに作用する全モーメント	N・mm
$n$	$n$	ボルトの本数	—
$P$	$P_{FD}$	フランジの設計圧力	MPa
$t$	$t_{fl}$	フランジの厚さ	mm
$t$	$t$	フランジの計算厚さ	mm



J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
$W_{m1}$	$W_{m1}$	使用状態における必要な最小ボルト荷重	N
$W_{m2}$	$W_{m2}$	ガスケット締付けに必要な最小ボルト荷重	N
$y$	$y$	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	N/mm <sup>2</sup>
$\pi$	$\pi$	円周率	—
$\sigma_a$	$\sigma_a$	常温におけるボルト材料の設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7に定める許容引張応力	MPa*
$\sigma_b$	$\sigma_b$	最高使用温度におけるボルト材料の設計・建設規格 付録材 料図表 Part5 表7に定める許容引張応力	MPa*
$\sigma_f$	$\sigma_{fb}$	最高使用温度におけるフランジ材料の設計・建設規格 付録 材料図表 Part5 表5に定める許容引張応力	MPa*

注記\* : J I S B 8 2 6 5 は「N/mm<sup>2</sup>」を使用しているが、設計・建設規格に合わせ「MPa」に読み替えるものとする。

(2) 算式



(J I S B 8 2 6 5 附属書4 図1)

注1：ここに示すフランジ形式は基本形式とする。

注2：Wは、 $W_{m1}$ 及び $W_{m2}$ のボルト荷重を表す。

図2-2 全面座フランジ

a. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

$$W_{m1} = H' + H'_P + H_R$$

$$H' = \frac{\pi}{4} \cdot (C - d_h)^2 \cdot P_{FD}$$

$$H'_P = 2 \cdot \pi \cdot b'' \cdot G' \cdot m \cdot P_{FD}$$

$$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H'_T \cdot h'_T + H'_P \cdot h'_P}{h_R}$$

$$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P_{FD}$$

$$h_D = \frac{(C - B)}{2} - 0.5 \cdot g_1$$

$$H'_T = H' - H_D$$

$$h'_T = \frac{(C + d_h + 2 \cdot b'') - B}{4}$$

$$h'_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$$

$$h_R = \frac{G_0 - (C + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$$

- (b) ガasket縮付時に必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b' \cdot C \cdot y$$

- b. ボルトの所要総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{\sigma_b} \quad (\text{使用状態})$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{\sigma_a} \quad (\text{ガasket縮付時})$$

$$A_m = \text{Max} (A_{m1}, A_{m2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 \cdot n$$

- c. フランジの計算厚さ

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_o}{\sigma_{fb} \cdot (\pi \cdot C - n \cdot d_h)}}$$

- (3) 評価

全面座フランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

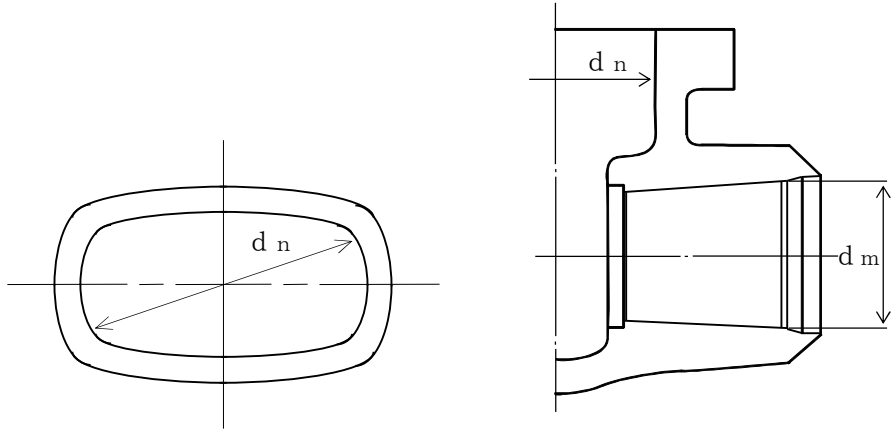
- a. ボルトの総有効断面積

$$A_b > A_m$$

- b. フランジの厚さ

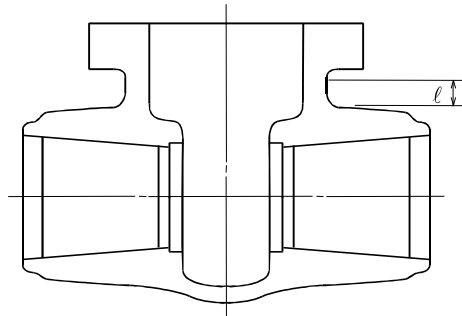
$$t_{fl} \geq t$$

3. 添付図



注：本図は告示第501号第82条解説の図82.3又は設計・建設規格VVB-3210の解説図VVB-3210-3と同じ。

図3-1  $d_m$ 及び $d_n$ を明示した図



$l$ の範囲は、ネック部と流路部の  
交わる部分を基点としてネック部  
方向にとるものとする。

注：本図は告示第501号第85条第1項の図又は設計・建設規格VVC-3210の図VVC-3210-1と同じ。

図3-2 ネック部の $l$ の範囲

別紙 重大事故等クラス2弁の強度計算書のフォーマット

VI- - - - ○○○○○○○○○○○○○○○の強度計算書

まえがき

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-3-2-11「重大事故等クラス2弁の強度計算方法」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

機器名	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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)

## 目 次

- 1. 重大事故等クラス2弁 .....
  - 1.1 設計仕様 .....
    - 1.2 強度計算書 .....
      - 1.3 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価 .....



1. 重大事故等クラス2 弁

1.1 設計仕様

系統：

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト

1.2 強度計算書

系統： \_\_\_\_\_

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力 P (MPa)				$d_n$ (mm)			
最高使用温度 $T_m$ (°C)				$d_n / d_m$			
弁箱又は弁ふたの厚さ				$\varnothing$ (mm)			
弁箱材料				$t_{m1}$ (mm)			
弁ふた材料				$t_{m2}$ (mm)			
$P_1$ (MPa)				$t_{ma1}$ (mm)			
$P_2$ (MPa)				$t_{ma2}$ (mm)			
$d_m$ (mm)				評価： $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
$t_1$ (mm)							
$t_2$ (mm)							
$t$ (mm)							
$t_{ab}$ (mm)							
$t_{af}$ (mm)							
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

系統： \_\_\_\_\_

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

K6 ① VI-3-2-11 別紙 R0

フランジ及びフランジボルトの応力解析 告示第501号			
設計条件		モーメントの計算	
$P_{FD}$ (MPa)		$H_D$ (N)	$\times 10^5$
$P_{eq}$ (MPa)		$h_D$ (mm)	
$T_m$ (°C)		$M_D$ (N・mm)	$\times 10^7$
$M_e$ (N・mm)	$\times 10^6$	$H_G$ (N)	$\times 10^5$
$F_e$ (N)		$h_G$ (mm)	
フランジの形式		$M_G$ (N・mm)	$\times 10^7$
フランジ		$H_T$ (N)	$\times 10^5$
材料		$h_T$ (mm)	
$\sigma_{fa}$ (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20°C)		$M_T$ (N・mm)	$\times 10^7$
		$M_o$ (N・mm)	$\times 10^7$
$\sigma_{fb}$ (MPa) 最高使用温度 (使用状態)		$M_g$ (N・mm)	$\times 10^8$
		フランジの厚さと係数	
A (mm)		t (mm)	
B (mm)		K	
C (mm)		$h_o$ (mm)	
$g_o$ (mm)		f	
$g_1$ (mm)		F	
h (mm)		V	
ボルト		e (mm <sup>-1</sup> )	
材料		d (mm <sup>3</sup> )	
$\sigma_a$ (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20°C)		L	
		T	
$\sigma_b$ (MPa) 最高使用温度 (使用状態)		U	
		Y	
n		Z	
$d_b$ (mm)		応力の計算	
ガスケット		$\sigma_{Ho}$ (MPa)	
材料		$\sigma_{Ro}$ (MPa)	
ガスケット厚さ (mm)		$\sigma_{To}$ (MPa)	
G (mm)		$\sigma_{Hg}$ (MPa)	
m		$\sigma_{Rg}$ (MPa)	
y (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{Tg}$ (MPa)	
$b_o$ (mm)		応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$  $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$  よって十分である。	
b (mm)			
N (mm)			
$G_s$ (mm)			
ボルトの計算			
H (N)	$\times 10^6$		
$H_p$ (N)	$\times 10^5$		
$W_{m1}$ (N)	$\times 10^6$		
$W_{m2}$ (N)	$\times 10^5$		
$A_{m1}$ (mm <sup>2</sup> )	$\times 10^3$		
$A_{m2}$ (mm <sup>2</sup> )	$\times 10^3$		
$A_m$ (mm <sup>2</sup> )	$\times 10^3$		
$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$\times 10^4$		
$W_o$ (N)	$\times 10^6$		
$W_s$ (N)	$\times 10^6$		
評価： $A_m < A_b$		よって十分である。	

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価結果例

1.3 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

弁番号F001（使用材料規格：J I S G ○○○○ △△△△）の評価結果

（比較材料：J I S G ○○○○ △△△△）

弁番号F001に使用している△△△△は、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し、同等であることを示す。

(材料記号を記載)

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370 N/mm <sup>2</sup> 以上	215 N/mm <sup>2</sup> 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370 N/mm <sup>2</sup> 以上	215 N/mm <sup>2</sup> 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ～ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ～ 0.35	0.30 ～ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>Si, P, Sの成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないと考えます。</p> <p>Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。</p> <p>P：冷間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16 mm未満）であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>S：熱間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16 mm未満）であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p>									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により、機械的強度、化学成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、△△△△を重大事故等クラス2材料として使用することに問題ないと考えます。

(材料記号を記載)

## VI-3-2-12 重大事故等クラス2支持構造物（容器）の強度計算方法

## 目 次

1. 概要	1
2. 重大事故等クラス2支持構造物（容器）の強度計算方法	2
2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法	2
2.1.1 記号の説明	2
2.1.2 強度計算方法	4
3. 強度計算書のフォーマット	9
3.1 強度計算書のフォーマットの概要	9
3.2 記載する数値に関する注意事項	9
3.3 強度計算書のフォーマット	9

## 1. 概要

本書は、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」に基づき、重大事故等クラス2容器を支持する支持構造物であって、重大事故等クラス2容器に溶接により取り付けられ、その損壊により重大事故等クラス2容器に損壊を生じさせるおそれがある重大事故等クラス2支持構造物(容器)(以下「重大事故等クラス2支持構造物(容器)」という。)が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する規格の規定に基づく強度計算方法について説明するものであり、重大事故等クラス2支持構造物(容器)の強度計算方法及び強度計算書のフォーマットにより構成する。

適用する規格は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(以下「告示第501号」という。)又は発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))J S M E S N C 1 -2005/2007)(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)により行う。

なお、告示第501号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認した。そのため、設計・建設規格による評価を行う。



2. 重大事故等クラス2支持構造物（容器）の強度計算方法

2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法

2.1.1 記号の説明

重大事故等クラス2支持構造物（容器）の一次応力計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
一次応力計算に使用するもの	A	mm <sup>2</sup>	支持構造物の断面積
	A <sub>f</sub>	mm <sup>2</sup>	圧縮フランジの断面積
	A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	支持構造物のせん断断面積
	A <sub>s f</sub>	mm <sup>2</sup>	圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面の断面積
	b	mm	支持脚フランジ幅
	C	—	許容曲げ応力算出の際に用いる係数
	D <sub>i</sub>	mm	スカートの内径
	D <sub>j</sub>	mm	スカートに設けられた開口部の穴径 (j=1, 2, 3, …)
	E	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定される材料の縦弾性係数
	F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値
	F <sub>c</sub>	N	鉛直荷重
	F <sub>s</sub>	N	せん断荷重
	f <sub>b</sub>	MPa	許容曲げ応力
	f <sub>c</sub>	MPa	許容圧縮応力
	f <sub>s</sub>	MPa	許容せん断応力
	f <sub>t</sub>	MPa	許容引張応力
	g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
	h	mm	はりのせい
	I	mm <sup>4</sup>	座屈軸まわりの断面二次モーメント
	i	mm	座屈軸についての断面二次半径
	i <sub>f</sub>	mm	圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの断面二次半径
I <sub>s f</sub>	mm <sup>4</sup>	圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの断面二次モーメント	
l	mm	支持構造物の長さ	
l <sub>c</sub> *	mm	支持脚中立軸間距離	
l <sub>k</sub>	mm	座屈長さ	

	記号	単位	定義
一次応力計算に使用するもの	$l_1$	mm	壁（又は架台）から胴の中心までの長さ
	M	N・mm	曲げモーメント
	$M_1$	N・mm	座屈端部における曲げモーメント（大きい方, $M_1 \geq M_2$ ）
	$M_2$	N・mm	座屈端部における曲げモーメント（小さい方, $M_1 \geq M_2$ ）
	$m_0$	kg	容器の有効運転質量
	N	—	スカート開口部個数又は支持脚本数
	t	mm	スカート厚さ
	$t_1$	mm	支持構造物のフランジ厚さ
	$t_2$	mm	支持構造物のウェッジ厚さ
	Y	mm	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ
	Z	mm <sup>3</sup>	支持構造物の断面係数
	$\Lambda$	—	限界細長比
	$\lambda$	—	圧縮材の有効細長比
	v	—	許容圧縮応力算出の際に用いる係数
	$\tau$	MPa	一次せん断応力
	$\sigma_b$	MPa	一次曲げ応力
$\sigma_c$	MPa	一次圧縮応力	

注記\*：長手方向及び横方向の区別がある機器の場合は，長手方向 $l_{c1}$ ，横方向 $l_{c2}$ とする。

### 2.1.2 強度計算方法

ここでは、重大事故等クラス2支持構造物（容器）のスカート部及び脚部の評価が必要な一次応力及びその計算方法を示す。

材料の設計降伏点は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8及び設計引張強さは設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9により容器の最高使用温度に応じた値を用いる。設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8及び表9記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算し、小数点第1位以下を切捨てた値を用いるものとする。

強度計算は、設計・建設規格に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

#### (1) 評価応力（設計・建設規格 SSC-3010）

項目		適用規格番号	評価
一次 応力	引張応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	支持構造物に引張応力が作用しないので評価を省略する。
	せん断応力		脚支持（壁からの支持）のみ評価を行う。 脚支持（床からの支持）及びスカート支持にはせん断応力が作用しないので評価を省略する。
	圧縮応力		脚支持（床からの支持）及びスカート支持について評価を行う。 脚支持（壁からの支持）には圧縮応力が作用しないので評価を省略する。
	曲げ応力		脚支持のみ評価を行う。 スカート支持には曲げモーメントが作用しないので評価を省略する。
	支圧応力		構造上支圧応力が発生するものはないので評価を省略する。
	組合せ応力		脚支持のみ評価を行う。 スカート支持には圧縮応力しか作用しないため、組合せ応力の評価は省略する。

(2) スカートの応力計算 (設計・建設規格 SSC-3010)

一次圧縮応力は、以下の計算式により求められる許容圧縮応力以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次圧縮応力	—	$F_c = m_o \cdot g$ $\sigma_c = \frac{F_c}{A}$
許容圧縮応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>(1) 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 (<math>\lambda \leq \Lambda</math> の場合)</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v} \quad *1, *2, *3$ <p>(2) 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 (<math>\lambda &gt; \Lambda</math> の場合)</p> $f_c = 0.277 \cdot F \cdot \left( \frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \quad *1, *2$ <p>(3) 圧延形鋼又は溶接 I 型鋼の断面形状を用いるものはないので記載を省略する。</p>

注記\*1:  $\lambda$  は、圧縮材の有効細長比で、 $\lambda = \frac{\ell_k}{i}$  より求める。

$\ell_k$  は、座屈長さで、設計・建設規格 解説表 SSB-3121-1 座屈長さ  $\ell_k$  より求める。

$i$  は、座屈軸についての断面二次半径で、 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$  より求める。

$I$  は、支持構造物の断面二次モーメントで、次式により求める。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t - \frac{1}{4} \cdot (D_i + t)^2 \cdot t \cdot Y$$

$A$  は、支持構造物の断面積で、次式により求める。

$$A = \left\{ \pi \cdot (D_i + t) - Y \right\} \cdot t$$

$Y$  は、スカート開口部の水平断面における最大円周長さで、次式により求める。

$$Y = \sum_{j=1}^N \left\{ (D_i + t) \cdot \sin^{-1} \left( \frac{D_j}{D_i + t} \right) \right\}$$

\*2:  $\Lambda$  は、限界細長比で、 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}}$  より求める。

\*3:  $v$  は、許容圧縮応力算出の際に用いる係数で、 $v = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$  より求める。

(3) 脚部の応力計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価，一次せん断応力及び一次曲げ応力による組合せ評価は，以下の計算式により求められる許容値以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次圧縮応力	—	$F_c = \frac{m_o}{N} \cdot g$ $\sigma_c = \frac{F_c}{A}$
一次曲げ応力	—	$M = \frac{m_o \cdot g \cdot l_c}{2 \cdot N}$ 壁からの支持の場合 $M = \frac{m_o \cdot g \cdot l_1}{N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$
一次せん断 応力	—	$F_s = \frac{m_o}{N} \cdot g$ $\tau = \frac{F_s}{A_s}$
許容圧縮応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>(1) 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 (<math>\lambda \leq \Lambda</math> の場合)</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v} \quad *1, *2, *3$ <p>(2) 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 (<math>\lambda &gt; \Lambda</math> の場合)</p> $f_c = 0.277 \cdot F \cdot \left( \frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \quad *1, *2$ <p>(3) 圧延形鋼又は溶接 I 型鋼の断面形状を用いるものはないので記載を省略する。</p>
許容せん断 応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_s = \frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$

項目	適用規格番号	計算式
許容曲げ応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	(1) $f_t = \frac{F}{1.5}$ (2) 荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼であつて強軸まわりに曲げを受けるものは以下の2つの計算式により計算した値のうちいずれか大きい方の値又は(1)に定める値のいずれか小さい方の値 $f_b = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{\ell^2}{C \cdot \Lambda^2 \cdot i_f^2} \right\} \cdot f_t \quad *2, *4$ $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell \cdot h}$ (3) みぞ形断面のもの、荷重面内に対称軸を有しない圧延形鋼及び溶接組立鋼の場合は以下の計算した値又は(1)に定める値のいずれか小さい方の値 $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell \cdot h}$
組合せ評価	設計・建設規格 SSC-3121.1	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$ $\sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_t$

注記\*1:  $\lambda$ は、圧縮材の有効細長比で、 $\lambda = \frac{\ell_k}{i}$ より求める。

$\ell_k$ は、座屈長さで、設計・建設規格 解説表 SSB-3121-1 座屈長さ $\ell_k$ より求める。

$i$ は、座屈軸についての断面二次半径で、 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ より求める。

$I$ は、支持構造物の断面二次モーメントで、H型鋼の場合は次式により求める。

$$I = \frac{1}{12} \cdot \left\{ b \cdot h^3 - (h - 2 \cdot t_1)^3 \cdot (b - t_2) \right\}$$

$A$ は、支持構造物の断面積で、H型鋼の場合は次式により求める。

$$A = 2 \cdot t_1 \cdot (b - t_2) + h \cdot t_2$$

\*2:  $\Lambda$ は、限界細長比で、 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}}$ より求める。

\*3:  $v$ は、許容圧縮応力算出の際に用いる係数で、 $v = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$ より求める。

\*4:  $i_f$ は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわり

の断面二次半径で、 $i_f = \sqrt{\frac{I_{sf}}{A_{sf}}}$ より求める。

$I_{sf}$ は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの断面二次モーメントで、次式により求める。

$$I_{sf} = \frac{1}{12} \cdot \left\{ b^3 \cdot t_1 + \left( \frac{h}{6} - t_1 \right) \cdot t_2^3 \right\}$$

$A_{sf}$ は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面の断面積で、次式により求める。

$$A_{sf} = b \cdot t_1 + \left( \frac{h}{6} - t_1 \right) \cdot t_2$$

$C$ は、次の計算式により計算した値又は2.3のうちいずれか小さい値（座屈区間中間の強軸まわりの曲げモーメントが $M_1$ より大きい場合は、1とする。）。

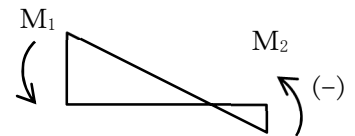
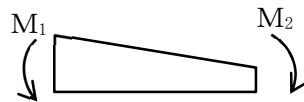
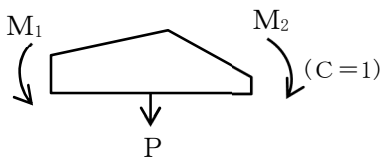
$$C = 1.75 - 1.05 \cdot \left( \frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \cdot \left( \frac{M_2}{M_1} \right)^2$$

ここで、 $M_1 \geq M_2$ であり、 $(M_2/M_1) \leq 1$ とする。

① 座屈区間内に最大曲げあり

② 単曲率

③ 複曲率



### 3. 強度計算書のフォーマット

#### 3.1 強度計算書のフォーマットの概要

強度計算書のフォーマットは、重大事故等クラス2支持構造物（容器）を構成する部材について下記3.3項のフォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

#### 3.2 記載する数値に関する注意事項

計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の記入欄には  として記載する。

#### 3.3 強度計算書のフォーマット

強度計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

FORMAT-1 一次圧縮応力評価

FORMAT-2 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

FORMAT-3 一次せん断応力及び一次曲げ応力による組合せ評価



(1) クラス2支持構造物（容器）の規定に基づく強度計算

FORMAT-1

〇〇の強度計算書

(1). 一次圧縮応力評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F <sub>c</sub> (N)	断面積 A (mm <sup>2</sup> )	一次圧縮応力 σ <sub>c</sub> (MPa)	許容圧縮応力 f <sub>c</sub> (MPa)	評価

〇〇 支持構造物の強度計算説明図

FORMAT-2

〇〇の強度計算書

(1). 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F <sub>c</sub> (N)	断面積 A (mm <sup>2</sup> )	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm <sup>3</sup> )

一次圧縮応力 σ <sub>c</sub> (MPa)	許容圧縮応力 f <sub>c</sub> (MPa)	一次曲げ応力 σ <sub>b</sub> (MPa)	許容曲げ応力 f <sub>b</sub> (MPa)	組合せ評価 $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$	評価

〇〇 支持構造物の強度計算説明図

FORMAT-3

〇〇の強度計算書

(1). 一次せん断応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	せん断荷重 F s (N)	せん断断面積 A s (mm <sup>2</sup> )	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm <sup>3</sup> )

一次せん断応力 $\tau$ (MPa)	許容せん断応力 f s (MPa)	一次曲げ応力 $\sigma_b$ (MPa)	許容曲げ応力 f b (MPa)	組合せ応力 $\sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$ (MPa)	許容引張応力 f t (MPa)	評価

〇〇 支持構造物の強度計算説明図

## VI-3-2-13 重大事故等クラス 2 支持構造物（ポンプ）の強度計算方法

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の強度計算方法 .....	2
2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法 .....	2
2.1.1 記号の説明 .....	2
2.1.2 強度計算方法 .....	3
3. 強度計算書のフォーマット .....	7
3.1 強度計算書のフォーマットの概要 .....	7
3.2 記載する数値に関する注意事項 .....	7
3.3 強度計算書のフォーマット .....	7

## 1. 概要

本書は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」に基づき、重大事故等クラス2ポンプを支持する支持構造物であって、重大事故等クラス2ポンプに溶接により取り付けられ、その損壊により重大事故等クラス2ポンプに損壊を生じさせるおそれがある重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）（以下「重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）」という。）が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する規格の規定に基づく強度計算方法について説明するものであり、重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の強度計算方法及び強度計算書のフォーマットにより構成する。

適用する規格は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

なお、告示第501号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認した。そのため、設計・建設規格による評価を行う。

2. 重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の強度計算方法

2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法

2.1.1 記号の説明

重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の一次応力計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
一次応力計算に使用するもの	$A_f$	$\text{mm}^2$	圧縮フランジの断面積
	$A_s$	$\text{mm}^2$	取付ラグの断面積
	$b$	mm	取付ラグの幅
	$E$	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定する材料の縦弾性係数
	$F$	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値
	$f_c$	MPa	許容圧縮応力
	$f_b$	MPa	許容曲げ応力
	$f_t$	MPa	許容引張応力
	$F_{c1}$	N	取付ラグ1個にかかる最大の鉛直荷重
	$F_{c2}$	N	鉛直荷重
	$f_s$	MPa	許容せん断応力
	$h$	mm	はりのせい
	$I$	$\text{mm}^4$	断面二次モーメント
	$i$	mm	座屈軸についての断面二次半径
	$\ell_b$	mm	圧縮フランジの支点間距離
	$\ell_k$	mm	座屈長さ
	$M$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	取付ラグにかかる曲げモーメント
	$t_1$	mm	取付ラグの厚さ（側板）
	$t_2$	mm	取付ラグの厚さ（底板）
	$W$	kg	内部流体質量を含むポンプ質量
	$Z$	$\text{mm}^3$	取付ラグの断面係数
	$\lambda$	—	圧縮材の有効細長比
	$\Lambda$	—	限界細長比
	$\nu$	—	許容圧縮応力算出の際に用いる係数
	$\sigma_b$	MPa	一次曲げ応力
	$\sigma_c$	MPa	一次圧縮応力
$\sigma_s$	MPa	一次せん断応力	
$B$	mm	支持構造物の厚さ	

	記号	単位	定義
	H	mm	支持構造物の幅
	n	—	支持構造物の枚数

## 2.1.2 強度計算方法

ここでは、重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の取付ラグ部について評価が必要な一次応力及びその計算方法を示す。

材料の設計降伏点は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8及び設計引張強さは設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9によりポンプの最高使用温度に応じた値を用いる。設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8及び表9記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は設計・建設規格に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

### (1) 評価応力（設計・建設規格 SSC-3010）

今回申請する支持構造物（ポンプ）については、以下のとおり評価する。

項目		適用規格番号	評価
一次 応力	引張応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	支持構造物に引張力が作用しないので評価を省略する。
	せん断応力		評価を行う。*1
	圧縮応力		評価を行う。*2
	曲げ応力		評価を行う。*1
	支圧応力		構造上支圧応力が発生するものはないので評価を省略する。
	組合せ応力		支持構造物に引張応力が生じないことから、せん断応力、曲げ応力との組合せは省略する。

注記\*1：a), b)のみ。c)は支持構造物に応力が作用しないので評価を省略する。

\*2：c)のみ。a), b)は支持構造物に圧縮力が作用しないので評価を省略する。

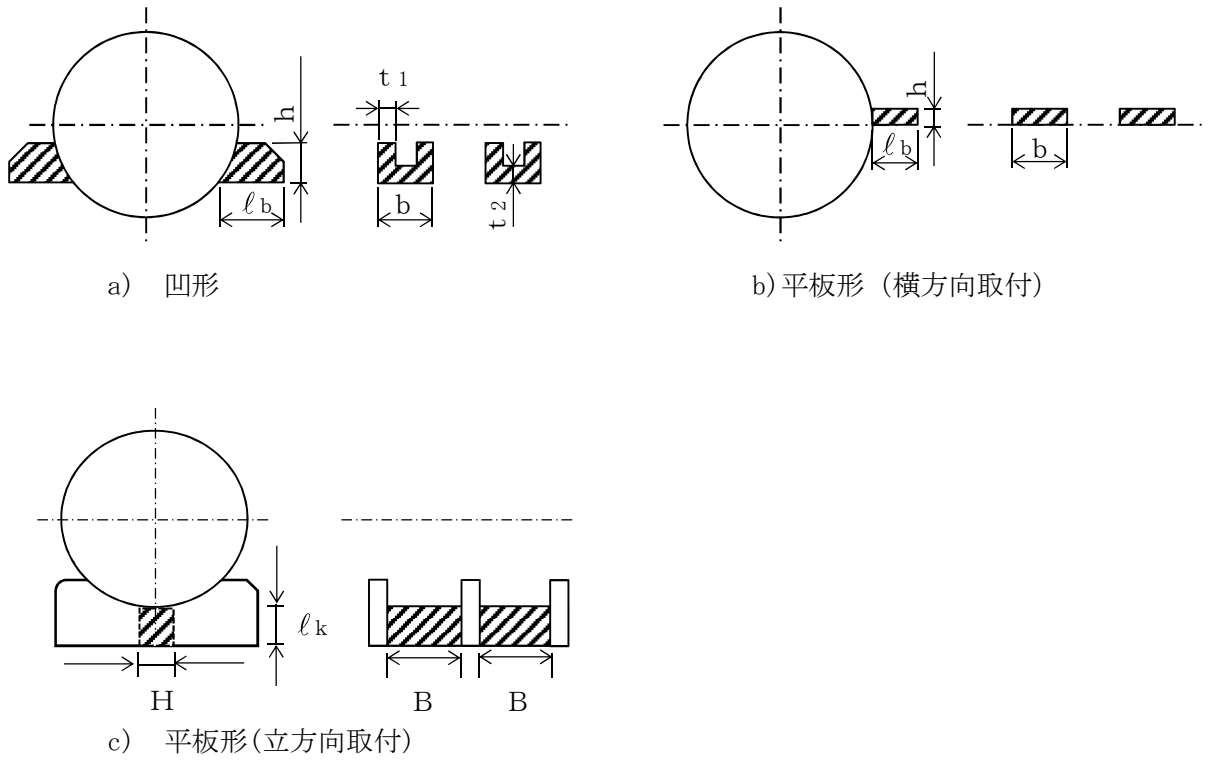


図 2-1 支持構造物の形状例



(2) 一次応力及び許容応力の計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次応力は，下記計算式により求められる許容応力以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次せん断応力	—	$\sigma_s = \frac{F_{c1}}{A_{s1}} \quad *1, *2$
許容せん断応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_s = \frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$
一次圧縮応力	—	$\sigma_c = \frac{F_{c2}}{A_{s2}} \quad *3$
許容圧縮応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_c = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu}$ <p>ここで，</p> $\lambda = \frac{\ell_k}{i} \quad *4$ $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}}$ $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$
一次曲げ応力	—	$M = F_{c1} \cdot \ell_b$ $\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad *5$
許容曲げ応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell_b \cdot h} \quad *6$ $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>いずれか小さい方の値を用いる。</p>

注記\*1：F<sub>c1</sub>は，各支持構造物にかかる荷重で最も大きい値を用いる。支持構造物にかかる荷重は，Wをポンプの重心位置及び支持構造物の間隔により比例配分することにより算出する。

\*2：A<sub>s1</sub>は，取付ラグの断面積で，凹形は  $A_{s1} = 2 \cdot t_1 \cdot (h - t_2) + b \cdot t_2$

平板形は  $A_{s1} = b \cdot h$  より求める。

\*3：A<sub>s2</sub>は，支持構造物の全断面積で，平板形は  $A_{s2} = n \cdot B \cdot H$  より求める。

\*4:  $i$  は座屈軸についての断面二次半径で、平板形は  $i = \sqrt{\frac{H^2}{12}}$  より求める。

\*5: 【凹形】  $Z$  は、取付ラグの断面係数で、 $Z_1 = \frac{I}{e_1}$  と  $Z_2 = \frac{I}{e_2}$  のうち小さい方の値を用いる。

$e_1, e_2$  は、中立軸までの距離で、次式により求まる。

$$e_1 = h - e_2$$

$$e_2 = \frac{h^2 \cdot 2 \cdot t_1 + t_2^2 \cdot (b - 2 \cdot t_1)}{2 \cdot \{b \cdot t_2 + (h - t_2) \cdot 2 \cdot t_1\}}$$

$I$  は、断面二次モーメントで、次式により求まる。

$$I = \frac{1}{3} \cdot \{2 \cdot t_1 \cdot e_1^3 + b \cdot e_2^3 - (b - 2 \cdot t_1) \cdot (e_2 - t_2)^3\}$$

【平板形】  $Z = \frac{b \cdot h^2}{6}$

\*6:  $A_f$  は、圧縮フランジの断面積で、 $A_f = t_2 \cdot b$  より求める。

### 3. 強度計算書のフォーマット

#### 3.1 強度計算書のフォーマットの概要

強度計算書のフォーマットは、重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）を構成する部材について以下の3.3項のフォーマットを用い、フォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

#### 3.2 記載する数値に関する注意事項

計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄には 

—
---

 として記載する。

#### 3.3 強度計算書のフォーマット

強度計算書のフォーマットは、次のとおりである。

FORMAT-1 支持構造物（ポンプ）の強度計算書

FORMAT-1

〇〇の強度計算書

〇〇ポンプ 支持構造物 (△△形)

(1). 一次せん断応力評価

種類	脚本数	材料	最高 使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F <sub>c</sub> (N)	断面積 A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	一次せん断応力 σ <sub>s</sub> (MPa)	許容せん断応力 f <sub>s</sub> (MPa)	評価

(2). 一次圧縮応力評価

種類	脚本数	材料	最高 使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F <sub>c</sub> (N)	有効細長比 λ (-)	限界細長比 Λ (-)	一次圧縮応力 σ <sub>c</sub> (MPa)	許容圧縮応力 f <sub>c</sub> (MPa)	評価

(3). 一次曲げ応力評価

種類	脚本数	材料	最高 使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F <sub>c</sub> (N)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm <sup>3</sup> )	一次曲げ応力 σ <sub>b</sub> (MPa)	許容曲げ応力 f <sub>b</sub> (MPa)	評価

〇〇ポンプ 支持構造物の強度計算説明図

## VI-3-2-14 重大事故等クラス 3 機器の強度評価方法

## 目 次

1. 概要	1
2. 重大事故等クラス3機器の強度評価方法	2
2.1 完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評価方法	2
2.2 重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評価方法	3
3. 強度評価書のフォーマット	5
3.1 強度評価書のフォーマットの概要	5
3.2 強度評価書のフォーマット	5

## 1. 概要

本書は、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、完成品を除く重大事故等クラス3機器が十分な強度を有することを確認する方法として参考にする「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）」＜第1編軽水炉規格＞J S M E S N C 1-2005/2007（日本機械学会）」（以下「設計・建設規格」という。）のクラス3機器の規定に基づく強度計算方法及び重大事故等クラス3機器のうち完成品が一般産業品の規格及び基準に適合していることを確認するための強度評価方法について説明するものであり、重大事故等クラス3機器の強度評価方法及び強度評価書のフォーマットにより構成する。

## 2. 重大事故等クラス3機器の強度評価方法

### 2.1 完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評価方法

耐圧試験による強度評価を実施する管継手については，設計・建設規格で考慮されている裕度を参考にしつつ，実条件を踏まえた耐圧試験を実施し，その結果の確認により強度評価を実施する。

#### (1) 強度評価方法

##### a. 管継手

耐圧試験による強度評価を実施する管継手については，実条件を踏まえた耐圧試験圧力まで昇圧したとき，これに耐え，著しい漏えいがないことを確認する。



## 2.2 重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評価方法

重大事故等クラス3機器のうち完成品の材料、構造及び強度が、一般産業品の規格及び基準に適合していることの確認については、以下のとおり、適用される規格及び基準が妥当であること、対象とする機器の材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認により行う。

内燃機関を有する可搬型ポンプに附属する燃料タンク、非常用発電装置（可搬型）に附属する燃料タンク及び冷却水ポンプについては、可搬型ポンプ及び非常用発電装置（可搬型）が燃料タンク等を含む一体構造品の完成品として一般産業品の規格及び基準に適合していることを確認する。また、非常用発電装置（可搬型）の一般産業品の規格及び基準への適合性の確認については、対象とする完成品が発電装置であり、「可搬形発電設備技術基準（NEGA C 331:2005）」を準用していることをVI-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」において確認していることを踏まえ、発電装置として使用条件に対する強度の確認を実施する。

### (1) 法令又は公的な規格への適合性確認

(a) 対象とする機器の使用目的、使用環境と法令又は公的な規格の使用目的、想定している使用環境を比較し、適用される規格及び基準が妥当であることを確認する。

(b-1) 法令又は公的な規格に基づく機器に適切な材料が使用され、十分な強度を有する設計であることを、以下の項目により確認する。

- イ. 対象とする機器の材料が、適用される法令又は公的な規格に基づいた材料であること。
- ロ. 対象とする機器の最高使用圧力及び最高使用温度がメーカー仕様の範囲内であること。
- ハ. 適用される法令又は公的な規格で定められている試験に合格していること。

(2) メーカー規格及び基準への適合性確認

(a) 対象とする機器の使用目的，使用環境とメーカー規格及び基準の使用目的，想定している使用環境を比較し，適用される規格及び基準が妥当であることを確認する。

(b-2) 非常用発電装置（可搬型）を除くメーカー規格及び基準に基づく機器に適切な材料が使用され，十分な強度を有する設計であることを，以下の項目により確認する。

イ. 対象とする機器の材料が，以下のいずれかに該当すること。

- ・設計・建設規格のクラス3機器に使用可能とされている材料と同種類であること
- ・機器と同様の用途の機器について規定している法令又は公的な規格で使用可能とされている材料と同種類であること。
- ・日本産業規格等に規定されている材料と同種類であって，対象とする機器の使用環境を踏まえた強度が確保できる材料であること。

ロ. 対象とする機器の最高使用圧力及び最高使用温度がメーカー仕様の範囲内であること。

ハ. 法令又は公的な規格，設計・建設規格等で定められている試験と，試験条件が同等である試験に合格していること。

(b-3) 非常用発電装置（可搬型）が使用条件に対して十分な強度を有する設計であることを，以下の項目により確認する。

イ. 「日本電機工業会規格 JEM-1354」（以下「JEM-1354」という。）等に基づいた温度試験により，対象とする非常用発電装置（可搬型）の定格負荷状態における最高使用温度が，メーカー許容値の範囲内であること。

ロ. 対象とする非常用発電装置（可搬型）の容量がメーカー仕様の範囲内であること。

### 3. 強度評価書のフォーマット

#### 3.1 強度評価書のフォーマットの概要

完成品として一般産業品の規格及び基準に基づく強度評価を実施した機器については、適用した規格及び基準への適合性を確認するために必要な条件及びその結果を記載したフォーマットとする。

#### 3.2 強度評価書のフォーマット

強度評価書のフォーマットは以下のとおりである。

##### (1) 完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

FORMAT-I 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（法令又は公的な規格）

FORMAT-II 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）

FORMAT-III 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（非常用発電装置(可搬型)）

(1) 完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

FORMAT-I

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（法令又は公的な規格）

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)

II. 法令又は公的な規格に規定されている事項

規格及び基準					
機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

III. メーカー仕様

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

IV. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認 (IとIIの使用目的及び使用環境の比較)

(b-1) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認 (IIとIIIの材料及び試験条件の比較, IとIIIの使用条件の比較)

V. 評価結果

## FORMAT-Ⅱ

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）

## I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)

## II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

7

## III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

(b-2) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，IとIIの使用条件の比較）

## IV. 評価結果

## FORMAT-III

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（非常用発電装置（可搬型））

## I. 非常用発電装置（可搬型）の使用目的及び使用環境，使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量(kVA/個)

## II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	容量(kVA/個)	メーカー許容値(°C)	規格及び基準に基づく試験

## ∞ III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

(b-3) : 使用条件に対する強度の確認（IIとJEM-1354に規定される温度試験との比較，IとIIの使用条件の比較）

## IV. 評価結果

## VI-3-3 強度計算書

## VI-3-3-1 原子炉本体の強度に関する説明書



VI-3-3-1-1 原子炉压力容器の強度計算書

VI-3-3-1-1-1 原子炉圧力容器本体の強度計算書

## 1. 概要

本計算書については、原子炉圧力容器本体のうち以下の機器の重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成5年6月17日付け4資庁第14561号にて認可された工事計画のIV-3-1-2「原子炉圧力容器の強度計算書」による。

- (1) 胴板
- (2) 上部鏡板、鏡板フランジ及び胴板フランジ
- (3) 下部鏡板
- (4) 中性子束計測ハウジング貫通孔
- (5) 制御棒駆動機構ハウジング貫通孔
- (6) 原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔(N1)
- (7) 主蒸気ノズル(N3)
- (8) 給水ノズル(N4)
- (9) 低圧注水ノズル(N6)
- (10) 上蓋スプレイ・ベントノズル(N7)
- (11) 原子炉停止時冷却材出口ノズル(N8, N10)
- (12) 原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル(N9)
- (13) 炉心支持板差圧検出ノズル(N11)
- (14) 計装ノズル(N12, N13, N14)
- (15) ドレンノズル(N15)
- (16) 高圧炉心注水ノズル(N16)
- (17) 振動計測ノズル(N18)

VI-3-3-2 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の強度に関する説明書

VI-3-3-2-1 燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の強度計算書

VI-3-3-2-1-1 使用済燃料貯蔵プールの強度計算書

まえがき

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-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」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

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 を対象と 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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
使用済燃料貯蔵プール	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	静水頭	66	静水頭	100	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

## 目 次

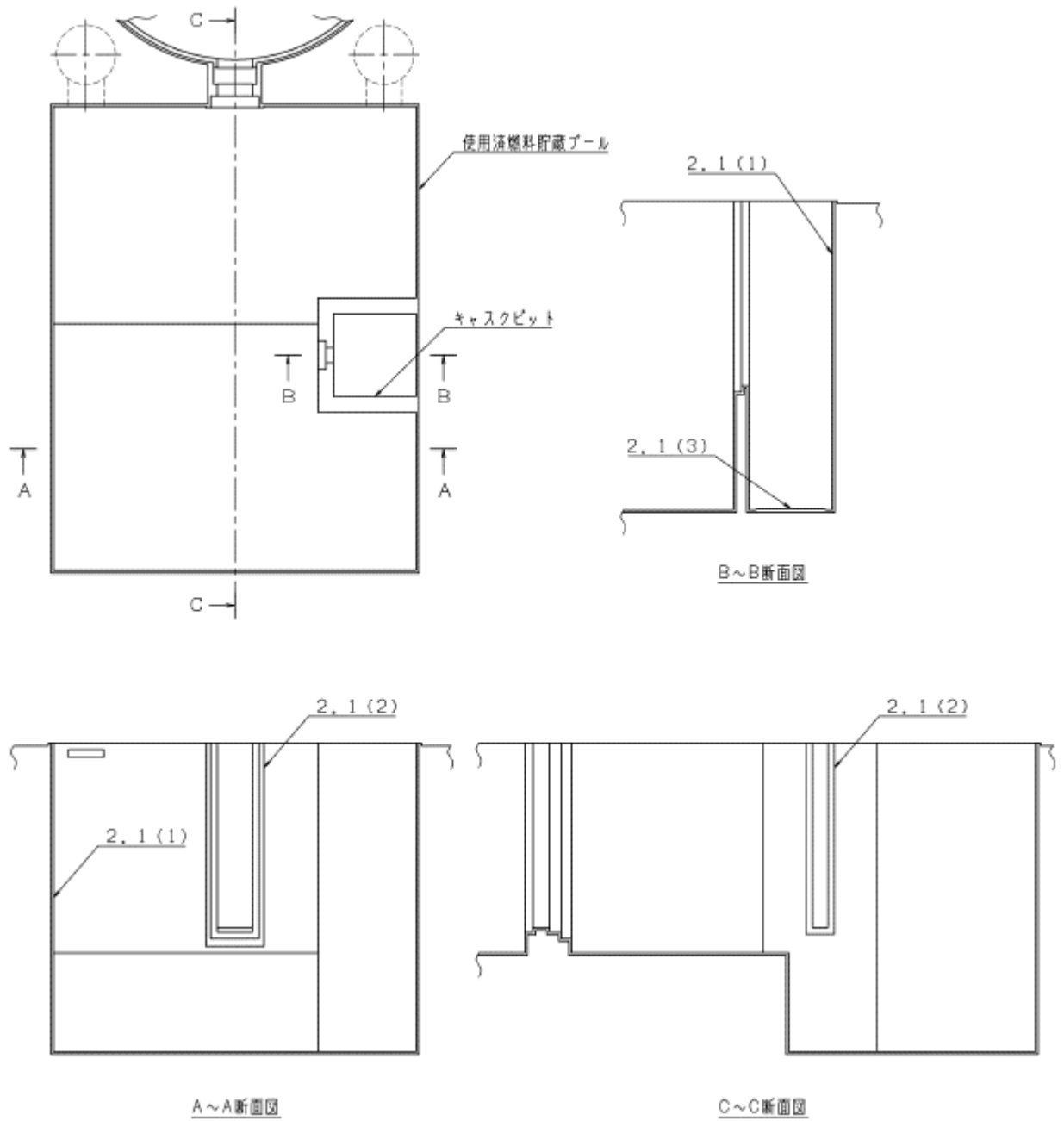
1. 計算条件 .....	1
1.1 計算部位 .....	1
1.2 設計条件 .....	1
2. 強度計算 .....	2
2.1 開放タンクの胴の厚さの計算 .....	2



1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	静水頭
最高使用温度 (°C)	100

2. 強度計算

2.1 開放タンクの胴の厚さの計算\*

設計・建設規格 PVC-3920(1)

胴板名称			(1) ライニング材
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C) —
胴の内径	$D_i$	(m)	—
液体の比重	$\rho$		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	$\eta$		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	—
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_2, t_3$ の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	6.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記\*：使用済燃料貯蔵プール（キャスクピット含む。）はコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

開放タンクの胴の厚さの計算\*

設計・建設規格 PVC-3920(1)

胴板名称			(2) ライニング材
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C) —
胴の内径	$D_i$	(m)	—
液体の比重	$\rho$		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	$\eta$		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	—
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_2, t_3$ の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	9.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記\*：使用済燃料貯蔵プール（キャスクピット含む。）はコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

開放タンクの胴の厚さの計算\*

設計・建設規格 PVC-3920(1)

胴板名称			(3) ライニング材
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C) —
胴の内径	$D_i$	(m)	—
液体の比重	$\rho$		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	$\eta$		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	—
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_2, t_3$ の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	25.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記\*：使用済燃料貯蔵プール（キャスクピット含む。）はコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

VI-3-3-2-2 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の強度計算書

VI-3-3-2-2-1 燃料プール冷却浄化系の強度計算書

VI-3-3-2-2-1-1 燃料プール冷却浄化系熱交換器の強度計算書

まえがき

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-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」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

機器名	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							SA条件	
			管側	胴側					圧力 (MPa)	温度 (℃)						圧力 (MPa)	温度 (℃)
燃料プール冷却浄化系 熱交換器	既設	有	管側	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
			胴側	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	70	1.37	70	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2



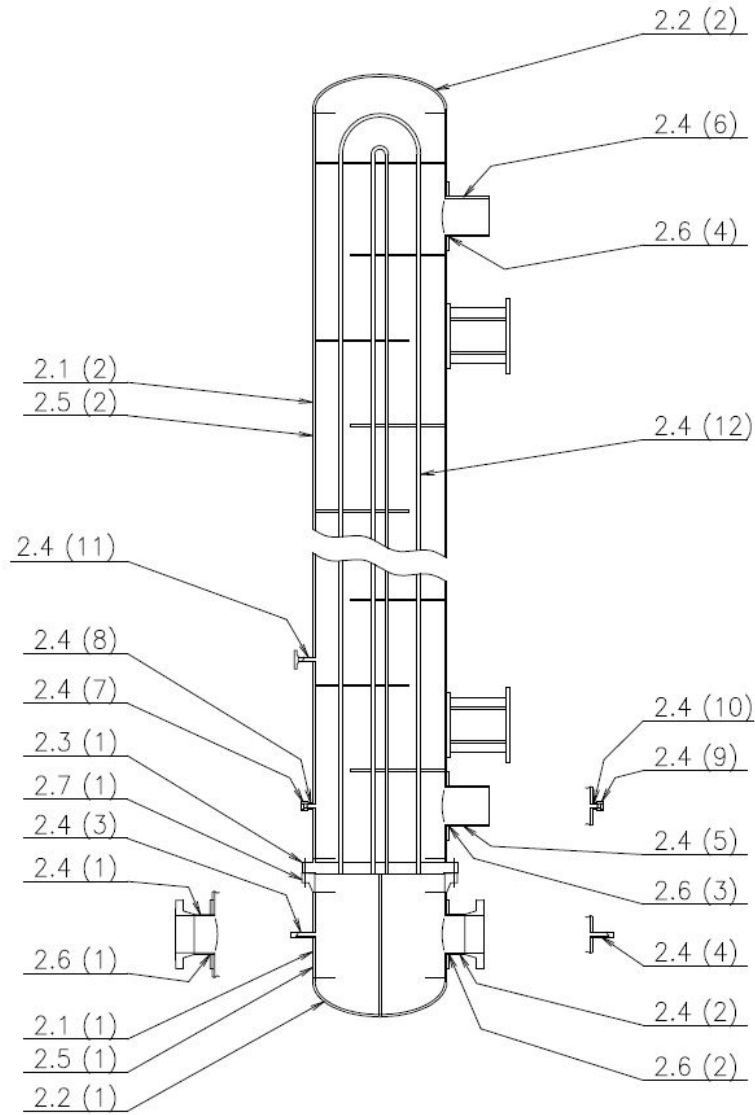
## 目 次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の鏡板の厚さの計算	4
2.3 容器の管板の厚さの計算	6
2.4 容器の管台の厚さの計算	7
2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算	19
2.6 容器の穴の補強計算	21
2.7 容器のフランジの計算	29

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次ページ以降の  
計算項目番号を示す。

図 1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	管側	1.57
	胴側	1.37
最高使用温度 (°C)	管側	77
	胴側	70

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称	(1) 管側胴板		
材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
胴の内径	$D_i$	(mm)	700.00
許容引張応力	S	(MPa)	125
継手効率	$\eta$		0.70
継手の種類	突合せ両側溶接		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	6.35
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	6.35
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	12.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称	(2) 胴側胴板		
材料	SGV410		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
胴の内径	$D_i$	(mm)	700.00
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	$\eta$		0.70
継手の種類	突合せ両側溶接		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	$t_1$	(mm)	3.00
必要厚さ	$t_2$	(mm)	6.73
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	6.73
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	12.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

2.2 容器の鏡板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称		(1) 管側鏡板
鏡板の内面における長径	$D_{iL}$ (mm)	700.00
鏡板の内面における短径の1/2	$h$ (mm)	175.00
長径と短径の比	$D_{iL}/(2 \cdot h)$	2.00
評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。		

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称		(1) 管側鏡板
材料		SUS304
最高使用圧力	$P$ (MPa)	1.57
最高使用温度	(°C)	77
胴の内径	$D_i$ (mm)	700.00
半だ円形鏡板の形状による係数K		1.00
許容引張応力	$S$ (MPa)	125
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	$t_1$ (mm)	4.43
必要厚さ	$t_2$ (mm)	4.41
$t_1, t_2$ の大きい値	$t$ (mm)	4.43
呼び厚さ	$t_{co}$ (mm)	12.00
最小厚さ	$t_c$ (mm)	
評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。		

容器の鏡板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称		(2) 胴側鏡板
鏡板の内面における長径 $D_{iL}$ (mm)		700.00
鏡板の内面における短径の1/2 $h$ (mm)		175.00
長径と短径の比 $D_{iL}/(2 \cdot h)$		2.00
評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。		

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称		(2) 胴側鏡板
材料		SGV410
最高使用圧力 $P$ (MPa)		1.37
最高使用温度 (°C)		70
胴の内径 $D_i$ (mm)		700.00
半だ円形鏡板の形状による係数 $K$		1.00
許容引張応力 $S$ (MPa)		103
継手効率 $\eta$		1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ $t_1$ (mm)		4.70
必要厚さ $t_2$ (mm)		4.67
$t_1, t_2$ の大きい値 $t$ (mm)		4.70
呼び厚さ $t_{co}$ (mm)		12.00
最小厚さ $t_c$ (mm)		
評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。		

### 2.3 容器の管板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3510(1)

管穴の中心間距離

管板名称			(1) 管板
管の外径	$d_t$	(mm)	
必要な距離	$z$	(mm)	
管穴の中心間距離	$P_t$	(mm)	25.00
評価： $P_t \geq z$ ，よって十分である。			

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3510(2)

管板の厚さ

管板名称			(1) 管板
材料			SUSF304
最高使用圧力	$P$	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
パッキンの中心円の径又は胴の内径	$D$	(mm)	742.18
管及び管板の支え方 による係数	$F$		1.25 (伝熱管の形式：U字管)
管板の支え方			管側胴と一体でない。
任意の管の中心が囲む面積	$A$	(mm <sup>2</sup> )	$3.401 \times 10^5$
面積Aの周のうち穴の 径以外の部分の長さ	$L$	(mm)	471.35
許容引張応力	$S$	(MPa)	125
必要厚さ	$t_1$	(mm)	51.99
必要厚さ	$t_2$	(mm)	10.67
$t_1, t_2, 10$ の大きい値	$t$	(mm)	51.99
呼び厚さ	$t_{bo}$	(mm)	59.00*
最小厚さ	$t_b$	(mm)	
評価： $t_b \geq t$ ，よって十分である。			

注記\*：強度計算上、最も板厚の薄いフランジ面にて評価を行う。

(管郡部呼び厚さ：65.00mm)

## 2.4 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 管側入口		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
管台の外径	$D_o$	(mm)	216.30
許容引張応力	S	(MPa)	125
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.36
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_3$ の大きい値	t	(mm)	1.36
呼び厚さ	$t_{no}$	(mm)	8.20
最小厚さ	$t_n$	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			



容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(2) 管側出口		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	216.30
許容引張応力	S	(MPa)	125
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	1.36
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	1.36
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	8.20
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(3) 管側ベント		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	125
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.17
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.17
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	3.90
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(4) 管側ドレン		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	125
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.17
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.17
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	3.90
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(5) 胴側入口		
材料	STS410-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	216.30
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	1.43
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	3.80
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	8.20
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
設計・建設規 PVC-3610

管台名称	(6) 胴側出口		
材料	STS410-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	216.30
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	1.43
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	3.80
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	8.20
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(7) 胴側ベント		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	46.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.27
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.27
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	9.15
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(8) 胴側ベント		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.20
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.20
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	5.50
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(9) 胴側ドレン		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	46.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.27
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.27
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	9.15
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			



容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(10) 胴側ドレン		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.20
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.20
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	5.50
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(11) 胴側逃がし弁		
材料	STS410-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.18
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	1.70
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	3.90
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(12) 伝熱管		
材料	SUS304TB-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
外面に受ける最高の圧力	$P_e$	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	77
管台の外径	$D_o$	(mm)	
許容引張応力	S	(MPa)	125
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	$t_1$	(mm)	0.12
必要厚さ	$t_2$	(mm)	0.48
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	0.48
呼び厚さ	$t_{t.o}$	(mm)	
最小厚さ	$t_t$	(mm)	
評価： $t_t \geq t$ ，よって十分である。			

2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格 PVC-3150(2)

胴板名称			(1) 管側胴板
材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度			77
胴の外径	D	(mm)	724.00
許容引張応力	S	(MPa)	125
胴板の最小厚さ	$t_s$	(mm)	
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$		(mm)	
61, $d_{r1}$ の小さい値		(mm)	
K			
$D \cdot t_s$		(mm <sup>2</sup> )	
200, $d_{r2}$ の小さい値		(mm)	120.16
補強を要しない穴の最大径		(mm)	120.16
評価：補強の計算を要する穴の名称			管側入口(2.6(1)) 管側出口(2.6(2))

容器の補強を要しない穴の最大径の計算  
 設計・建設規格 PVC-3150(2)

胴板名称	(2) 胴側胴板	
材料	SGV410	
最高使用圧力	P (MPa)	1.37
最高使用温度	(°C)	70
胴の外径	D (mm)	724.00
許容引張応力	S (MPa)	103
胴板の最小厚さ	$t_s$ (mm)	
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	—	
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$	(mm)	
61, $d_{r1}$ の小さい値	(mm)	
K		
$D \cdot t_s$	(mm <sup>2</sup> )	
200, $d_{r2}$ の小さい値	(mm)	128.73
補強を要しない穴の最大径	(mm)	128.73
評価：補強の計算を要する穴の名称	胴側入口(2.6(3)) 胴側出口(2.6(4))	

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

部材名称			(1) 管側入口
胴板材料			SUS304
管台材料			SUS304TP-S
強め板材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
胴板の許容引張応力	$S_s$	(MPa)	125
管台の許容引張応力	$S_n$	(MPa)	125
強め板の許容引張応力	$S_e$	(MPa)	125
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	$d_w$	(mm)	220.30
胴板の最小厚さ	$t_s$	(mm)	
管台の最小厚さ	$t_n$	(mm)	
胴板の継手効率	$\eta$		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	$D_i$	(mm)	700.00
胴板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	4.43
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$	(mm)	
穴の補強に必要な面積	$A_r$	(mm <sup>2</sup> )	
補強の有効範囲	$X_1$	(mm)	
補強の有効範囲	$X_2$	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	$Y_1$	(mm)	
強め板の最小厚さ	$t_e$	(mm)	
強め板の外径	$B_e$	(mm)	370.00
管台の外径	$D_{on}$	(mm)	216.30
溶接寸法	$L_1$	(mm)	8.50
溶接寸法	$L_2$	(mm)	5.80
胴板の有効補強面積	$A_1$	(mm <sup>2</sup> )	
管台の有効補強面積	$A_2$	(mm <sup>2</sup> )	
すみ肉溶接部の有効補強面積	$A_3$	(mm <sup>2</sup> )	105.9
強め板の有効補強面積	$A_4$	(mm <sup>2</sup> )	
補強に有効な総面積	$A_0$	(mm <sup>2</sup> )	
評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

部材名称	(1) 管側入口
大きい穴の補強	
補強を要する穴の限界径 $d_j$ (mm)	350.00
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。	
溶接部にかかる荷重 $W_1$ (N)	
溶接部にかかる荷重 $W_2$ (N)	
溶接部の負うべき荷重 $W$ (N)	
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 W E L D - 16

部材名称			(2) 管側出口
胴板材料			SUS304
管台材料			SUS304TP-S
強め板材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.57
最高使用温度		(°C)	77
胴板の許容引張応力	$S_s$	(MPa)	125
管台の許容引張応力	$S_n$	(MPa)	125
強め板の許容引張応力	$S_e$	(MPa)	125
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	$d_w$	(mm)	220.30
胴板の最小厚さ	$t_s$	(mm)	
管台の最小厚さ	$t_n$	(mm)	
胴板の継手効率	$\eta$		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	$D_i$	(mm)	700.00
胴板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	4.43
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$	(mm)	
穴の補強に必要な面積	$A_r$	(mm <sup>2</sup> )	
補強の有効範囲	$X_1$	(mm)	
補強の有効範囲	$X_2$	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	$Y_1$	(mm)	
強め板の最小厚さ	$t_e$	(mm)	
強め板の外径	$B_e$	(mm)	370.00
管台の外径	$D_{on}$	(mm)	216.30
溶接寸法	$L_1$	(mm)	8.50
溶接寸法	$L_2$	(mm)	5.80
胴板の有効補強面積	$A_1$	(mm <sup>2</sup> )	
管台の有効補強面積	$A_2$	(mm <sup>2</sup> )	
すみ肉溶接部の有効補強面積	$A_3$	(mm <sup>2</sup> )	105.9
強め板の有効補強面積	$A_4$	(mm <sup>2</sup> )	
補強に有効な総面積	$A_0$	(mm <sup>2</sup> )	
評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			



部材名称	(2) 管側出口
大きい穴の補強	
補強を要する穴の限界径 $d_j$ (mm)	350.00
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。	
溶接部にかかる荷重 $W_1$ (N)	
溶接部にかかる荷重 $W_2$ (N)	
溶接部の負うべき荷重 $W$ (N)	
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 W E L D - 16

部材名称			(3) 胴側入口
胴板材料			SGV410
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV410
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
胴板の許容引張応力	$S_s$	(MPa)	103
管台の許容引張応力	$S_n$	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	$S_e$	(MPa)	103
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	$d_w$	(mm)	220.30
胴板の最小厚さ	$t_s$	(mm)	
管台の最小厚さ	$t_n$	(mm)	
胴板の継手効率	$\eta$		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	$D_i$	(mm)	700.00
胴板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	4.70
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$	(mm)	
穴の補強に必要な面積	$A_r$	(mm <sup>2</sup> )	
補強の有効範囲	$X_1$	(mm)	
補強の有効範囲	$X_2$	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	$Y_1$	(mm)	
強め板の最小厚さ	$t_e$	(mm)	
強め板の外径	$B_e$	(mm)	370.00
管台の外径	$D_{on}$	(mm)	216.30
溶接寸法	$L_1$	(mm)	8.50
溶接寸法	$L_2$	(mm)	5.80
胴板の有効補強面積	$A_1$	(mm <sup>2</sup> )	
管台の有効補強面積	$A_2$	(mm <sup>2</sup> )	
すみ肉溶接部の有効補強面積	$A_3$	(mm <sup>2</sup> )	105.9
強め板の有効補強面積	$A_4$	(mm <sup>2</sup> )	
補強に有効な総面積	$A_0$	(mm <sup>2</sup> )	
評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

部材名称	(3) 胴側入口
大きい穴の補強	
補強を要する穴の限界径 $d_j$ (mm)	350.00
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。	
溶接部にかかる荷重 $W_1$ (N)	
溶接部にかかる荷重 $W_2$ (N)	
溶接部の負うべき荷重 $W$ (N)	
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

部材名称			(4) 胴側出口
胴板材料			SGV410
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV410
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	70
胴板の許容引張応力	$S_s$	(MPa)	103
管台の許容引張応力	$S_n$	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	$S_e$	(MPa)	103
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	$d_w$	(mm)	220.30
胴板の最小厚さ	$t_s$	(mm)	
管台の最小厚さ	$t_n$	(mm)	
胴板の継手効率	$\eta$		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	$D_i$	(mm)	700.00
胴板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	4.70
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$	(mm)	
穴の補強に必要な面積	$A_r$	(mm <sup>2</sup> )	
補強の有効範囲	$X_1$	(mm)	
補強の有効範囲	$X_2$	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	$Y_1$	(mm)	
強め板の最小厚さ	$t_e$	(mm)	
強め板の外径	$B_e$	(mm)	370.00
管台の外径	$D_{on}$	(mm)	216.30
溶接寸法	$L_1$	(mm)	8.50
溶接寸法	$L_2$	(mm)	5.80
胴板の有効補強面積	$A_1$	(mm <sup>2</sup> )	
管台の有効補強面積	$A_2$	(mm <sup>2</sup> )	
すみ肉溶接部の有効補強面積	$A_3$	(mm <sup>2</sup> )	105.9
強め板の有効補強面積	$A_4$	(mm <sup>2</sup> )	
補強に有効な総面積	$A_0$	(mm <sup>2</sup> )	
評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

部材名称	(4) 胴側出口	
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径 $d_j$ (mm)	350.00	
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。		
溶接部にかかる荷重 $W_1$ (N)		
溶接部にかかる荷重 $W_2$ (N)		
溶接部の負うべき荷重 $W$ (N)		
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

2.7 容器のフランジの計算

設計・建設規格 PVC-3710

(JIS B 8265 附属書3適用)

(内圧を受けるフランジ)

参照附図 FLANGE-2 一体形フランジ

フランジ名称		(1) 管側フランジ	
フランジ材料		SUSF304	
胴又は管台材料		SUS304	
ボルト材料		SNB7 (直径 63mm 以下)	
ガスケット材料		石綿ジョイントシート	
ガスケット厚さ (mm)		3.0	
ガスケット座面の形状		1a-II	
最高使用圧力 P (MPa)		1.57	
許容引張応力	温度条件 (°C)	最高使用温度 (使用状態) (77)	常温 (ガスケット締付時) (20)
	ボルト (MPa)	$\sigma_b = 173$	$\sigma_a = 173$
	フランジ (MPa)	$\sigma_f = 125$	$\sigma_{fa} = 129$
	胴又は管台 (MPa)	$\sigma_n = 125$	$\sigma_{na} = 129$
フランジの外径 A (mm)	840.00		
フランジの内径 B (mm)	700.00		
ボルト中心円の直径 C (mm)	800.00		
ガスケット有効径 G (mm)	742.18		
ハブ先端の厚さ $g_0$ (mm)	12.00		
フランジ背面のハブの厚さ $g_1$ (mm)	20.00		
ハブの長さ h (mm)	50.00		
ボルト呼び	M20		
ボルト本数 n	32		
ボルト谷径 $d_b$ (mm)	17.294		
ガスケット接触面の外径 $G_s$ (mm)	760.00		
ガスケット接触面の幅 N (mm)	25.00		
ガスケット係数 m	2.00		
最小設計締付圧力 y (N/mm <sup>2</sup> )	11.00		
ガスケット座の基本幅 $b_0$ (mm)	12.50		
ガスケット座の有効幅 b (mm)	8.91		
内圧による全荷重 H (N)	$6.792 \times 10^5$		
ガスケットに加える圧縮力 $H_p$ (N)	$1.305 \times 10^5$		
使用状態での最小ボルト荷重 $W_{m1}$ (N)	$8.097 \times 10^5$		
ガスケット締付最小ボルト荷重 $W_{m2}$ (N)	$2.285 \times 10^5$		
ボルトの所要総有効断面積	使用状態 $A_{m1}$ (mm <sup>2</sup> )	$4.680 \times 10^3$	
	ガスケット締付時 $A_{m2}$ (mm <sup>2</sup> )	$1.321 \times 10^3$	
	いずれか大きい値 $A_m$ (mm <sup>2</sup> )	$4.680 \times 10^3$	
実際のボルト総有効断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$7.517 \times 10^3$		
評価: $A_b > A_m$ , よって十分である。			

フランジ名称		(1) 管側フランジ	
ボルト荷重	使用状態	$W_o$ (N)	$8.097 \times 10^5$
	ガスケット締付時	$W_g$ (N)	$1.055 \times 10^6$
距離	R	(mm)	30.00
荷重	(N)	$H_D =$	$6.042 \times 10^5$
		$H_G =$	$1.305 \times 10^5$
		$H_T =$	$7.501 \times 10^4$
モーメントアーム	(mm)	$h_D =$	40.00
		$h_G =$	28.91
		$h_T =$	39.46
モーメント	(N・mm)	$M_D =$	$2.417 \times 10^7$
		$M_G =$	$3.772 \times 10^6$
		$M_T =$	$2.959 \times 10^6$
フランジに作用するモーメント	使用状態	(N・mm)	$M_o = 3.090 \times 10^7$
	ガスケット締付時	(N・mm)	$M_g = 3.050 \times 10^7$
形状係数	$h_o$	(mm)	91.65
係数	$h/h_o$		0.5455
係数	$g_1/g_o$		1.6667
ハブ応力修正係数	f		1.0000
係数	F		0.8307
係数	V		0.2659
フランジの内外径の比	K		1.2000
係数	T		1.8390
係数	U		11.8127
係数	Y		10.7496
係数	Z		5.5455
係数	d	(mm <sup>3</sup> )	$5.8632 \times 10^5$
係数	e	(mm <sup>-1</sup> )	$9.0637 \times 10^{-3}$
フランジの厚さ	t	(mm)	50.00
係数	L		1.0034
使用状態におけるフランジの強さ			
応力	(MPa)	計算値	許容引張応力
ハブの軸方向応力	$\sigma_H$	110	$1.5 \cdot \sigma_f = 187$ $2.5 \cdot \sigma_n = 312$
フランジの半径方向応力	$\sigma_R$	29	$\sigma_f = 125$
フランジの周方向応力	$\sigma_T$	34	$\sigma_f = 125$
組合せ応力	$(\sigma_H + \sigma_R)/2$	69	$\sigma_f = 125$
	$(\sigma_H + \sigma_T)/2$	72	$\sigma_f = 125$
ガスケット締付時のフランジの強さ			
応力	(MPa)	計算値	許容引張応力
ハブの軸方向応力	$\sigma_H$	109	$1.5 \cdot \sigma_{fa} = 193$ $2.5 \cdot \sigma_{na} = 322$
フランジの半径方向応力	$\sigma_R$	28	$\sigma_{fa} = 129$
フランジの周方向応力	$\sigma_T$	33	$\sigma_{fa} = 129$
組合せ応力	$(\sigma_H + \sigma_R)/2$	69	$\sigma_{fa} = 129$
	$(\sigma_H + \sigma_T)/2$	71	$\sigma_{fa} = 129$
応力の評価 :	$\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_f, 2.5 \cdot \sigma_n)$ $\sigma_R \leq \sigma_f$ $\sigma_T \leq \sigma_f$ $(\sigma_H + \sigma_R)/2 \leq \sigma_f$ $(\sigma_H + \sigma_T)/2 \leq \sigma_f$ 以上より十分である。	$\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_{fa}, 2.5 \cdot \sigma_{na})$ $\sigma_R \leq \sigma_{fa}$ $\sigma_T \leq \sigma_{fa}$ $(\sigma_H + \sigma_R)/2 \leq \sigma_{fa}$ $(\sigma_H + \sigma_T)/2 \leq \sigma_{fa}$	

VI-3-3-2-2-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの強度計算書



## まえがき

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-3-2-10「重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法」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

機器名	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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
燃料プール冷却浄化系 ポンプ	既設	有	有	Non	Non	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

## 目 次

1. 計算条件	1
1.1 ポンプ形式	1
1.2 計算部位	1
1.3 設計条件	2
2. 強度計算	2
2.1 ケーシングの厚さ	2
2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	2
2.3 ケーシングの各部形状	3
2.4 ケーシングカバーの厚さ	4
2.5 ボルトの平均引張応力	4
2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ	5

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

片吸込1重うず巻ポンプであって、ケーシングが軸垂直割りであるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

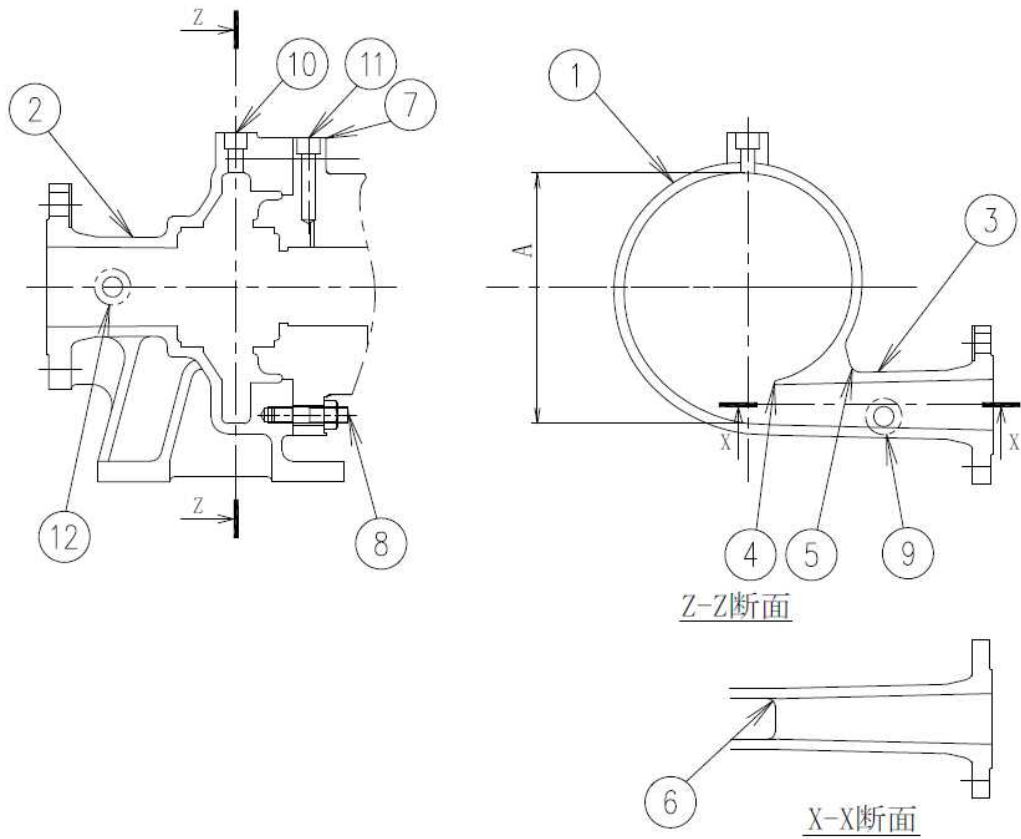


図 1-1 概要図

1.3 設計条件

設計条件	
最高使用圧力 (MPa)	1.57
最高使用温度 (°C)	77

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3320

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
①	<input type="text"/>	1.57	<input type="text"/>	<input type="text"/>

t (mm)	t <sub>so</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)
7.1	15.0	<input type="text"/>

評価：  $t_s \geq t$ ，よって十分である。

2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格 PMC-3330

(単位：mm)



計算部位	r <sub>i</sub>	r <sub>m</sub>	ℓ	t	t <sub>lo</sub>	t <sub>ℓ</sub>
②	<input type="text"/>	79.1	11.8	7.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③	<input type="text"/>	79.1	11.8	7.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>

評価：  $t_{\ell} \geq t$ ，よって十分である。

## 2.3 ケーシングの各部形状

### (1) ポリユート巻始めの丸みの半径



設計・建設規格 PMC-3340(4) (単位：mm)

計算部位	$r_3$	$r_{3s0}$	$r_{3s}$
④	0.4		

評価： $r_{3s} \geq r_3$ ，よって十分である。

### (2) クロッチの丸みの半径



設計・建設規格 PMC-3340(5) (単位：mm)

計算部位	$r_4$	$r_{4s0}$	$r_{4s}$
⑤	2.2		

評価： $r_{4s} \geq r_4$ ，よって十分である。

### (3) ポリユート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径

告示第501号第77条第7項第6号 (単位：mm)

計算部位	$r_5$	$r_{5s0}$	$r_{5s}$
⑥	7.0		

評価： $r_{5s} \geq r_5$ ，よって十分である。

2.4 ケーシングカバーの厚さ

告示第501号第77条第5項第1号

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	平板形	
				d (mm)	K
⑦	<input type="text"/>	1.57	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

t (mm)	t <sub>so</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)
20.3	<input type="text"/>	<input type="text"/>

評価：  $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.5 ボルトの平均引張応力

設計・建設規格 PMC-3510

計算部位	材料	P (MPa)	S <sub>b</sub> (MPa)	d <sub>b</sub> (mm)	n	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )
⑧	<input type="text"/>	1.57	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G <sub>s</sub> (mm)	G (mm)	D <sub>g</sub> (mm)
セルフシール ガスケット (ゴム)	—	—	—	—	<input type="text"/>

H (N)	H <sub>p</sub> (N)	W <sub>m1</sub> (N)	W <sub>m2</sub> (N)	W (N)	σ (MPa)
<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	33

評価：  $\sigma \leq S_b$ ， よって十分である。

2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ

設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D <sub>o</sub> (mm)
⑨		1.57		
⑩		1.57		
⑪		1.57		
⑫		1.57		

継手の種類	放射線透過試験の有無	$\eta$
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00

t (mm)	t <sub>so</sub> (mm)	t <sub>s</sub> (mm)
0.2		
0.2		
0.2		
0.2		

評価：  $t_s \geq t$ ， よって十分である。

VI-3-3-2-2-1-3 スキマサージタンクの強度計算書



まえがき

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-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」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

機器名	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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
スキマサージタンク	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	静水頭	66	静水頭	77	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

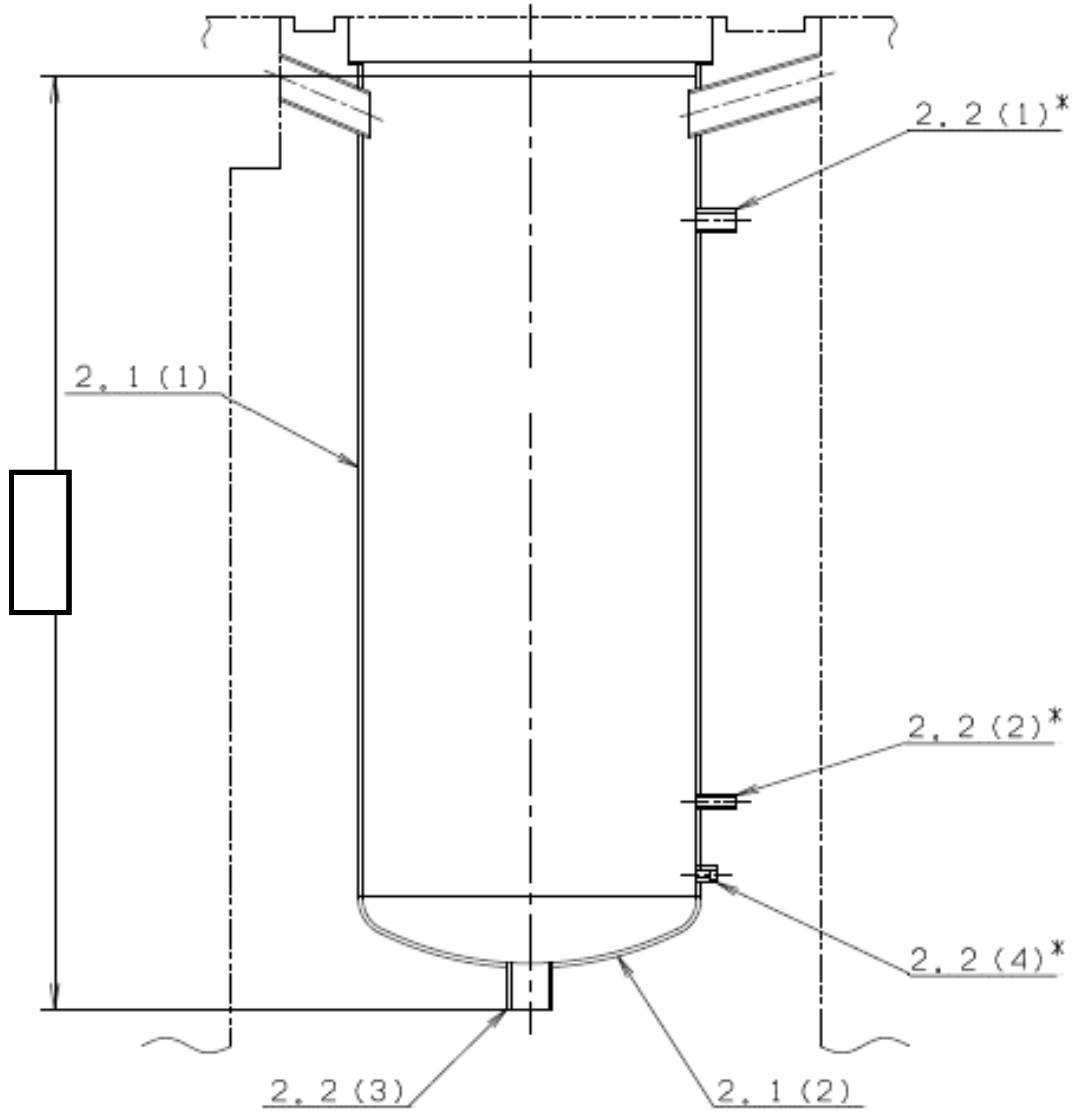
## 目 次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 開放タンクの胴の厚さの計算	2
2.2 開放タンクの管台の厚さの計算	4

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



(単位：mm)

注記\*：本管台はBタンクのみ設置

注：注記なき寸法は公称値を示す。

図中の番号は次頁以降の計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	静水頭
最高使用温度 (°C)	77

2. 強度計算

2.1 開放タンクの胴の厚さの計算\*

設計・建設規格 PVC-3920(1)

胴板名称			(1) ライニング材
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C) —
胴の内径	$D_i$	(m)	—
液体の比重	$\rho$		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	$\eta$		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	—
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_2, t_3$ の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	$t_{so}$	(mm)	6.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記\*：スキマサージタンクはコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

開放タンクの胴の厚さの計算\*

設計・建設規格 PVC-3920(1)

胴板名称			(2) 底板
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C) —
胴の内径	$D_i$	(m)	—
液体の比重	$\rho$		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	$\eta$		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	—
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_2, t_3$ の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	8.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記\*：スキマサージタンクはコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

## 2.2 開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(1) スカッパー戻り配管
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			77
管台の内径	$D_i$	(m)	
液体の比重	$\rho$		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	$\eta$		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	$t_1$	(mm)	0.04
必要厚さ	$t_2$	(mm)	3.50
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	$t_{no}$	(mm)	
最小厚さ	$t_n$	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(2) 補給水管
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			77
管台の内径	$D_i$	(m)	
液体の比重	$\rho$		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	$\eta$		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	$t_1$	(mm)	0.02
必要厚さ	$t_2$	(mm)	3.50
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	$t_{no}$	(mm)	
最小厚さ	$t_n$	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

K6 ① VI-3-3-2-2-1-3 R0

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(3) 出口配管
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			77
管台の内径	$D_i$	(m)	
液体の比重	$\rho$		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	$\eta$		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	$t_1$	(mm)	0.08
必要厚さ	$t_2$	(mm)	3.50
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	$t_{no}$	(mm)	
最小厚さ	$t_n$	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			



開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(4) 計装用配管
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			77
管台の内径	$D_i$	(m)	
液体の比重	$\rho$		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	$\eta$		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	$t_1$	(mm)	0.01
必要厚さ	$t_2$	(mm)	2.20
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	2.20
呼び厚さ	$t_{no}$	(mm)	
最小厚さ	$t_n$	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

K6 ① VI-3-3-2-2-1-3 ROE

VI-3-3-2-2-1-4 管の強度計算書

VI-3-3-2-2-1-4-1 管の基本板厚計算書

## まえがき

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

管 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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	静水頭	66	静水頭	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

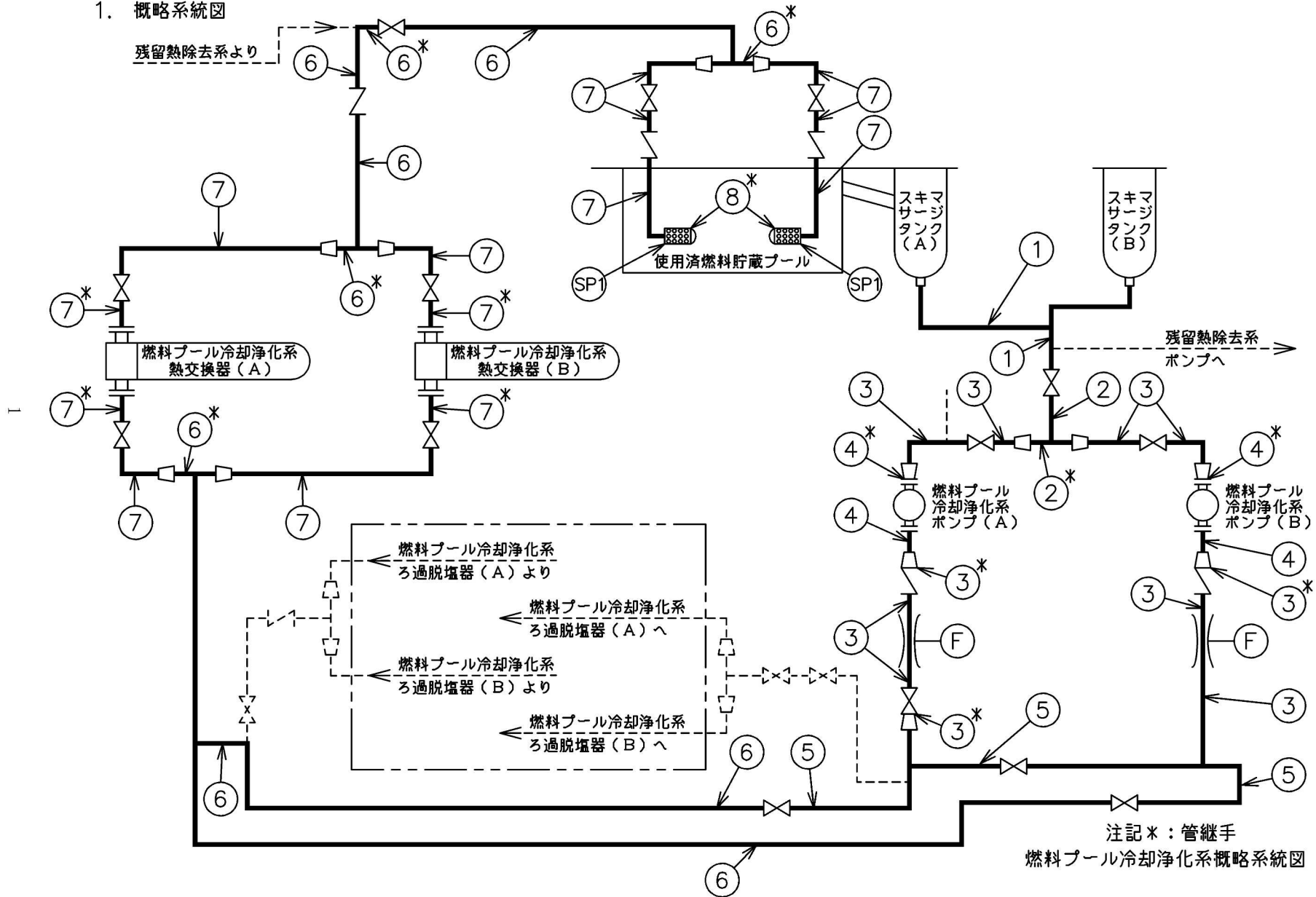
・適用規格の選定

管 No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

## 目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2
3. 管の穴と補強計算書	3

1. 概略系統図





## 2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	$\eta$	Q	t s (mm)	t (mm)	算 式	t r (mm)
1	静水頭	77	318.50	10.30	SUS304TP	S	2	—	—	12.5%	9.01	—	—	—
2	1.57	77	318.50	10.30	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	9.01	2.42	C	3.80
3	1.57	77	216.30	8.20	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	7.17	1.64	C	3.80
4	1.57	77	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	6.21	1.26	C	3.80
5	1.57	77	267.40	9.30	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	8.13	2.03	C	3.80
6	1.57	77	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	125	1.00	12.5%	8.13	1.67	A	1.67
7	1.57	77	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	125	1.00	12.5%	7.17	1.36	A	1.36
8	1.57	77	216.30	8.20	SUS304	S	2	125	1.00	12.5%	7.17	1.36	A	1.36

評価：t s  $\geq$  t r, よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

NO. SP1

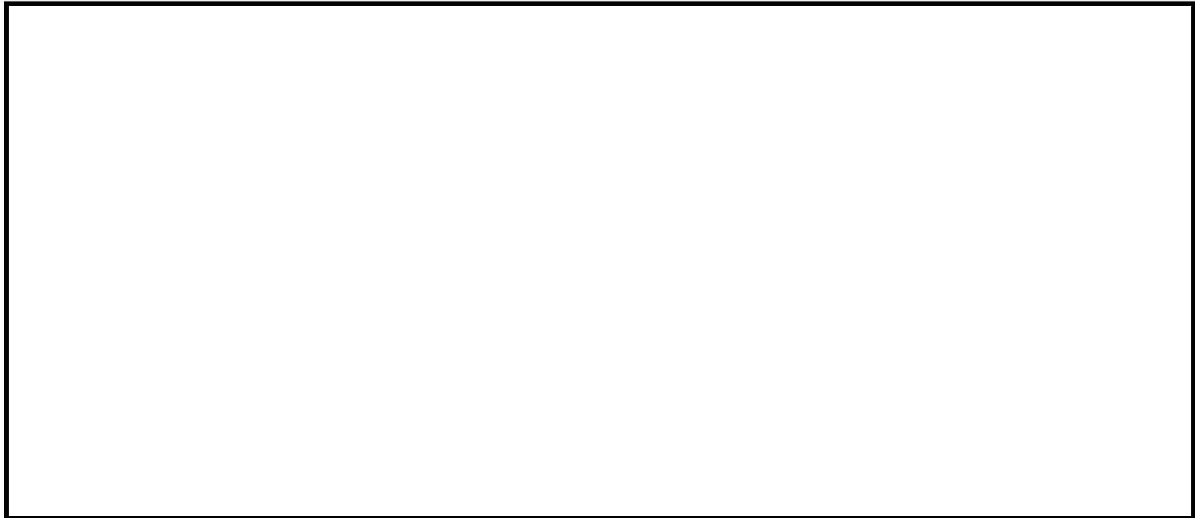


図 3-1 穴部詳細及び穴部断面

(1) 設計・建設規格 PPC-3424(1) により，穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ： $t_{rr}$

$$\begin{aligned} t_{rr} &= \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \\ &= \frac{1.57 \times 216.30}{2 \times 125 \times 1.00 + 0.8 \times 1.57} \\ &= 1.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

ここで

$P$	: 最高使用圧力（内圧）	1.57	(MPa)
	最高使用温度	77	(°C)
$D_{or}$	: 主管の外径	216.30	(mm)
$S_r$	: 主管の材料の許容引張応力	125	(MPa)
	主管材料	SUS304TP	
$\eta$	: 継手の効率	1.00	

b. 穴の補強に必要な面積： $A_r$

$$\begin{aligned} A_r &= 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha) \\ &= 1.07 \times \boxed{\phantom{000}} \times 1.36 \times (2 - \boxed{\phantom{000}}) \\ &= 22.12 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここで

$d$  : 断面に現われる穴の径  $\boxed{\phantom{000}}$  (mm)  
 (= 公称穴径  $\boxed{\phantom{000}}$  + 穴径公差  $\boxed{\phantom{000}}$ )  
 $\alpha$  : 分岐管の中心線と主管の中心線との交角  
 $\boxed{\phantom{000}}$  (°)

c. 穴の補強に有効な面積の総和： $A_o$

$$\begin{aligned} A_o &= (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \\ &= (1.00 \times 7.17 - 1.00 \times 1.36) \times (2 \times \boxed{\phantom{000}} - \boxed{\phantom{000}}) \\ &= 88.31 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここで

$t_{ro}$  : 主管の公称厚さ 8.20 (mm)  
 $Q_r$  : 主管の厚さの負の許容差 12.5 (%)  
 $t_r$  : 主管の最小厚さ 7.17 (mm)

$$t_r = t_{ro} \cdot \left(1 - \frac{Q_r}{100}\right)$$

$F$  : 設計・建設規格 PPC-3424(1)b. より求めた値 1.00

$L_A$  : 補強に有効な範囲 (次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値)

$$L_A = d = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}$$

$$L_A = d / 2 + t_r + t_b = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}$$

(管台無し  $t_b$  : 管台の最小厚さ = 0.0 mm)

よって  $L_A = \boxed{\phantom{000}}$  (mm)

d. 評価

$A_o > A_r$ , よって穴の補強は十分である。

(2) 設計・建設規格 PPC-3424(4) により、大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径： $d_{frD}$

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{216.30 - 2 \times 7.17}{2} \\ &= 100.98 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b. 評価

$d \leq d_{frD}$ ，よって大穴の補強計算は必要ない。  
以上より十分である。

VI-3-3-2-2-1-4-2 管の応力計算書

まえがき

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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
FPC-001	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FPC-002	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FPC-003	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FPC-004	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FPC-005	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KFPC-207	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	静水頭	66	静水頭	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KFPC-207	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KFPC-251	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KFPC-252	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KFPC-253	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

## 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	18
3.1 設計条件	18
3.2 材料及び許容応力	25
4. 評価結果	27
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	29



## 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、燃料プール冷却浄化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。


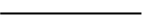
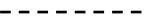
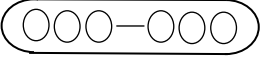

### (1) 管

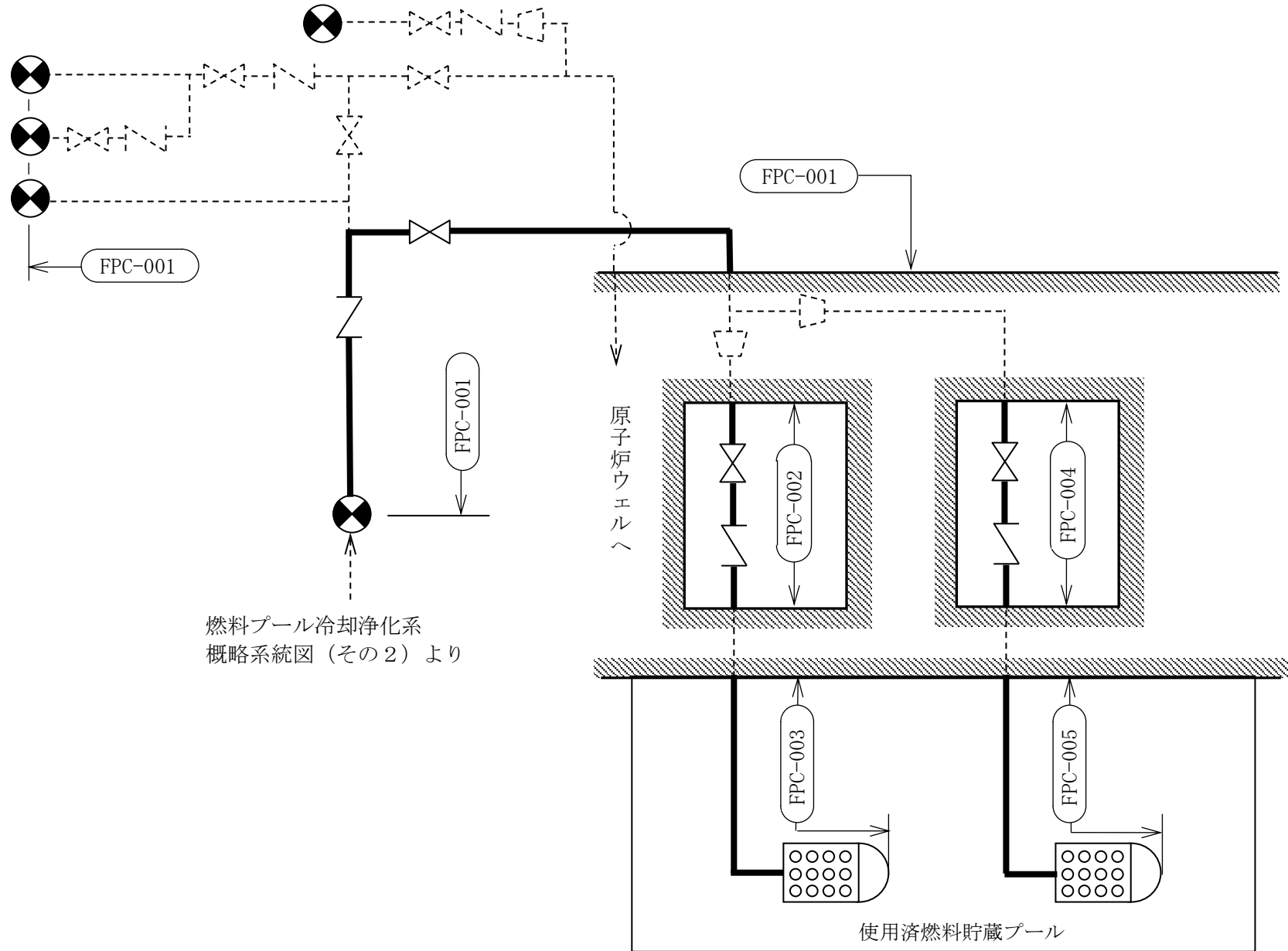
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全9モデルのうち、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

## 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

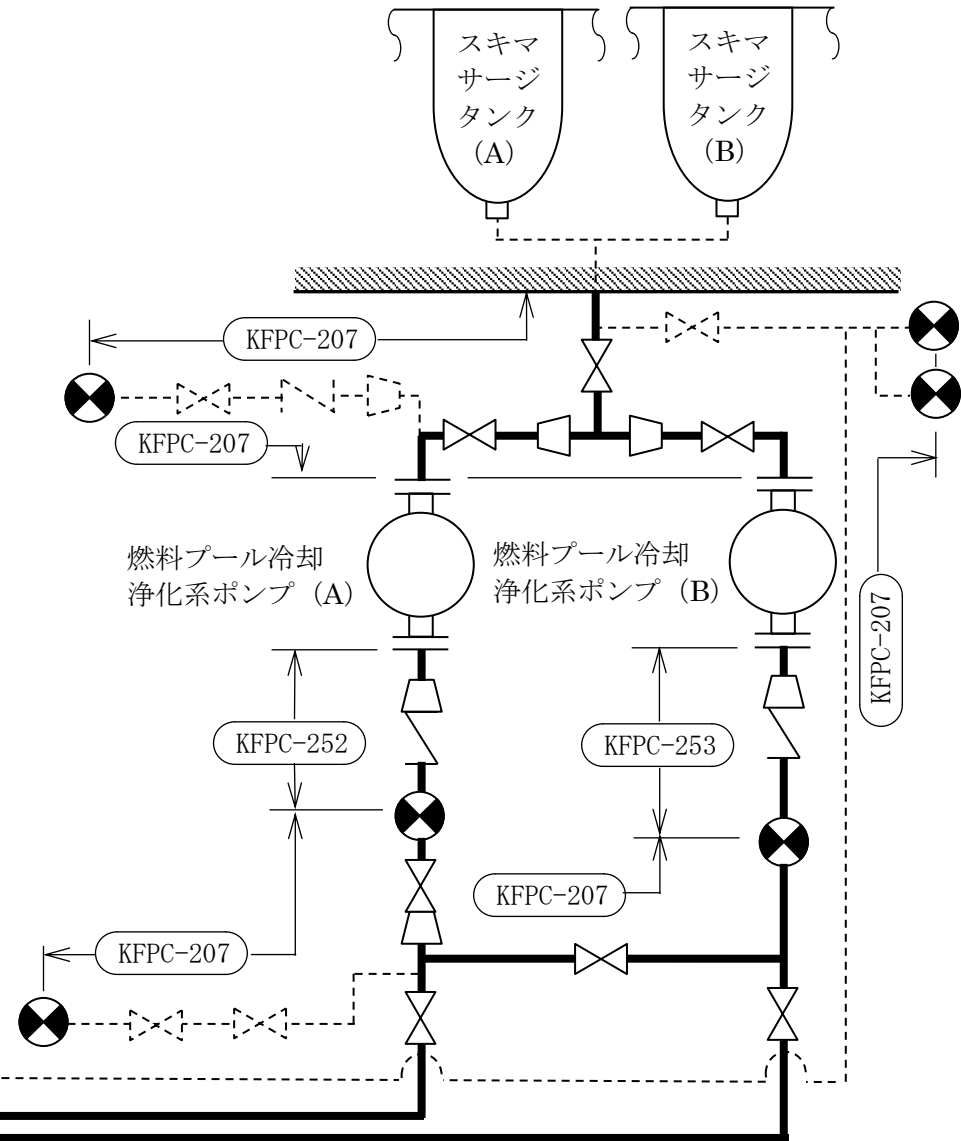
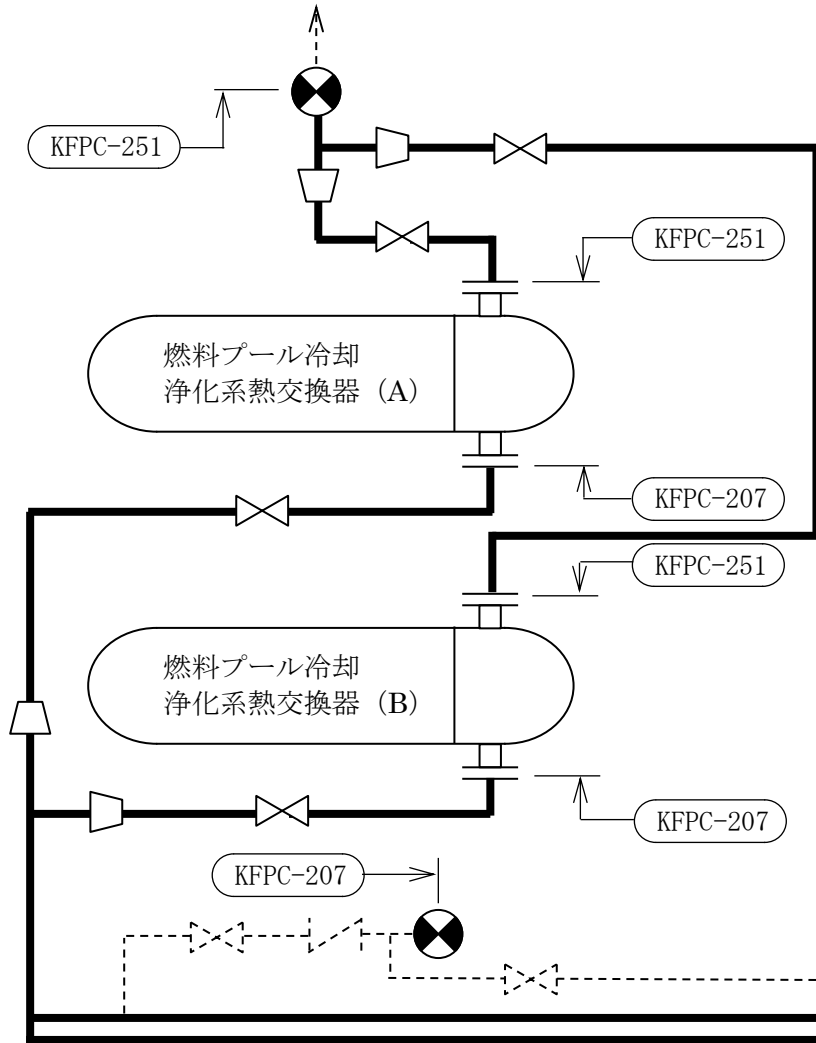
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



燃料プール冷却浄化系  
概略系統図（その2）より

燃料プール冷却浄化系概略系統図（その1）


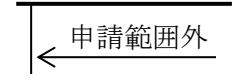
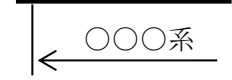


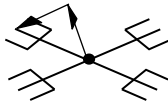
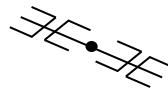

燃料プール冷却浄化系  
概略系統図 (その1) へ

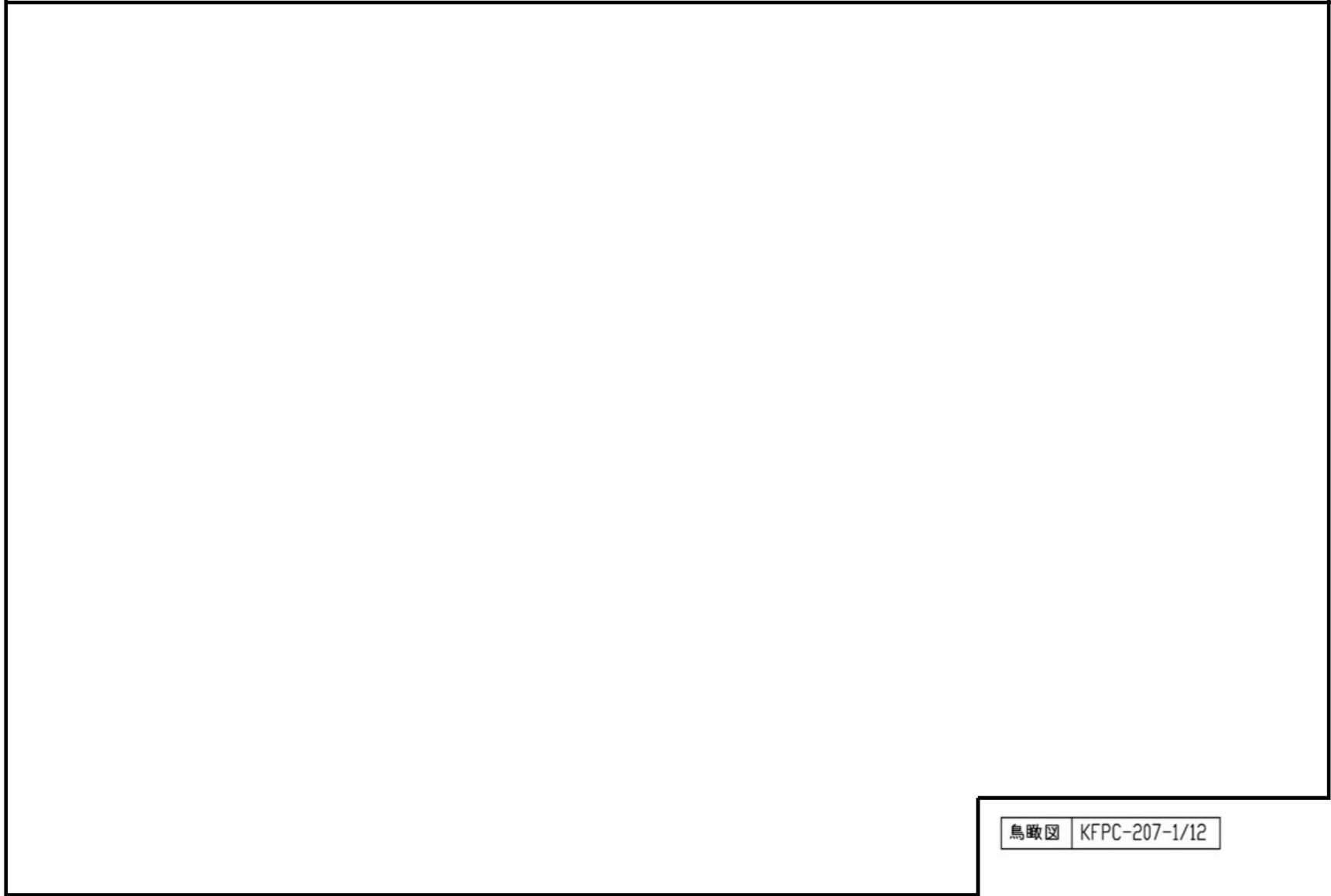


燃料プール冷却浄化系概略系統図 (その2)

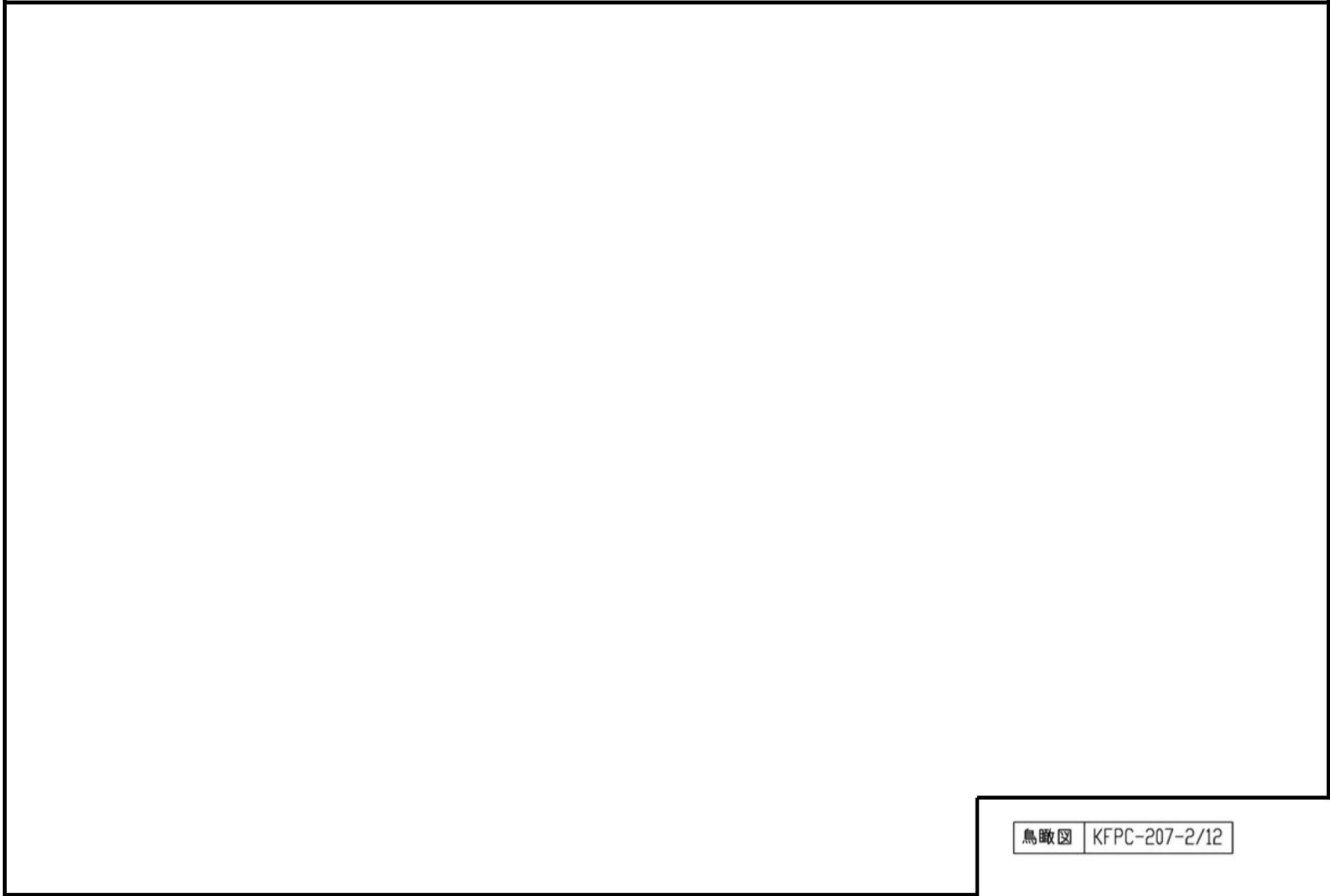
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

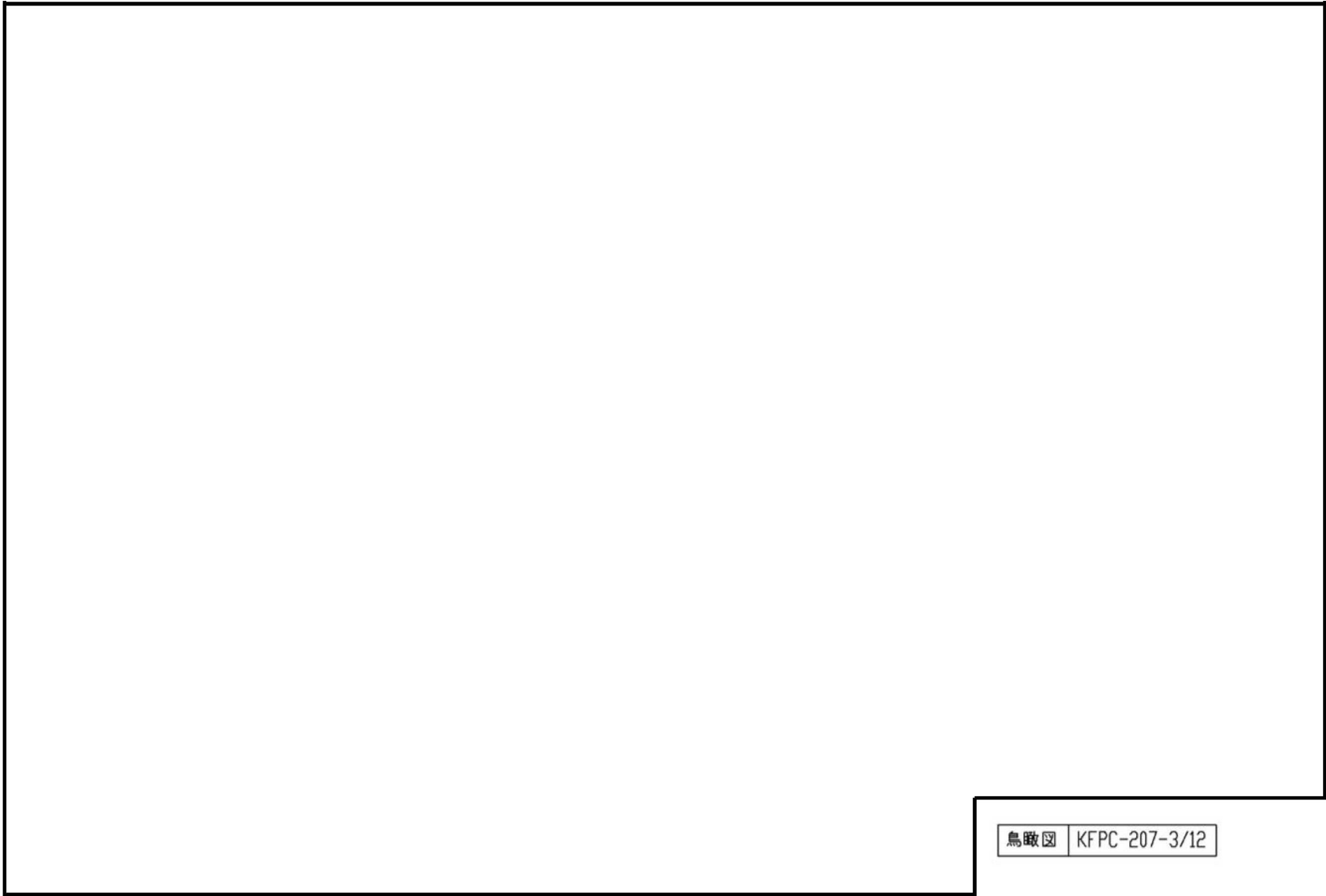
記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>



鳥瞰図 KFPC-207-1/12

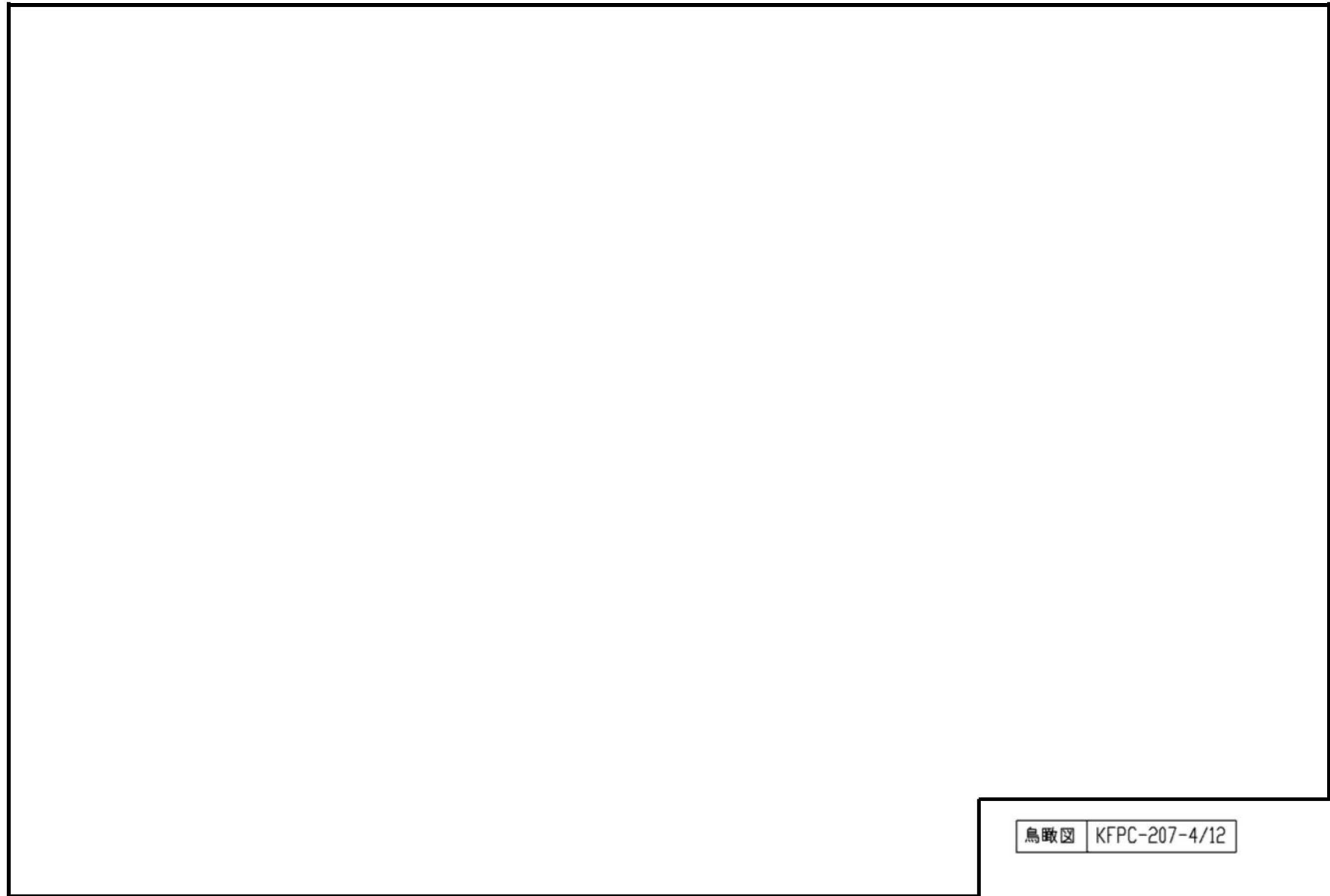


鳥瞰図	KFPC-207-2/12
-----	---------------

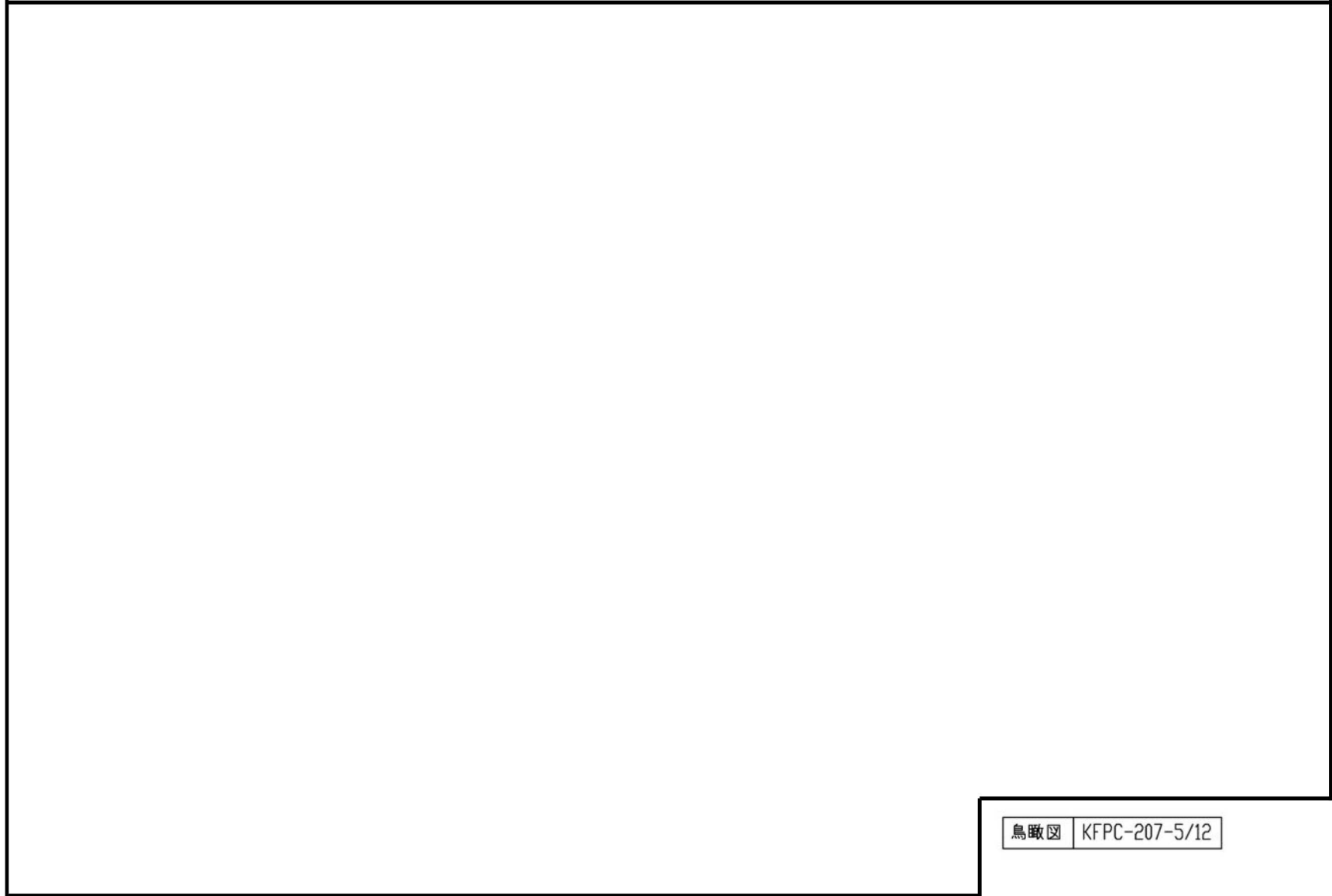


鳥瞰図	KFPC-207-3/12
-----	---------------

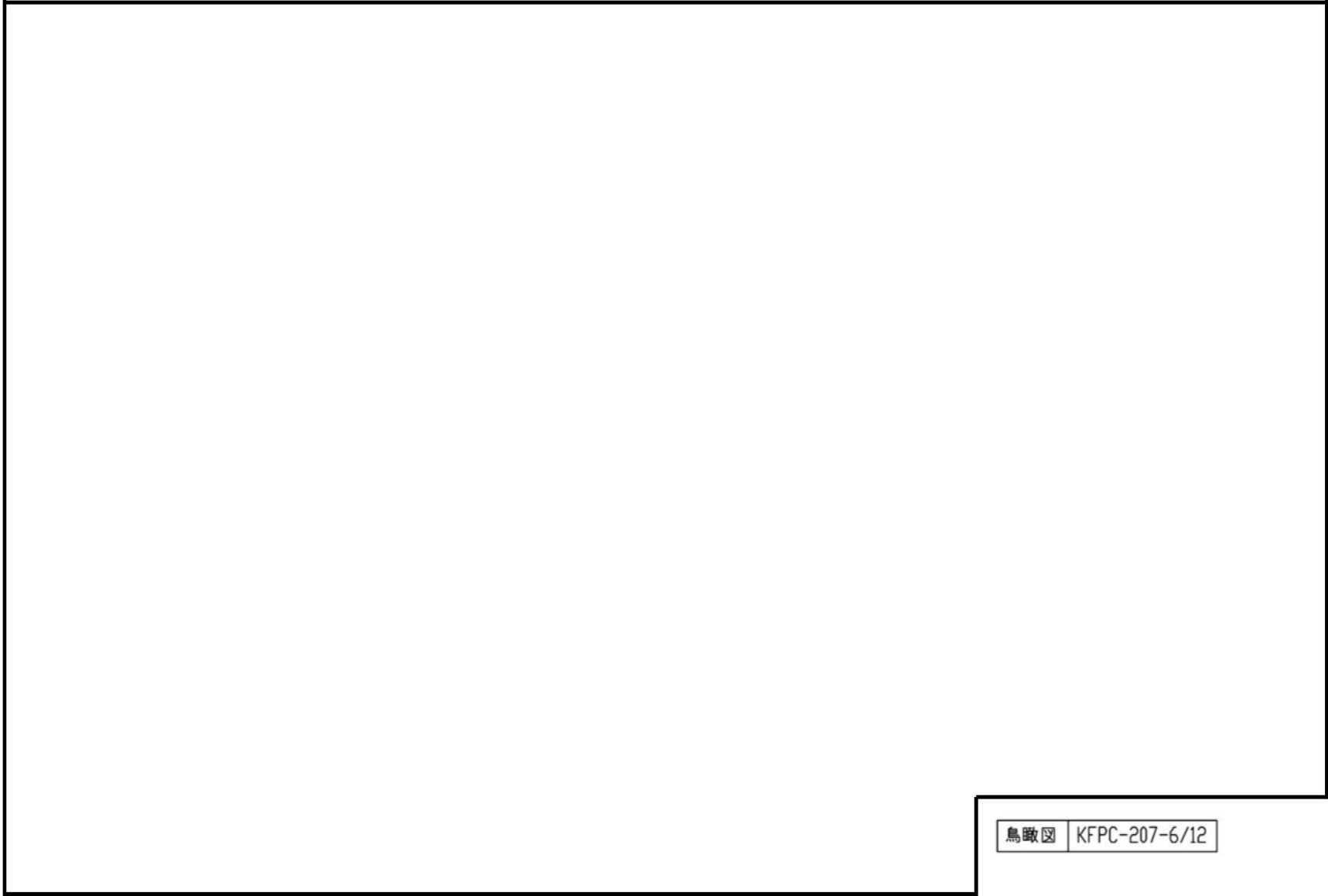




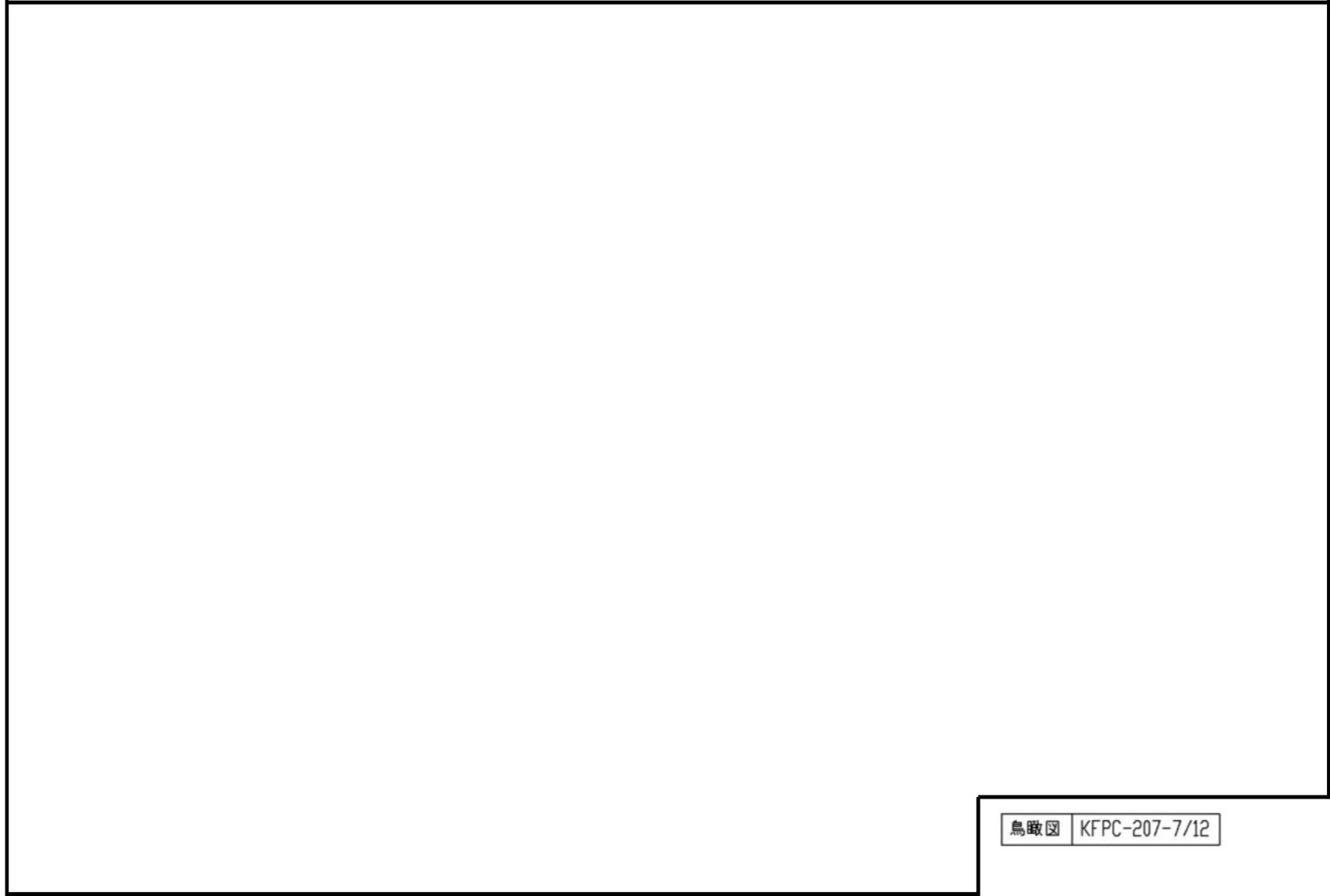
鳥瞰図 KFC-207-4/12



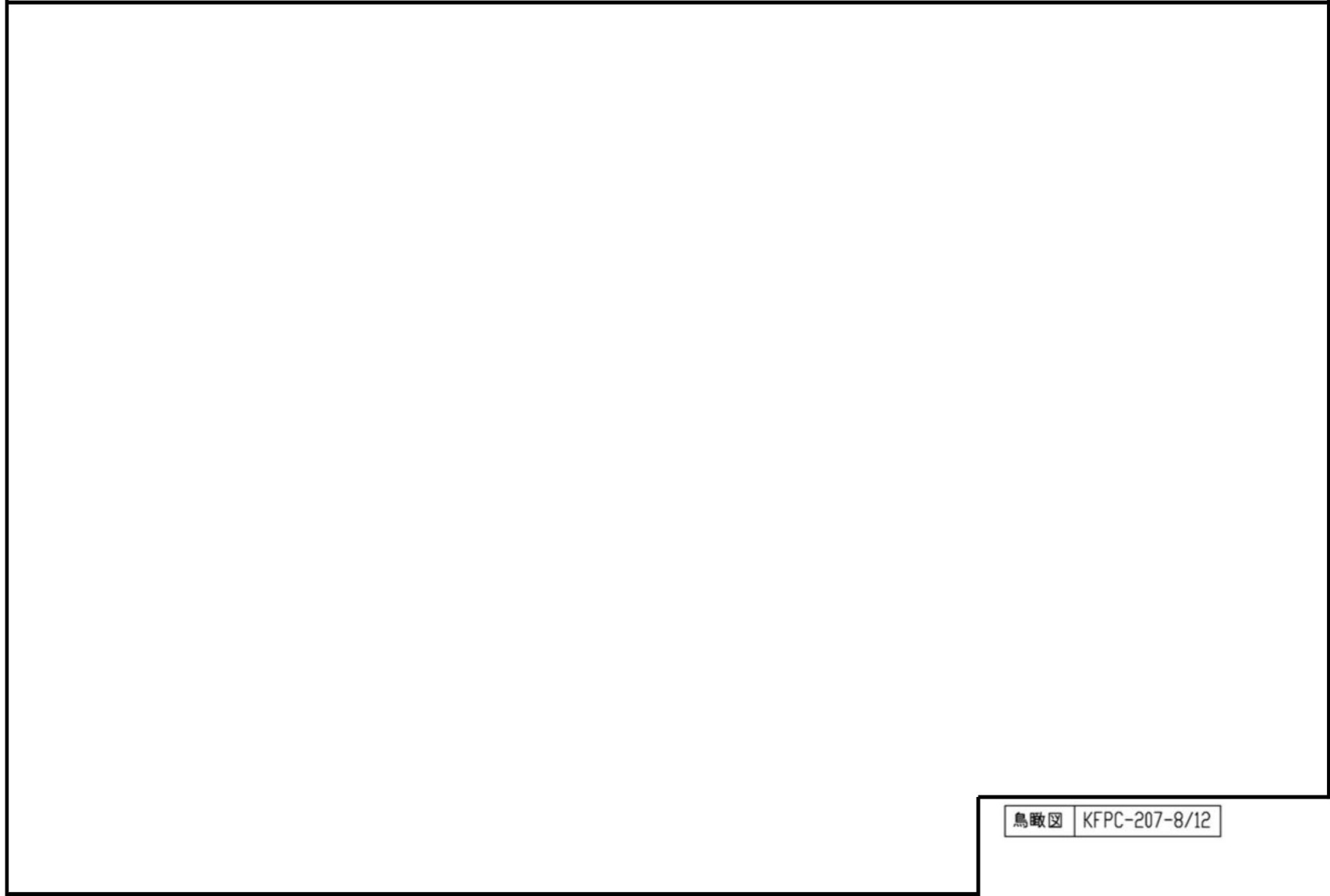
鳥瞰図	KFPC-207-5/12
-----	---------------



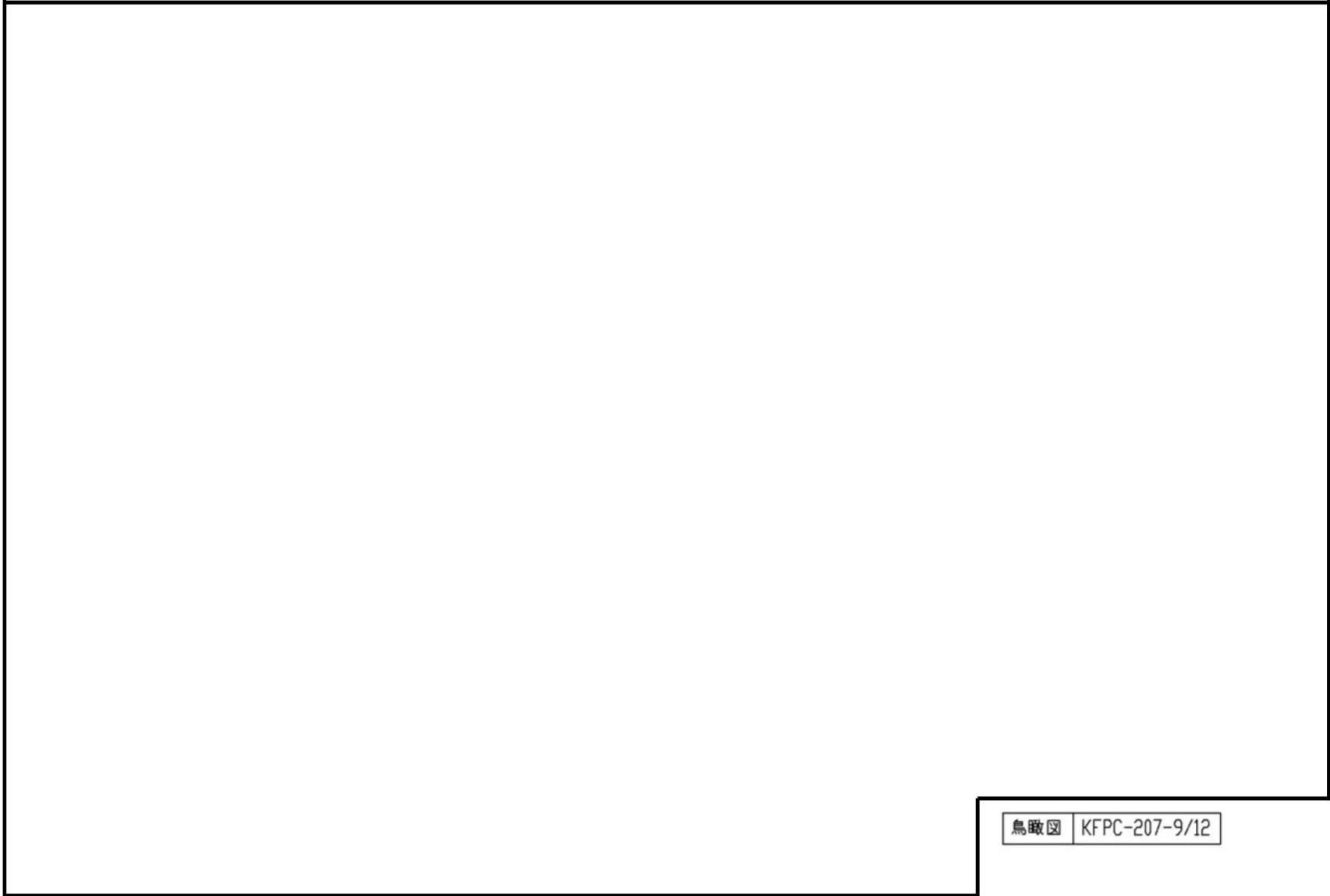
鳥瞰図	KFPC-207-6/12
-----	---------------



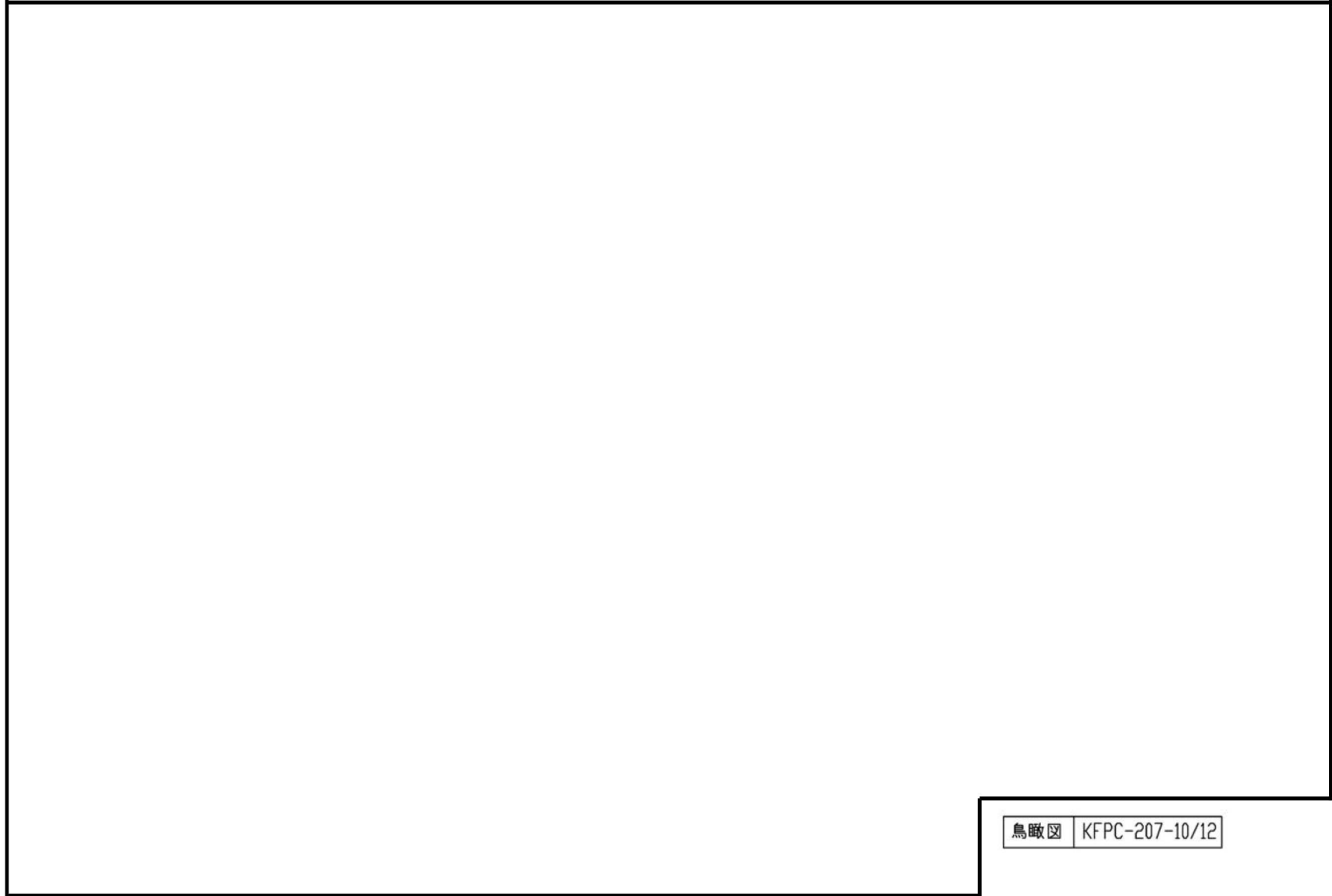
鳥瞰図 KFPC-207-7/12



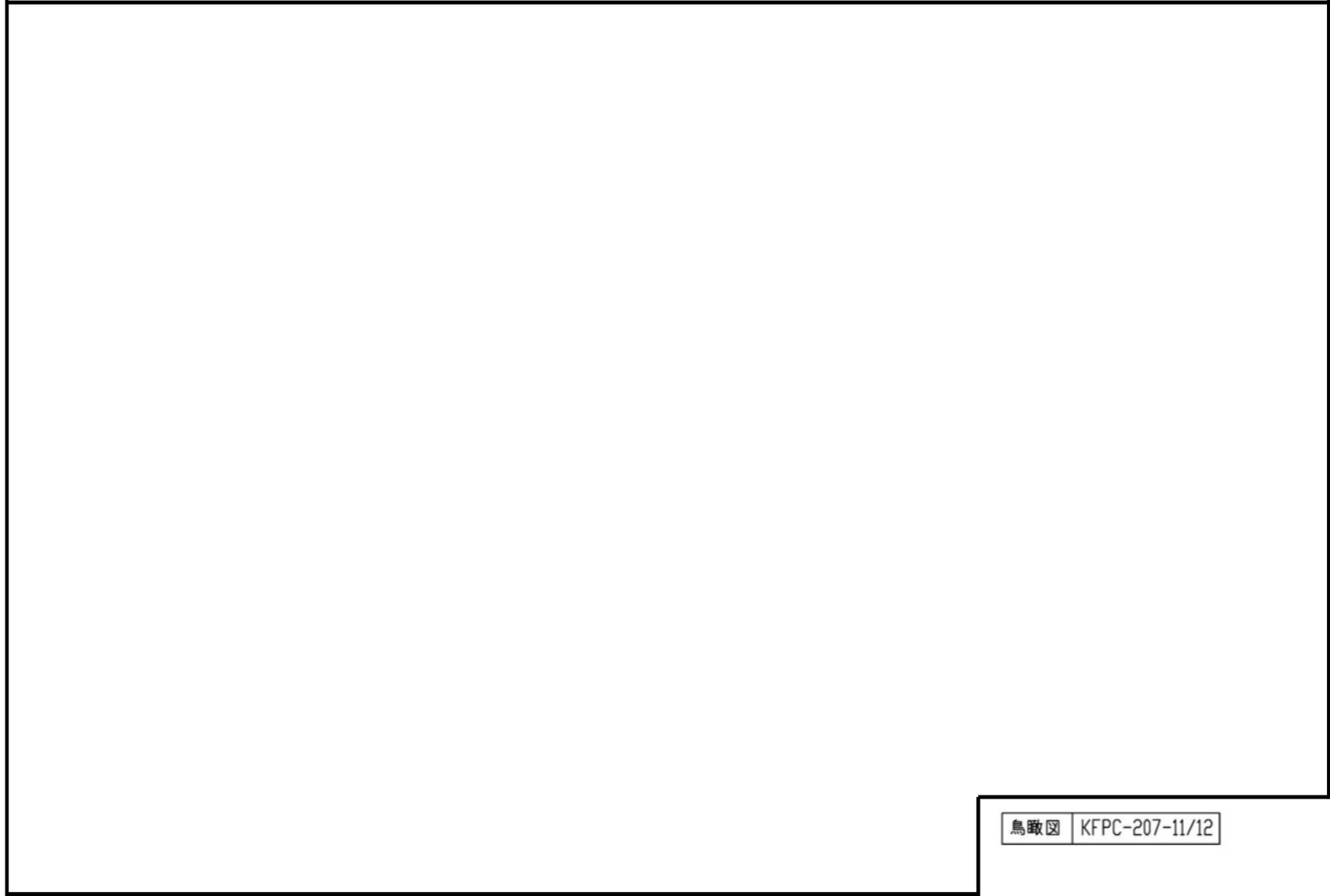
鳥瞰図 KFPC-207-8/12



鳥瞰図 KFPC-207-9/12

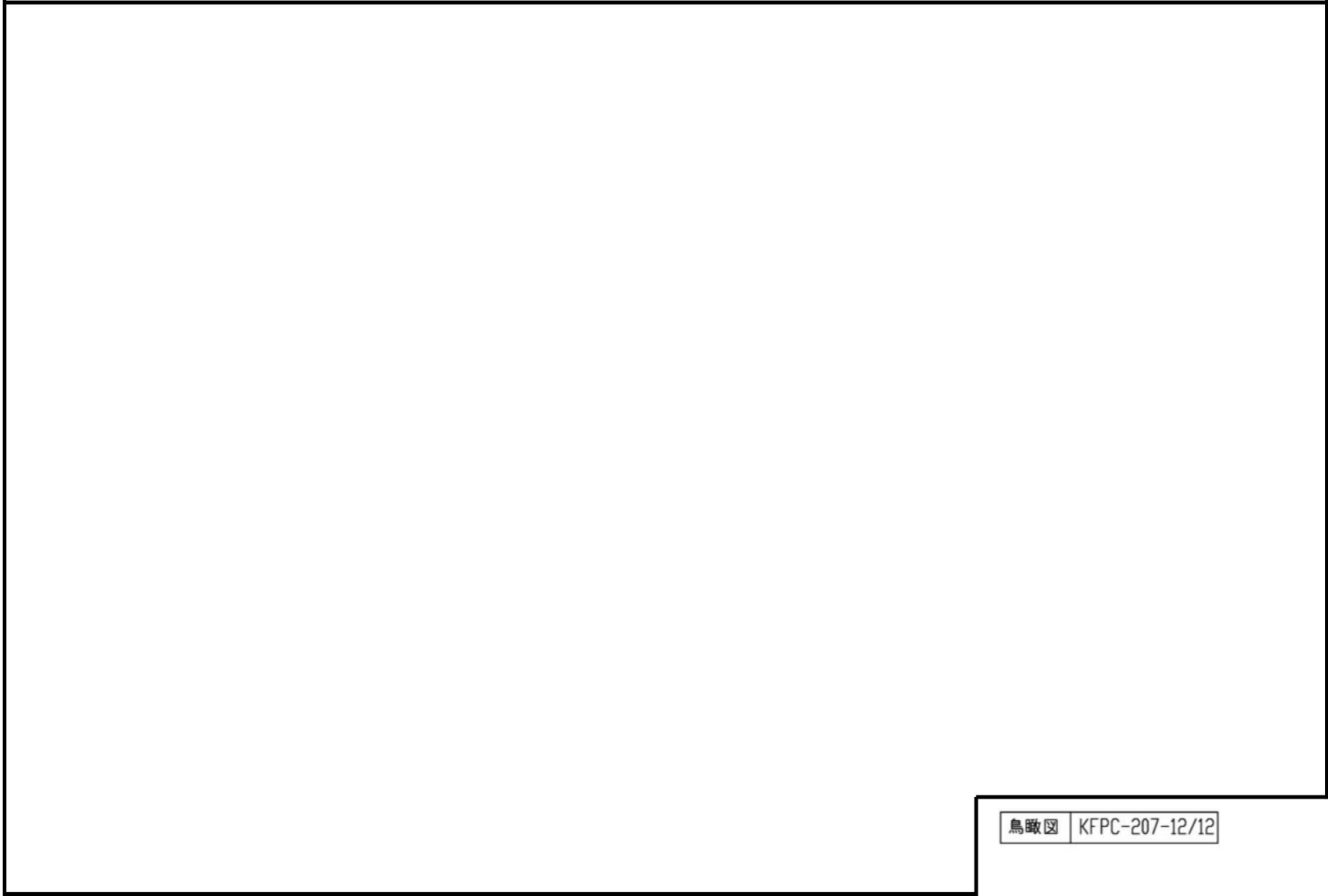


鳥瞰図	KFPC-207-10/12
-----	----------------



鳥瞰図	KFPC-207-11/12
-----	----------------





鳥瞰図 KFPC-207-12/12

### 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      K F P C - 2 0 7

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	1.57	77	165.2	7.1	STS410
2	1.57	77	216.3	8.2	STS410
3	1.57	77	318.5	10.3	STS410
4	1.57	77	267.4	9.3	STS410
5	1.57	77	267.4	9.3	SUS304TP
6	1.57	77	267.4	9.3	SUS304
7	1.57	77	216.3	8.2	SUS304TP
8	1.57	77	216.3	8.2	SUS304
9	静水頭	77	318.5	10.3	SUS304TP
10	静水頭	77	318.5	10.3	SUS304

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      K F P C - 2 0 7

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1001	501	504	1002											
2	202	3	401	502	4	6	801	411	7	9	311	901	312	802	
	10	12	211	222	803	13	15	321	902	322	431	433	18	441	
	804	19	21	503	451	22	231	3141	914	3142	157	159	842	608	
	519	609	681	682	843	4261	4264	187	189	190	192	193	195	849	
	610	520	611	690	691	850									
3	212	421	221	424	805	612	613	614	615	806	25	27	616	28	
	30	31	33	807	461	34	36	471	4301	331	903				
4	913	3132	4222	4221	4223	840	151	153	841	4232	4231	4233	154	261	
	4234	3161	916	3162	4262	4261	4263	683	844	3171	917				
5	4213	680	3131	913	917	3172	4272	4273	684	160	162	685	845	686	
	163	165	4281	846	687	166	168	4294	4214	848	4274				
6	4211	4213	4272	4271	4273	160	162	163	165	166	168	4294	4291	271	
	281	4214	4274												
7	272	169	171	172	174	688	3181	918	282	847	178	180	181	183	
	689	3191	919												
8	169	171	172	174	918	3182	512	1003	178	180	181	183	919	3192	
	513	1004													
9	903	332	808	617	482	483	809								
10	482	481	483												

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 K F P C - 2 0 7

( 1 / 2 )

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)
1001		441		332		519		168	
501		804		808		609		4294	
202		19		617		681		4291	
3		21		482		682		271	
401		503		481		843		272	
502		451		483		4234		169	
4		22		809		3161		171	
6		231		4211		916		172	
801		504		4213		3162		174	
411		1002		680		4262		688	
7		424		3131		4261		3181	
9		805		913		4263		918	
311		612		3132		683		3182	
901		613		4222		844		512	
312		614		4221		3171		1003	
802		615		4223		917		281	
10		806		840		3172		282	
12		25		151		4272		847	
211		27		153		4271		178	
212		616		841		4273		180	
421		28		4232		684		181	
221		30		4231		160		183	
222		31		4233		162		689	
803		33		154		685		3191	
13		807		261		845		919	
15		461		3141		686		3192	
321		34		914		163		513	
902		36		3142		165		1004	
322		471		157		4281		4214	
431		4301		159		846		848	
433		331		842		687		4274	
18		903		608		166		4264	

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)
187		192		849		611		850	
189		193		610		690			
190		195		520		691			

鳥 瞰 図 K F P C - 2 0 7

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)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
901		902		903		3131		914	
						913			
						3132			
						508			
						509			
弁 6		弁 7		弁 8		弁 9			
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)		
916		3171		918		919			
		917							
		3172							
		510							
		511							

鳥 瞰 図      K F P C - 2 0 7

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	901			
弁 2	902			
弁 3	903			
弁 4	913			
弁 5	914			
弁 6	916			
弁 7	917			
弁 8	918			
弁 9	919			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 K F P C - 2 0 7

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
1001						
801						
802						
803						
804						
1002						
805						
806						
807						
808						
809						
840						
841						
842						
843						
844						
845						
846						
1003						
847						
1004						
848						
849						
850						

K6 ① VI-3-3-2-2-1-4-2 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)			
		$S_m$	$S_y$	$S_u$	$S_h$
STS410	77	—	—	—	103
SUS304TP	77	—	—	—	125
SUS304	77	—	—	—	125

## 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	77	—	—	—	103
SUS304TP	77	—	—	—	125
SUS304	77	—	—	—	125

## 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
			$S_{pr m}^{*1}$	$1.5 \cdot S_h$
KFPC-207	4271	$S_{pr m}^{*1}$	36	187
	4271	$S_{pr m}^{*2}$	37	225

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	許容応力
			$S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	$S_h$ $1.2 \cdot S_h$
KFPC-207	4271	$S_{pr m}^{*1}$	25	125
	4271	$S_{pr m}^{*2}$	25	150

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、応力分類ごと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	FPC-001	808	23	187	8.13	—	808	24	225	9.37	—
2	FPC-002	802	15	187	12.46	—	802	16	225	14.06	—
3	FPC-003	6	30	187	6.23	—	6	32	225	7.03	—
4	FPC-004	802	15	187	12.46	—	802	16	225	14.06	—
5	FPC-005	6	30	187	6.23	—	6	32	225	7.03	—
6	KFPC-207	4271	36	187	5.19	○	4271	37	225	6.08	○
7	KFPC-251	211	24	187	7.79	—	211	27	225	8.33	—
8	KFPC-252	15	23	154	6.69	—	311	24	185	7.70	—
9	KFPC-253	311	22	154	7.00	—	311	24	185	7.70	—

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	FPC-001	808	23	125	5.43	—	808	23	150	6.52	—
2	FPC-002	802	15	125	8.33	—	802	15	150	10.00	—
3	FPC-003	804	23	125	5.43	—	804	23	150	6.52	—
4	FPC-004	802	15	125	8.33	—	802	15	150	10.00	—
5	FPC-005	804	23	125	5.43	—	804	23	150	6.52	—
6	KFPC-207	4271	25	125	5.00	○	4271	25	150	6.00	○
7	KFPC-251	1002	15	125	8.33	—	1002	15	150	10.00	—
8	KFPC-252	803	19	103	5.42	—	803	19	123	6.47	—
9	KFPC-253	806	20	103	5.15	—	806	20	123	6.15	—

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。

VI-3-3-2-2-2 燃料プール代替注水系の強度計算書

VI-3-3-2-2-2-1 可搬型代替注水ポンプ（A-1 級）の強度計算書



目 次

1. 概要 ..... 1

## 1. 概要

本資料は、可搬型代替注水ポンプ（A-1 級）（7 号機設備，6, 7 号機共用）の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 55 条に適合することを説明するものである。

可搬型代替注水ポンプ（A-1 級）の強度に関する説明は、令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機的设计及び工事の計画の V-3-3-2-2-2-1「可搬型代替注水ポンプ（A-1 級）の強度計算書」による。

VI-3-3-2-2-2-2 可搬型代替注水ポンプ（A-2級）の強度計算書

## 目 次

1. 概要 .....	1
-------------	---

## 1. 概要

本資料は、可搬型代替注水ポンプ（A-2 級）（7 号機設備，6, 7 号機共用）の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 55 条に適合することを説明するものである。

可搬型代替注水ポンプ（A-2 級）の強度に関する説明は、令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機的设计及び工事の計画の V-3-3-2-2-2-2 「可搬型代替注水ポンプ（A-2 級）の強度計算書」による。

VI-3-3-2-2-2-3 可搬型 Y 型ストレーナの強度計算書

目 次

1. 概要 ..... 1

## 1. 概要

本資料は、可搬型 Y 型ストレーナ（7 号機設備，6, 7 号機共用）の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 55 条に適合することを説明するものである。

可搬型 Y 型ストレーナの強度に関する説明は、令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の設計及び工事の計画の V-3-3-2-2-2-3 「可搬型 Y 型ストレーナの強度計算書」による。



VI-3-3-2-2-2-4 管の強度計算書

VI-3-3-2-2-2-4-1 管の基本板厚計算書

## まえがき

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

管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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2
T1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2

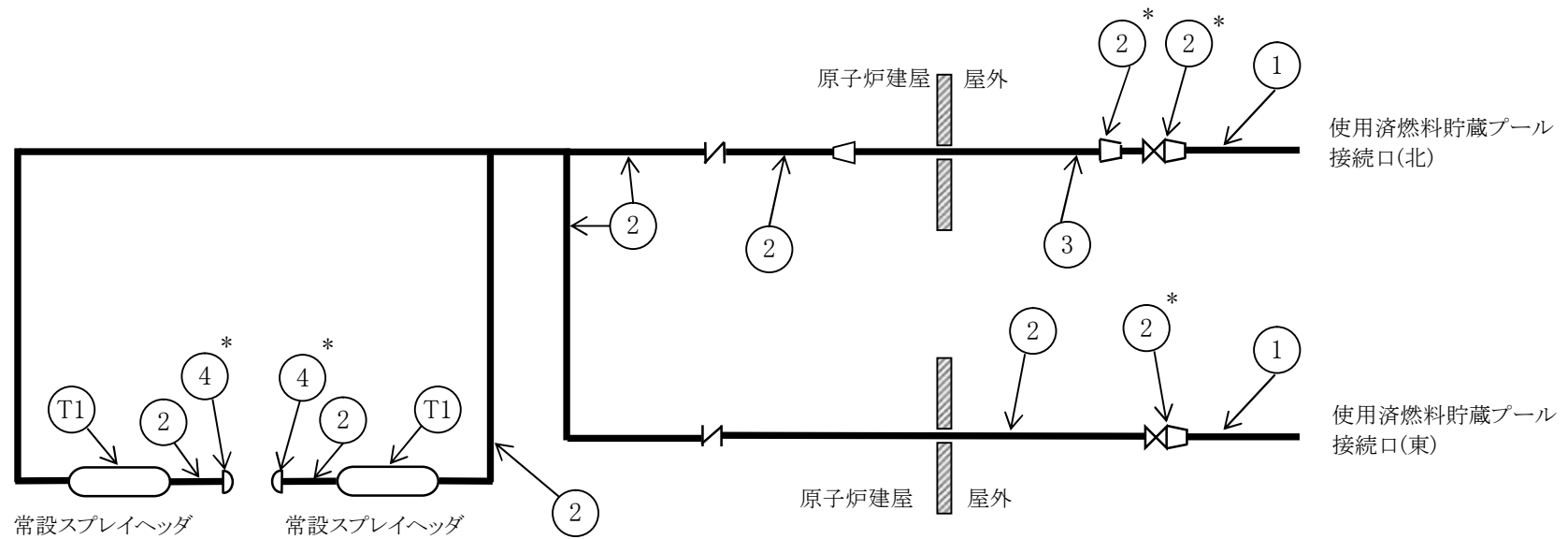
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

## 目 次

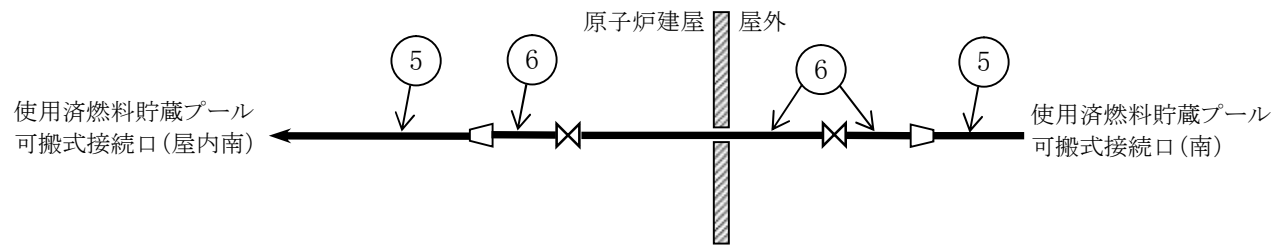
1. 概略系統図 .....	1
2. 管の強度計算書 .....	3
3. 管の穴と補強計算書 .....	4

1. 概略系統図



注記 \* : 管継手

燃料プール代替注水系概略系統図(その1)



燃料プール代替注水系概略系統図(その2)



## 2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	$\eta$	Q	t <sub>s</sub> (mm)	t (mm)	算 式	t <sub>r</sub> (mm)
1	2.00	40	76.30	5.20	SUS304TP	S	2	129	1.00	12.5%	4.55	0.59	A	0.59
2	2.00	40	89.10	5.50	SUS304TP	S	2	129	1.00	12.5%	4.81	0.69	A	0.69
3	2.00	40	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	129	1.00	12.5%	5.25	0.88	A	0.88
4	2.00	40	89.10	5.50	SUS304	S	2	129	1.00	12.5%	4.81	0.69	A	0.69
5	2.00	40	114.30	6.00	STPT370	S	2	93	1.00	12.5%	5.25	1.22	C	3.40
6	2.00	40	165.20	7.10	STPT370	S	2	93	1.00	12.5%	6.21	1.77	C	3.80

評価：t<sub>s</sub> ≥ t<sub>r</sub>，よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		T1	
形 式		A	
最高使用圧力	P (MPa)	2.00	
最高使用温度	(°C)	40	
主管と管台の角度	$\alpha$ (°)	<input type="text"/>	
主 管	材 料	SUS304TP	
	許容引張応力	$S_r$ (MPa)	129
	外 径	$D_{or}$ (mm)	89.10
	内 径	$D_{ir}$ (mm)	79.48
	公称厚さ	$t_{ro}$ (mm)	5.50
	厚さの負の許容差	$Q_r$	12.5%
	最小厚さ	$t_r$ (mm)	4.81
	継手効率	$\eta$ (mm)	1.00
管 台	材 料	SUS304	
	外 径	$D_{ob}$ (mm)	46.00
	内 径	$D_{ib}$ (mm)	<input type="text"/>
	公称厚さ	$t_{bn}$ (mm)	9.40
穴の径	d (mm)	<input type="text"/>	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)	19.87	
61, $d_{r1}$ の小さい値	(mm)	19.87	
穴の補強計算の係数	K	0.1577	
200, $d_{r2}$ の小さい値	(mm)	57.33	
補強不要な穴の最大径	$d_{fr}$ (mm)	57.33	
<p>評価： <math>d \leq d_{fr}</math></p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

K6 ① VI-3-3-2-2-4-1 ROE

## VI-3-3-2-2-2-4-2 管の応力計算書

## まえがき

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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
SFP-R-2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
SFP-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
SFP-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
SFP-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
SFP-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
KMUWC-894	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
KMUWC-895	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

## 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	7
3.1 設計条件	7
3.2 材料及び許容応力	13
4. 評価結果	14
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、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。


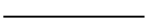
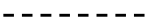
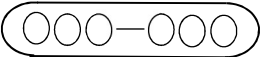

### (1) 管

設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、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5モデルのうち、最大応力点の許容値／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。

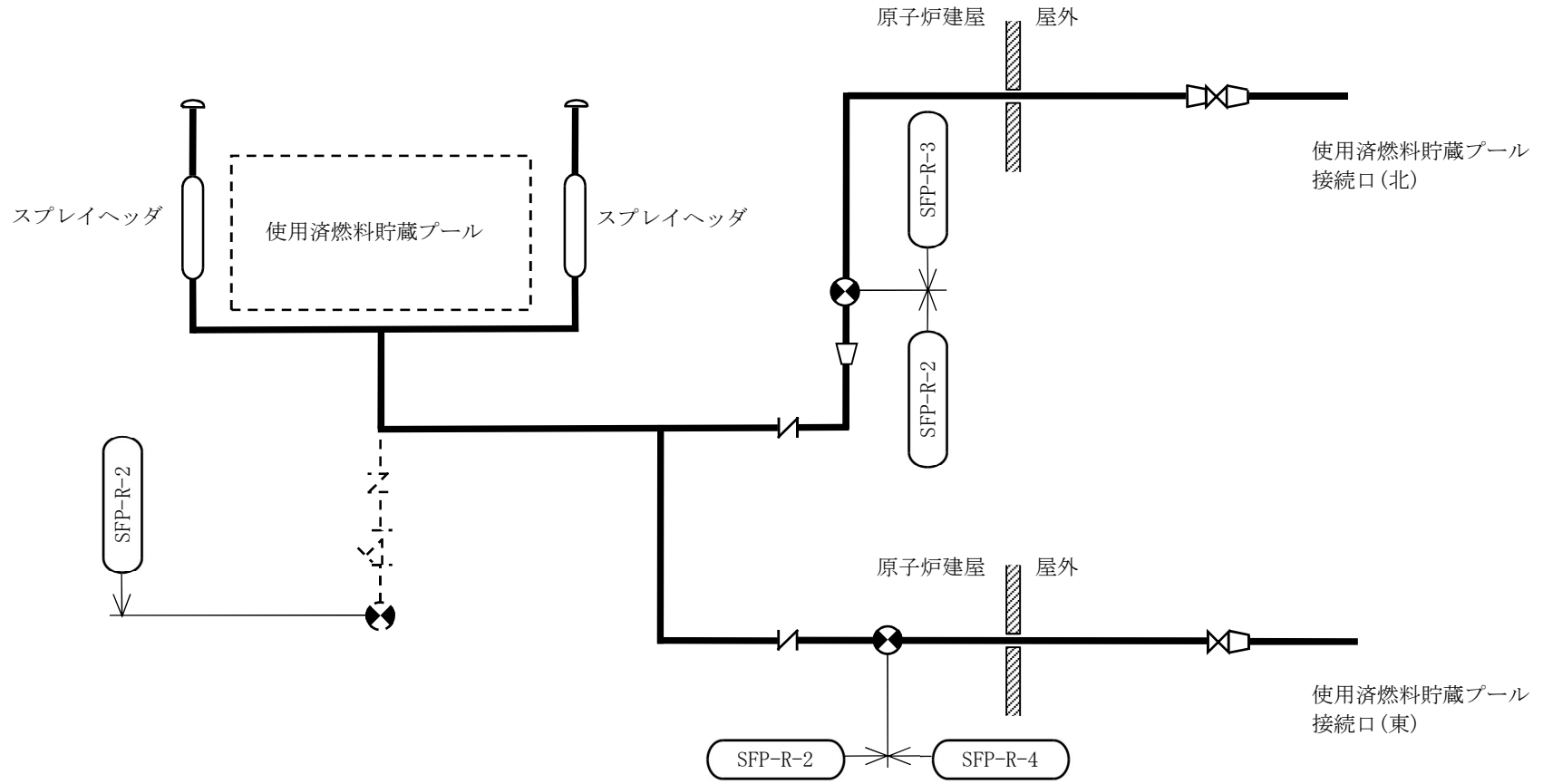
## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

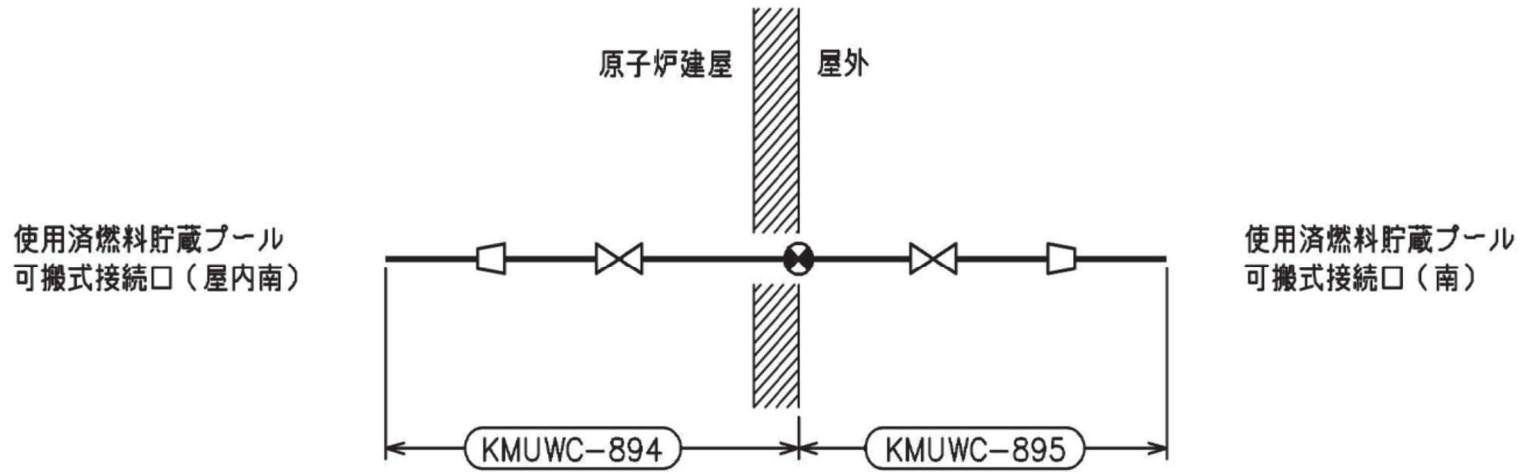
概略系統図記号凡例

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






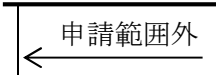


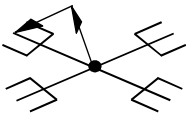

燃料プール代替注水系概略系統図(その1)



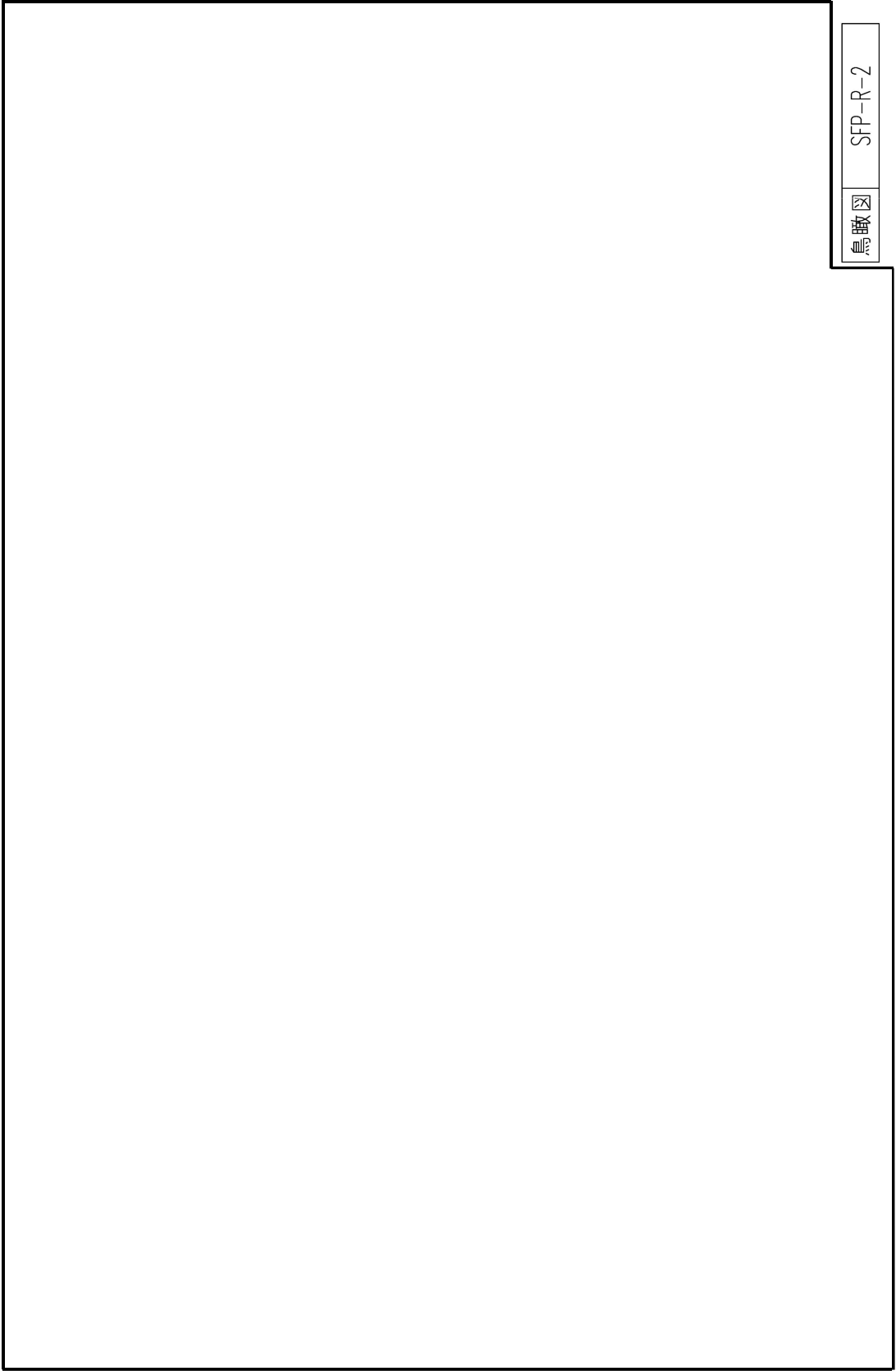
燃料プール代替注水系概略系統図(その2)

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。スナッパについても同様とする。)</p>
	<p>スナッパ</p>
	<p>ハンガ</p>

K6 ① VI-3-3-2-2-2-4-2 R0



鳥瞰  SFP-R-2

### 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            SFP-R-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
1	2.00	100	89.1	5.5	SUS304TP
2	2.00	100	114.3	6.0	SUS304TP
6	2.00	100	101.7	5.8	SUS304TP

管名称と対応する評価点  
 評価点の位置は鳥観図に示す。

鳥 観 図 SFP-R-2

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	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	47	48	49
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	72
	73	74	77	78	80	81					
2	75	76									
6	74	75									

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 SFP-R-2

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)
17		30		43		56		69	
18		31		44		57		70	
19		32		45		58		72	
20		33		46		59		73	
21		34		47		60		74	
22		35		48		61		75	
23		36		49		62		76	
24		37		50		63		77	
25		38		51		64		78	
26		39		52		65		80	
27		40		53		66		81	
28		41		54		67			
29		42		55		68			

鳥 瞰 図 SFP-R-2

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)
70	<input type="text"/>	78	<input type="text"/>
71	<input type="text"/>	79	<input type="text"/>
72	<input type="text"/>	80	<input type="text"/>



鳥 瞰 図 SFP-R-2

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	70~72			
弁 2	78~80			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SFP-R-2

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
23						
27						
30						
34						
37						
41						
44						
48						
52						
57						
61						
64						
76						
81						

### 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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>
SUS304TP	100	—	—	—	122

## 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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
SFP-R-2	81	$S_{pr m}^{*1}$	41	183
	81	$S_{pr m}^{*2}$	42	219

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。

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	重大事故時*1					重大事故時*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	SFP-R-2	81	41	183	4.46	○	81	42	219	5.21	○
2	SFP-R-3	38	38	193	5.07	-	38	39	232	5.94	-
3	SFP-R-4	19	21	193	9.19	-	19	21	232	11.04	-
4	KMUWC-894	900	21	139	6.61	-	900	23	167	7.26	-
5	KMUWC-895	12	19	139	7.31	-	12	21	167	7.95	-

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。

VI-3-3-2-2-2-4-3 管の強度計算書（可搬型）

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 評価結果 .....	2

## 1. 概要

本資料は、燃料プール代替注水系の管の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

7号機設備、6,7号機共用である下記(1)、(2)及び(3)の燃料プール代替注水系の管の強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-2-2-2-4-3「管の強度計算書(可搬型)」による。

下記(4)の燃料プール代替注水系の管の強度に関する説明は、「2. 評価結果」にて示す。

- (1) 可搬型代替注水ポンプ屋外用 20m ホース
- (2) 可搬型代替注水ポンプ燃料プール代替注水用屋外 20m ホース
- (3) 可搬型スプレイヘッド
- (4) 可搬型代替注水ポンプ屋内用 20m ホース



## 2. 評価結果

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（可搬型代替注水ポンプ屋内用 20m ホース）

## I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境、材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ホース	使用済燃料貯蔵プール可搬式接続口（南）又は可搬型代替注水ポンプ屋外用 20m ホースと可搬型スプレイヘッド、復水補給水系可搬式接続口（東）と復水補給水系可搬式接続口（西）を接続し、原子炉圧力容器等へ送水するためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として、屋内で淡水又は海水を送水する。	ポリエステル	2.0*	40*

注記 \*：重大事故等時における使用時の値を示す。

## II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
75 スーパーライン S	消防用ホースであり、火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として、屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル	2.0	50	耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 4.0 MPa、折り曲げた状態で 2.8MPa、試験保持時間：5 分間）を実施

## III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（I と II の使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは、重大事故等時に屋内外で淡水又は海水を送水するためのホースである。一方、本メーカー規格及び基準は、消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（II と公的な規格等の材料及び試験条件の比較、I と II の使用条件の比較）

当該ホースの型式については、「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており、「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度の 40°C は、当該ホースが消防用ホースであることから想定内である。また、当該ホースの最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり、「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 4.0MPa、折り曲げた状態で 2.8MPa、試験保持時間：5 分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等で確認できることから、当該ホースは要求される強度を有している。

## IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

VI-3-3-2-3 その他の核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の  
強度についての説明書

VI-3-3-2-3-1 弁の強度計算書 (燃料プール冷却浄化系)

まえがき

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-3-2-11「重大事故等クラス2弁の強度計算方法」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

機器名	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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
G41-F016	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.57	66	1.57	77	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

## 目 次

1. 重大事故等クラス2弁 .....	1
1.1 設計仕様 .....	2
1.2 強度計算書 .....	3

1. 重大事故等クラス2 弁

1.1 設計仕様

系統：燃料プール冷却浄化系

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
F016	止め弁	250	SCS13A	SCS13A	<input type="text"/>

1.2 強度計算書

系統：燃料プール冷却浄化系

弁番号	F016	シート	1
-----	------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)		1.57		$d_n$ (mm)		□	
最高使用温度 $T_m$ (°C)		77		$d_n / d_m$		□	
弁箱又は弁ふたの厚さ				$\varnothing$ (mm)		□	—
弁箱材料		SCS13A		$t_{m1}$ (mm)		8.7	—
弁ふた材料		SCS13A		$t_{m2}$ (mm)		7.0	—
$P_1$ (MPa)		—		$t_{ma1}$ (mm)		□	
$P_2$ (MPa)		—		$t_{ma2}$ (mm)		□	
$d_m$ (mm)		□		評価： $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
$t_1$ (mm)		—					
$t_2$ (mm)		—					
$t$ (mm)		8.7	—				
$t_{ab}$ (mm)		□					
$t_{af}$ (mm)		□					
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

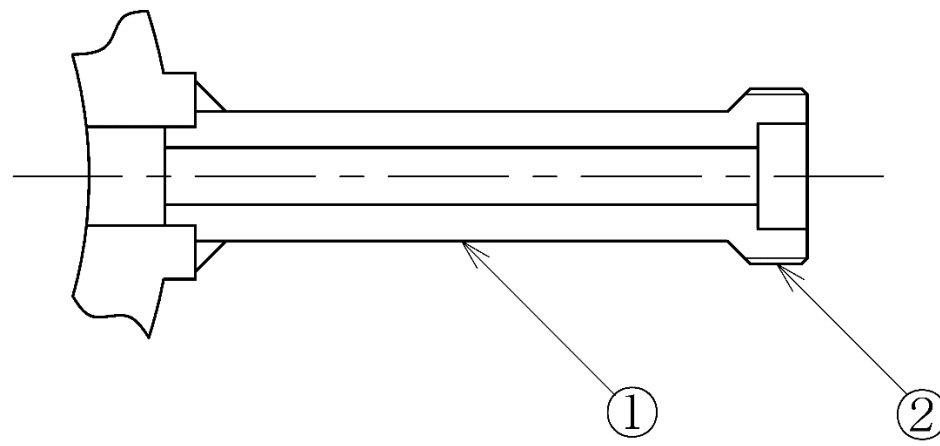
K6 ① VI-3-3-2-3-1 R0



K6 ① VI-3-3-2-3-1 R0

フランジ及びフランジボルトの応力解析 告示第501号				
設計条件			モーメントの計算	
$P_{FD}$	(MPa)	1.90	$H_D$	(N) $1.387 \times 10^5$
$P_{eq}$	(MPa)	0.33	$h_D$	(mm) 28.5
$T_m$	(°C)	77	$M_D$	(N・mm) $3.954 \times 10^6$
$M_e$	(N・mm)		$H_G$	(N) $8.864 \times 10^4$
$F_e$	(N)		$h_G$	(mm) 23.6
フランジの形式	JIS B 8243 附属書 2 図 1(g)		$M_G$	(N・mm) $2.089 \times 10^6$
フランジ			$H_T$	(N) $2.850 \times 10^4$
材料	SCS13A		$h_T$	(mm) 31.0
$\sigma_{fa}$	(MPa)	120	$M_T$	(N・mm) $8.844 \times 10^5$
常温 (ガスケット締付時) (20°C)			$M_o$	(N・mm) $6.927 \times 10^6$
$\sigma_{fb}$	(MPa)	110	$M_g$	(N・mm) $8.762 \times 10^6$
最高使用温度 (使用状態)			フランジの厚さと係数	
A	(mm)		t	(mm) <input type="text"/>
B	(mm)		K	1.39
C	(mm)		$h_o$	(mm) <input type="text"/>
$g_o$	(mm)		f	1.00
$g_1$	(mm)		F	0.825
h	(mm)		V	0.259
ボルト			e	(mm <sup>-1</sup> ) 0.01364
材料	<input type="text"/>		d	(mm <sup>3</sup> ) 223736
$\sigma_a$	(MPa)	173	L	0.88
常温 (ガスケット締付時) (20°C)			T	1.76
$\sigma_b$	(MPa)	173	U	6.66
最高使用温度 (使用状態)			Y	6.06
n			Z	3.14
$d_b$	(mm)	<input type="text"/>	応力の計算	
ガスケット			$\sigma_{Ho}$	(MPa) 73
材料	<input type="text"/>		$\sigma_{Ro}$	(MPa) 50
ガスケット厚さ	(mm)		$\sigma_{To}$	(MPa) 20
G	(mm)		$\sigma_{Hg}$	(MPa) 79
m			$\sigma_{Rg}$	(MPa) 63
y	(N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{Tg}$	(MPa) 26
$b_o$	(mm)		応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$  $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$  よって十分である。	
b	(mm)			
N	(mm)			
$G_s$	(mm)			
ボルトの計算				
H	(N)	$1.672 \times 10^5$		
$H_p$	(N)	$8.864 \times 10^4$		
$W_{m1}$	(N)	$2.559 \times 10^5$		
$W_{m2}$	(N)	$2.164 \times 10^5$		
$A_{m1}$	(mm <sup>2</sup> )	$1.479 \times 10^3$		
$A_{m2}$	(mm <sup>2</sup> )	$1.251 \times 10^3$		
$A_m$	(mm <sup>2</sup> )	$1.479 \times 10^3$		
$A_b$	(mm <sup>2</sup> )	<input type="text"/>		
$W_o$	(N)	$2.559 \times 10^5$		
$W_g$	(N)	$3.718 \times 10^5$		
評価： $A_m < A_b$			よって十分である。	

管台の厚さ										
No.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 T <sub>m</sub> (°C)	外径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ t <sub>no</sub> (mm)	材料	S (MPa)	η	t (mm)	t <sub>br</sub> (mm)	
1	1.57	77							0.4	
2	1.57	77								
評価：t <sub>br</sub> ≥ t よって十分である。										



管台の形状

### VI-3-3-3 原子炉冷却系統施設の強度に関する説明書

VI-3-3-3-1 原子炉冷却材の循環設備の強度計算書

VI-3-3-3-1-1 主蒸気系の強度計算書

VI-3-3-3-1-1-1 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用  
アキュムレータの強度計算書

まえがき

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-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」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

機器名	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		SA 条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用アキュムレータ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

## 目 次

1. 計算条件 .....	1
1.1 計算部位 .....	1
1.2 設計条件 .....	1
2. 強度計算 .....	2
2.1 容器の胴の厚さの計算 .....	2
2.2 容器の平板の厚さの計算 .....	3
2.3 容器の管台の厚さの計算 .....	5



1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

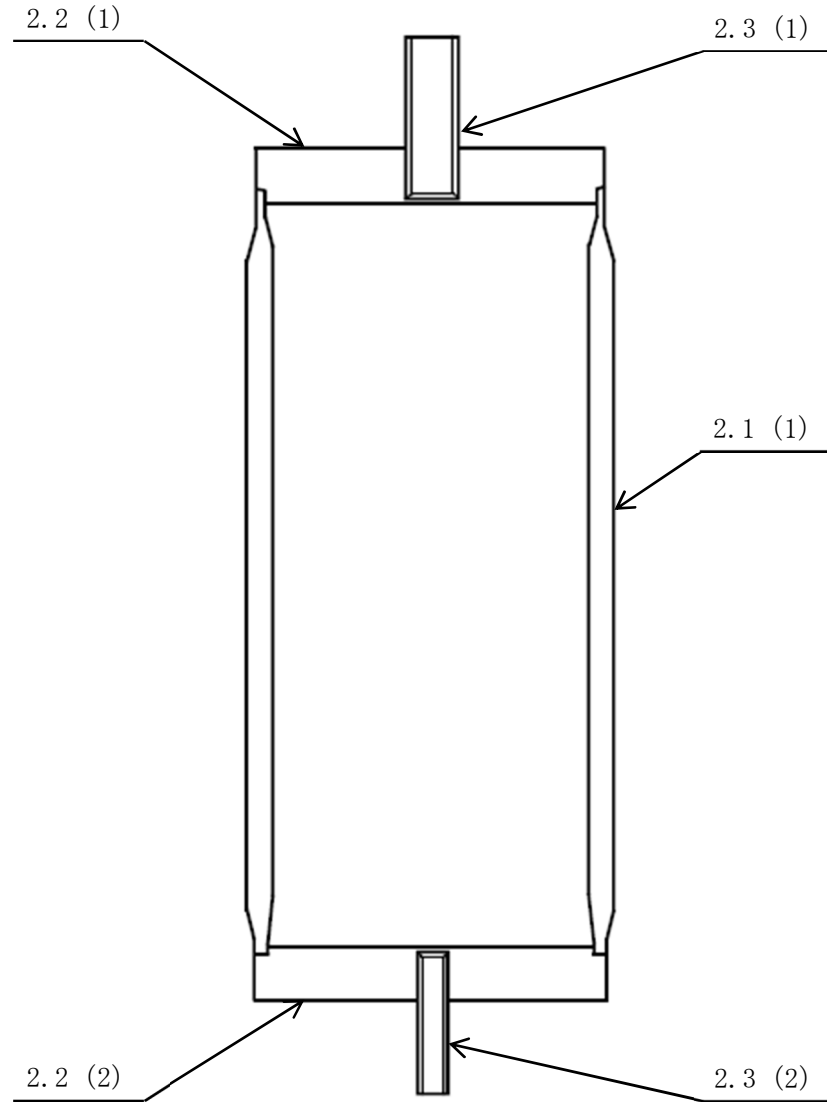


図 1-1 概要図

図中の番号は次頁以降の  
計算項目番号を示す。

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	2.00
最高使用温度 (°C)	171

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(1) 胴板
材料			SUS304TP-S
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度			171
胴の内径	$D_i$	(mm)	199.90
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	1.79
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	1.79
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	8.20
最小厚さ	$t_s$	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

2.2 容器の平板の厚さの計算

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

平板名称			(1) 平板
平板の取付け方法			(i)
平板の穴の有無			有り
溶接部の寸法	$t_i$	(mm)	23.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	1.79
胴又は管の最小厚さ	$t_s$	(mm)	6.70
	$2 \cdot t_{sr}$	(mm)	3.58
	$1.25 \cdot t_s$	(mm)	8.38
平板の径	$d$	(mm)	204.00
穴の径	$d_h$	(mm)	61.10
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ , $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ , $d_h \leq d/2$ , よって十分である。			

(ロ) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称			(1) 平板
材料			SUS304
最高使用圧力	$P$	(MPa)	2.00
最高使用温度			(°C) 171
許容引張応力	$S$	(MPa)	113
取付け方法による係数	$K$		0.375
平板の径	$d$	(mm)	204.00
必要厚さ	$t$	(mm)	23.51
呼び厚さ	$t_{po}$	(mm)	29.00
最小厚さ	$t_p$	(mm)	<input type="text"/>
評価： $t_p \geq t$ , よって十分である。			

容器の平板の厚さの計算

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

平板名称		(2) 平板
平板の取付け方法		(i)
平板の穴の有無		有り
溶接部の寸法	$t_i$ (mm)	23.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$ (mm)	1.79
胴又は管の最小厚さ	$t_s$ (mm)	6.70
	$2 \cdot t_{sr}$ (mm)	3.58
	$1.25 \cdot t_s$ (mm)	8.38
平板の径	$d$ (mm)	204.00
穴の径	$d_h$ (mm)	27.70
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ , $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ , $d_h \leq d/2$ , よって十分である。		

(ロ) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称		(2) 平板
材料		SUS304
最高使用圧力	$P$ (MPa)	2.00
最高使用温度	(°C)	171
許容引張応力	$S$ (MPa)	113
取付け方法による係数	$K$	0.375
平板の径	$d$ (mm)	204.00
必要厚さ	$t$ (mm)	23.51
呼び厚さ	$t_{po}$ (mm)	29.00
最小厚さ	$t_p$ (mm)	
評価： $t_p \geq t$ , よって十分である。		

2.3 容器の管台の厚さの計算  
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 窒素出入口		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	60.50
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.54
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.54
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	3.90
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(2) ドレン		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	$D_o$	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	$t_1$	(mm)	0.24
必要厚さ	$t_3$	(mm)	—
$t_1, t_3$ の大きい値	$t$	(mm)	0.24
呼び厚さ	$t_{no}$	(mm)	3.90
最小厚さ	$t_n$	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

VI-3-3-3-1-1-2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用  
アキュムレータの強度計算書

まえがき

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-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」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

機器名	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		SA 条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用アキュムレータ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2



## 目 次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の平板の厚さの計算	3
2.3 容器の管台の厚さの計算	5

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

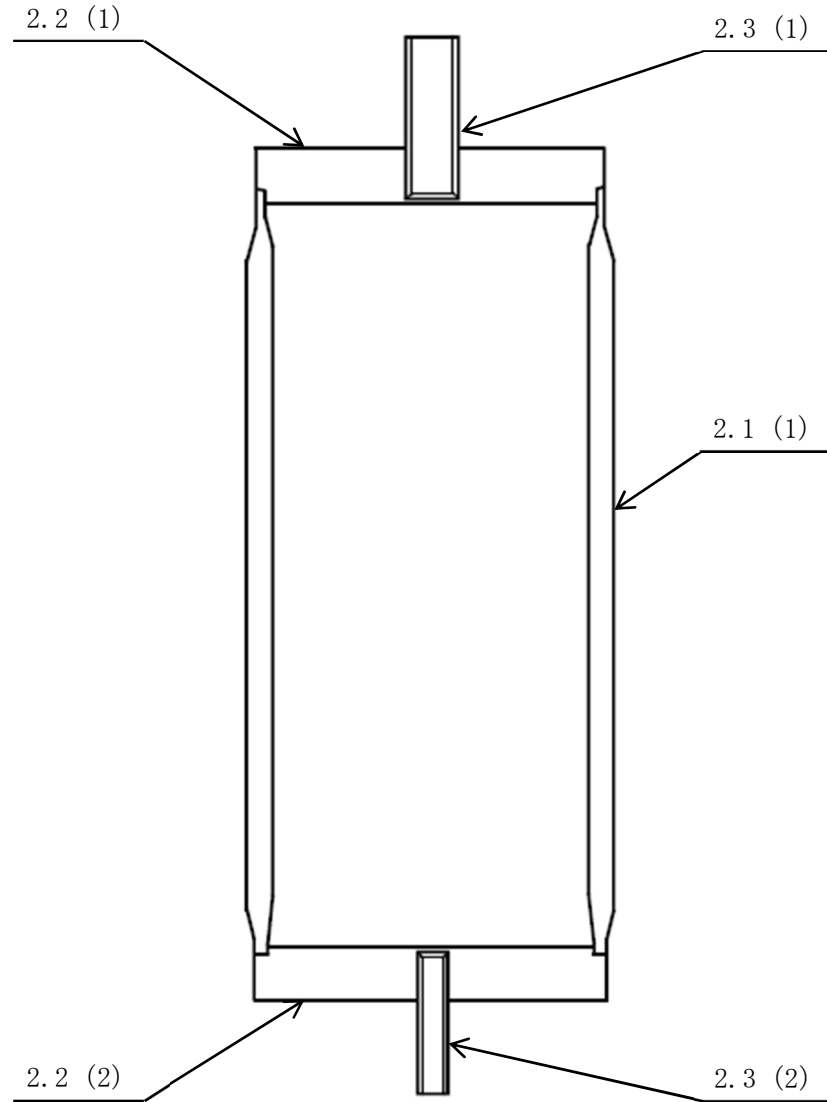


図 1-1 概要図

図中の番号は次頁以降の  
計算項目番号を示す。

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	2.00
最高使用温度 (°C)	171

## 2. 強度計算

### 2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(1) 胴板
材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度			171
胴の内径	$D_i$	(mm)	450.00
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	$\eta$		0.60
継手の種類	裏当金を使用しない突合せ片側溶接		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	$t_1$	(mm)	1.50
必要厚さ	$t_2$	(mm)	6.76
$t_1, t_2$ の大きい値	t	(mm)	6.76
呼び厚さ	$t_{s0}$	(mm)	12.00
最小厚さ	$t_s$	(mm)	<input type="text"/>
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

2.2 容器の平板の厚さの計算

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

平板名称			(1) 平板
平板の取付け方法			(i)
平板の穴の有無			有り
溶接部の寸法	$t_i$	(mm)	50.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	4.03
胴又は管の最小厚さ	$t_s$	(mm)	10.70
$2 \cdot t_{sr}$		(mm)	8.06
$1.25 \cdot t_s$		(mm)	13.38
平板の径	$d$	(mm)	453.00
穴の径	$d_h$	(mm)	61.10
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ , $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ , $d_h \leq d/2$ , よって十分である。			

(ロ) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称			(1) 平板
材料			SUS304
最高使用圧力	$P$	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
許容引張応力	$S$	(MPa)	113
取付け方法による係数	$K$		0.375
平板の径	$d$	(mm)	453.00
必要厚さ	$t$	(mm)	52.20
呼び厚さ	$t_{po}$	(mm)	56.00
最小厚さ	$t_p$	(mm)	
評価： $t_p \geq t$ , よって十分である。			

容器の平板の厚さの計算

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

平板名称			(2) 平板
平板の取付け方法			(i)
平板の穴の有無			有り
溶接部の寸法	$t_i$	(mm)	50.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$	(mm)	4.03
胴又は管の最小厚さ	$t_s$	(mm)	10.70
	$2 \cdot t_s$	(mm)	8.06
	$1.25 \cdot t_s$	(mm)	13.38
平板の径	$d$	(mm)	453.00
穴の径	$d_h$	(mm)	27.70
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ , $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ , $d_h \leq d/2$ , よって十分である。			

(ロ) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称			(2) 平板
材料			SUS304
最高使用圧力	$P$	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
許容引張応力	$S$	(MPa)	113
取付け方法による係数	$K$		0.375
平板の径	$d$	(mm)	453.00
必要厚さ	$t$	(mm)	52.20
呼び厚さ	$t_{po}$	(mm)	56.00
最小厚さ	$t_p$	(mm)	<input type="text"/>
評価： $t_p \geq t$ , よって十分である。			

2.3 容器の管台の厚さの計算  
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 窒素出入口		
材料	SUS304TP-S		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	60.50
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t <sub>1</sub>	(mm)	0.54
必要厚さ	t <sub>3</sub>	(mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t	(mm)	0.54
呼び厚さ	t <sub>no</sub>	(mm)	3.90
最小厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算  
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称		(2) ドレン
材料		SUS304TP-S
最高使用圧力	P (MPa)	2.00
最高使用温度	(°C)	171
管台の外径	D <sub>o</sub> (mm)	27.20
許容引張応力	S (MPa)	113
継手効率	$\eta$	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t <sub>1</sub> (mm)	0.24
必要厚さ	t <sub>3</sub> (mm)	—
t <sub>1</sub> , t <sub>3</sub> の大きい値	t (mm)	0.24
呼び厚さ	t <sub>no</sub> (mm)	3.90
最小厚さ	t <sub>n</sub> (mm)	
評価：t <sub>n</sub> ≥ t, よって十分である。		

VI-3-3-3-1-1-3 管の強度計算書



VI-3-3-3-1-1-3-1 管の基本板厚計算書

K6 -3-3-3-1-1-3-1 R0

K6

## まえがき

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

管 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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
9	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
10	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
11	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
12	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

管 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	D B クラス	S A クラス	条件 アップ の有無	D B条件		S A条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
C1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
C2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
R1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
T1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
E1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
その他 1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	有	S55 告示	既工認	—	SA-2

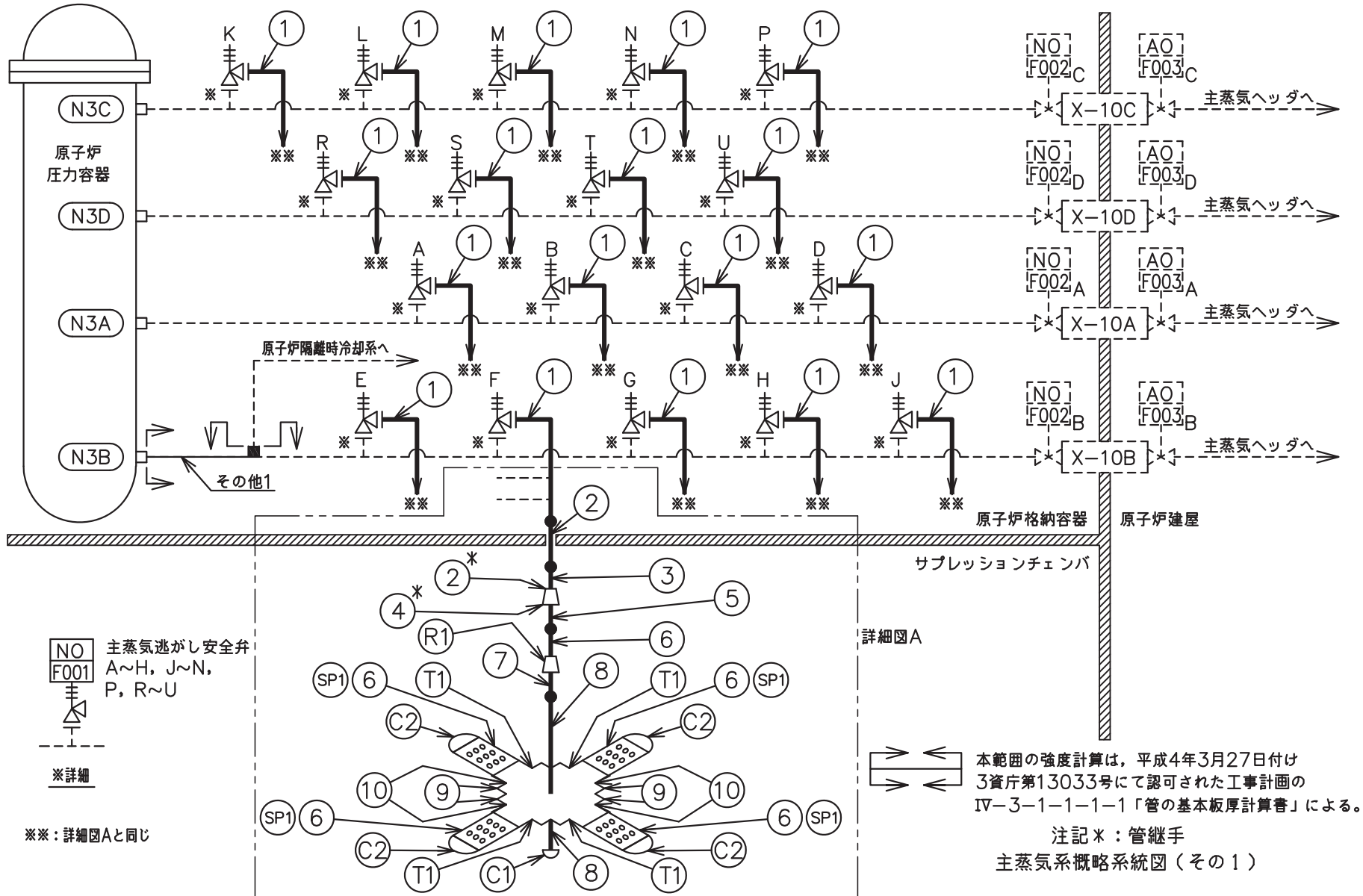
・適用規格の選定

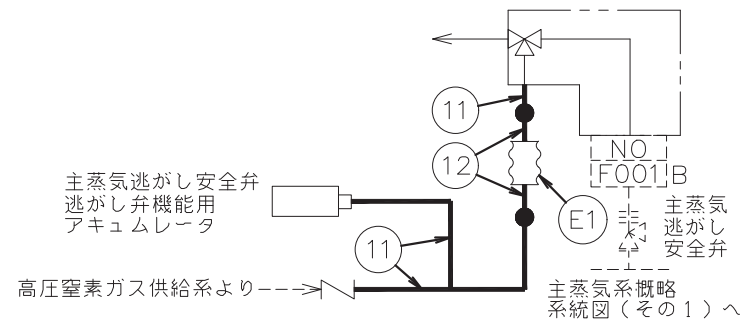
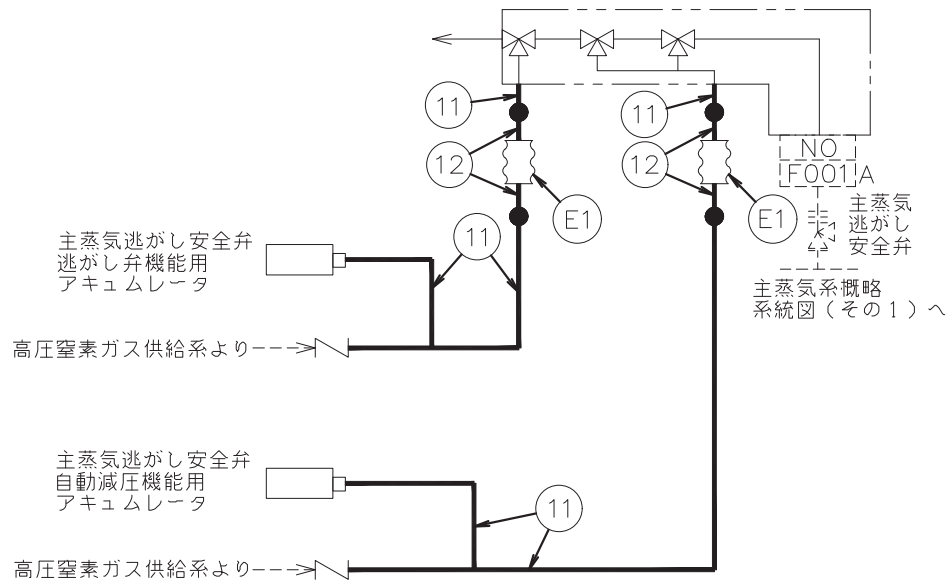
管 No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
9	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
10	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
11	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
C1	鏡板の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
C2	鏡板の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
R1	レジャーサの強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	S55 告示
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

## 目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	9
3. 鏡板の強度計算書	11
4. レジューサの強度計算書	12
5. 管の穴と補強計算書	13
6. 伸縮継手の強度計算書	17

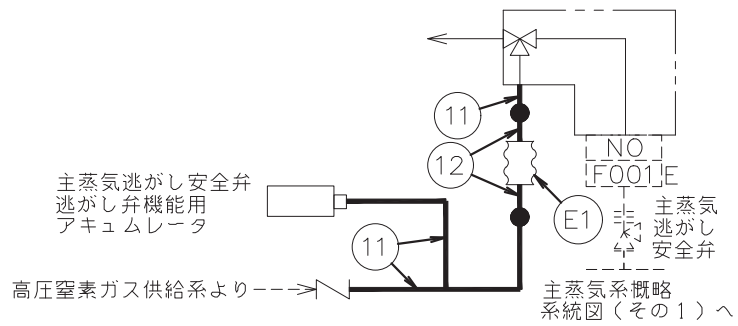
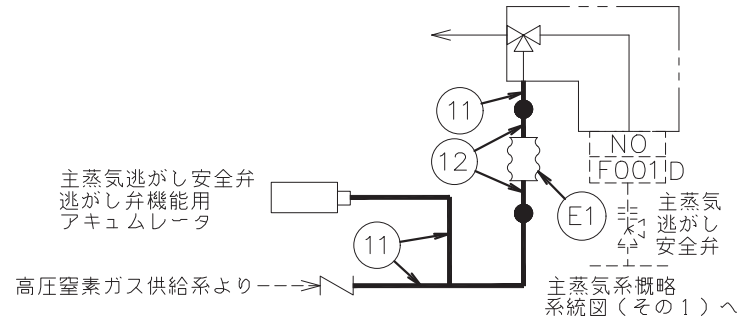
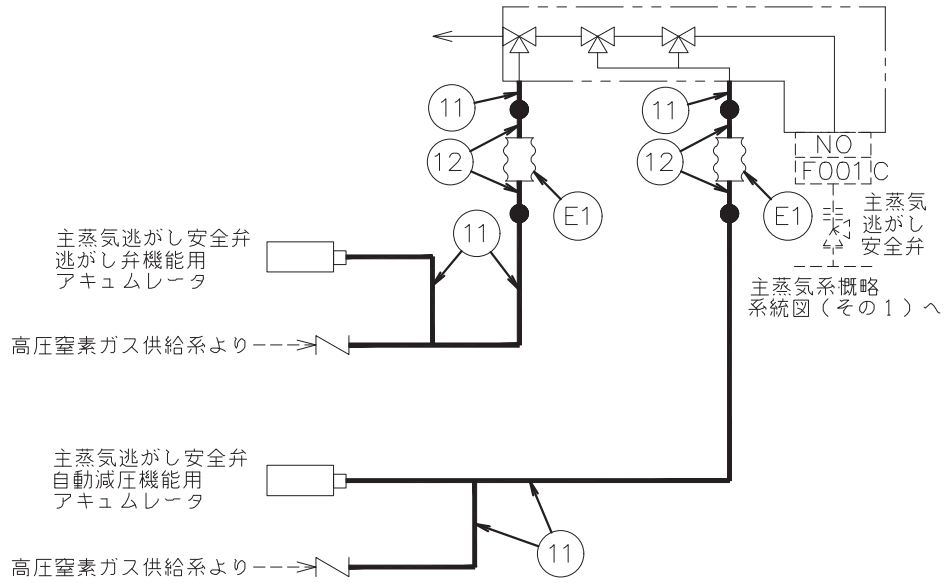
1. 概略系統図



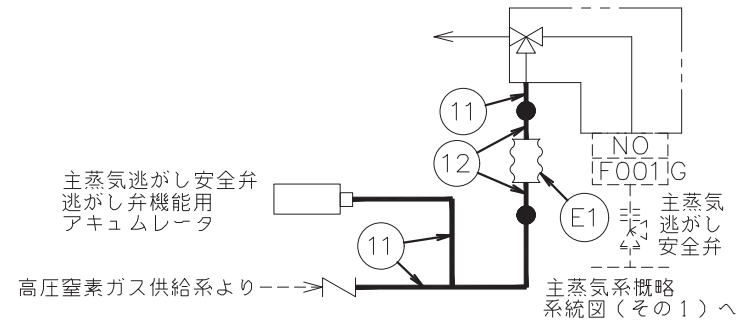
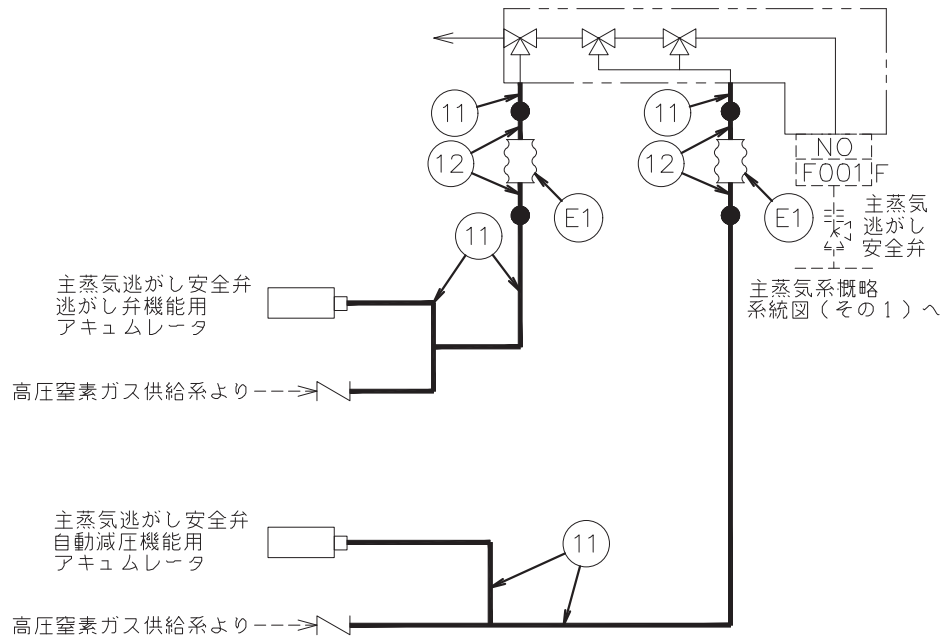


主蒸気系概略系統図(その2)

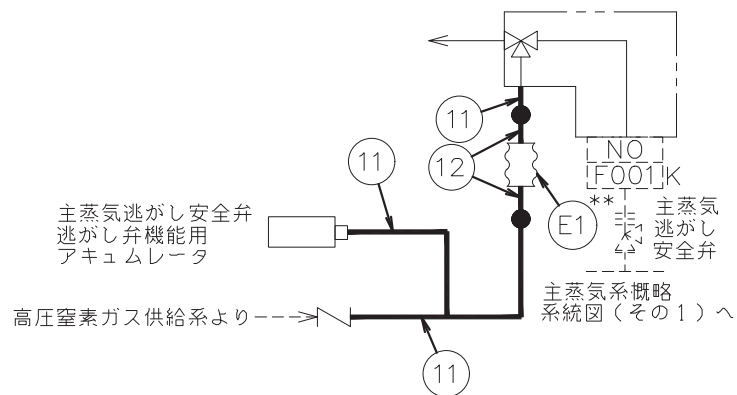
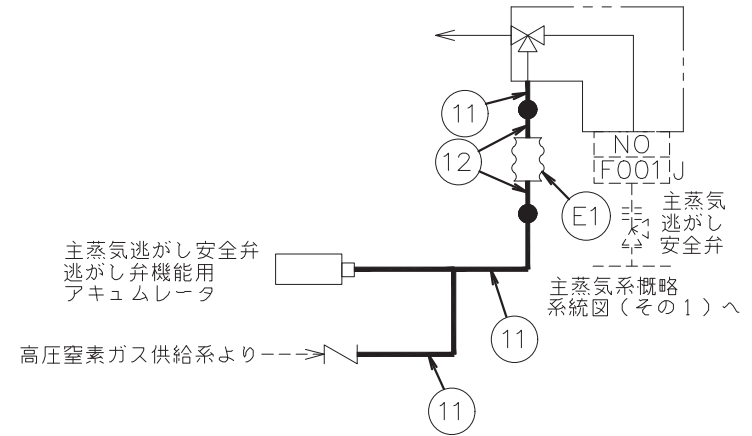
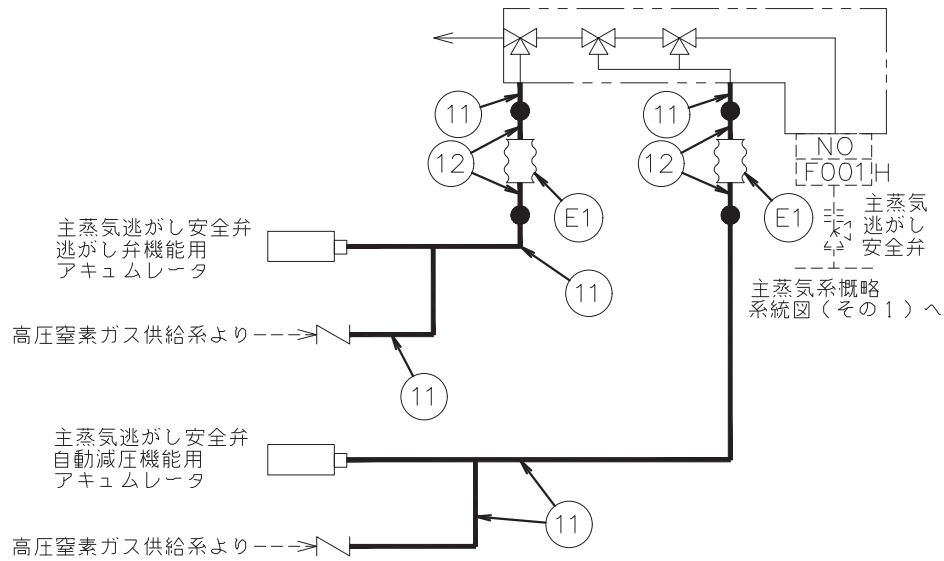




主蒸気系概略系統図(その3)

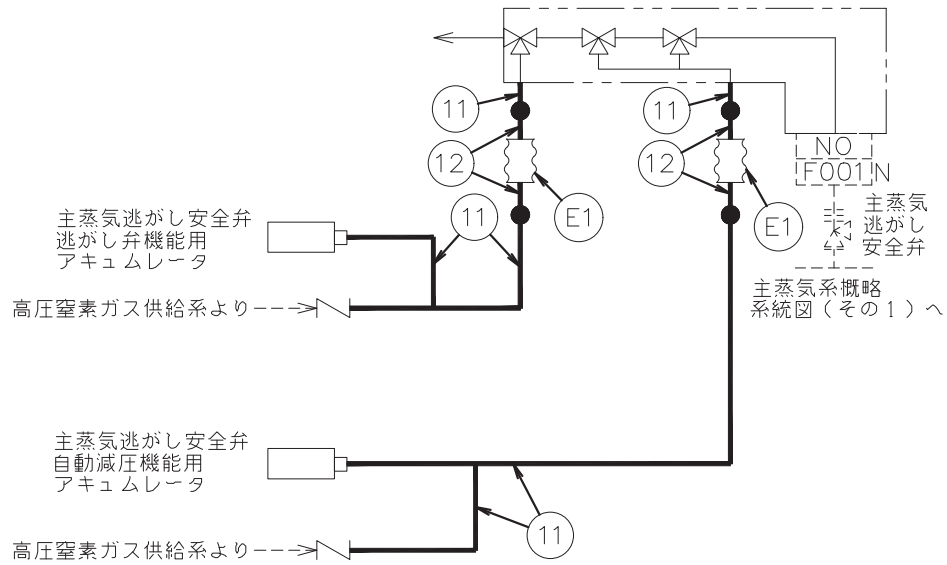
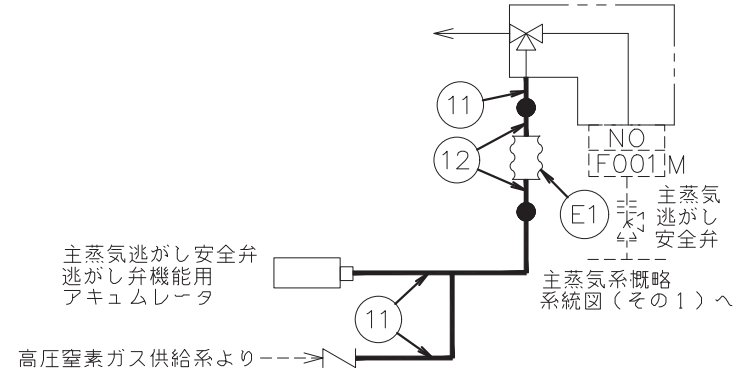
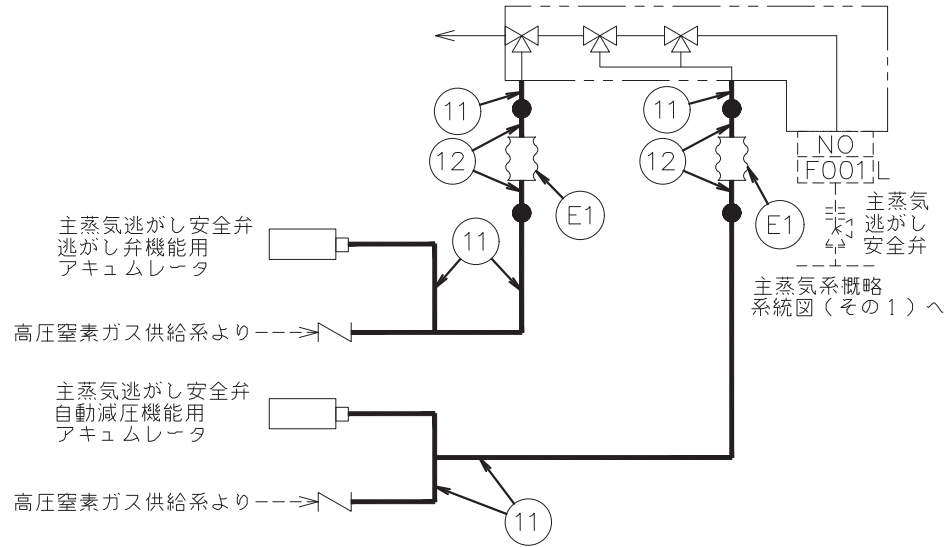


主蒸気系概略系統図(その4)

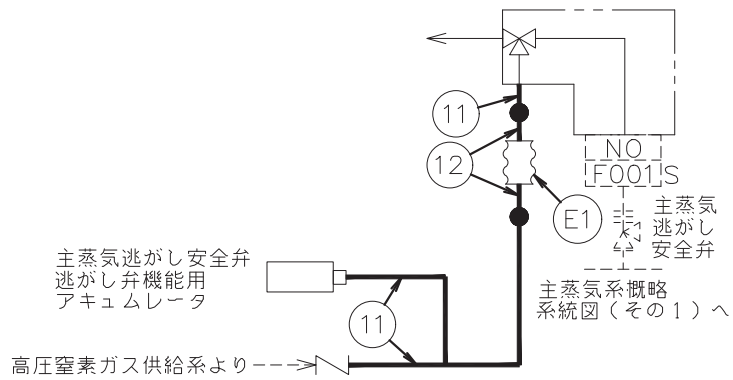
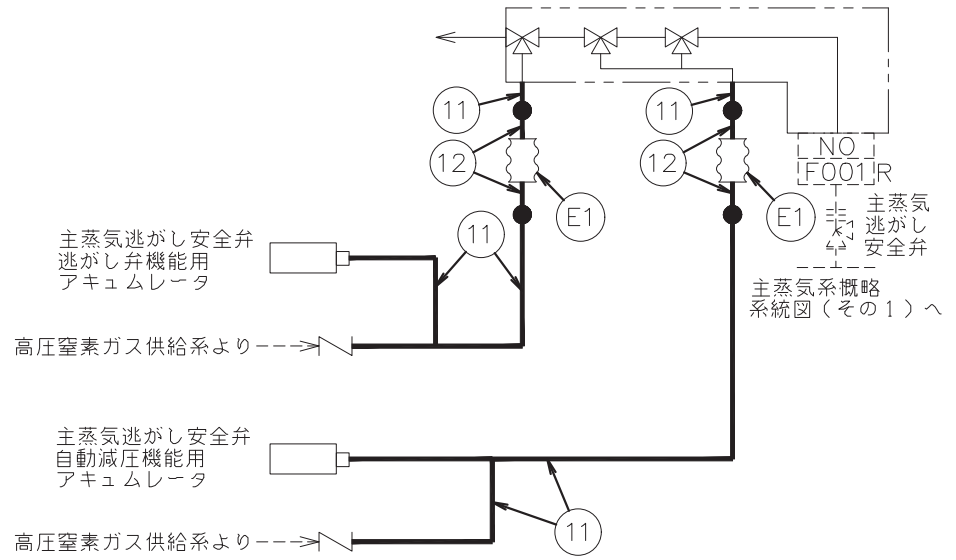
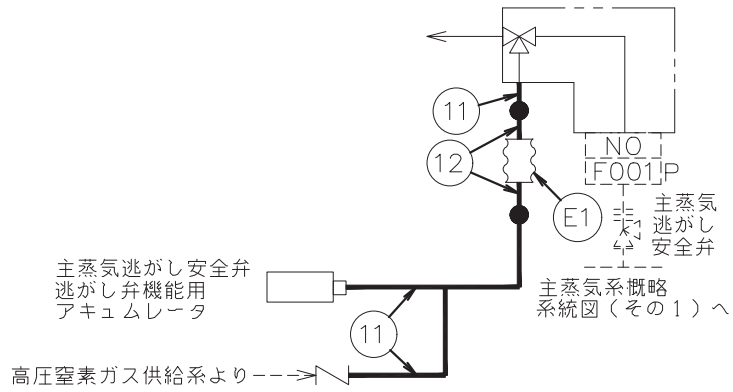


注記\*\*：伸縮継手形状は同一であるため、強度計算においては、全伸縮量が最大となる本伸縮継手を評価した。

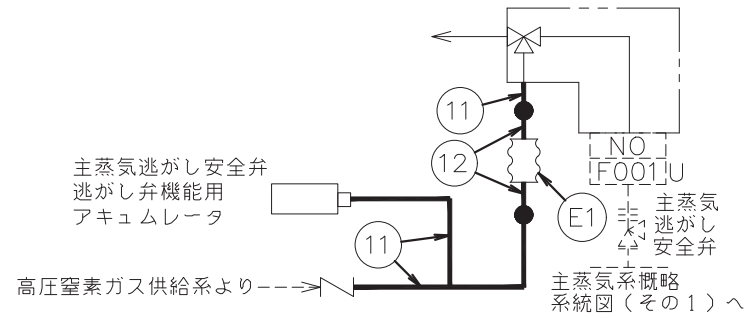
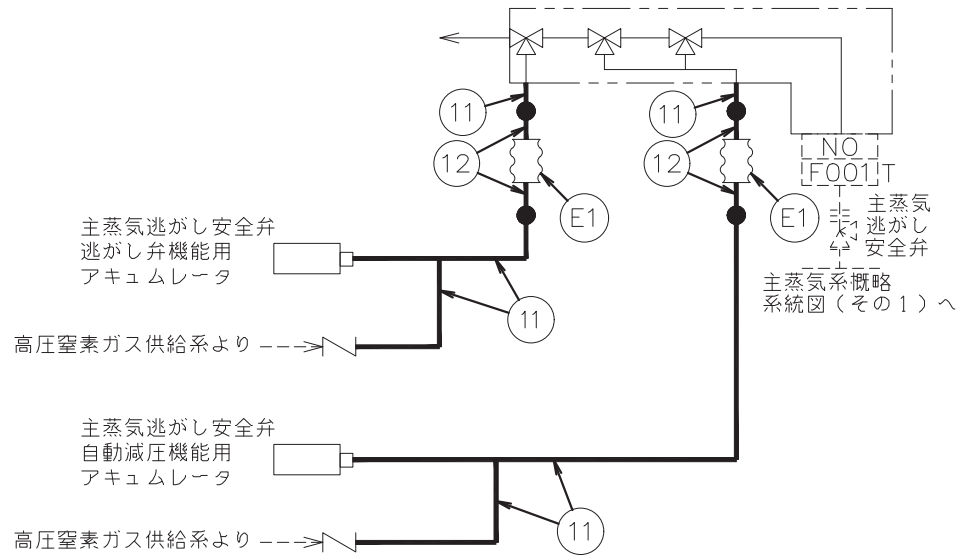
主蒸気系概略系統図(その5)



主蒸気系概略系統図（その6）



主蒸気系概略系統図(その7)



主蒸気系概略系統図(その8)

## 2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

告示第501号第58条第1項 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t <sub>s</sub> (mm)	t (mm)	算 式	t <sub>r</sub> (mm)
6	3.73	250	318.50	17.40	SCS16A	S	2	84*	1.00			6.95	A	6.95
7	3.73	250	563.00	31.80	SCS16A	S	2	84*	1.00			12.29	A	12.29
8	3.73	250	609.60	55.10	SCS16A	S	2	84*	1.00			13.30	A	13.30
9	3.73	250	399.60	58.00	SCS16A	S	2	84*	1.00			8.72	A	8.72
10	3.73	250	322.00	19.20	SCS16A	S	2	84*	1.00			7.03	A	7.03

評価：t<sub>s</sub> ≥ t<sub>r</sub>，よって十分である。

注記\*：告示第501号 別表第6（備考）3 ハに基づき0.8倍した値を用いた。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	$\eta$	Q	t <sub>s</sub> (mm)	t (mm)	算 式	t <sub>r</sub> (mm)
1	3.73	250	267.40	15.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	13.21	4.78	A	4.78
2	3.73	250	267.40	15.10	SUS316TP	S	2	125	1.00	12.5%	13.21	3.95	A	3.95
3	3.73	250	267.40	12.70	SUS316TP	S	2	125	1.00	12.5%	11.11	3.95	A	3.95
4	3.73	250	318.50	17.40	SUS316TP	S	2	125	1.00	12.5%	15.22	4.70	A	4.70
5	3.73	250	318.50	14.30	SUS316TP	S	2	125	1.00	12.5%	12.51	4.70	A	4.70
11	2.00	171	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	113	1.00	0.5mm	3.40	0.54	A	0.54
12	2.00	171	60.50	3.90	SUS304	S	2	113	1.00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0.54	A	0.54

評価：t<sub>s</sub> ≥ t<sub>r</sub>，よって十分である。



3. 鏡板の強度計算書（重大事故等クラス2管）

告示第501号第58条第1項及び第2項 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	形 式	外 径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	S (MPa)	R (mm)	r (mm)	D (mm)	2・h (mm)	W, K	η	Q	t <sub>c</sub> (mm)	算 式	t (mm)		
C1	3.73	250	全半球形	609.60	55.10	SCS16A	84*		—	—	—	—	1.00			B	5.57		
			フランジ部	609.60	55.10	SCS16A	84*	—	—	—	—	1.00	D			13.30			
C2	3.73	250	半だ円形	318.50	17.40	SCS16A	84*	—	—			1.00	1.00					C	6.36
			フランジ部	318.50	17.40	SCS16A	84*	—	—	—	—	1.00	D					6.95	

評価：t<sub>c</sub> ≥ t，よって十分である。

注記\*：告示第501号 別表第6（備考）3 ハに基づき0.8倍した値を用いた。

4. レジューサの強度計算書（重大事故等クラス2管）

告示第501号第61条第1項（告示第501号第32条第3項） 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	$\theta$ (°)	端部記号	外 径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	S (MPa)	$\eta$	Q	D <sub>i</sub> (mm)	r (mm)	W, K	t <sub>s</sub> (mm)	t <sub>1</sub> (mm)	t <sub>2</sub> (mm)	算 式	t (mm)
R1	3.73	250	10.75	大径端	563.00	31.80	SCS16A	84*	1.00			—	—		11.65	—	A	11.65
				小径端	318.50	17.40	SCS16A	84*	1.00			—	—		6.64	—	A	6.64

評価：t<sub>s</sub> ≧ t，よって十分である。

注記\*：告示第501号 別表第6（備考）3 ハに基づき0.8倍した値を用いた。

5. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）  
告示第501号 第60条 準用

NO.	T1	$A_r$	( $\text{mm}^2$ )	$4.036 \times 10^3$		
形式	C	$A_0$	( $\text{mm}^2$ )	$9.075 \times 10^3$		
最高使用圧力 (MPa)	3.73	$A_1$	( $\text{mm}^2$ )	$6.705 \times 10^3$		
最高使用温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	250	$A_2$	( $\text{mm}^2$ )	$2.370 \times 10^3$		
主管と管台の角度 ( $^{\circ}$ )	<input type="text"/>	$A_3$	( $\text{mm}^2$ )	—		
		$A_4$	( $\text{mm}^2$ )	—		
主管材料	SCS16A	評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。				
$S_r$ (MPa)	$84^{*1}$					
$D_{or}$ (mm)	609.60					
$D_{ir}$ (mm)	<input type="text"/>					
$t_{ro}$ (mm)	55.10				$d_{f r D}$ (mm)	<input type="text"/>
$Q_r$	<input type="text"/>				$L_{AD}$ (mm)	<input type="text"/>
$t_r$ (mm)	<input type="text"/>				$L_{ND}$ (mm)	<input type="text"/>
$t_{rr}$ (mm)	13.30				$A_{rD}$ ( $\text{mm}^2$ )	$2.691 \times 10^3$
$\eta$	1.00				$A_{0D}$ ( $\text{mm}^2$ )	$8.298 \times 10^3$
					$A_{1D}$ ( $\text{mm}^2$ )	$5.927 \times 10^3$
管台材料	SCS16A	$A_{2D}$ ( $\text{mm}^2$ )	$2.370 \times 10^3$			
$S_b$ (MPa)	$84^{*1}$	$A_{3D}$ ( $\text{mm}^2$ )	—			
$D_{ob}$ (mm)	399.60	$A_{4D}$ ( $\text{mm}^2$ )	—			
$D_{ib}$ (mm)	<input type="text"/>	評価： $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。				
$t_{bn}$ (mm)	58.00					
$Q_b$	<input type="text"/>					
$t_b$ (mm)	<input type="text"/>					
$t_{br}$ (mm)	6.47					
強め材材料	—					
$S_e$ (MPa)	—					
$D_{oe}$ (mm)	—					
$t_e$ (mm)	—					
穴の径 $d$ (mm)	<input type="text"/>					
K	<input type="text"/>					
$d_{fr}$ (mm)	<input type="text"/>					
$L_A$ (mm)	<input type="text"/>					
$L_N$ (mm)	<input type="text"/>					
$L_1$ (mm)	<input type="text"/>					
$L_2$ (mm)	<input type="text"/>					

注記\*1：告示第501号 別表第6（備考）3 ハに基づき0.8倍した値を用いた。

\*2： $L_A$ 、 $L_N$ 、 $L_{ND}$  は構造上取り得る範囲とした。

クエンチャの穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

NO. SP1

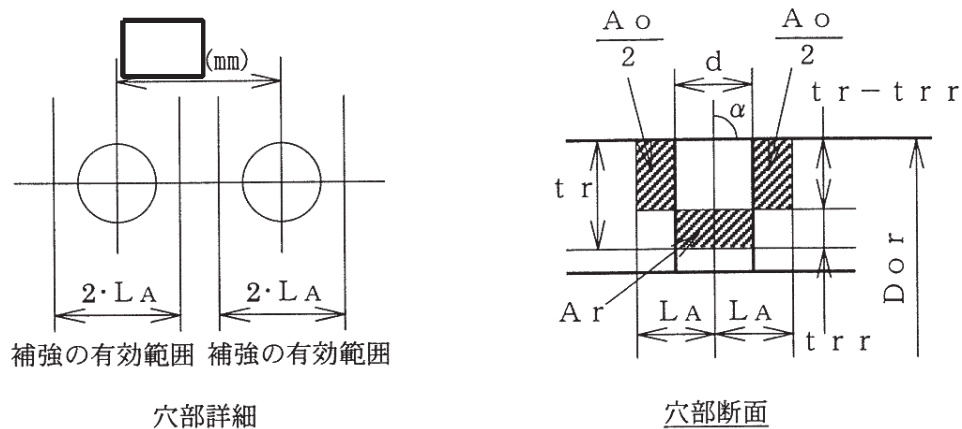


図 5-1 穴部詳細及び穴部断面

(1) 告示第501号 第60条第2項第1号により，穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ： $t_{r r}$

$$\begin{aligned}
 t_{r r} &= \frac{P \cdot D_{o r}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \\
 &= \frac{3.73 \times 318.50}{2 \times 84 \times 1.00 + 0.8 \times 3.73} \\
 &= 6.95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$


ここで


P	: 最高使用圧力（内圧）	3.73 (MPa)
	最高使用温度	250 (°C)
$D_{o r}$	: 主管の外径	318.50 (mm)
$S_r$	: 主管の材料の許容引張応力	84 (MPa)
	主管材料	SCS16A
$\eta$	: 継手の効率	1.00

b. 穴の補強に必要な面積： $A_r$

$$\begin{aligned}
 A_r &= 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha) \\
 &= 1.07 \times \boxed{\phantom{000}} \times 6.95 \times (2 - \boxed{\phantom{000}}) \\
 &= 75.11 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで

$d$  : 断面に現われる穴の径  $\boxed{\phantom{000}}$  (mm)  


$\alpha$  : 主管と穴の中心線との交角  $\boxed{\phantom{000}}$  (°)  


c. 穴の補強に有効な面積の総和： $A_o$

$$\begin{aligned}
 A_o &= (\eta \cdot t_{ro} - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \\
 &= (1.00 \times \boxed{\phantom{000}} - 1.00 \times 6.95) \times (2 \times \boxed{\phantom{000}}) \\
 &= 331.0 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで

$t_{ro}$  : 主管の公称厚さ 17.40 (mm)  
 $Q_r$  : 主管の厚さの負の許容差  $\boxed{\phantom{000}}$  (mm)  
 $t_r$  : 主管の最小厚さ  $\boxed{\phantom{000}}$  (mm)

$$t_r = t_{ro} - Q_r$$

$F$  : 告示第501号 第60条第2項第1号ロより求めた値 1.00

$L_A$  : 補強に有効な範囲 (次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値)

$$L_A = d = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}$$

$$L_A = d / 2 + t_r + t_b = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}$$



よって  $L_A = \boxed{\phantom{000}}$  (mm)

d. 評価

$A_o > A_r$ , よって穴の補強は十分である。

(2) 告示第501号 第60条第2項第4号により，大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径： $d_{frD}$

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{318.50 - 2 \times \boxed{\phantom{000}}}{2} \\ &= \boxed{\phantom{000}} \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b. 評価

$d \leq d_{frD}$ ，よって大穴の補強計算は必要ない。

以上より十分である。

## 6. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3416 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 $\delta$ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部応力 $\sigma$ (MPa)	N $\times 10^3$	N r $\times 10^3$	U
E1	2.00	171	SUS304	184000	0.40	48.00	3.25	4.60	492	2	A	672	17.94	0.560	0.0312

評価：U $\leq$ 1，よって十分である。

注：E1の外径は，61.5mm。

VI-3-3-3-1-1-3-2 管の応力計算書



## まえがき

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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
KMS-101	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-102	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-103	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-104	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-105	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-106	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-107	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-108	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMS-109	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
KMS-110	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-001	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-002	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-002	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	9.22	306	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-003	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-004	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-006	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-007	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-008	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
MS-009	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-010	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-011	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-012	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-013	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-A02	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-B02	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPINMS-02	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPINMS-03	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・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		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
HPINMS-04	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPINMS-05	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

## 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	13
3. 計算条件	27
3.1 設計条件	27
3.2 材料及び許容応力	43
4. 評価結果	45
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	50

## 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、主蒸気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。




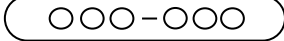

### (1) 管

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28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

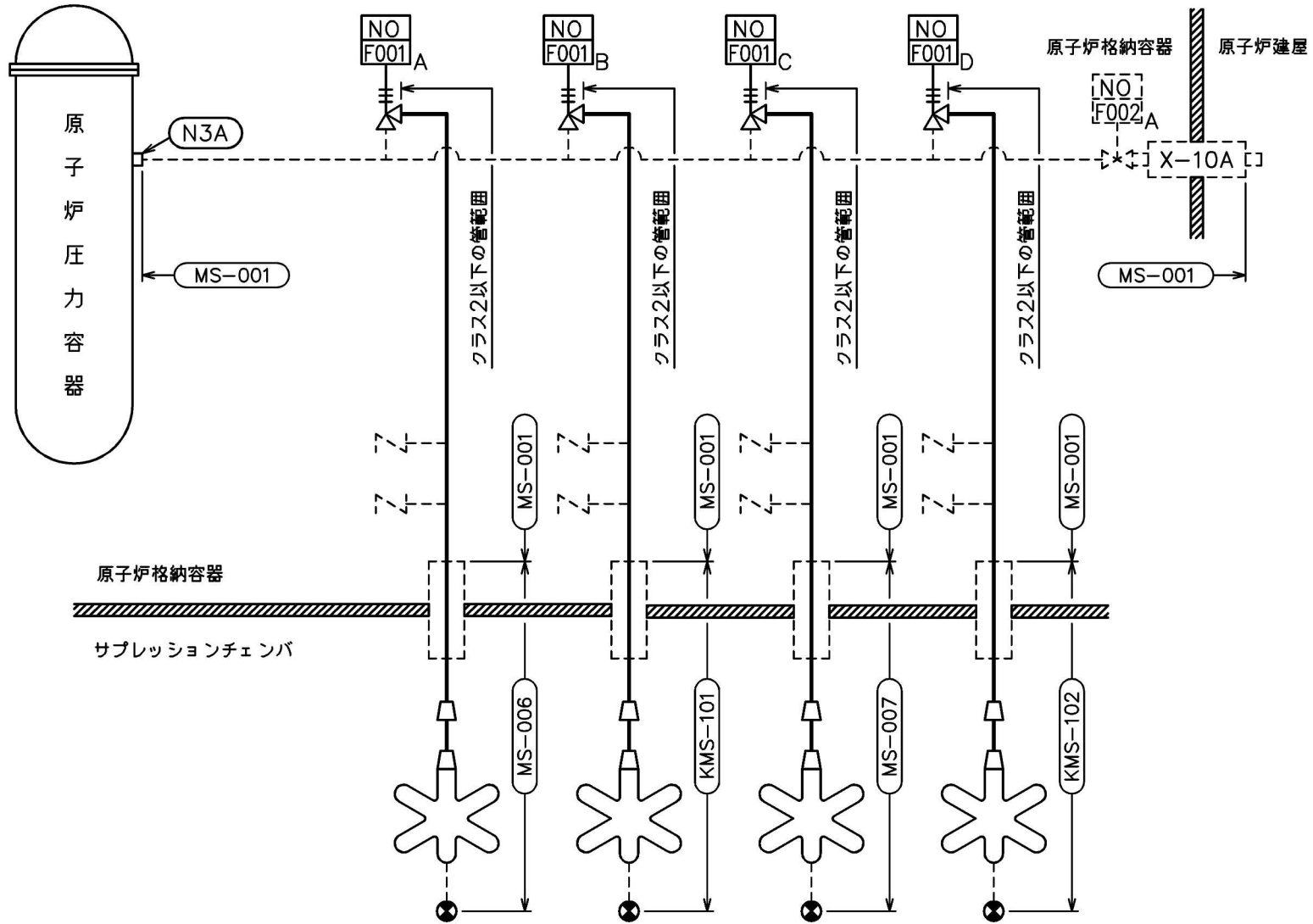
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

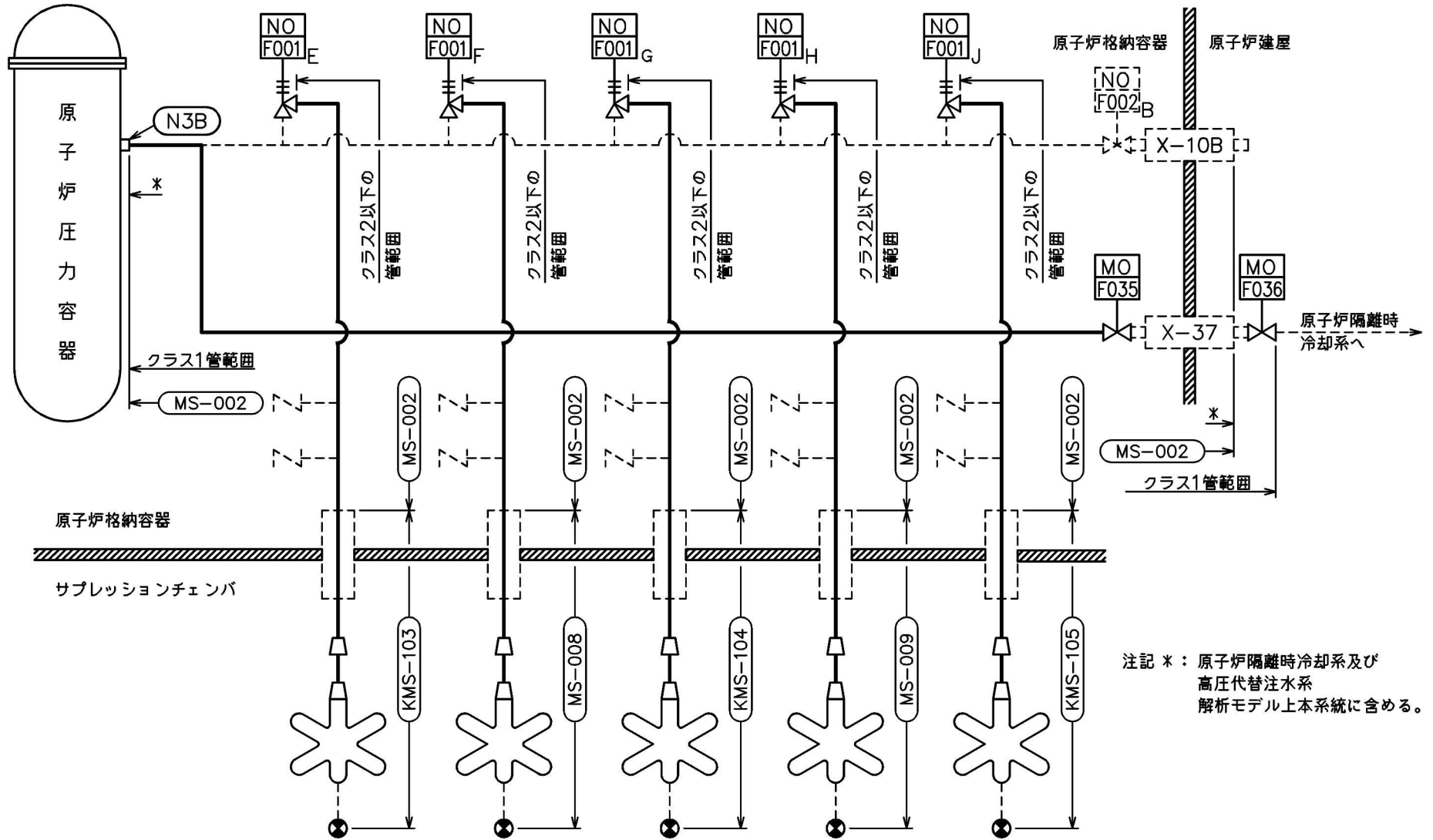
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

K6 -3-3-3-1-1-3-2 R0

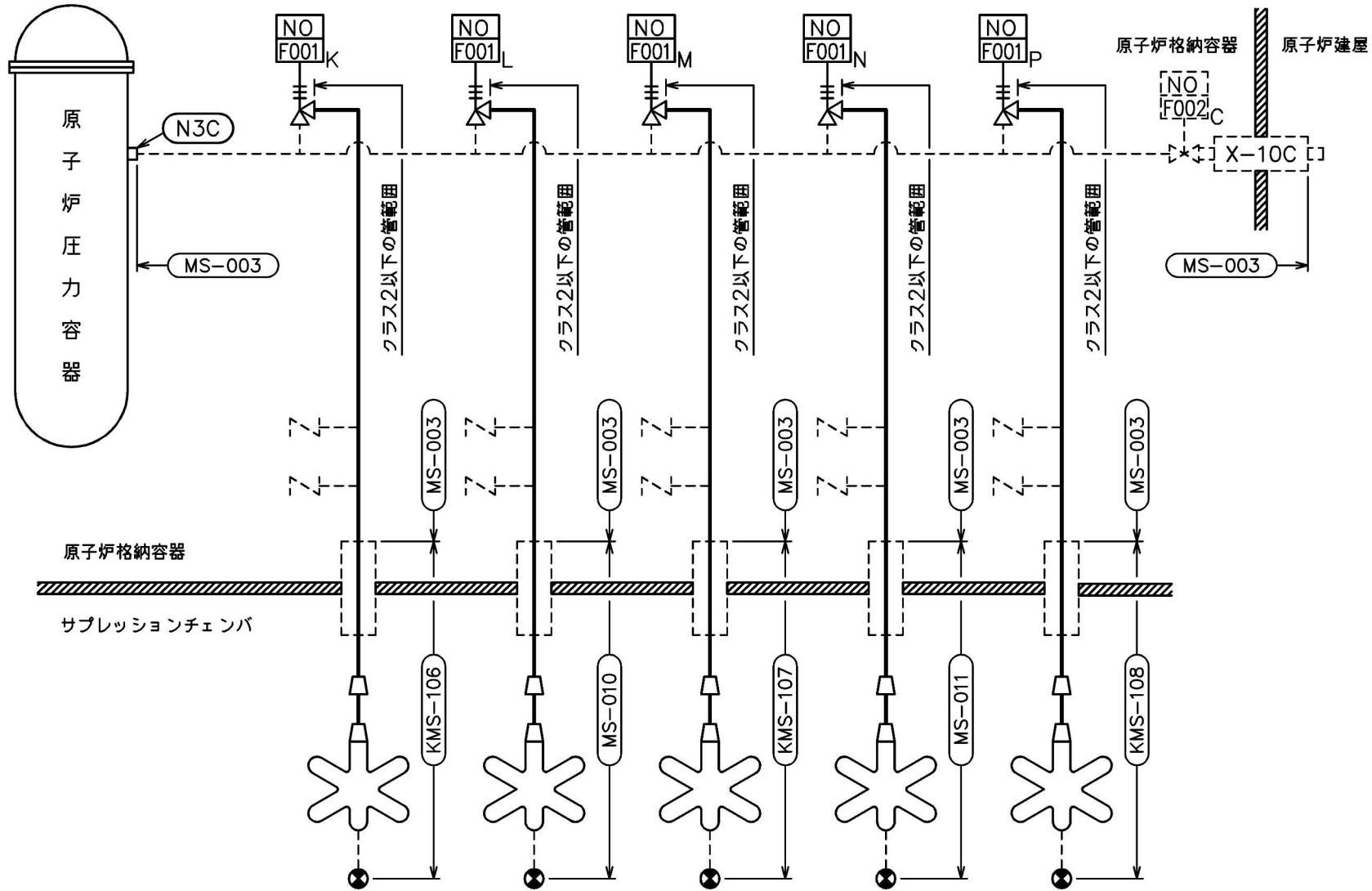




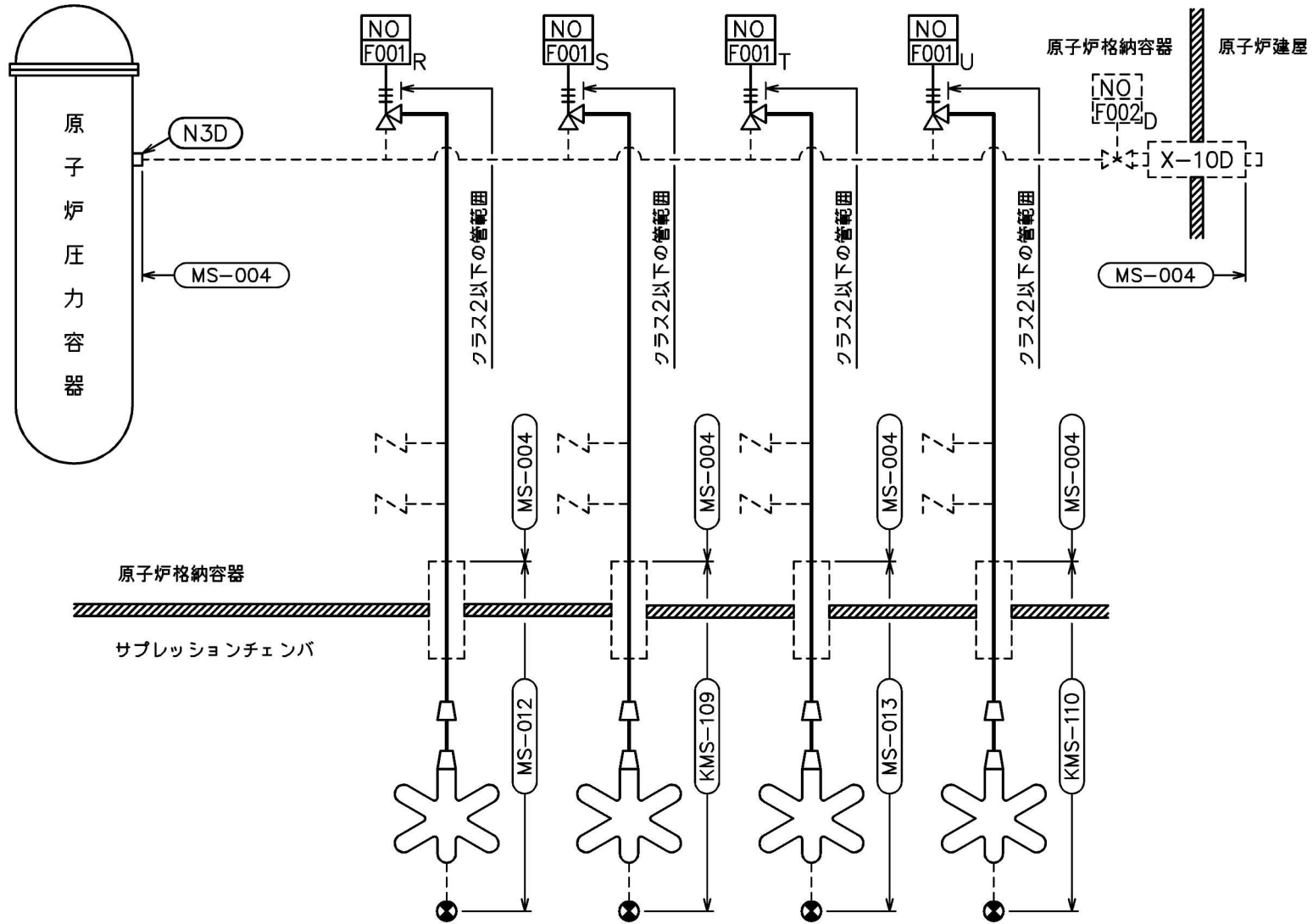
主蒸気系概略系統図（その1）



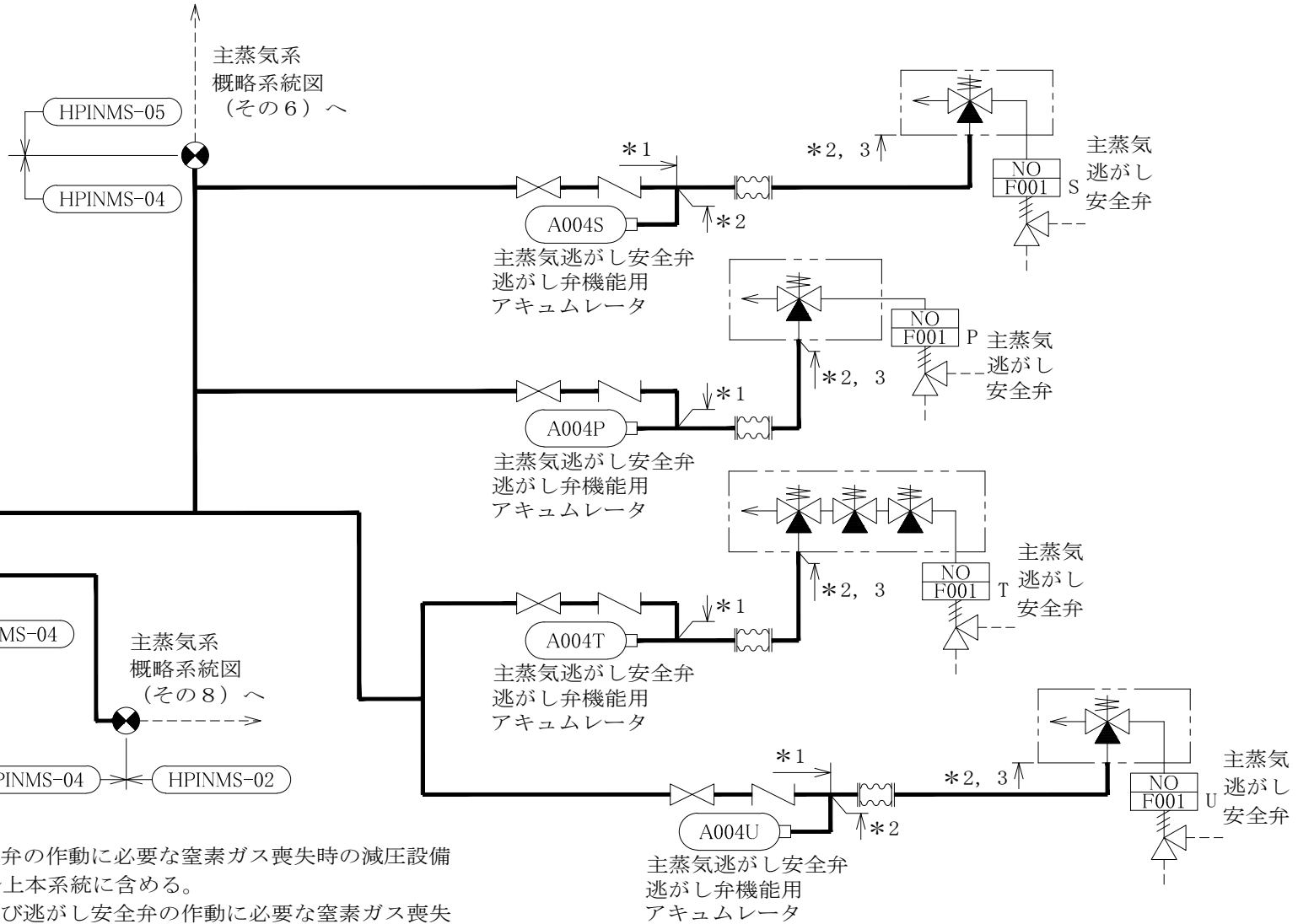
主蒸気系概略系統図 (その2)



主蒸気系概略系統図（その3）



主蒸気系概略系統図（その4）



逃がし安全弁の  
作動に必要な  
窒素ガス喪失時  
の減圧設備より

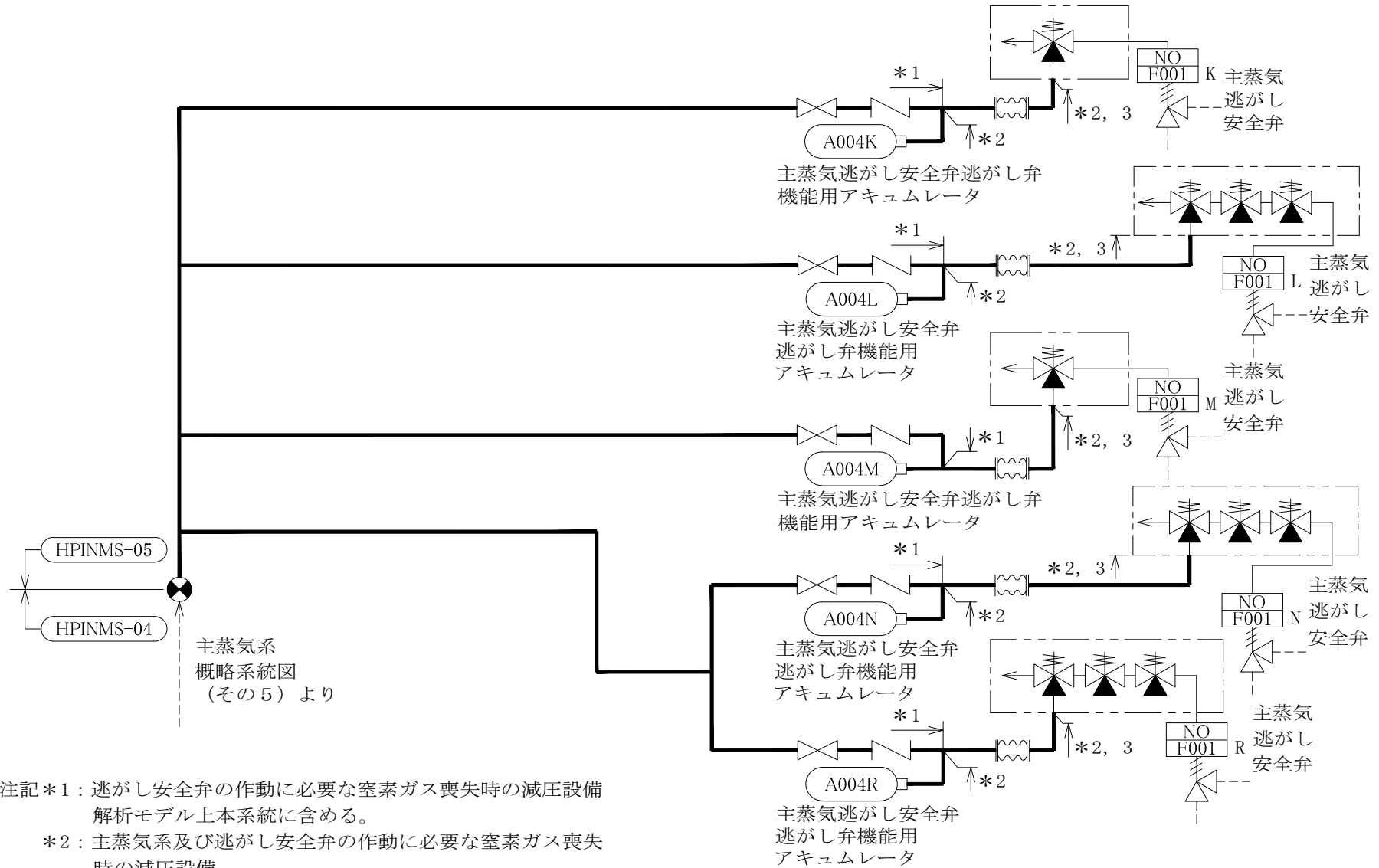
主蒸気系  
概略系統図  
(その8)へ

注記\*1: 逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備  
解析モデル上本系統に含める。

\*2: 主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失  
時の減圧設備

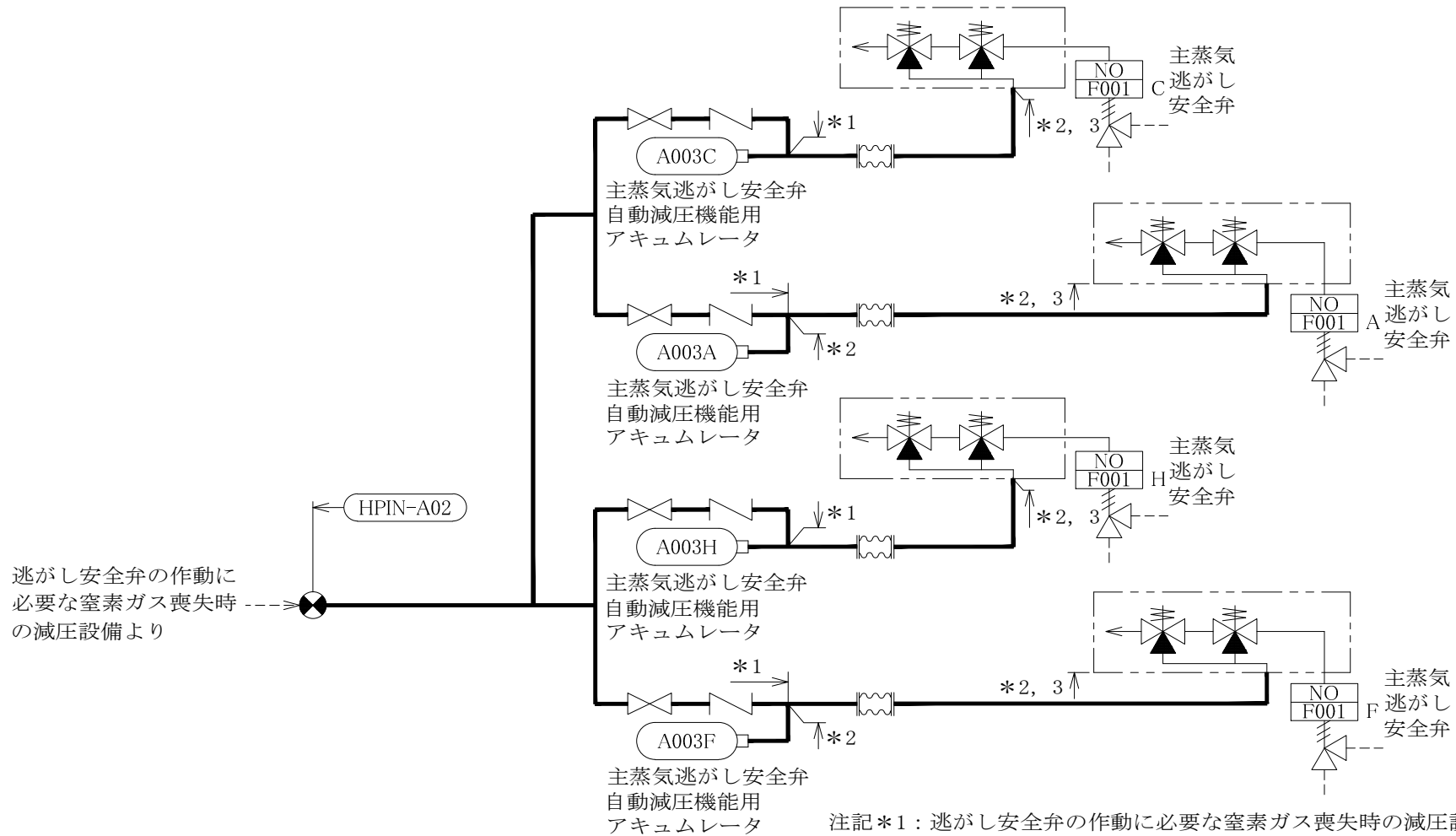
\*3: クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図(その5)

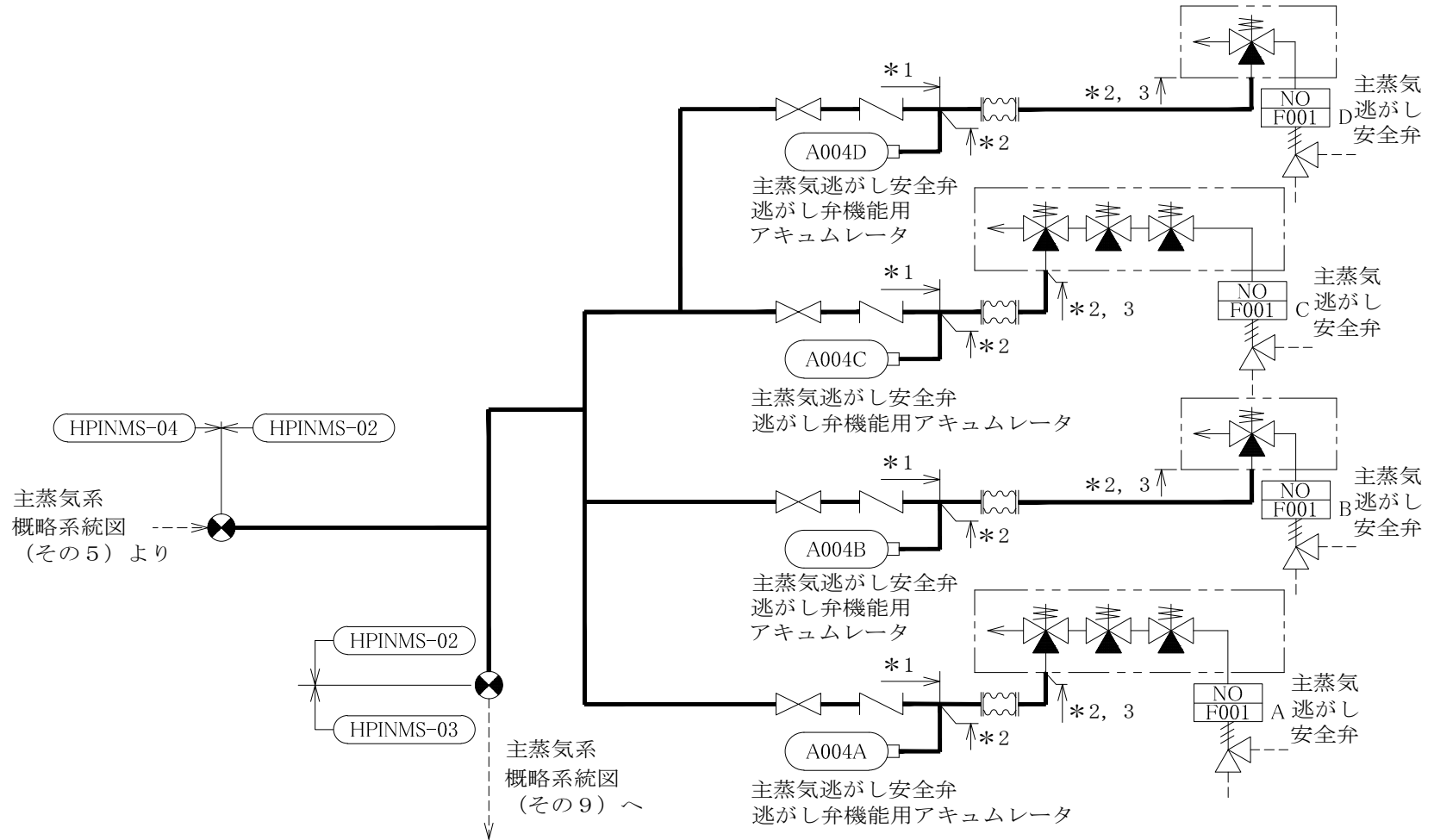


- 注記\*1：逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備  
解析モデル上本系統に含める。
- \*2：主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失  
時の減圧設備
- \*3：クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図（その6）



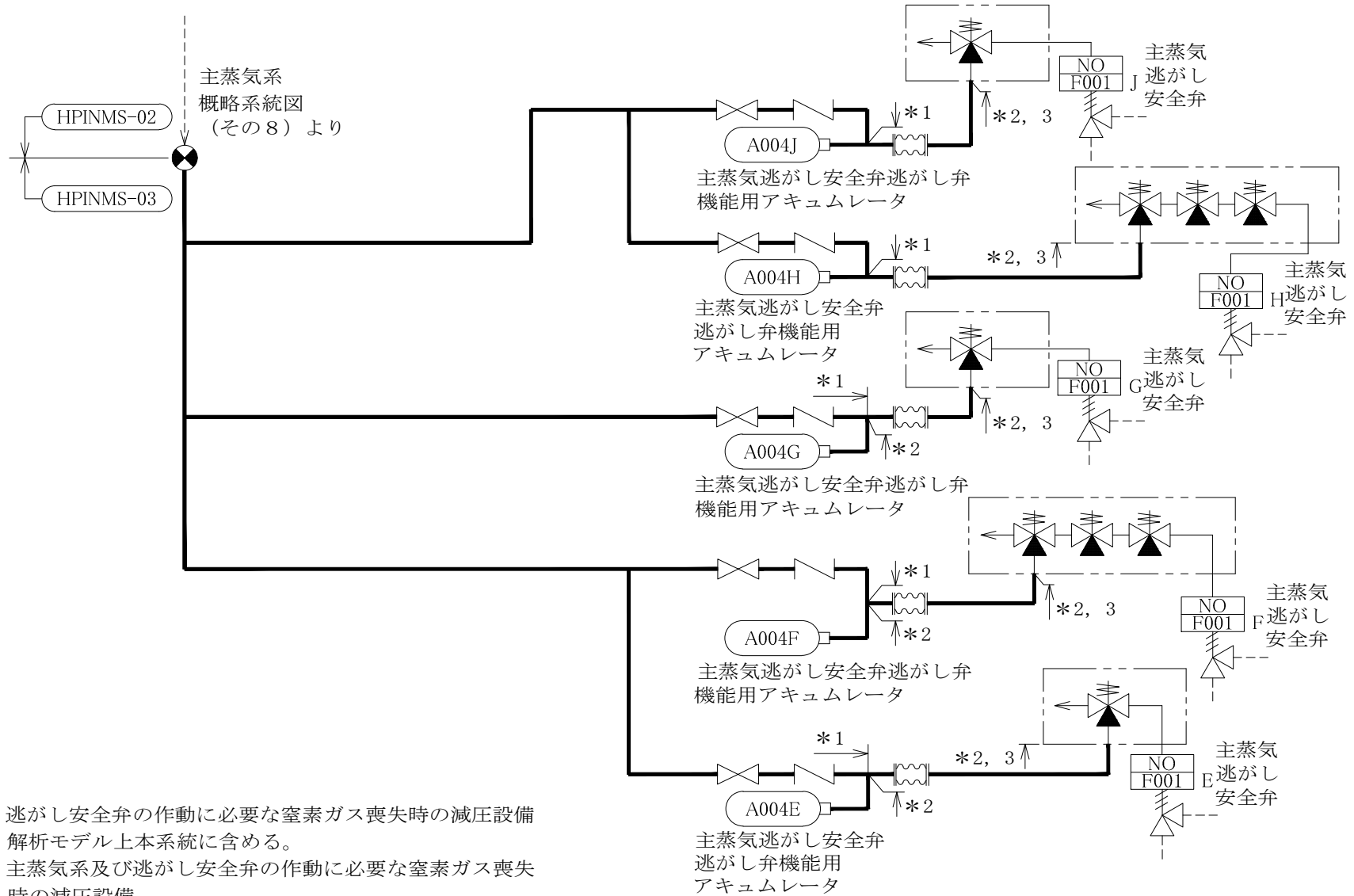
主蒸気系概略系統図（その7）



- 注記\*1：逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備  
解析モデル上本系統に含める。
- \*2：主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失  
時の減圧設備
- \*3：クラス2以下の管範囲

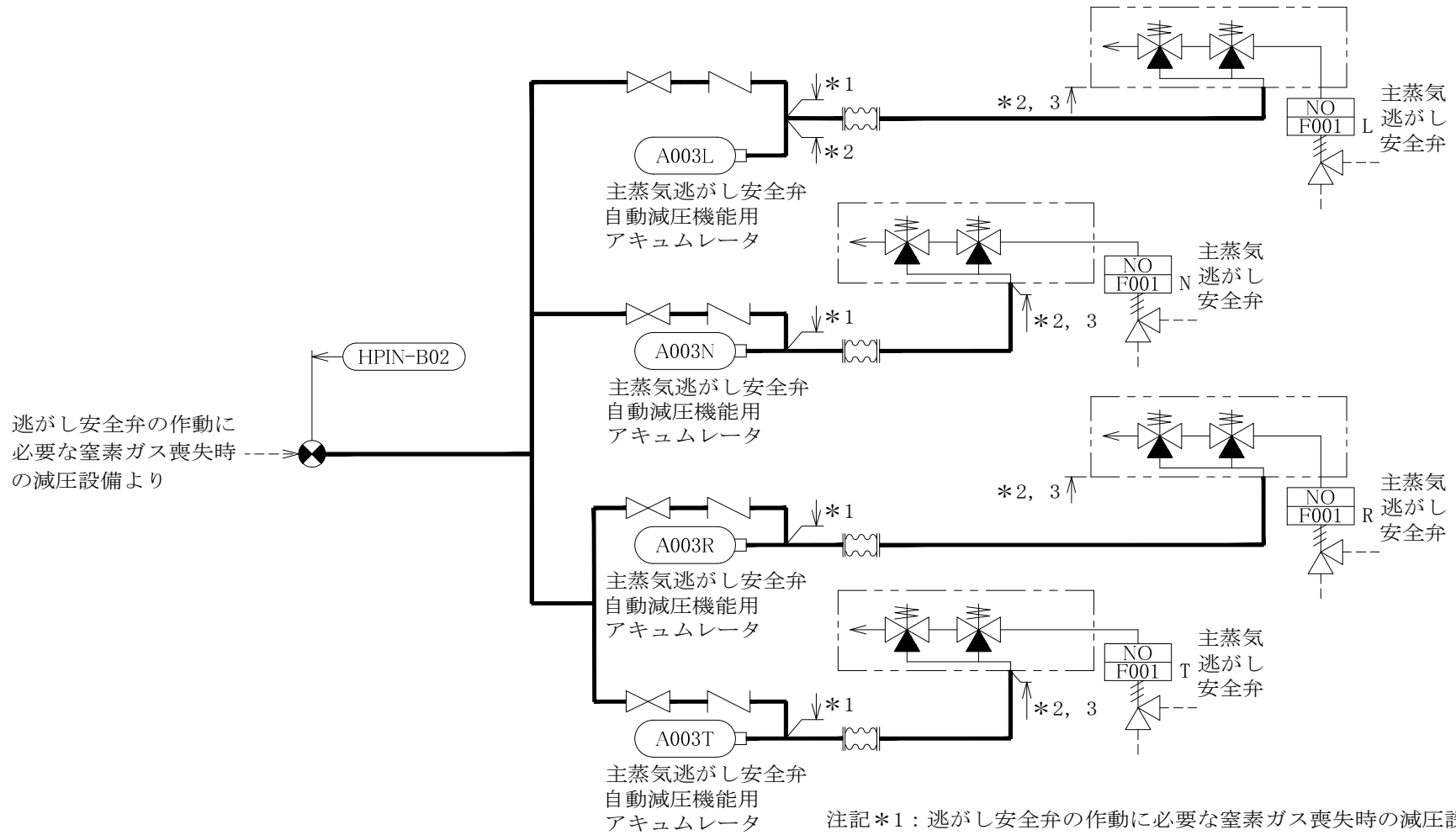
主蒸気系概略系統図（その8）





- 注記\*1: 逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備  
解析モデル上本系統に含める。
- \*2: 主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失  
時の減圧設備
- \*3: クラス2以下の管範囲


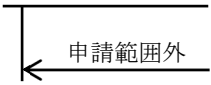
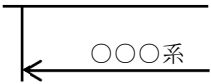


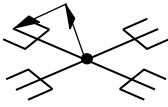
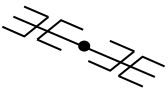

主蒸気系概略系統図 (その9)

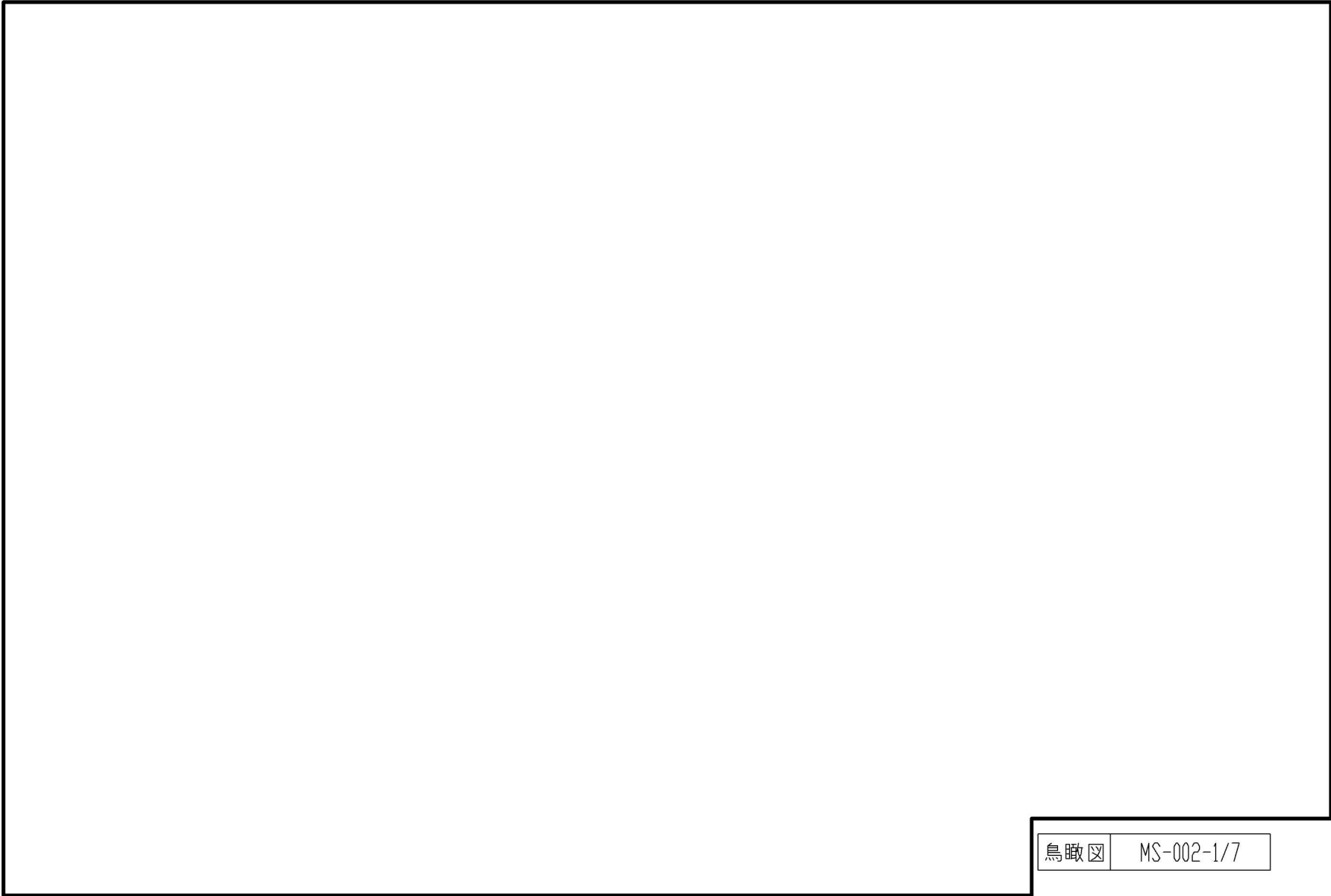


主蒸気系概略系統図（その10）

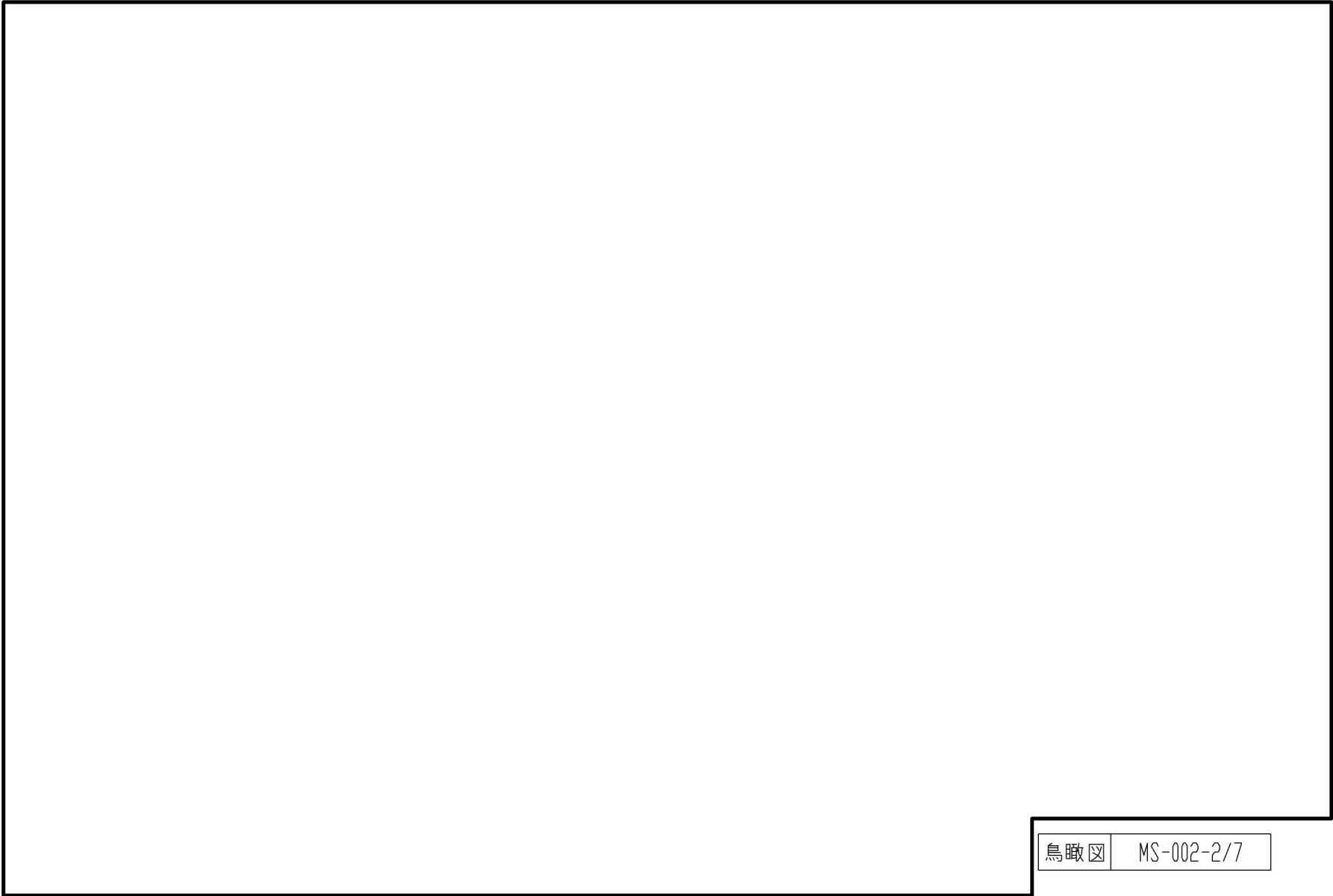
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

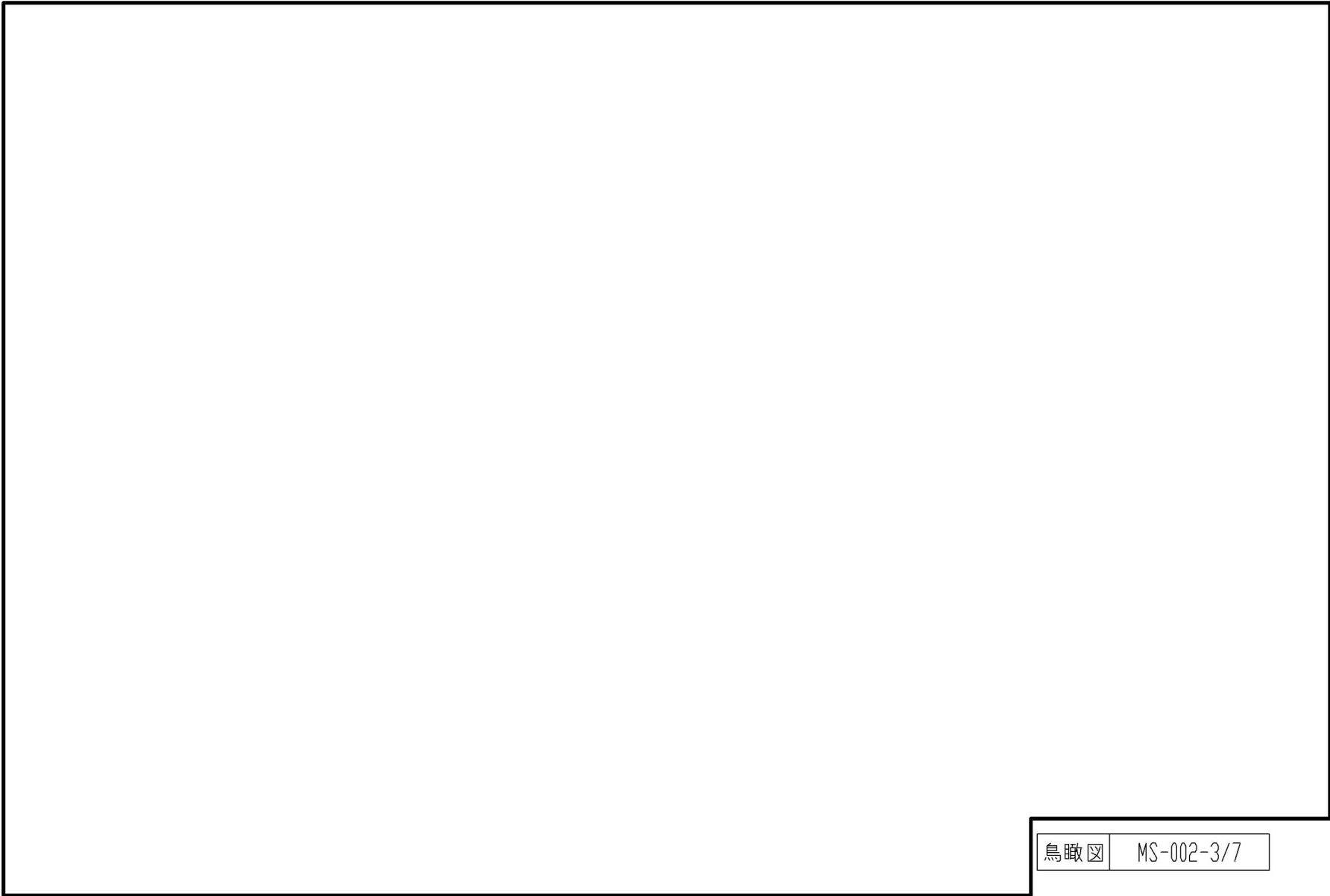
記号例	内容
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	<p>レストレイント</p> <p>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	スナップ
	ハンガ



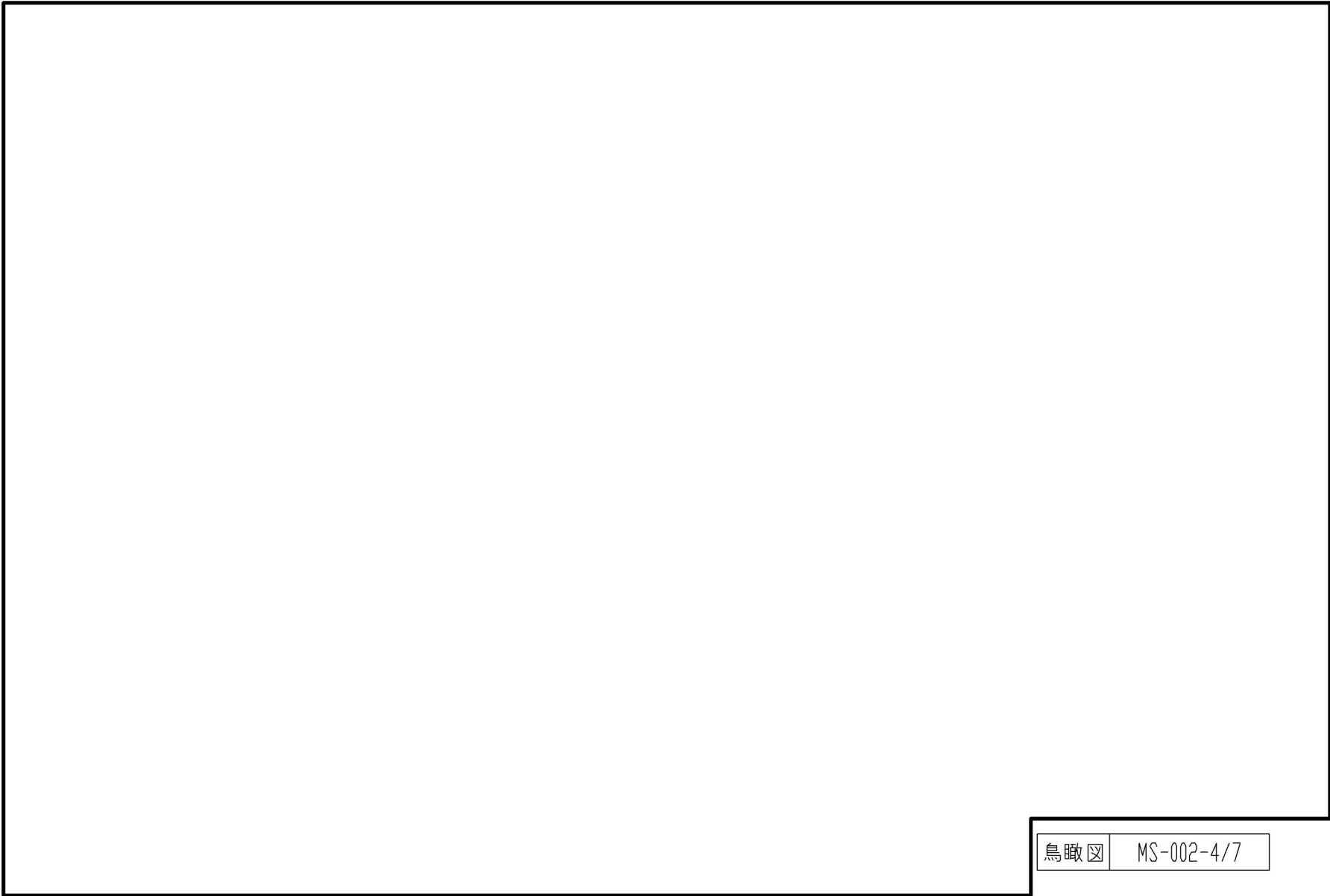
鳥瞰図	MS-002-1/7
-----	------------



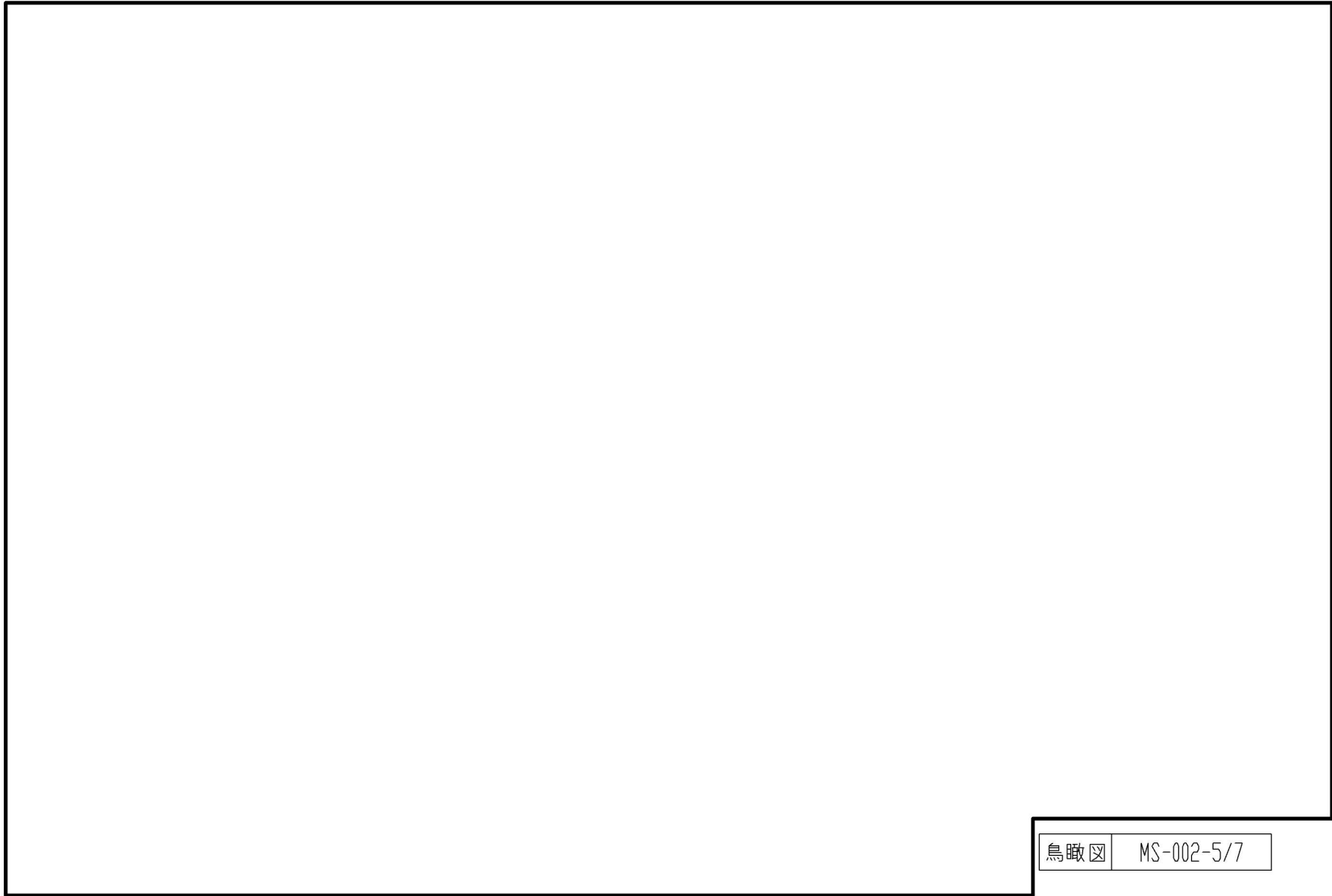
鳥瞰図	MS-002-2/7
-----	------------



鳥瞰図	MS-002-3/7
-----	------------

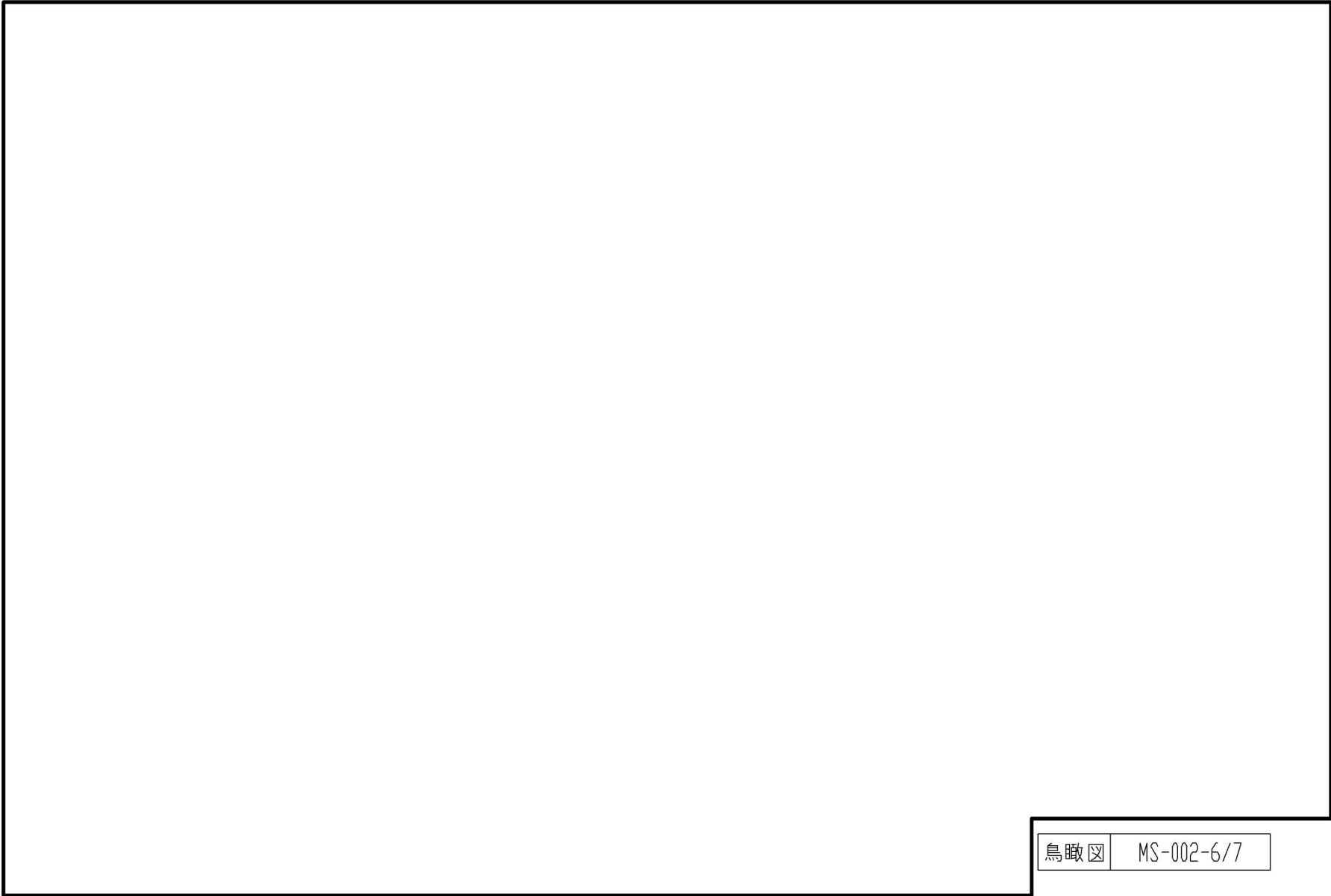


鳥瞰図	MS-002-4/7
-----	------------

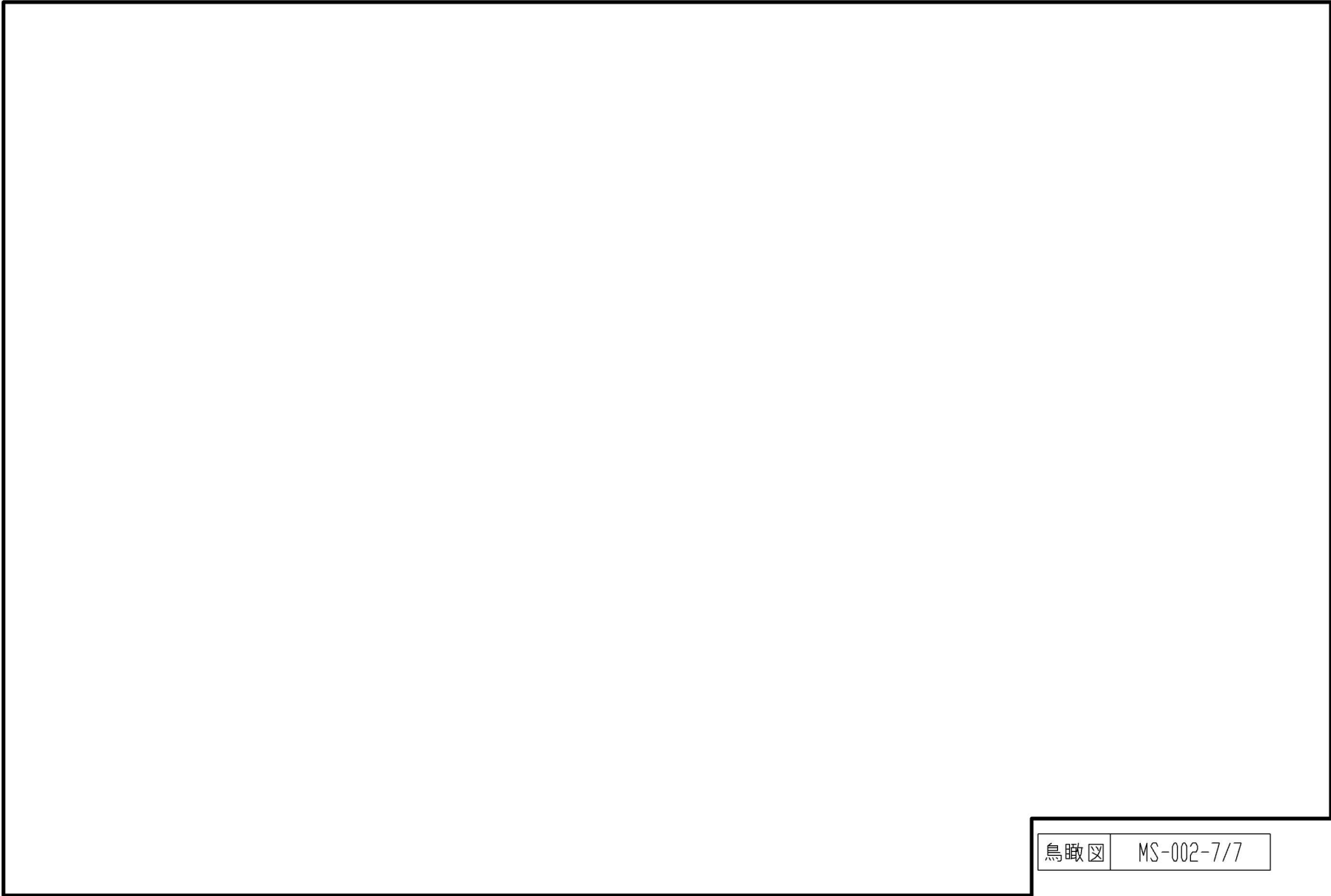


鳥瞰図	MS-002-5/7
-----	------------

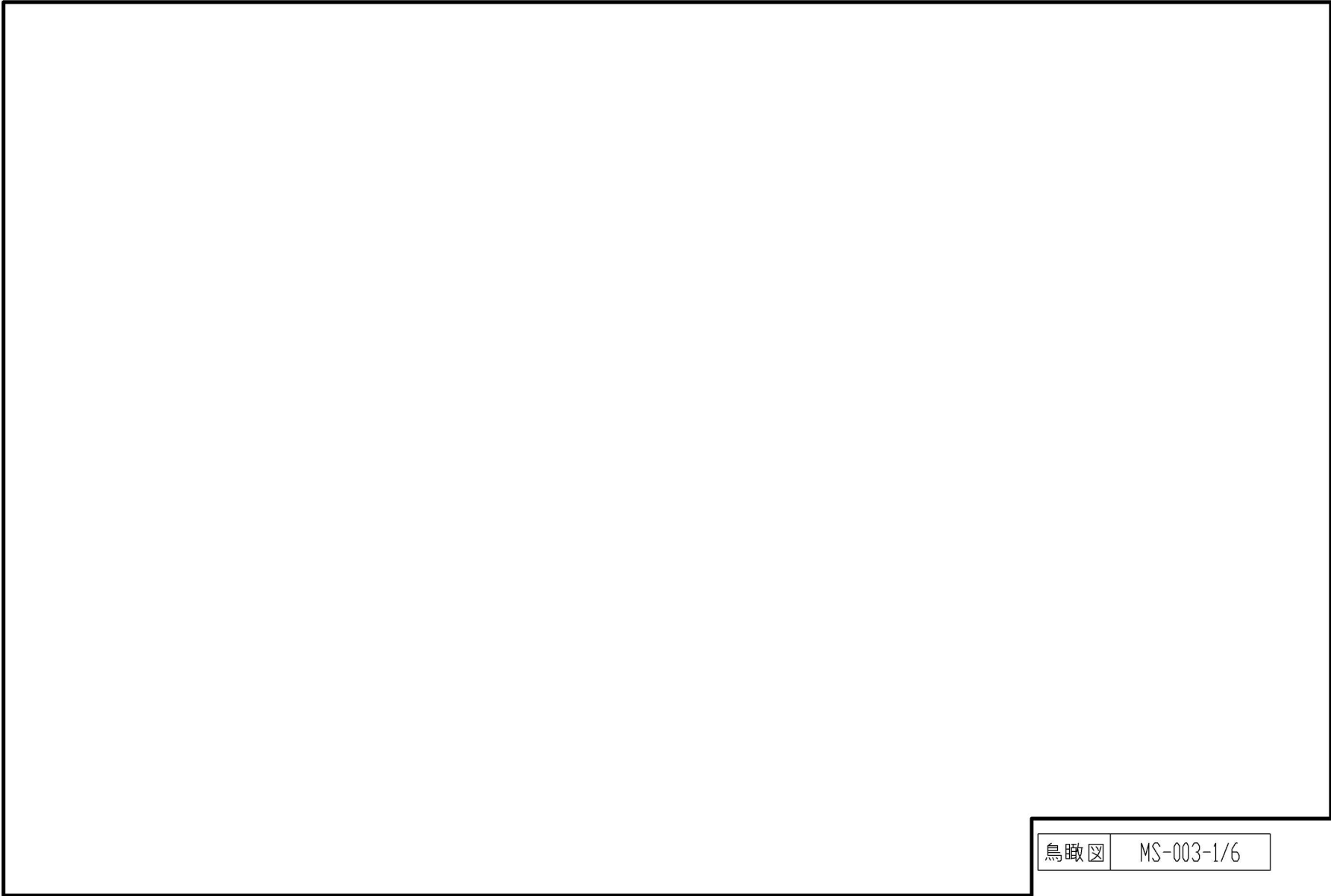




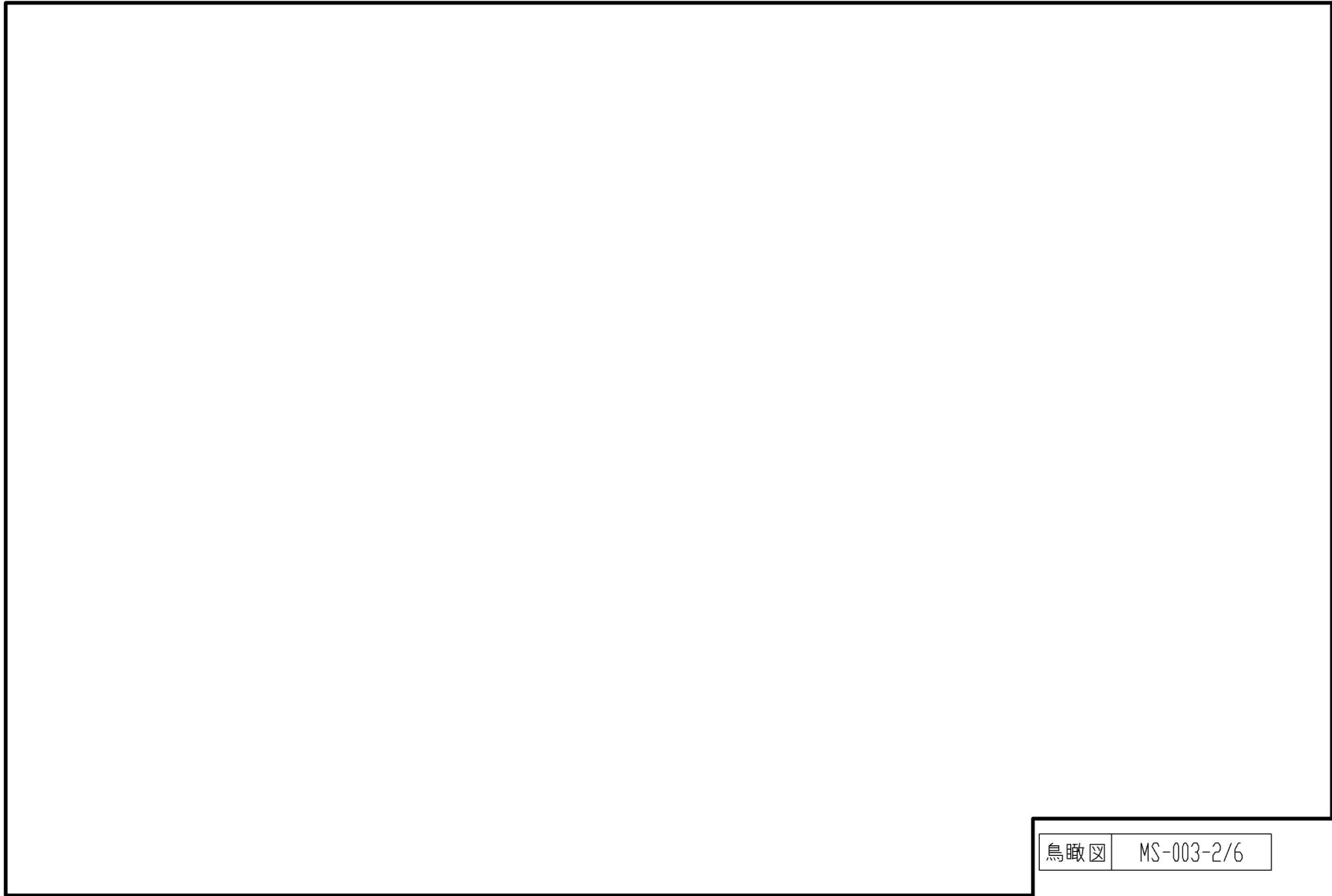
鳥瞰図	MS-002-6/7
-----	------------



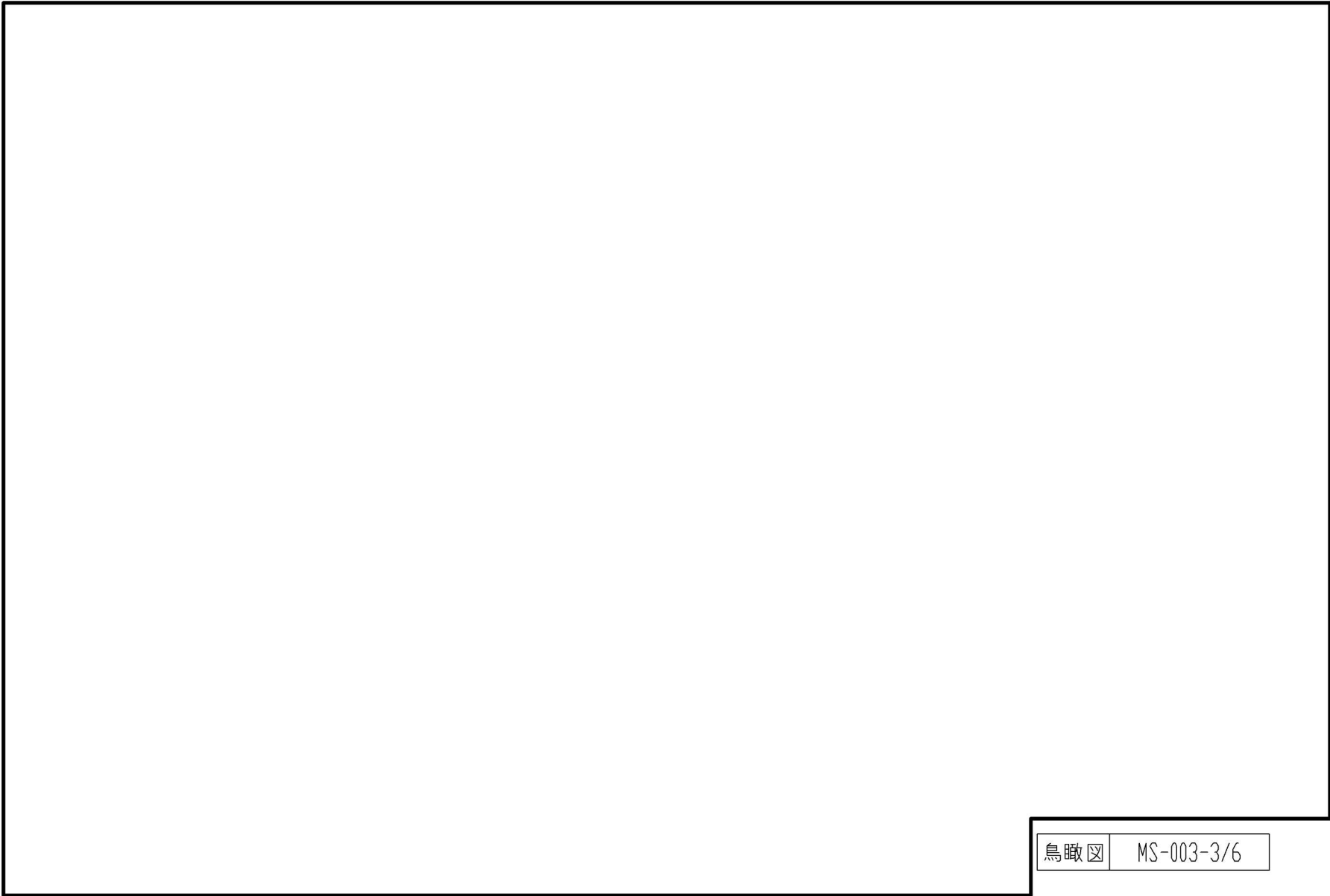
鳥瞰図	MS-002-7/7
-----	------------



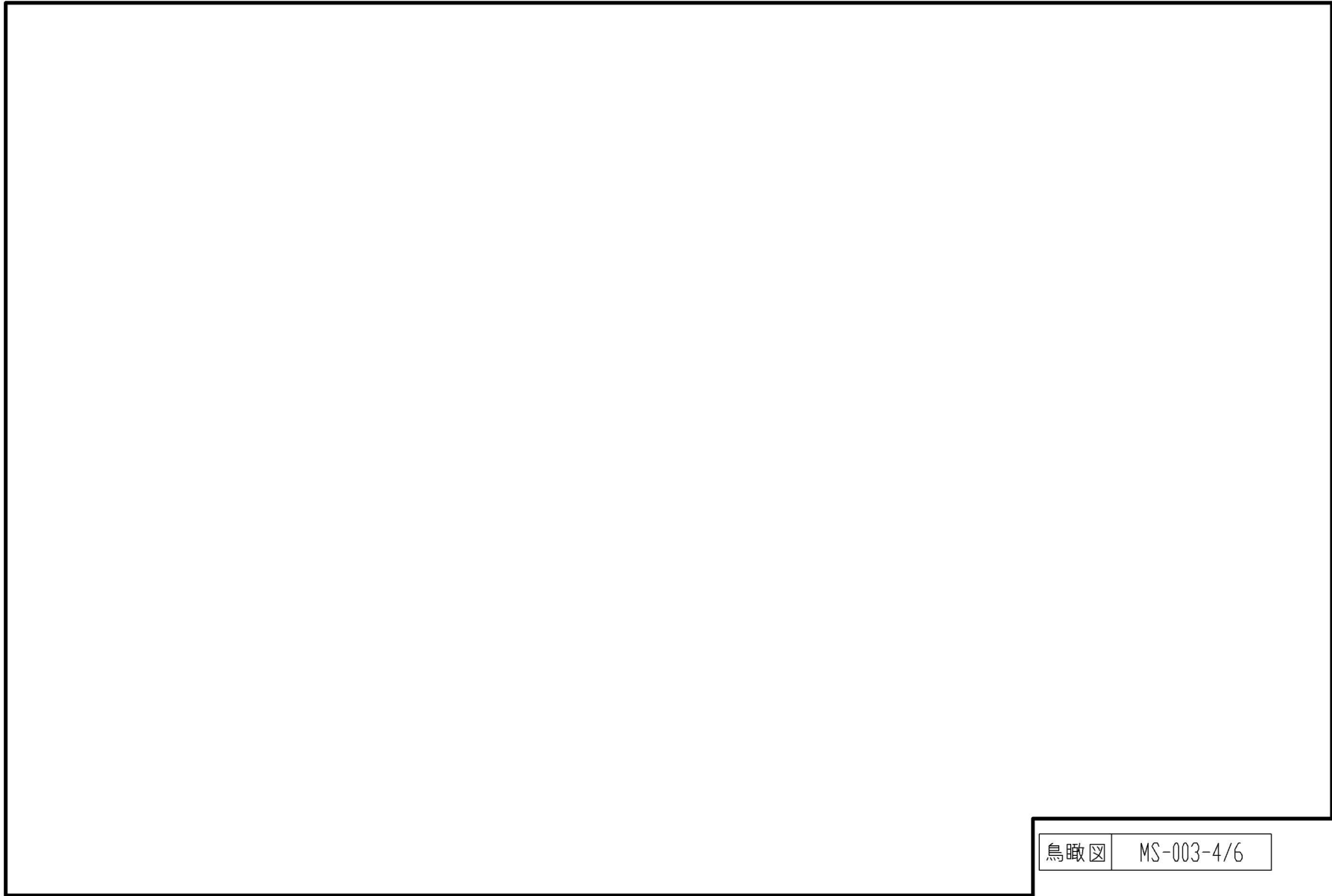
鳥瞰図	MS-003-1/6
-----	------------



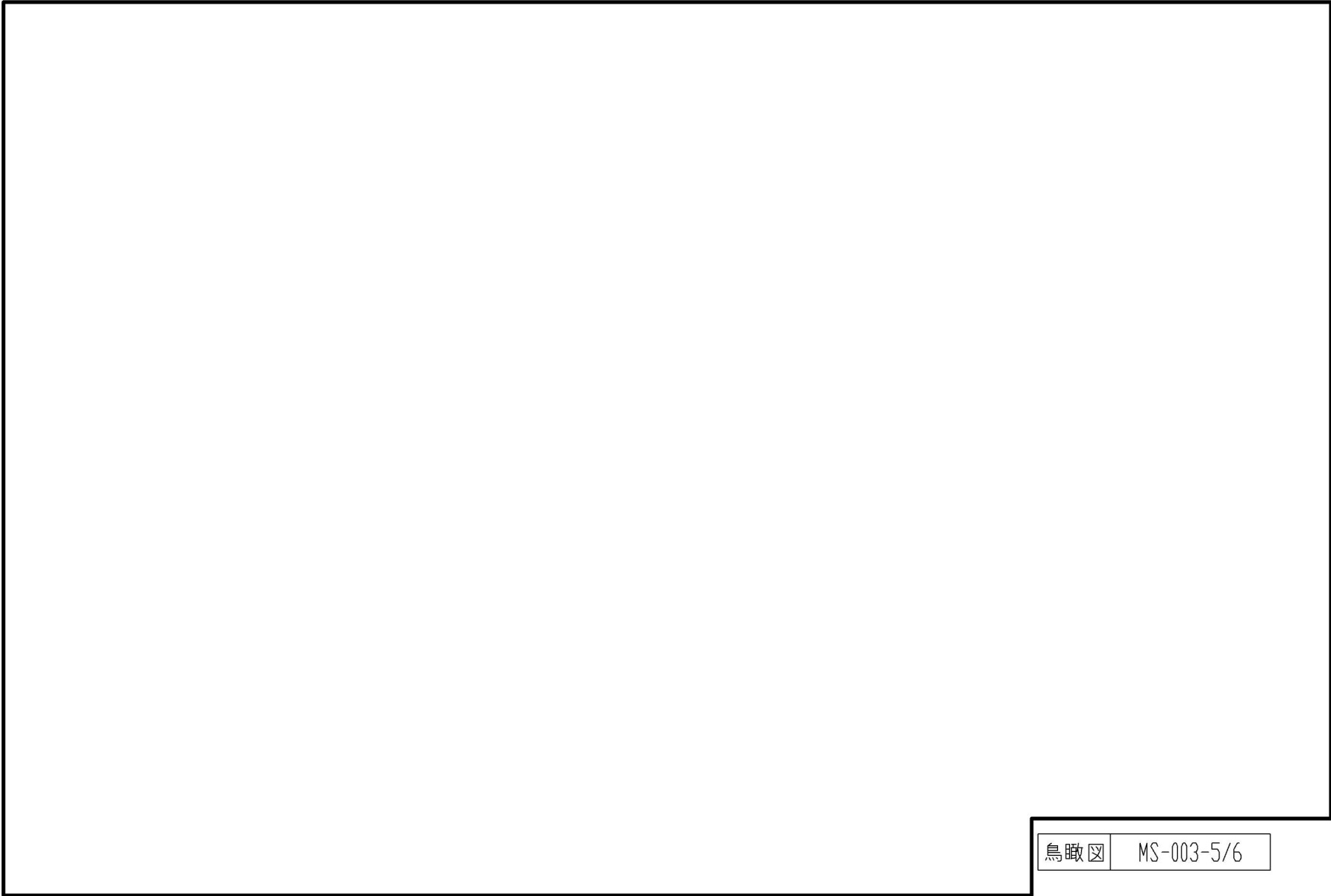
鳥瞰図	MS-003-2/6
-----	------------



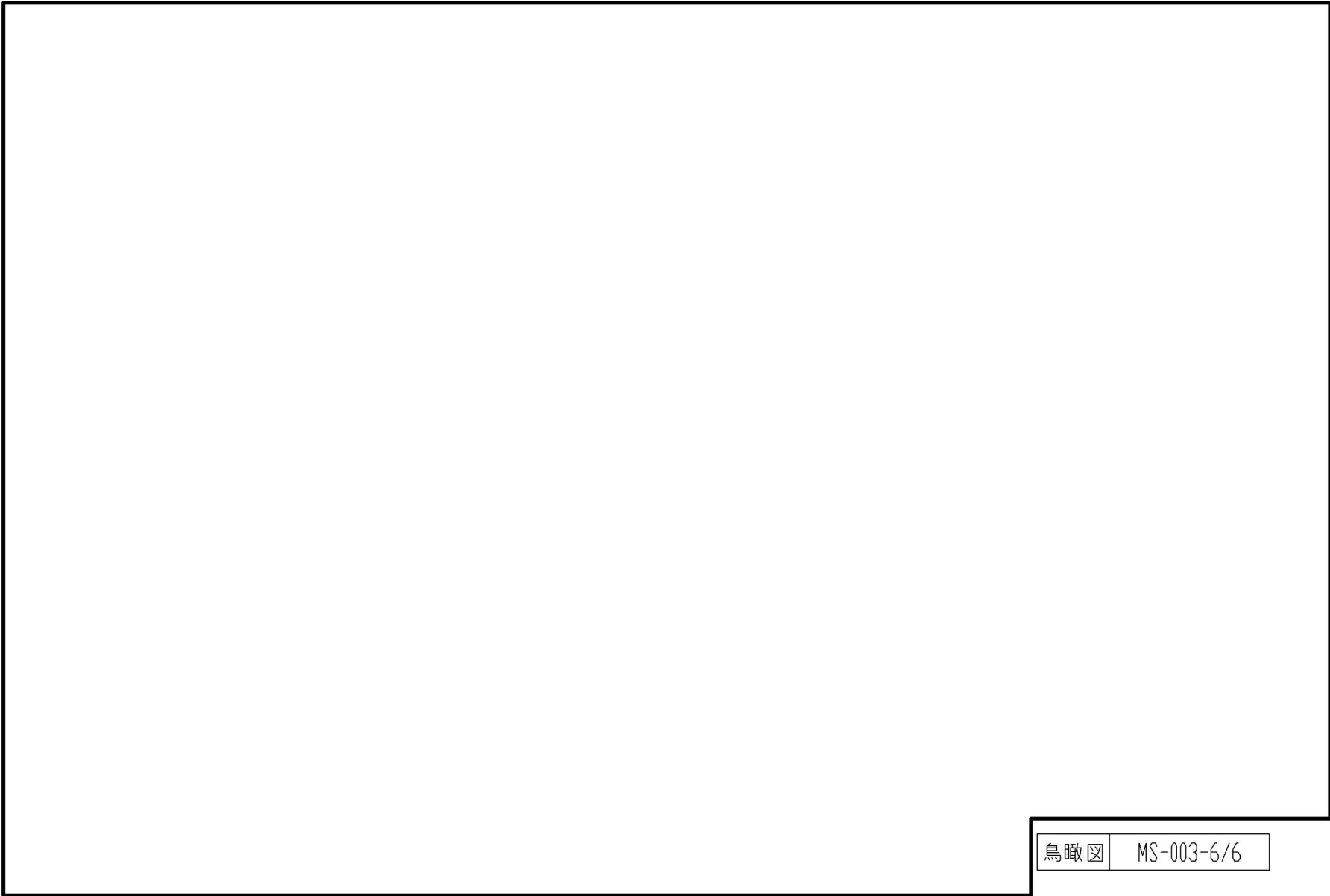
鳥瞰図	MS-003-3/6
-----	------------



鳥瞰図	MS-003-4/6
-----	------------



鳥瞰図	MS-003-5/6
-----	------------



鳥瞰図	MS-003-6/6
-----	------------



### 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            MS-002 (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	711.2	35.7	STS480
2	9.22	306	165.2	14.3	SFVC2B
3	9.22	306	165.2	14.3	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            MS-002 (クラス1管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	100											
2	36	100													
3	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	70				

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 MS-002（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)
1		39		45		51		57	
2		40		46		52		58	
3		41		47		53		59	
36		42		48		54		70	
37		43		49		55		100	
38		44		50		56			

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1管)

弁部の質量を下表に示す。

弁1

評価点	質量(kg)
60	
61	
62	
63	
64	

鳥 瞰 図 MS-002 (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	61			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1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
42						
** 43 **						
46						
49						
50						
** 51 **						
59						
** 59 **						
** 64 **						
70						
100						

--

-3-3-3-1-1-3-2 R0

K6

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 MS-002 (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	3.73	250	267.4	15.1	STS410
2	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP

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 MS-002 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	141	150	151	161	206	207
	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222
	223	224	225	226	227	228	241	242	250	251	261	270	306	307	308
	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323
	324	325	326	327	328	341	350	351	352	361	406	407	408	409	410
	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425
	426	427	428	441	442	450	451	452	453	460	461	506	507	508	509
	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524
	525	541	542	543	545	550	551	552	553	555	561	805			
	2	129	130	228	229	328	329	428	429	525	526				



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 MS-002（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)
106		208		309		411		510	
107		209		310		412		511	
108		210		311		413		512	
109		211		312		414		513	
110		212		313		415		514	
111		213		314		416		515	
112		214		315		417		516	
113		215		316		418		517	
114		216		317		419		518	
115		217		318		420		519	
116		218		319		421		520	
117		219		320		422		521	
118		220		321		423		522	
119		221		322		424		523	
120		222		323		425		524	
121		223		324		426		525	
122		224		325		427		526	
123		225		326		428		541	
124		226		327		429		542	
125		227		328		441		543	
126		228		329		442		545	
127		229		341		450		550	
128		241		350		451		551	
129		242		351		452		552	
130		250		352		453		553	
141		251		361		460		555	
150		261		406		461		561	
151		270		407		506		805	
161		306		408		507			
206		307		409		508			
207		308		410		509			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002 (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
109						
111						
** 114 **						
115						
116						
** 122 **						
130						
** 150 **						
** 151 **						
209						
** 211 **						
212						
** 220 **						
229						
** 250 **						
** 270 **						
270						
313						
314						
315						
** 323 **						

K6 -3-3-3-1-1-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002 (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
329						
** 350 **						
351						
** 351 **						
352						
409						
411						
** 413 **						
415						
421						
422						
429						
** 450 **						
451						
** 452 **						
** 509 **						
510						
516						
** 519 **						
526						
550						
** 550 **						
** 551 **						
** 553 **						
** 555 **						



K6 -3-3-3-1-1-3-2 R0

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 MS-003 (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	3.73	250	267.4	15.1	STS410
2	3.73	250	267.4	15.1	STS410
3	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP
4	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP

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 MS-003

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	141	150	151	206	
	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	
	222	223	224	225	226	227	228	243	250	251	253	306	350	351	406	
	407	408	409	410	411	412	413	442	450	451	452	506	507	508	509	
	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	
	525	526	527	542	550	551	552	802	805	851	852	853	855	856		
2	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	142	151	152	
	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	
	322	323	324	325	326	327	343	351	352	353	413	414	415	416	417	
	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	443	453	801	803	
	804	854														
3	128	129	327	328	428	429										
4	228	229	527	528												

-3-3-3-1-1-3-2 R0

K6

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 MS-003

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)
106		208		311		414		515	
107		209		312		415		516	
108		210		313		416		517	
109		211		314		417		518	
110		212		315		418		519	
111		213		316		419		520	
112		214		317		420		521	
113		215		318		421		522	
114		216		319		422		523	
115		217		320		423		524	
116		218		321		424		525	
117		219		322		425		526	
118		220		323		426		527	
119		221		324		427		528	
120		222		325		428		542	
121		223		326		429		550	
122		224		327		442		551	
123		225		328		443		552	
124		226		343		450		801	
125		227		350		451		802	
126		228		351		452		803	
127		229		352		453		804	
128		243		353		506		805	
129		250		406		507		851	
141		251		407		508		852	
142		253		408		509		853	
150		306		409		510		854	
151		307		410		511		855	
152		308		411		512		856	
206		309		412		513			
207		310		413		514			

K6 -3-3-3-1-1-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-003

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
109						
111						
** 114 **						
115						
116						
** 122 **						
129						
** 150 **						
** 151 **						
** 152 **						
209						
** 211 **						
212						
** 220 **						
229						
** 250 **						
** 251 **						
** 253 **						
311						
313						
314						
** 320 **						
** 322 **						
328						
** 350 **						
** 351 **						

K6 -3-3-3-1-1-3-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-003

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
** 352 **						
** 353 **						
** 409 **						
411						
** 413 **						
414						
** 420 **						
429						
** 450 **						
** 451 **						
452						
** 453 **						
** 509 **						
512						
513						
** 519 **						
** 521 **						
528						
** 550 **						
** 551 **						
** 552 **						



K6 -3-3-3-1-1-3-2 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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>
SFVC2B	306	125	186	—	—
STS410	306	122	181	—	—
	250	—	—	—	103
STS480	306	138	208	—	—
SUS316TP	250	—	—	—	125

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 <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>h</sub>
SFVC2B	306	122	—	—	—
STS410	306	122	—	—	—
	250	—	—	—	103
STS480	306	138	—	—	—
SUS316TP	250	—	—	—	125

## 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 $S_{pr m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
MS-002	100	$S_{pr m}$	69	372

## 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 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
MS-002	100	$S_{pr m}$	69	366

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
MS-002	327	$S_{pr m}^{*1}$	36	154
	427	$S_{pr m}^{*2}$	86	185

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  
 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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
MS-003	525	$S_{pr m}^{*1}$	41	154
	229	$S_{pr m}^{*2}$	94	225

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 $S_h$ $1.2 \cdot S_h$
MS-003	253	$S_{pr m}^{*1}$	30	103
	229	$S_{pr m}^{*2}$	110	150

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				
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表
1	MS-002	100	69	372	5.39	○

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)	裕 度	代 表
1	MS-002	100	69	366	5.30	○

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	KMS-101	18	30	187	6.23	—	18	103	225	2.18	—
2	KMS-102	19	33	187	5.66	—	19	92	225	2.44	—
3	KMS-103	19	33	187	5.66	—	19	75	225	3.00	—
4	KMS-104	5	39	187	4.79	—	18	101	225	2.22	—
5	KMS-105	8	33	187	5.66	—	18	87	225	2.58	—
6	KMS-106	19	33	187	5.66	—	22	77	225	2.92	—
7	KMS-107	19	33	187	5.66	—	19	85	225	2.64	—
8	KMS-108	19	34	187	5.50	—	22	82	225	2.74	—
9	KMS-109	18	29	187	6.44	—	18	98	225	2.29	—
10	KMS-110	19	33	187	5.66	—	16	87	225	2.58	—

(続き)

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
11	MS-001	311	37	154	4.16	—	322	79	185	2.34	—
12	MS-002	327	36	154	4.27	—	427	86	185	2.15	○
13	MS-003	525	41	154	3.75	○	229	94	225	2.39	—
14	MS-004	409	34	154	4.52	—	311	73	185	2.53	—
15	MS-006	18	31	187	6.03	—	18	82	225	2.74	—
16	MS-007	18	32	187	5.84	—	21	86	225	2.61	—
17	MS-008	18	31	187	6.03	—	18	100	225	2.25	—
18	MS-009	19	32	187	5.84	—	5	76	225	2.96	—
19	MS-010	18	31	187	6.03	—	18	97	225	2.31	—
20	MS-011	19	33	187	5.66	—	19	89	225	2.52	—

(続き)

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
21	MS-012	8	31	187	6.03	—	18	93	225	2.41	—
22	MS-013	18	31	187	6.03	—	21	89	225	2.52	—
23	HPIN-A02	167	27	169	6.25	—	167	28	203	7.25	—
24	HPIN-B02	65	28	169	6.03	—	65	29	203	7.00	—
25	HPINMS-02	135	28	169	6.03	—	135	29	203	7.00	—
26	HPINMS-03	81	27	169	6.25	—	81	28	203	7.25	—
27	HPINMS-04	69	30	169	5.63	—	69	31	203	6.54	—
28	HPINMS-05	123	31	169	5.45	—	123	32	203	6.34	—

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	KMS-101	18	26	125	4.80	—	24	78	150	1.92	—
2	KMS-102	19	28	125	4.46	—	25	77	150	1.94	—
3	KMS-103	19	27	125	4.62	—	20	62	150	2.41	—
4	KMS-104	6	32	125	3.90	—	24	72	150	2.08	—
5	KMS-105	8	27	125	4.62	—	24	56	150	2.67	—
6	KMS-106	19	28	125	4.46	—	25	63	150	2.38	—
7	KMS-107	19	27	125	4.62	—	25	61	150	2.45	—
8	KMS-108	19	28	125	4.46	—	25	71	150	2.11	—
9	KMS-109	18	26	125	4.80	—	24	81	150	1.85	—
10	KMS-110	19	27	125	4.62	—	25	71	150	2.11	—

(続き)

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
11	MS-001	311	27	103	3.81	—	324	87	150	1.72	—
12	MS-002	115	30	103	3.43	—	130	80	150	1.87	—
13	MS-003	253	30	103	3.43	○	229	110	150	1.36	○
14	MS-004	116	27	103	3.81	—	323	72	150	2.08	—
15	MS-006	18	27	125	4.62	—	24	59	150	2.54	—
16	MS-007	18	27	125	4.62	—	24	62	150	2.41	—
17	MS-008	18	26	125	4.80	—	24	67	150	2.23	—
18	MS-009	6	28	125	4.46	—	11	57	150	2.63	—
19	MS-010	18	26	125	4.80	—	24	64	150	2.34	—
20	MS-011	6	29	125	4.31	—	19	57	150	2.63	—

(続き)

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
21	MS-012	18	26	125	4.80	—	18	60	150	2.50	—
22	MS-013	21	26	125	4.80	—	24	66	150	2.27	—
23	HPIN-A02	218	20	113	5.65	—	218	21	135	6.42	—
24	HPIN-B02	109	26	113	4.34	—	109	27	135	5.00	—
25	HPINMS-02	119	19	113	5.94	—	119	20	135	6.75	—
26	HPINMS-03	216	25	113	4.52	—	216	26	135	5.19	—
27	HPINMS-04	70	28	113	4.03	—	70	29	135	4.65	—
28	HPINMS-05	180	21	113	5.38	—	180	22	135	6.13	—

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。