

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6 添-3-002-4 改1
提出年月日	2024年1月17日

#### VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法

K6 ① VI-3-2-4 R0

2024年1月

東京電力ホールディングス株式会社

#### VI-3-2-4 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-3-1-3「クラス2機器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) クラス2管の基本板厚計算方法
- (2) クラス2管の応力計算方法

(1) 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	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
1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法	6
2. クラス2管の強度計算方法	7
2.1 共通記号	7
2.2 管の板厚計算	8
2.3 平板の強度計算	10
2.4 鏡板の強度計算	21
2.5 レジューサの強度計算	24
2.6 管の穴と補強計算	27
2.7 フランジの強度計算	52
2.8 伸縮継手の強度計算	67

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、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。  
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) 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 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

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
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)
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
PPC-3415.1 (レジューサ) PPC-3415.1(1) PPC-3415.1(2) PPC-3415.1(3)  準用 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 (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 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
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
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 8 2 6 5 (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	2.7	フランジの強度計算*
	3		
	4		
	5		

注記\* : 設計・建設規格 PPC-3414(2)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ため、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。

\*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 ( 付録材料図表 Part5 表5の許容 引張応力の上段 )	SCMV3-1
SCMV3 ( 付録材料図表 Part5 表5の許容 引張応力の下段 )	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. クラス2管の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス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。

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 管及び鏡板は設計・建設規格 PVC-3130による。 レジューサは設計・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、設計・建設規格 PPC-3411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	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 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

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. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ：t<sub>t</sub>

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、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

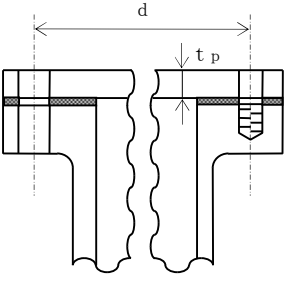
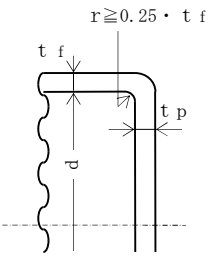
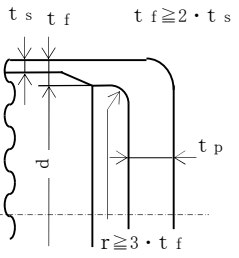
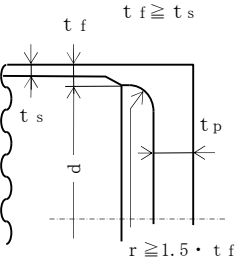
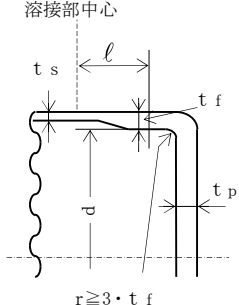
設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表示内容	単位
A <sub>b</sub>	A <sub>b</sub>	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m</sub>	A <sub>m</sub>	ボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m1</sub>	A <sub>m1</sub>	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m2</sub>	A <sub>m2</sub>	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
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	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のり	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

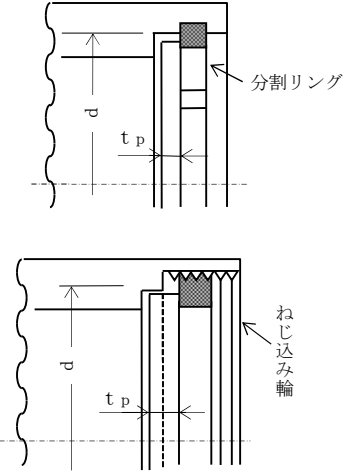
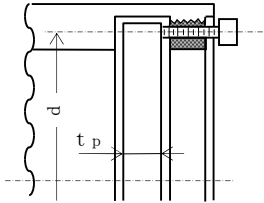
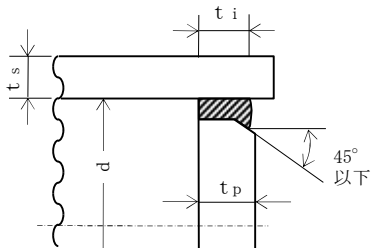
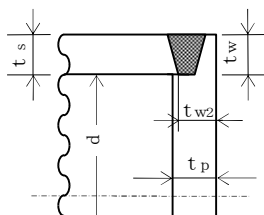
設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
$\sigma_a$	S <sub>a</sub>	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
$\sigma_b$	S <sub>b</sub>	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
	S <sub>x</sub>	ボルトの許容引張応力 (S <sub>a</sub> 又はS <sub>b</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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6による。	MPa
t	t	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>w 1</sub>	t <sub>w</sub>	平板の溶接部の深さ	mm
t <sub>w 2</sub>	t <sub>w 2</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荷重	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>m 1</sub>	W <sub>m 1</sub>	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>m 2</sub>	W <sub>m 2</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 (J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。)	N/mm <sup>2</sup>

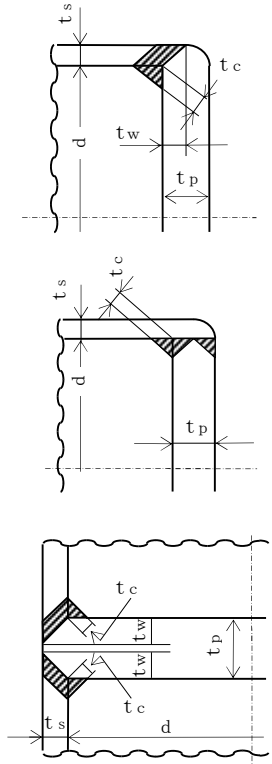
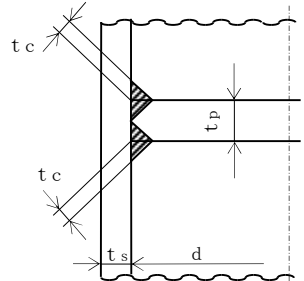
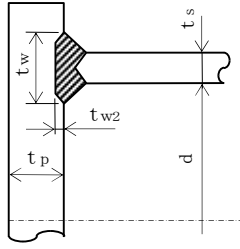


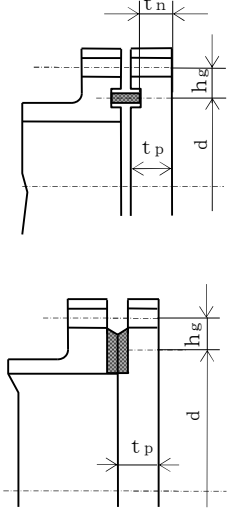
設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表示内容	単位
$\pi$	$\pi$	円周率	—
	$\sigma_p$	平板に作用する力によって生じる応力	MPa
	NON-ASBESTOS	非石綿ジョイントシート	—
	SUS-NON-ASBESTOS	渦巻形金属ガスケット（非石綿）（ステンレス鋼）	—
	ガスケット座面の形状	JIS B 8265 附属書3 表2による。	—
	平板の取付け方法	平板の取付け方法で設計・建設規格 PPC-3413の表PPC-3413-1による。	—
(a)～(n)	2A～2N	取付け方法の表示区分	

(2) 形状の制限

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。

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)	Max (0.33 · m, 0.2)      m = t <sub>r</sub> / t <sub>s</sub>
(k)	
(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

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

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

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

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

(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、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、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

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 $R_D = R + (\text{最小厚さ})$	mm
R	R <sub>R</sub>	半だ円形鏡板の外面の長径 $R_R = D + 2 \cdot (\text{最小厚さ})$	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 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

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。

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

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

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 \dots\dots\dots (D)

(b) 外面に圧力を受ける管 \dots\dots\dots (D')

(c) 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ \dots\dots\dots (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、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

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
	$D_{ol}$	大径端側の外径	mm
K	K	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 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
	$t_{sl}$	大径端側の最小厚さ	mm
W	W	円すいの形状による係数	—
$\theta$	$\theta$	円すいの頂角の2分の1	°
	算 式	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）	—
	端部記号	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）

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

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

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、設計・建設規格 PPC-3420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
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 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 (フランジ部の外径と同じ。)	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	

	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>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>	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>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>s</sub>	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>
		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 <sub>i</sub>	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
d <sub>r 2</sub>		補強を要しない穴の最大径	mm	
F	F	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	—	

	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	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	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
	S	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
		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>n</sub>	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	

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)	$W_{e3}$	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	
	$\theta$	$\alpha$	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

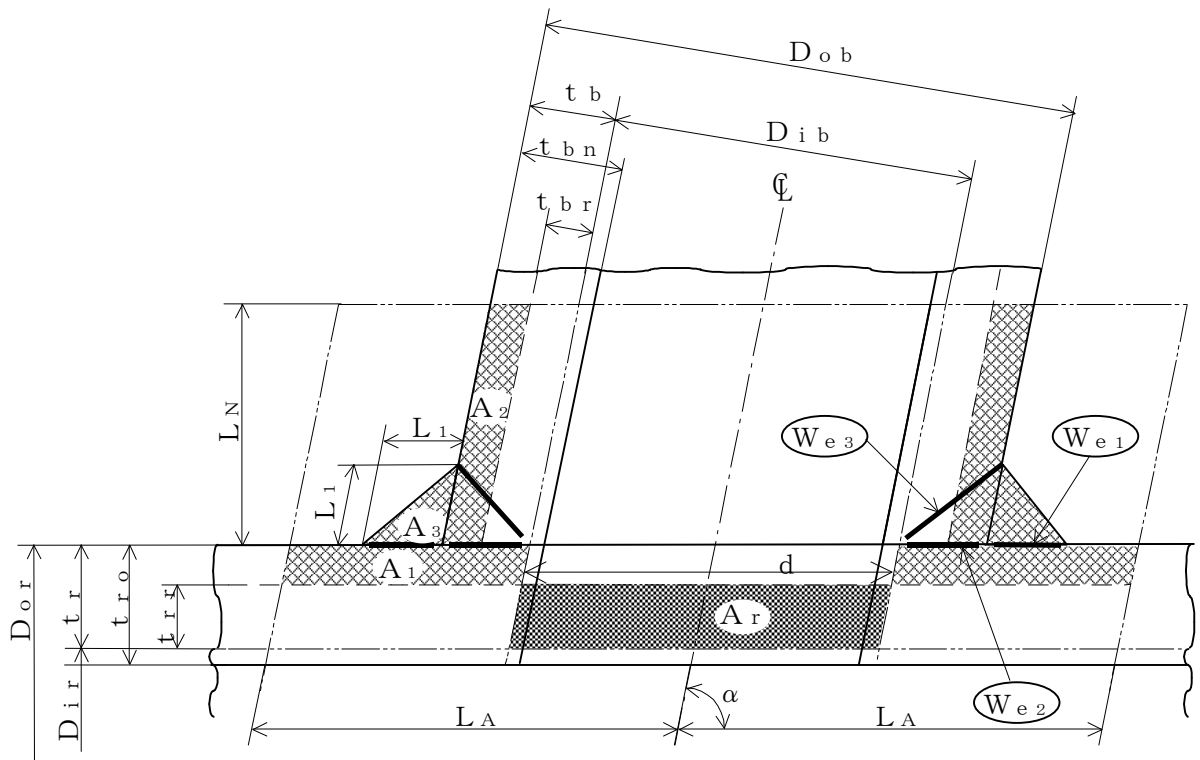
a. 穴の形状


管に設ける穴は、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




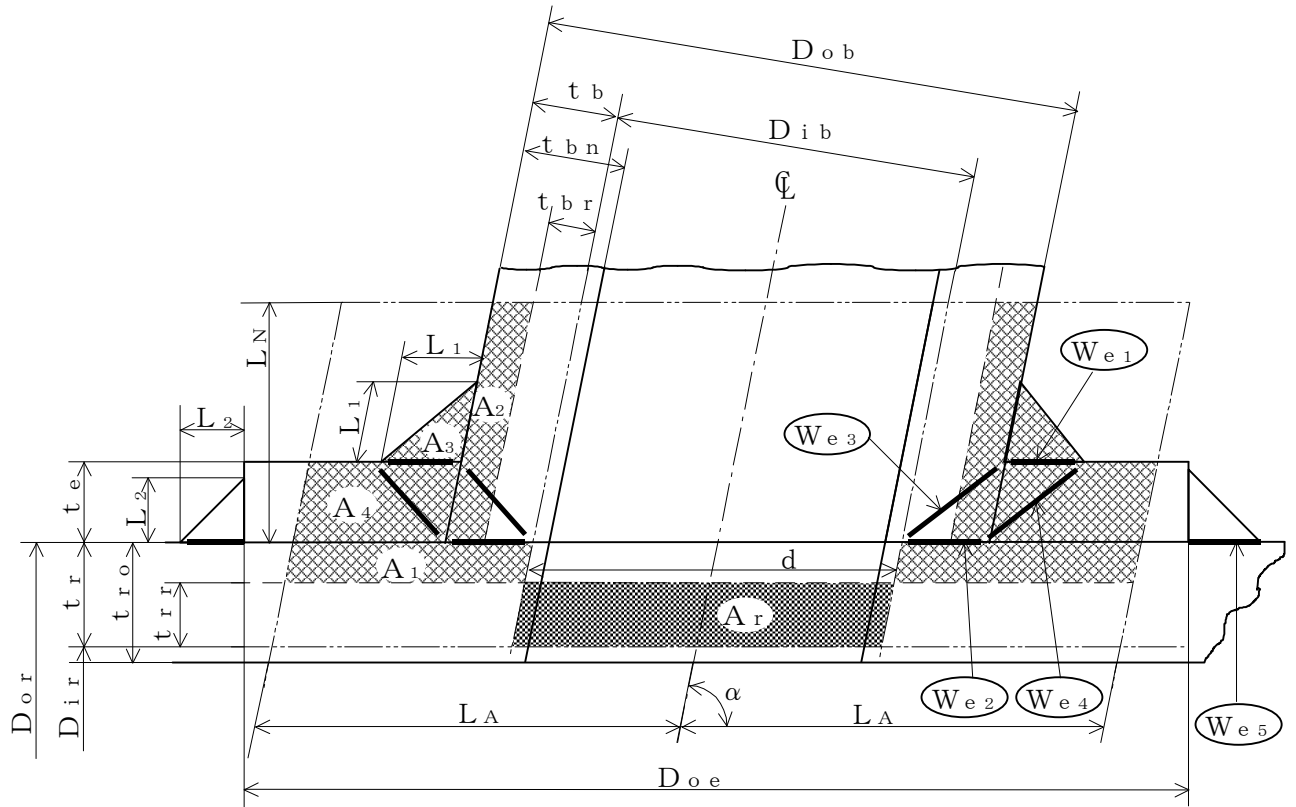
-  を通る破断
-   を通る破断

図2-1 A形 (強め材のない場合)

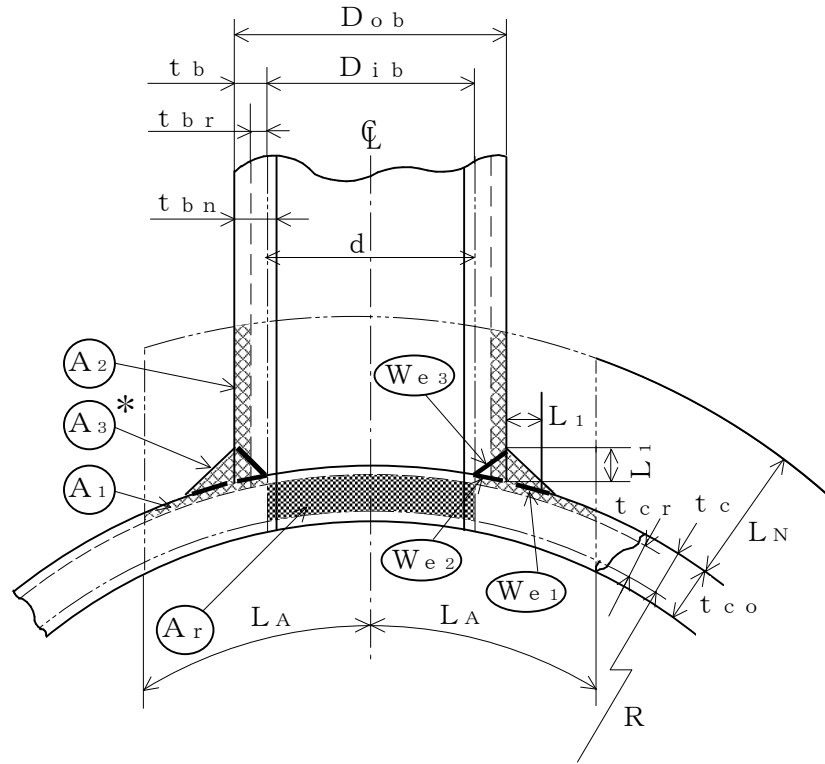




- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

予想される破断形式

- を通る破断
- を通る破断
- 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

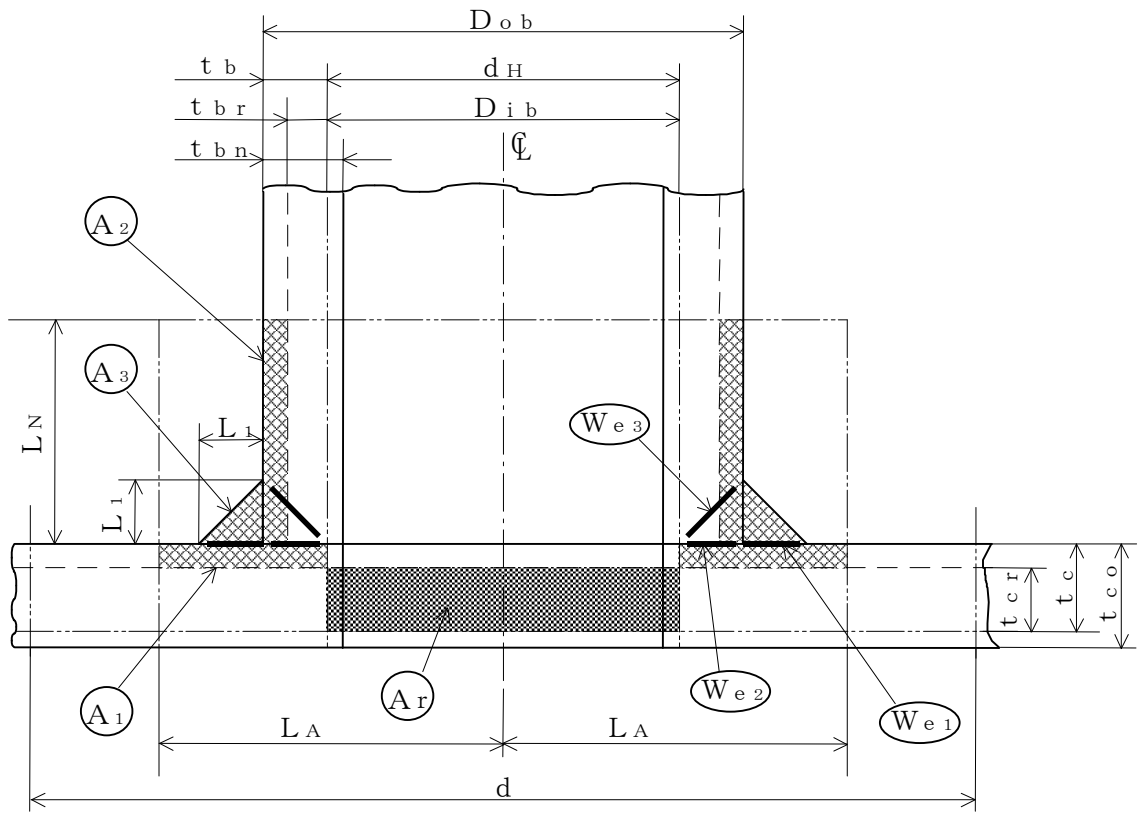
予想される破断形式



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



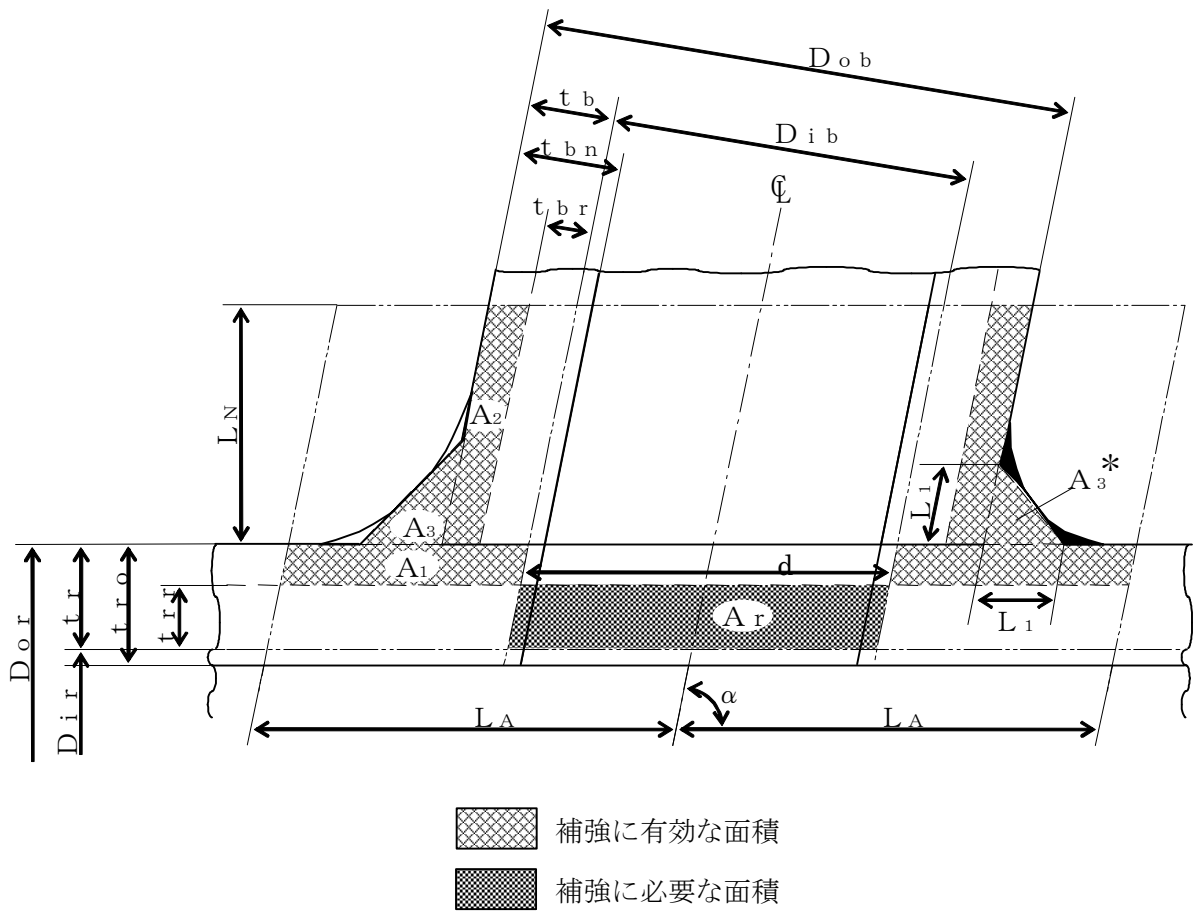


 補強に有効な面積  
 補強に必要な面積

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、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、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、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、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, 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, 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、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、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。

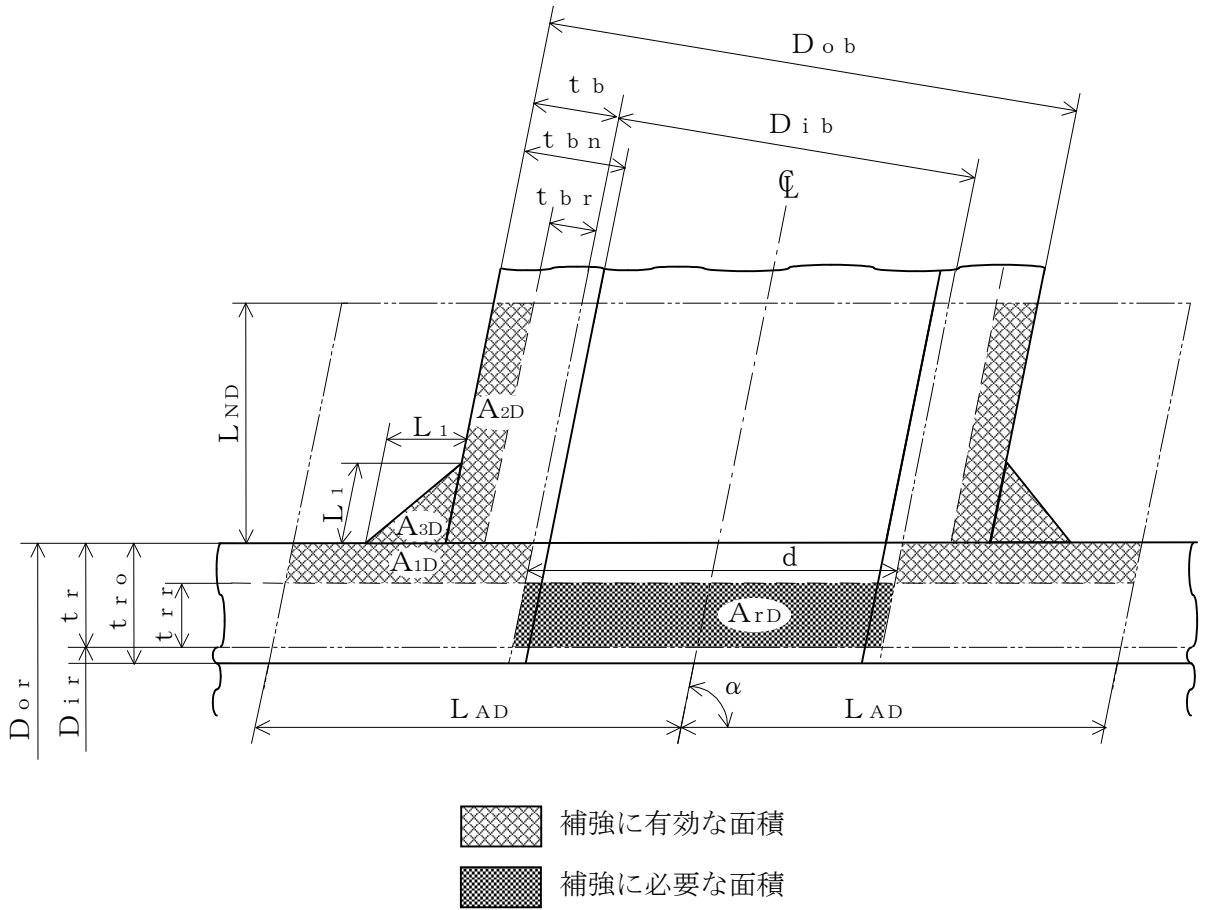


図2-6 A形（強め材のない場合）



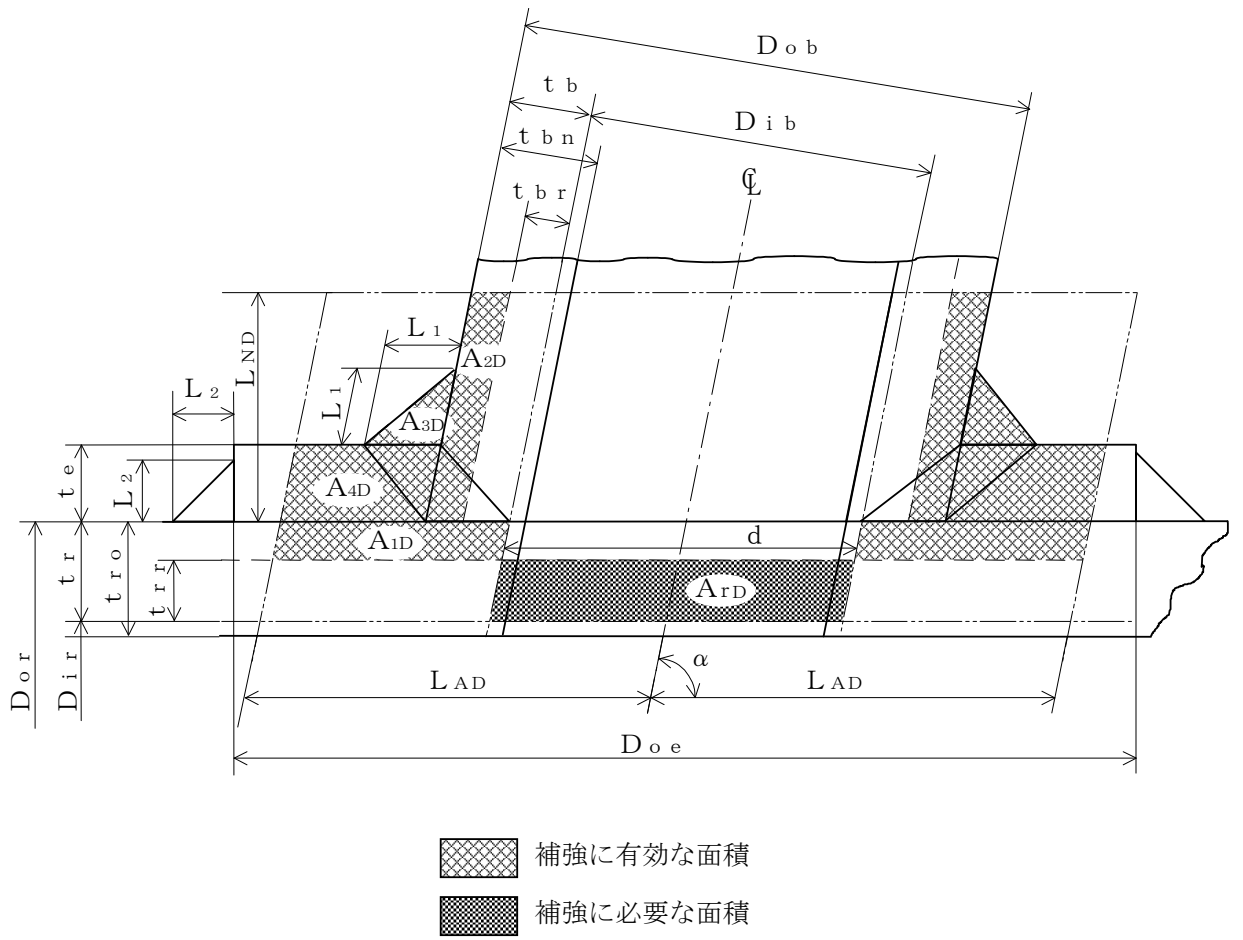
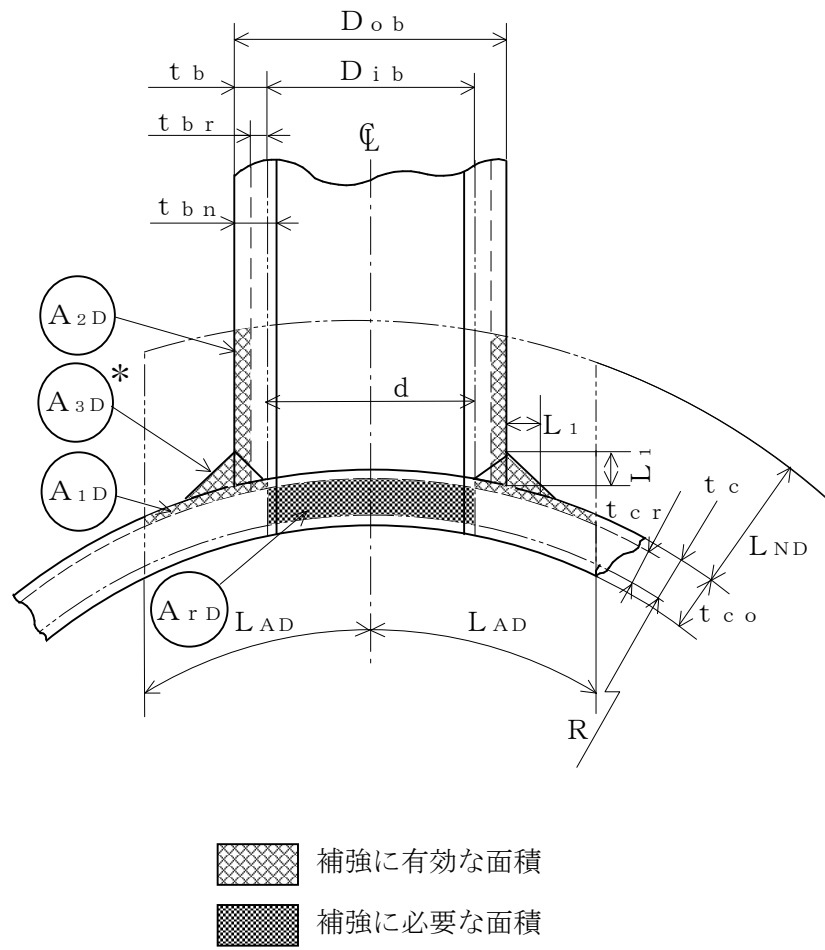
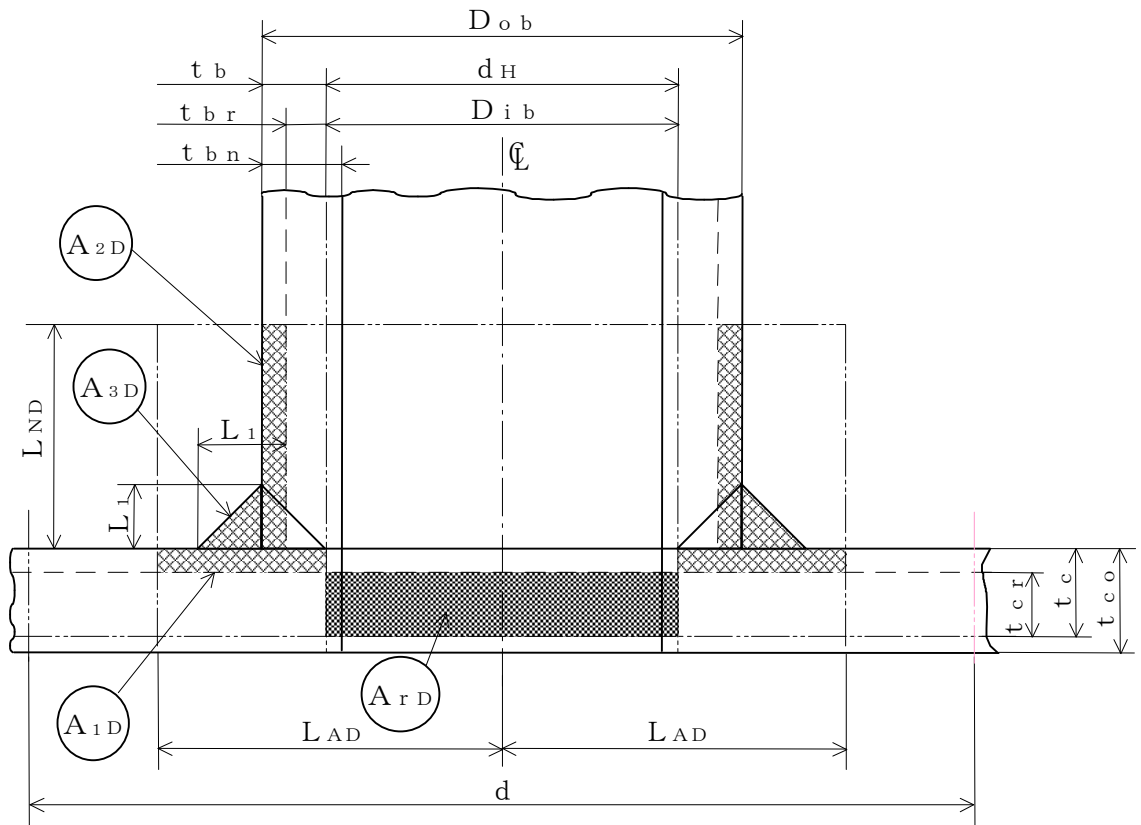


図2-7 B形（強め材のある場合）



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)





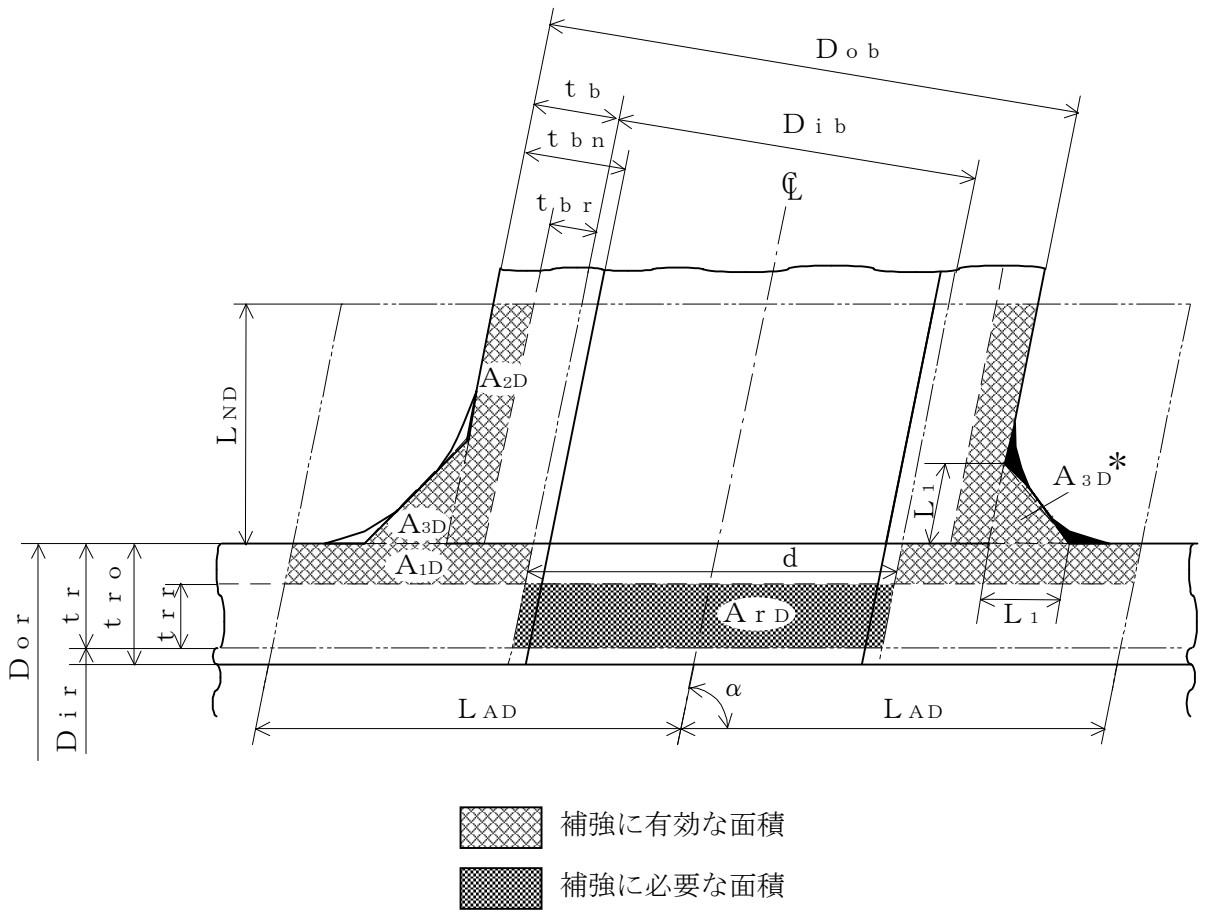
-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

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、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

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

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

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

(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 <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	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JIS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（JIS B 8265 附属書3 図6又は表4による。）	—
f	f	ハブ応力修正係数（JIS B 8265 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（JIS B 8265 附属書3 表2による。）	—

設計・建設規格又はJIS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（JIS B 8265 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（JIS B 8265 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（JIS B 8265 附属書3 図7による。）	—
V	V	一体形フランジの係数（JIS B 8265 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（JIS B 8265 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（JIS B 8265 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（JIS B 8265 附属書3 表2による。）	N/mm <sup>2</sup>

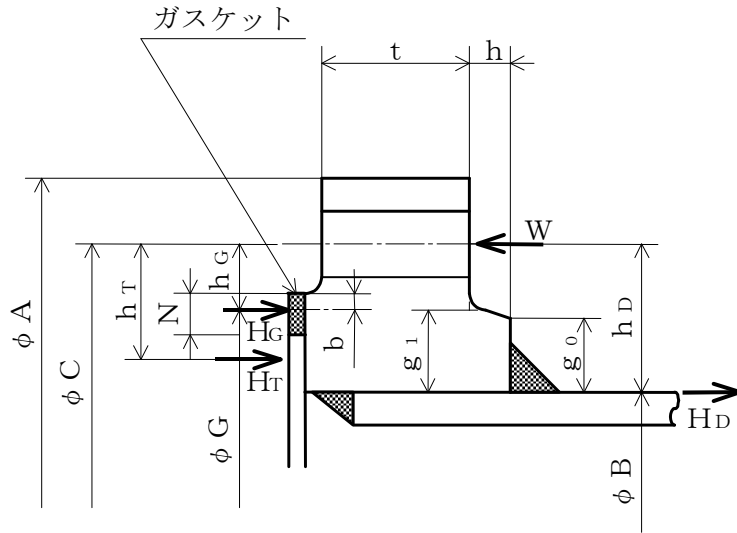
設計・建設規格又はJISの記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
Z	Z	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (JIS B 8265 附属書3 図7による。)	—
$\pi$	$\pi$	円周率	—
$\sigma_a$	$\sigma_a$	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
$\sigma_b$	$\sigma_b$	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
$\sigma_f$	$\sigma_{fa}$	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

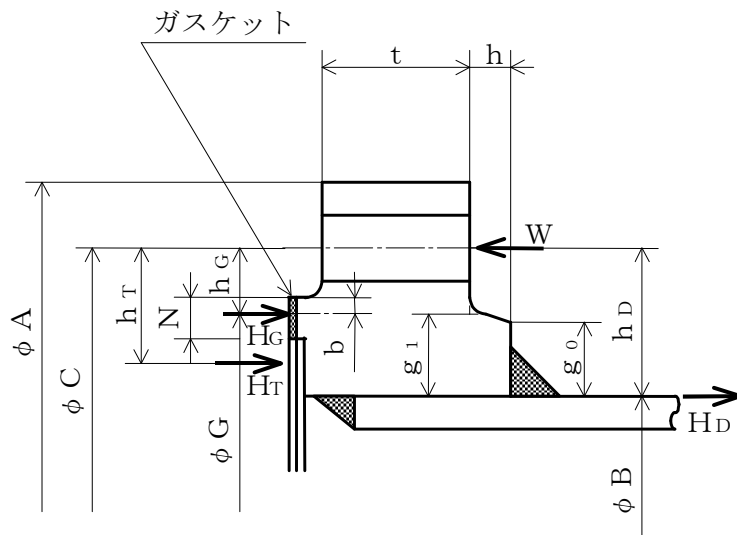
フランジの形式及び各部の記号は、図2-11～図2-15による。

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。

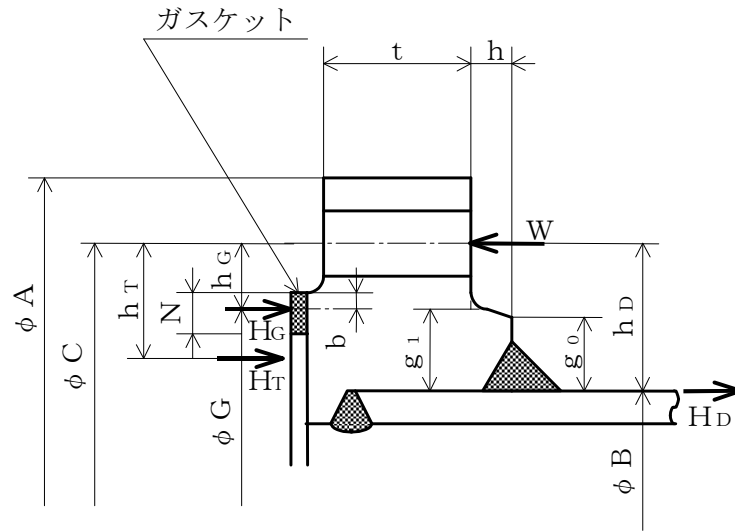
TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)



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)

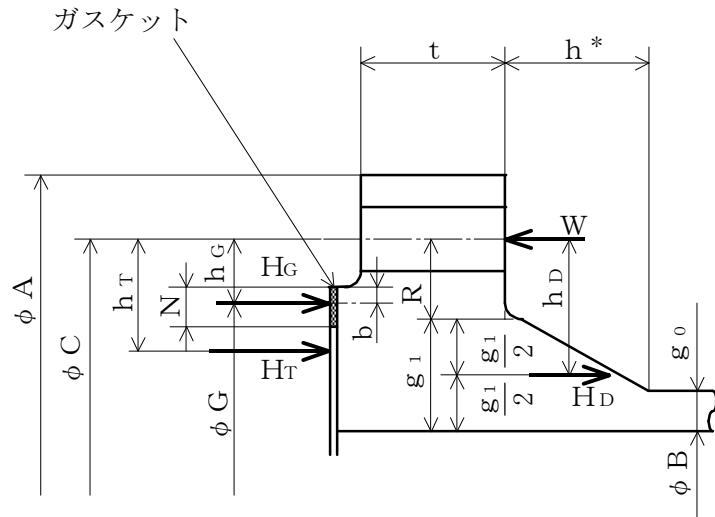
図2-11 ルーズ形フランジ（差込み形フランジ）



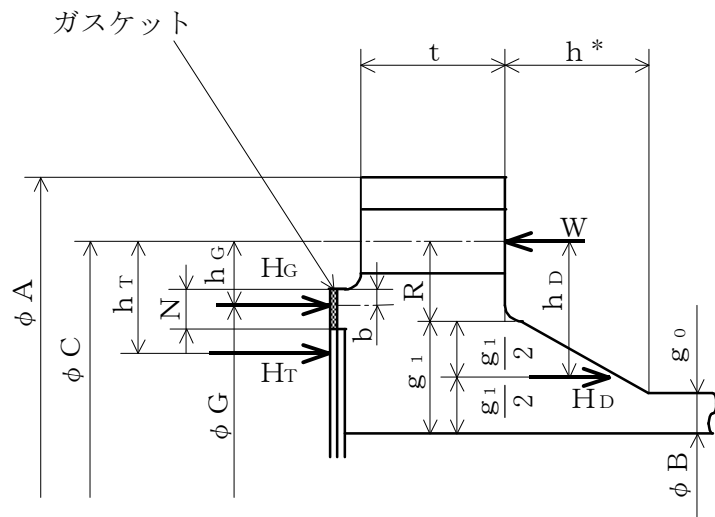
注：ハブのテーパが $6^\circ$ 以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

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。

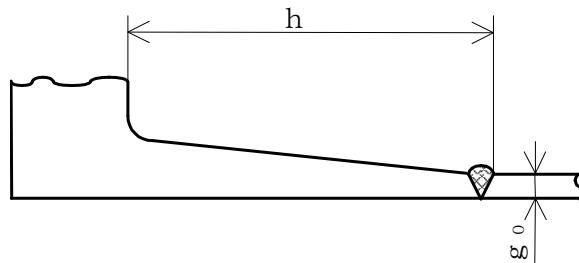
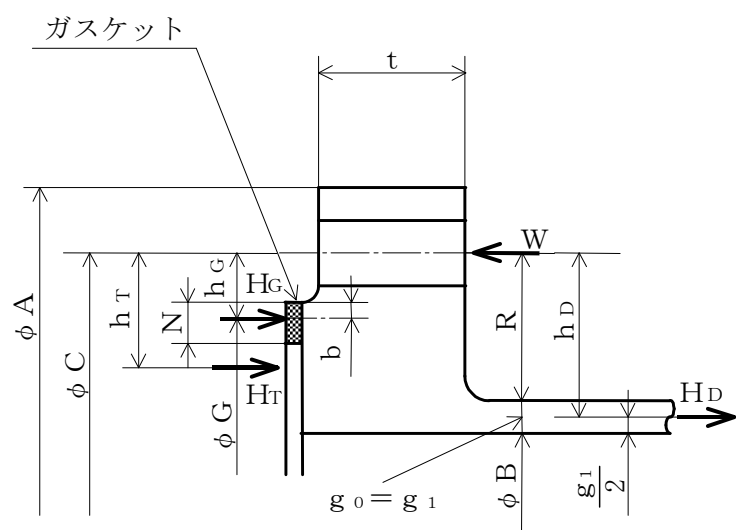


図2-13 一体形フランジ

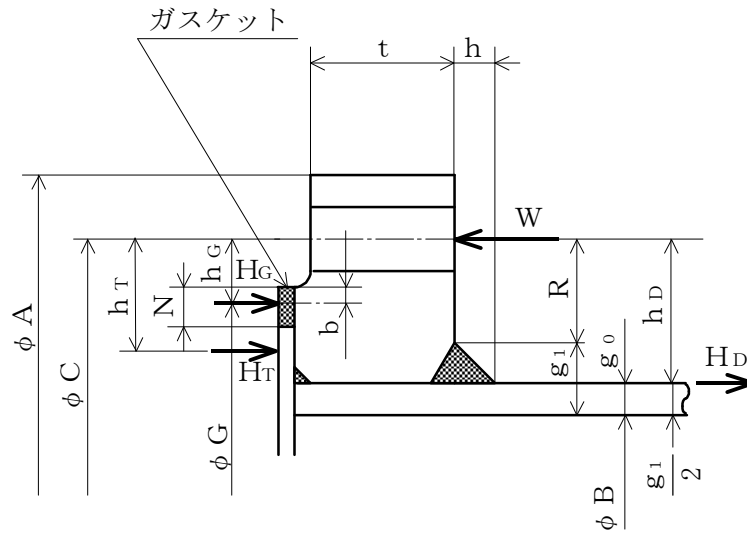


TYPE-6 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 6)

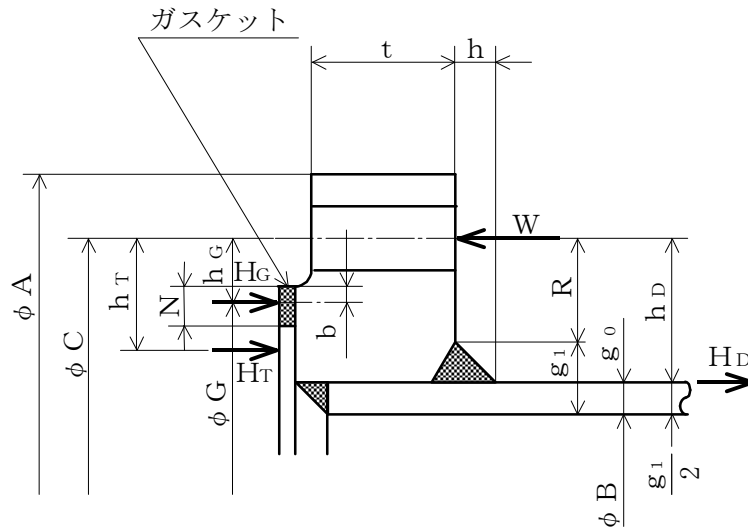
図2-14 一体形フランジ

K6 ① VI-3-2-4(1) R0





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JIS B 8265 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. ガスケット締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・g<sub>1</sub>より小さいときは、ハブの軸方向の応力（σ<sub>Ho</sub>）及びσ<sub>Hg</sub>の計算式のBの代わりにB<sub>1</sub>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。

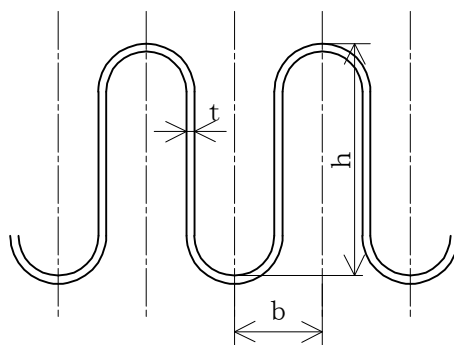


図2-16 継手部の形状



(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

## 目 次

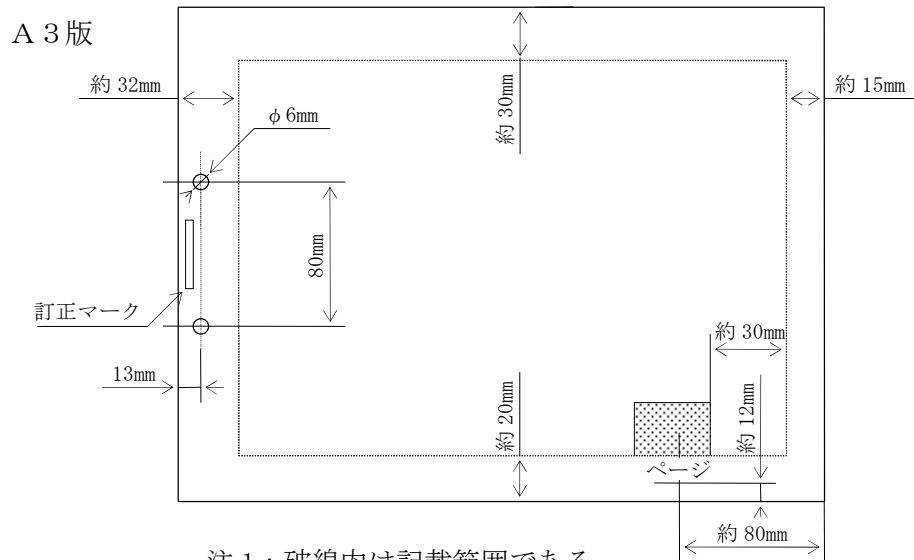
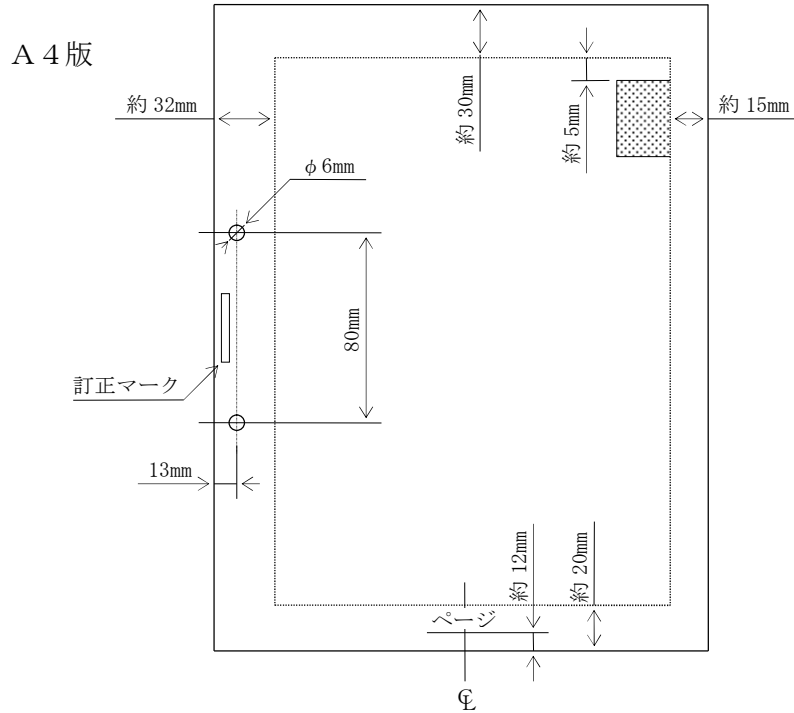
1. 適用範囲	1
2. 書式	1
3. 記載内容	3
4. 記載要領	4
4.1 配管	4
4.2 弁	13
4.3 スペシャルティ及び計装品	14
4.4 フランジ	16
4.5 機器	16
4.6 その他	17
5. 管番号及び継手番号	19
5.1 付番の原則	19
5.2 管継手部の管番号及び管継手マークの記載	21
5.3 管番号表示の際に注意すべき事項	27

1. 適用範囲

本要領書は、管の基本板厚計算書中の概略系統図の作成方法に適用する。

2. 書式

- (1) 用紙はA4（又はA3）サイズとし、用紙の記載範囲については、下記を原則とする。  
 詳細については、総括編に従うものとする。



注1：破線内は記載範囲である。

注2：網かけ部に系統名を記載する。

（例）主蒸気系概略系統図

注3：上記寸法は目安値である。

(2) 概略系統図に用いる線については、下記に従うものとする。

区 分	線の種類	線の太さ
<ul style="list-style-type: none"> <li>設計及び工事の計画書に記載されている範囲のうち、当該計算書記載範囲の配管</li> </ul>	太い実線 (———)	0.8～1.0mm
<ul style="list-style-type: none"> <li>当該申請回の機器*<sup>1</sup>、弁、スペシャリティ、レギュレーサ、キャップ、フランジ、平板、伸縮継手</li> <li>建屋区分</li> <li>既認可図書と呼び出す配管</li> </ul>	細い実線 (———)	0.3～0.5mm
<ul style="list-style-type: none"> <li>申請ラインのうち、別シートに記載されているか、若しくは別設工認の概略系統図中に記載されているが、系統の接続を示すため記載するライン、機器、弁、スペシャリティ、レギュレーサ、キャップ、フランジ、平板、伸縮継手</li> <li>他号機との取合い</li> <li>設計及び工事の計画書に記載される管継手で分岐部が申請対象外の場合にその管継手を表すために記載するライン</li> <li>申請範囲ではないが、系統の接続を示すために必要なライン*<sup>2</sup></li> <li>当該計算書記載範囲外の主配管</li> </ul>	細い破線 (-----)	0.3～0.5mm

注記\*1：原子炉格納容器貫通部は、破線で記載する。

\*2：φ61mm以下の穴で、穴の補強が不要なものについては表示不要とする。

### 3. 記載内容

	項 目	記 載 内 容
1	申請範囲	・設計及び工事の計画書記載範囲
2	分岐合流	・配管計装線図（以下「P & I D」という。）及び設工認系統図に合わせる。
3	機器名称及び番号	・機器名称は、正式名称*で記載する。 ・機器番号は記載しない。 （例）〇〇ポンプ(C001A) → 〇〇ポンプ(A)
4	主 要 弁	・弁番号及び駆動方式（MO，AO）は、設計及び工事の計画書記載の弁について記載する。
5	フランジ	・フランジについては、下記のものについて記載する。 （イ） 機器と配管の取合い部となるフランジ （ロ） 仕様変更（圧力，材料等）又は系統区分点となるフランジ （ハ） 強度計算対象となるフランジ（設計・建設規格対象外フランジ）

注1：概略系統図のレイアウトは、制約がない限り極力、設工認系統図に合わせる。

注2：配管口径，配管番号，系統略称及びクラス区分は記載しない。また，スペシャリティ番号も記載しない。

注3：ドレン，ベント及びファンネルについては記載しない。

ただし，設計及び工事の計画書に記載される管継手により分岐される場合は，分岐部の位置を表す表示（破線表示）を行う。

注4：原子炉格納容器貫通部番号，原子炉压力容器ノズル番号は記載し，その他の機器ノズル番号は記載しない。

注5：系統の流れ表示は，系統の接続を示す部分のみ記載する。

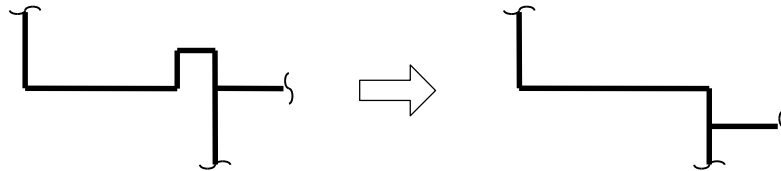
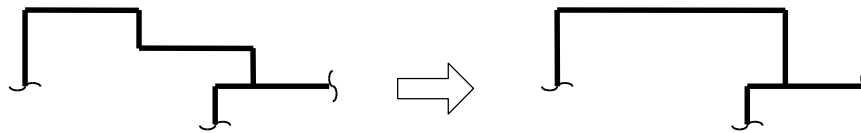
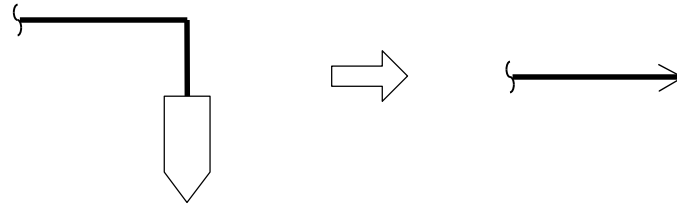
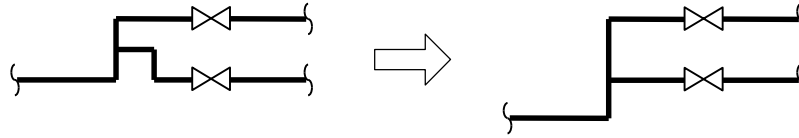
注6：ポンプの流れ方向表示は行わない。

注記\*：各プラントで定められた名称とする。

#### 4. 記載要領

##### 4.1 配管

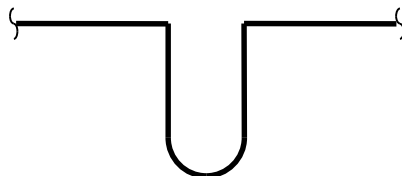
(1) P & I Dより概略系統図を作成する場合の表記（原則として）



また、概略系統図のシートNo. (その1, その2等) は、原則として流れの上流側から付番する。ただし、流れの方向が一定していないものは、設工認系統図の順番に従い付番する。また、パッケージ分については、シートの最後にもってきてよいものとする。

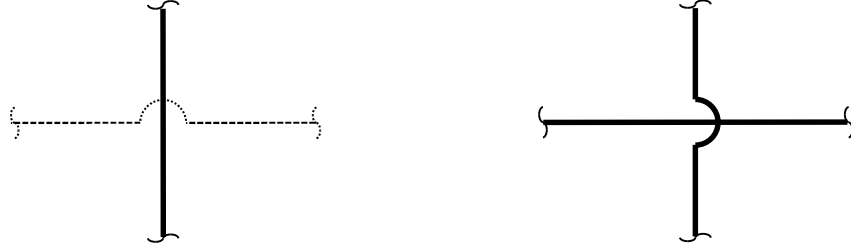
(2) Uシール部の表記

Uシール部は、Uシール部とわかるように概略系統図へ記入する。



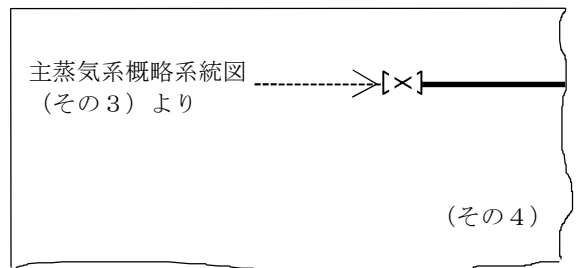
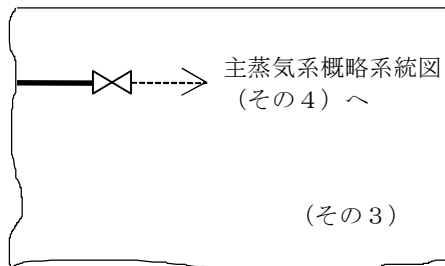
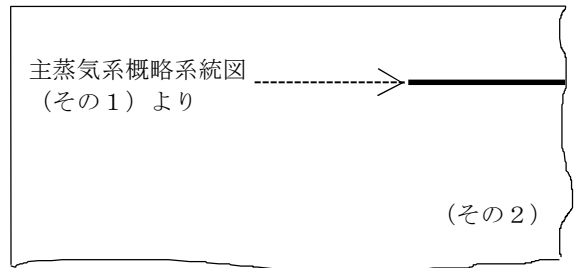
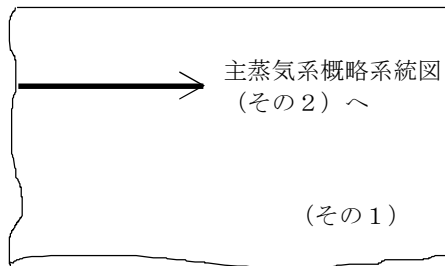
(3) 線の交差の表示

線が交差する場合は下記に従うものとする。ただし、線の優先順位は、太い実線、細い破線の順とし、同一線が交差する場合は横線を優先して記載する。



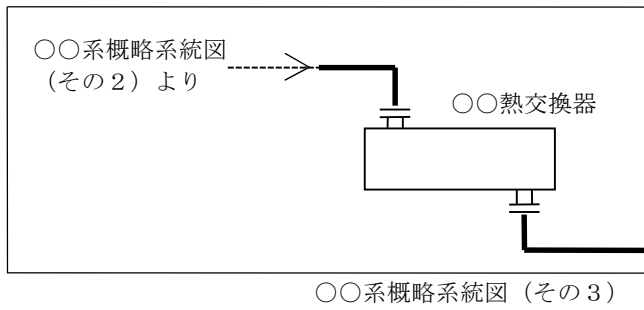
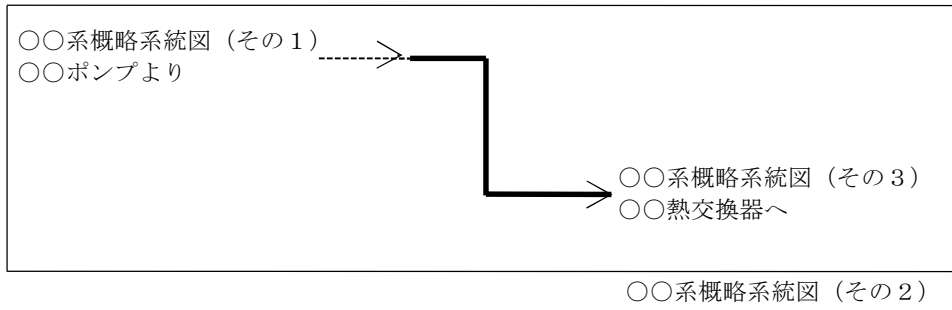
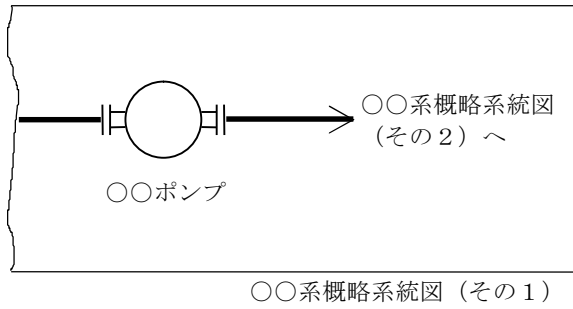
(4) 配管の接続先表示

- a. 表記上概略系統図では、原則として設工認系統図に合わせ「……………」及び「……………」より」で統一する。
- b. 同一系統の同一シート内での機器の接続は、実線で結ぶことを原則とする。
- c. 同一系統であって、別シートへの接続を表示する場合は、接続される概略系統図名を記載する。また、読込んだシート内に接続する機器がある場合は機器名称も記載する。





概略系統図の構成が 3 枚となる場合の表記例



- d. 他系統と取り合う場合は以下による。
- (a) 系統名は正式系統名称を記載するものとし、略称は使用しないものとする。
  - (b) 当該申請回及び既申請回で申請されている系統と取り合う場合は、相手側の系統名称及び接続する機器名称を記載する\*。ただし、機器名称の中にその機器の属する系統名称が表示されている場合は系統名称は記載しない。また、他系統の機器へ接続するまでに機器が属する系統以外の他系統を経由する場合は、最初に接続する系統の名称のみ記載する。

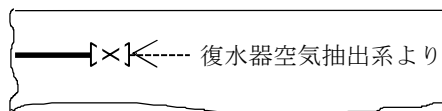
注記\*：ユーティリティ系と接続する場合は系統名称のみとする。

ただし、系統機能上重要なものは機器名称も記載する。

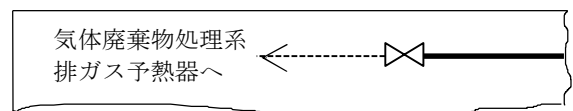
なお、同一申請回において廃棄設備と取り合う場合は、概略系統図名と機器名称を記載する。

また、将来申請の系統と取り合う場合は、相手側の系統名のみ記載する。

気体廃棄物処理系と復水器空気抽出系との取合いがあり、気体廃棄物処理系が先の申請回で申請される場合

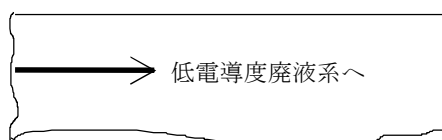


気体廃棄物処理系概略系統図  
(復水器空気抽出系は将来申請)

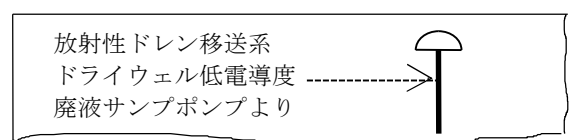


復水器空気抽出系概略系統図  
(気体廃棄物処理系は申請済)

放射性ドレン移送系と低電導度廃液系との取合いがあり、放射性ドレン移送系が先の申請回で申請される場合



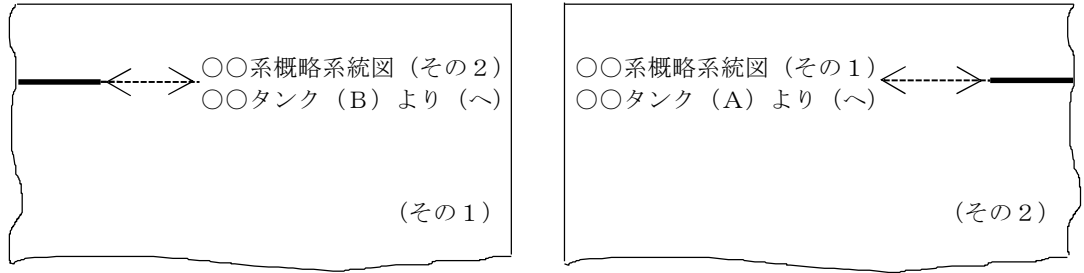
放射性ドレン移送系概略系統図  
(低電導度廃液系は将来申請)



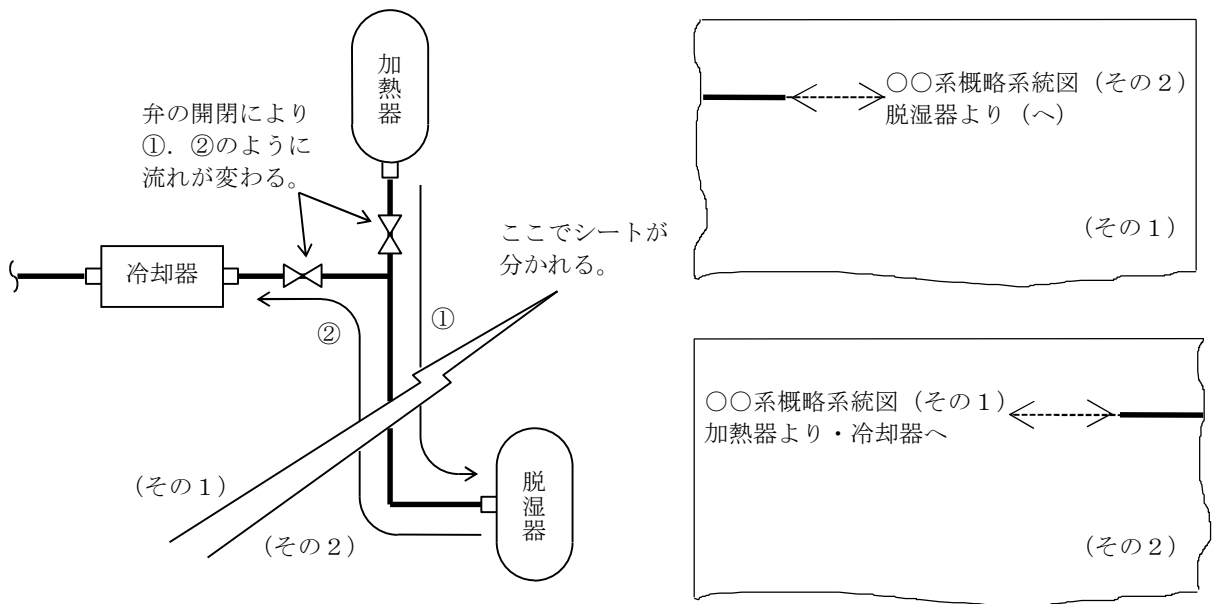
低電導度廃液系概略系統図  
(放射性ドレン移送系は申請済)

- (c) 弁取合いの場合の表記は、両系統に弁を記載し、弁が属する系統が申請される場合には実線で、他系統の申請時記載する場合には破線で記載し、上記(a)項又は(b)項に従った接続先表示をする。

- e. 流体が行き来するライン（タイライン等）にあつては、お互い「〇〇より（へ）」と呼び合うものとし、記載する事項はb項, c項又はd項と同様とする。

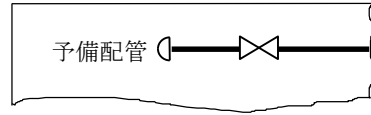


注：流体がモード等により行き先が変わる場合，下記の例に従う。

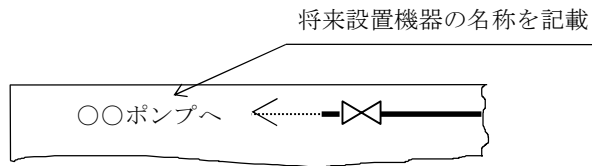


- f. 接続先の配管が設工認対象外である場合は，表記する必要はない。ただし，設計及び工事の計画書に記載する管継手に係わる場合及び系統の接続を示すために必要なラインは，11頁「(9) 分岐部の申請範囲の表記」に示す表記をする。

- g. 将来増設プラントと取り合う場合は、予備配管と表記する。  
 また、申請対象設備が設置されるプラントの将来設置機器と取り合う場合には将来設置機器の名称を表記する。

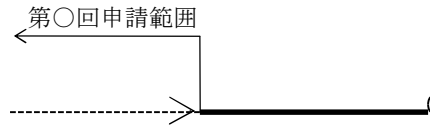


将来増設プラントと取り合う場合

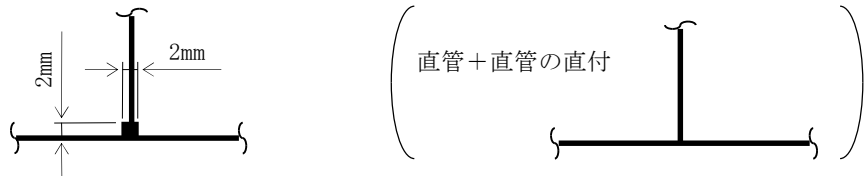


当該プラントの将来設置機器と取り合う場合

- h. 既申請回（同一系統又は他系統）で申請されている系統と取り合う場合は、取合配管の申請回を表記する。

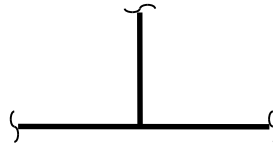


- (5) 管台の表記は下記に従うものとする。（寸法は目安値）

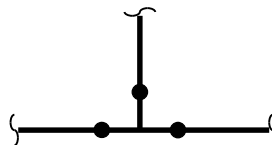


- (6) 継手類の表記は下記に従うものとする。

- a. ティー



ただし、材料又は肉厚が接続配管と異なる場合は下記に示す仕様変更表示をする。



b. レジューサ

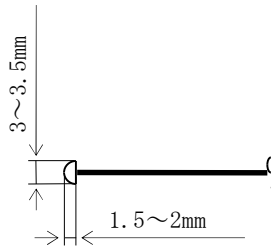
(a) 偏心又は同心の区別は行わない。また、径違いソケットについてはレジューサ表記とする。

(b) 表記寸法（目安値）



c. 鏡板, キャップ

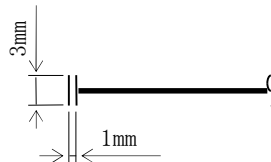
表記寸法（目安値）



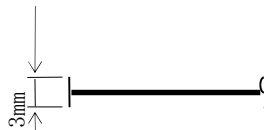
d. 平板

表記寸法（目安値）

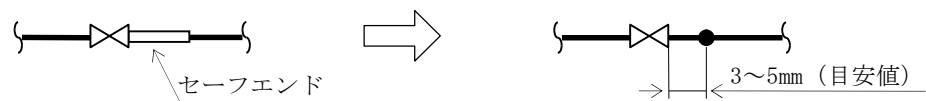
(a) フランジにボルトで締め付けられるタイプ



(b) (a)以外のタイプ



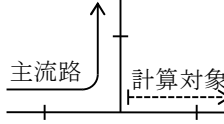
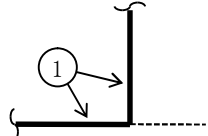
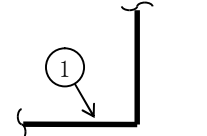
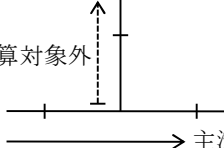
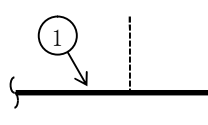
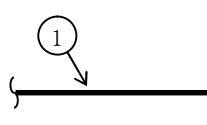

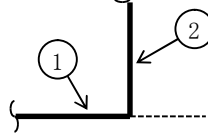
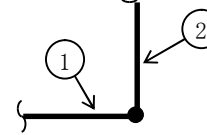
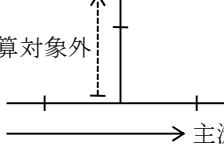
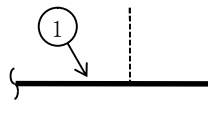
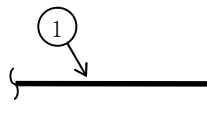

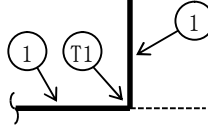
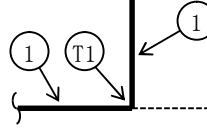
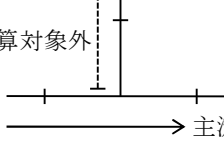
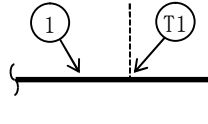
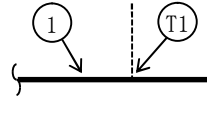

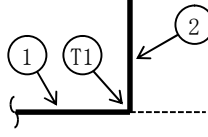
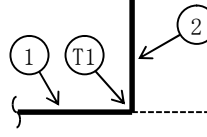
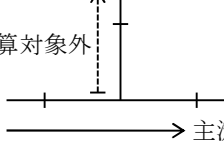
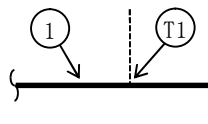
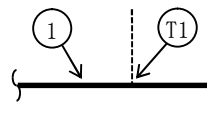
(7) セーフエンド等の表記は下記に従うものとする。



(8) 配管上で材料又は肉厚等が変更となる場合は下記の表示とする。

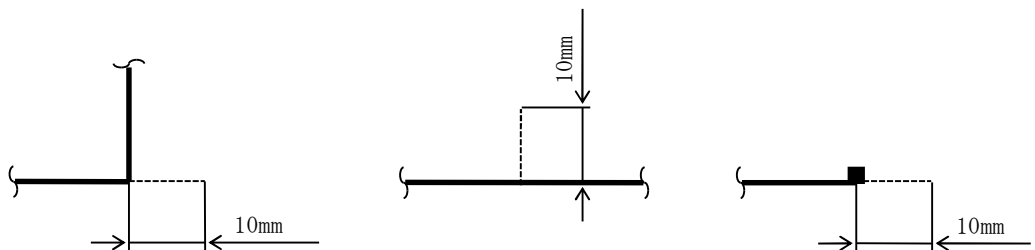


(9) 分岐部の申請範囲の表記

分岐部の種類	申請形態	クラス 1 配管及び クラス 2 配管の表記	左記以外の表記
同径ティー (設計・建設規格規定の J I S 規格品)			
			
異径ティー 及び管台 (設計・建設規格規定の J I S 規格品)			
			
同径ティー (設計・建設規格規定の J I S 規格品以外)			
			
異径ティー (設計・建設規格規定の J I S 規格品以外)			
			

分岐部の種類	申請形態	クラス 1 配管及び クラス 2 配管の表記	左記以外の表記
直管直付 (同径)			
直管直付 (異径)			
管 台 (設計・建設規 格規定の J I S 規格品以外)			

注 1：分岐部破線及び管台の表記寸法（目安値）

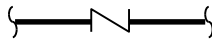


注 2：クラス 1 配管及びクラス 2 配管以外であっても，設工認系統図上の分岐，合流を明確にする必要がある場合にはクラス 1 配管及びクラス 2 配管の表記とする。  
 ただし，主流路を形成する分岐部を除き，φ61mm 以下の穴で，穴の補強が不要なものについては分岐部破線表示又は管台表示は不要とする。

4.2 弁

(1) 弁の形式は下記記号にて表示する。

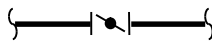
a. 逆止弁



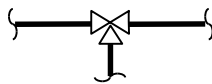
注：流れ方向の指示は表示しない。

ただし，弁の向きは設工認系統図に合わせる。

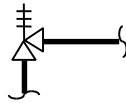
b. バタフライ弁



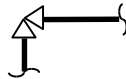
c. 三方弁



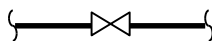
d. 安全弁，逃し弁



e. アングル弁



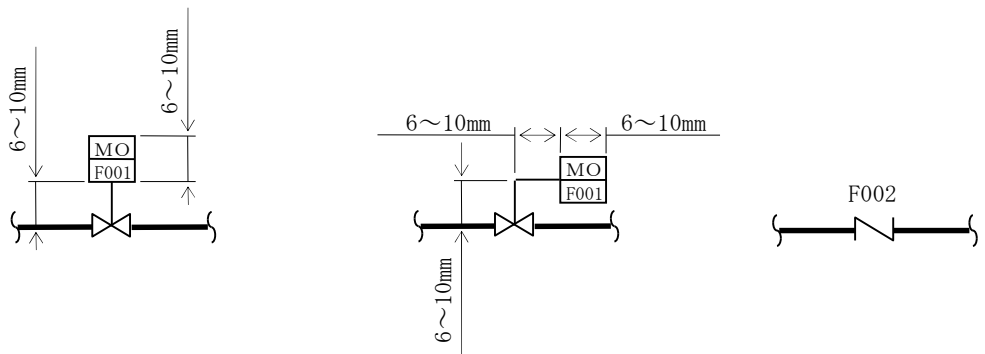
f. 上記以外の弁はすべてゲート弁表示とする。



(2) 弁の開閉は表示しないものとし，すべて白抜きとする。

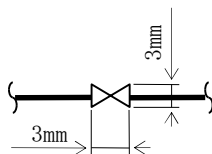
(3) 主要弁の表記は下記に示すように駆動方式及び弁番号を記載する。

(寸法は目安値)

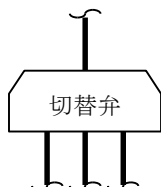




(4) 弁の記載寸法は下記を原則とする。(目安値)



(5) 前記(1)に係わらず、切替弁は下記表示とする。

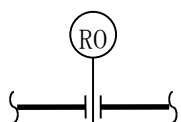


#### 4.3 スペシャルティ及び計装品

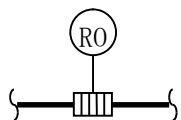
スペシャルティ及び計装品の表示は下記に従うものとする。

(1) オリフィス

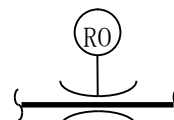
a. 単段減圧オリフィス



b. 多段減圧オリフィス

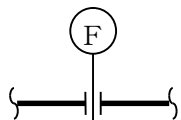


c. ベンチュリ形流量制限器

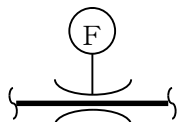


(2) 流量計

a. オリフィスプレート式



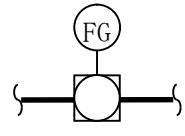
b. ベンチュリ式及びフローノズル式



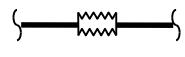
c. その他



(3) フローグラス

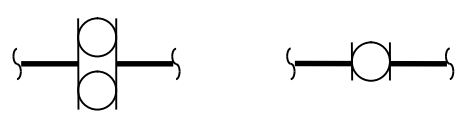


(4) 伸縮継手

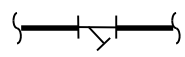


(5) ストレーナ

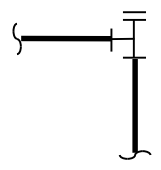
a. バスケットストレーナ



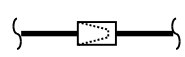
b. Y型ストレーナ



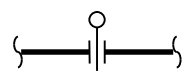
c. T型ストレーナ



d. コーンストレーナ (仮設のものは除く。)

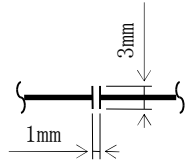


(6) スペクタクルフランジ



#### 4.4 フランジ

フランジは下記表示とする。(寸法は目安値)



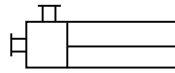
#### 4.5 機器

##### (1) ポンプ

ポンプの形式の表示は下記に従うものとする。

(図はフランジ取合を示している。)

- a. サンプポンプ      b. ほう酸水注入ポンプ      c. その他すべてのポンプ



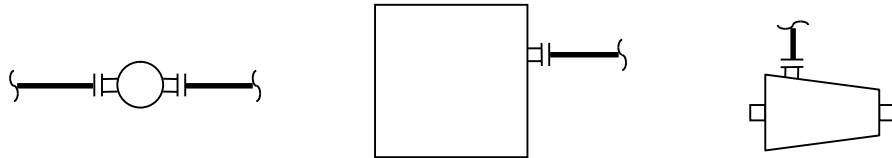
##### (2) その他の機器

当該配管が直接接続している機器の概略形状を記載する。

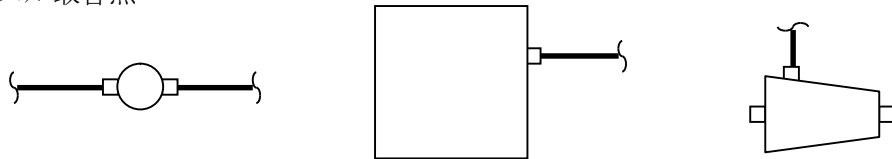
(形状は原則として設工認系統図に合わせる。)

##### (3) 機器取合点表示

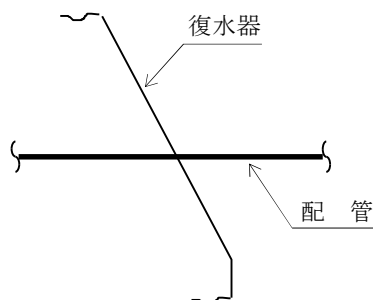
- a. フランジ取合点



- b. ノズル取合点



##### (4) 復水器貫通部表示

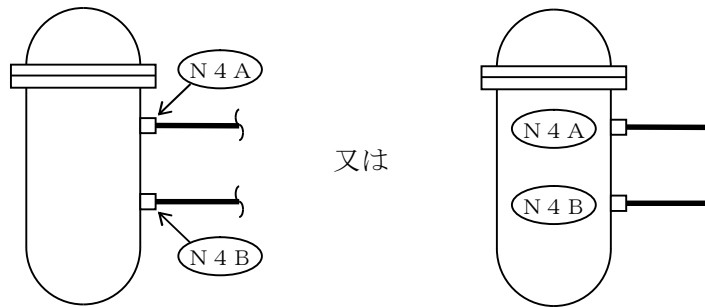


4.6 その他

- (1) 原子炉格納容器及び原子炉格納容器貫通部は下記表示とする。



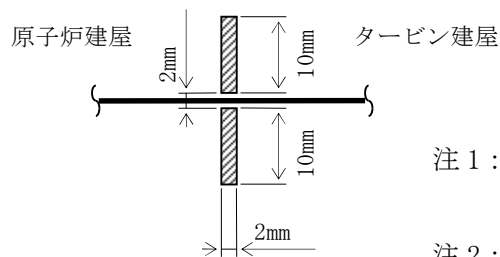
- (2) 原子炉圧力容器及び原子炉圧力容器ノズルは下記表示とする。



注：N-4 Aと“-”は付記しない。

- (3) 複数の建屋に配管がまたがる場合の建屋の区分は下記表示とする。

(寸法は目安値)

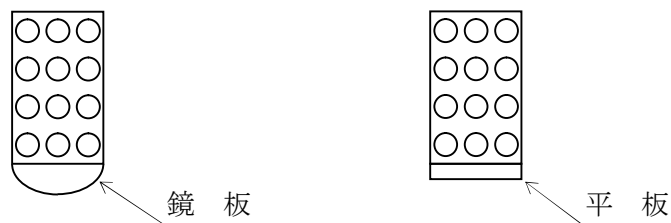


注1：R/B、T/B等の略称は使用しない。

注2：埋込部の表示は行わない。

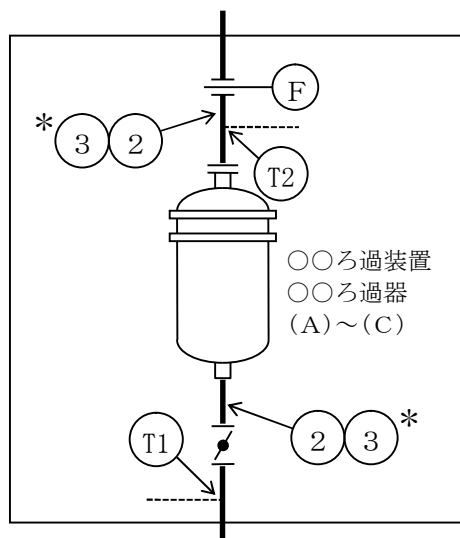
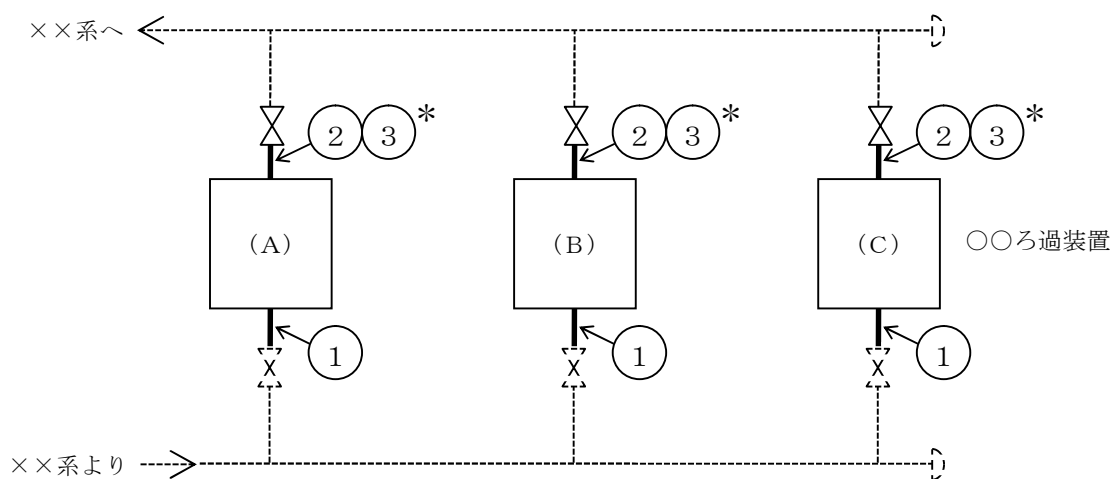
注3：建屋外のダクトは「屋外」と、2mギャップは「連絡トレンチ」と呼称する。

- (4) スパージャ、ディフューザ及びクエンチャは下記表示とする。



- (5) 水面は表示しない。

(6) ユニットとして同一のものが多系列にわたっている場合の記載方法は、下記のように代表箇所のみ、配管構成及び計算箇所を表示する。



〇〇ろ過装置(A)~(C)付番

5. 管番号及び継手番号

5.1 付番の原則

(1) 板厚計算を行うすべての管及び継手に対し番号を付番するものとし、同一仕様のものは同一番号とする。また、付番は原則として系統の上流側より主流路に沿って系統の終わりまで行う。

ただし、同一系統内に異なるクラスがある場合は、上位クラスを優先して付番する。

(2) 管番号及び継手番号は下記条件の切換点で変更するものとする。

- ・最高使用圧力
- ・最高使用温度
- ・外径
- ・肉厚
- ・材料
- ・製法
- ・クラス

(3) 管番号及び継手番号

・管（セーフエンド及び規格外エルボを含む。）

① ② ③

・管継手

①\* ②\* ③\*

注記\*：管継手

・ティー，管台，枝管等の穴

①T1 ②T2 ③T3 ……（規格外継手に適用）

・レジューサ

①R1 ②R2 ③R3 ……（同 上）

・鏡板，キャップ

①C1 ②C2 ③C3 ……（同 上）

・平板，閉止フランジ

①B1 ②B2 ③B3 ……（同 上）

・フランジ

①F1 ②F2 ③F3 ……（同 上）

・伸縮継手

①E1 ②E2 ③E3 ……（同 上）

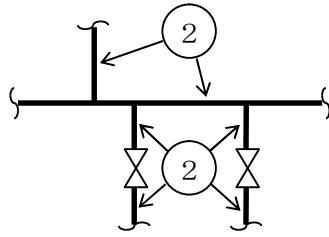
・穴あき管

①SP1 ②SP2 ③SP3 ……（同 上）

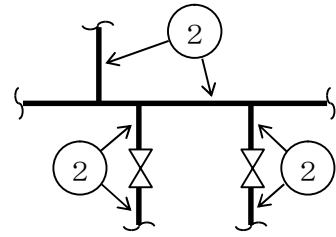
(4) 管番号の記入

a. 番号の矢印は2箇所以内とする。

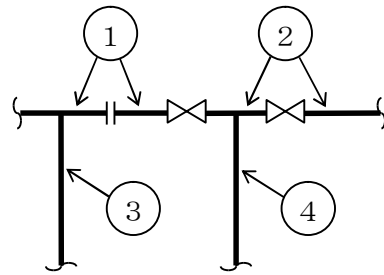
(誤)



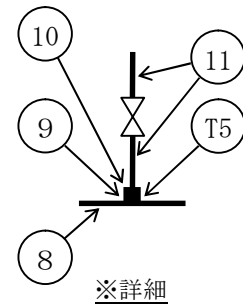
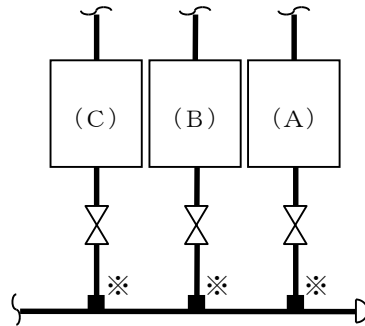
(正)



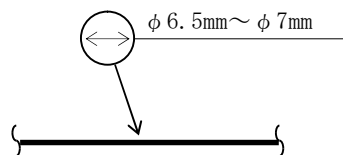
b. 同一仕様であっても、弁及びフランジ等により仕様変更か否か誤解を招くと思われる場合は必ず番号を取る。



c. 管番号を記入することによって、概略系統図が煩雑になる場合は下記のように表示する。



d. 寸法 (目安値)



## 5.2 管継手部の管番号及び管継手マークの記載

### (1) 一般原則

管の基本板厚計算書概略系統図における管番号の付番は、5.1項を原則とし、各管番号にて示された範囲が、管継手のみにて構成される場合は、管と管継手を区別するため管番号に管継手マーク“\*”を付ける。

### (2) 管継手部の記載要領

管の基本板厚計算書概略系統図における管継手マークの記載は(1)項に従うが、管継手部における具体的な記載要領を下記に示す。

#### a. エルボ

エルボの両端にエルボと仕様の異なる管又は管以外の要素が接続される場合、エルボに管番号を付番し、管継手マーク“\*”を付ける。

ただし、同一ライン上にある他に付番された管番号により当該エルボの仕様がわかる場合は、管番号を省略する。

注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くしたJIS規格のエルボについては、クラス1配管及びクラス2配管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

#### b. ティー

(a) ティーの主管側(A)と接続される管(a)が同一仕様である場合は、(a)に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上(A)（(a)側半分）に管番号を付番する場合もある。

(b) ティーの主管側(A)と接続される管(b)が同一仕様である場合は、(b)に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上(A)（(b)側半分）に管番号を付番する場合もある。

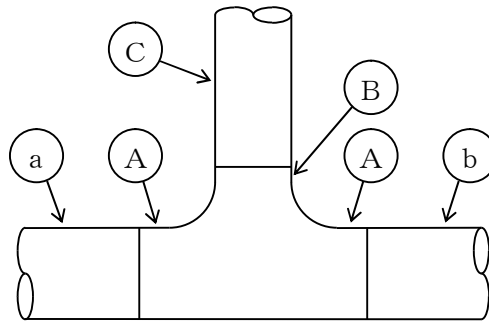
(c) ティーの主管側(A)の両端に仕様の異なる管又は管以外の要素が直接接続される場合は、(A)に管番号を付番し、管継手マーク“\*”を付ける。ただし、管以外の要素が(A)と同一仕様の管継手であれば、管以外の要素側に付番する場合もある。

(d) ティーの分岐管側(B)と接続される管(C)が同一仕様である場合は、(C)に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上(B)に管番号を付番する場合もある。



- (e) ティーの分岐管側 (B) に仕様の異なる管又は管以外の要素が直接接続される場合は、(B) に管番号を付番し、管継手マーク “\*” を付ける。ただし、管以外の要素が (B) と同一仕様の管継手であれば、管以外の要素側に付番する場合もある。

注：主管側又は分岐管側において接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のティーについては、クラス 1 配管及びクラス 2 配管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。



c. レジューサ

レジューサに仕様の異なる管若しくは管継手が接続される場合、又は管若しくは管継手以外の要素が接続される場合、レジューサ端部に管番号を付番し、管継手マーク “\*” を付ける。

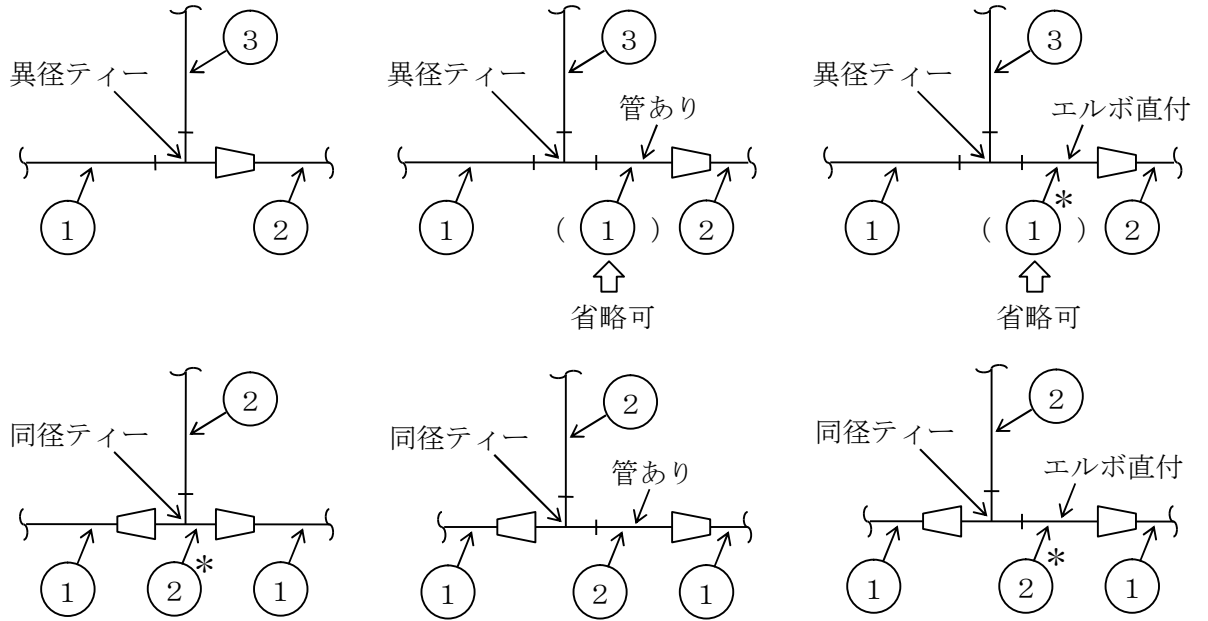
注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のレジューサについては、クラス 1 配管及びクラス 2 配管並びに汽力設備を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

d. キャップ

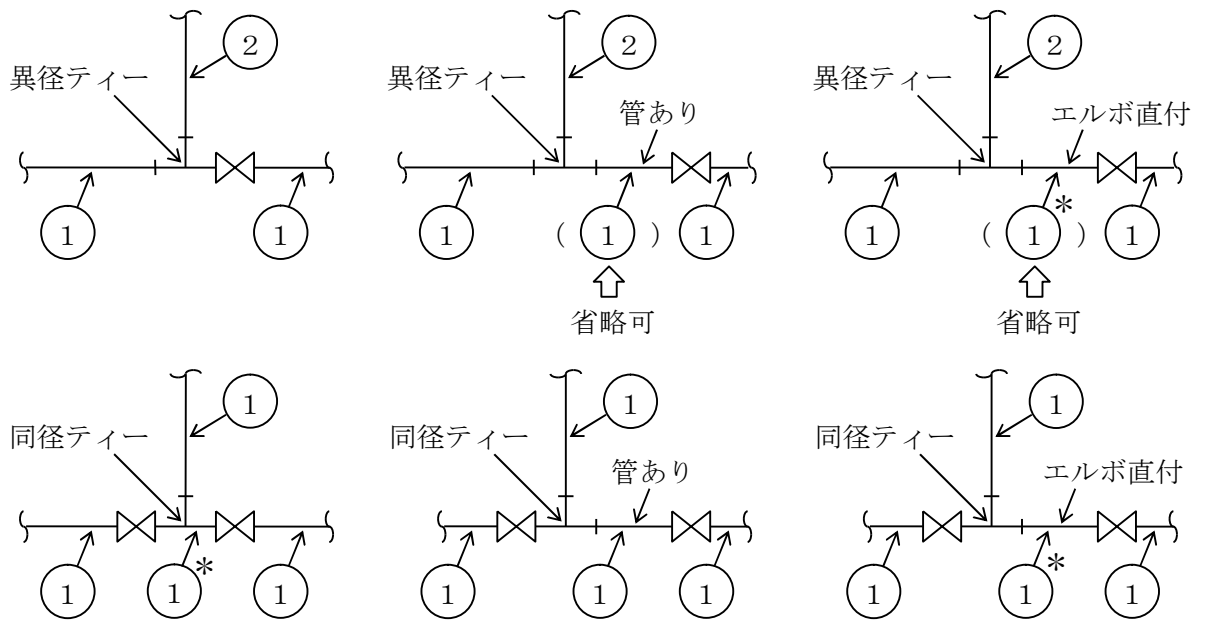
キャップに仕様の異なる管若しくは管継手が接続される場合は、キャップ端部に管番号を付番し、管継手マーク “\*” を付ける。

注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のキャップについては、クラス 1 配管及びクラス 2 配管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

(ティー主管側+レジューサ)

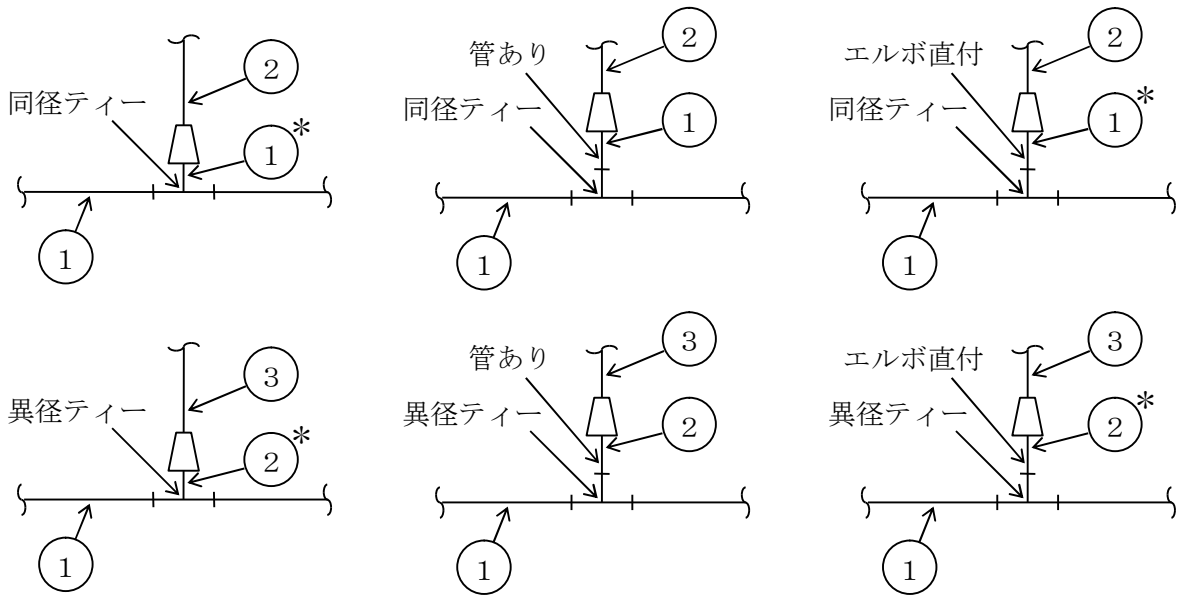


(ティー主管側+弁)

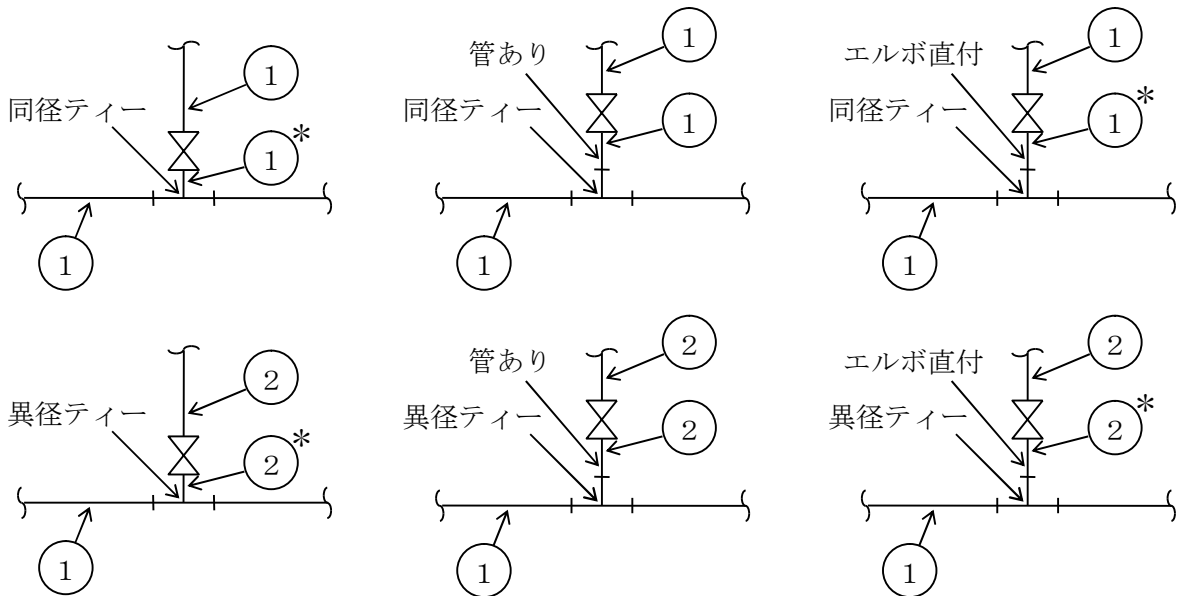


管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その1)

(ティー分岐管側+レギュレーサ)



(ティー分岐管側+弁)

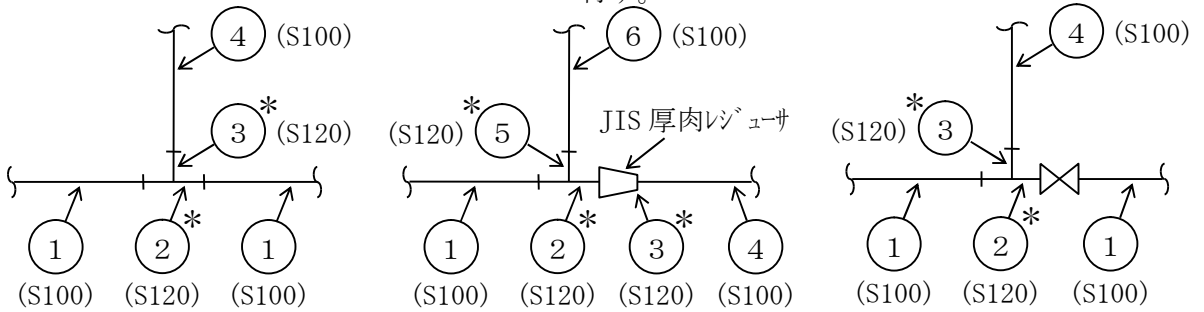


管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その2)

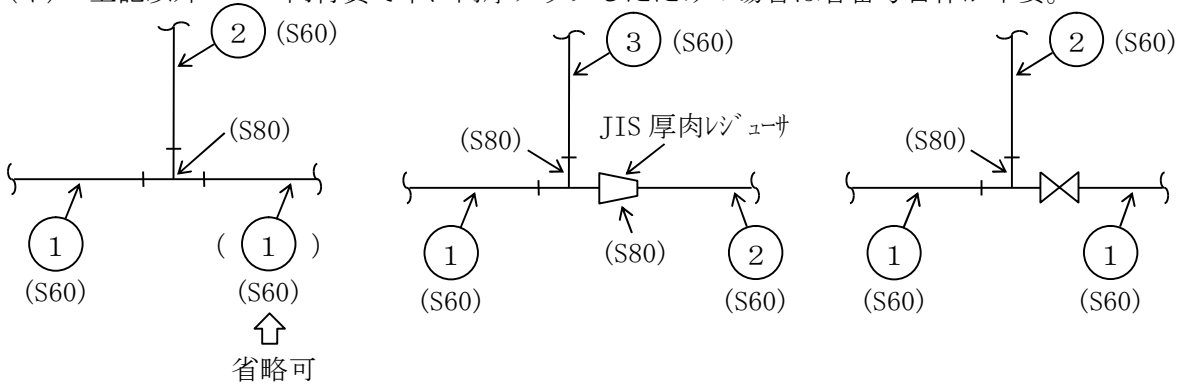
(J I S 厚肉ティー)

(ア) クラス 1 配管及びクラス 2 配管……同材質で単に肉厚アップしている場合も管番号を

付す。

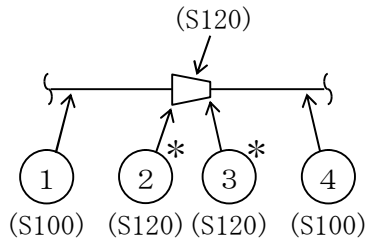


(イ) 上記以外……同材質で単に肉厚アップしただけの場合は管番号自体が不要。

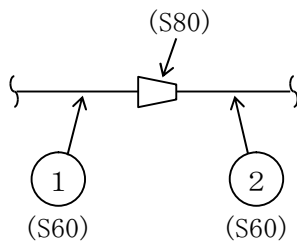


(J I S 厚肉レギュレーサ)

(ア) クラス 1 配管及びクラス 2 配管並びに汽力設備……同材質で単に肉厚アップしている場合も管番号を付す。



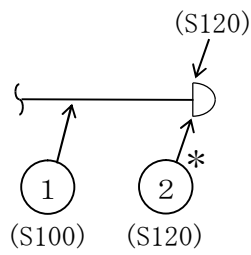
(イ) 上記以外……同材質で単に肉厚アップしただけの場合は管番号自体が不要。



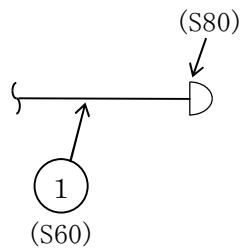
管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その 3)

(J I S 厚肉キャップ)

(ア) クラス 1 配管及びクラス 2 配管……………同材質で単に肉厚アップしている場合も管番号を付す。



(イ) 上記以外……………同材質で単に肉厚アップしただけの場合は管番号自体が不要。



管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その 4)

5.3 管番号表示の際に注意すべき事項

(1) 管

曲げ管は直管と同等に考えるものとし、表示は行わないものとする。

(2) 管継手 (ティー, エルボ, レジューサ, キャップ)

- a. 設計・建設規格規定の J I S 規格の継手であって、接続配管と同等以上の強度を有する場合は、板厚計算は不要である。したがって、管番号はとらないで管の基本板厚計算書中に以下の事項を明示する。ただし、接続配管と材料又は厚さが異なる管継手については、J I S 規格の管継手であっても直管相当として板厚計算を記載する。

規格外継手 (設計・建設規格規定の J I S 規格以外の継手) には、管番号又は継手番号を付番するものとする。

注 1 : 接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格の管継手については、クラス 1 配管及びクラス 2 配管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

注 2 : 接続配管のスケジュール番号と同等以上、かつ、接続配管の材料と同等以上の強度を有する J I S 規格の差込み溶接式管継手については、クラス 1 配管及びクラス 2 配管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

- b. a 項にかかわらず下記に示す場合は管板厚計算を行うので管番号を付番する。

(a) レジューサの多段直列接続の場合

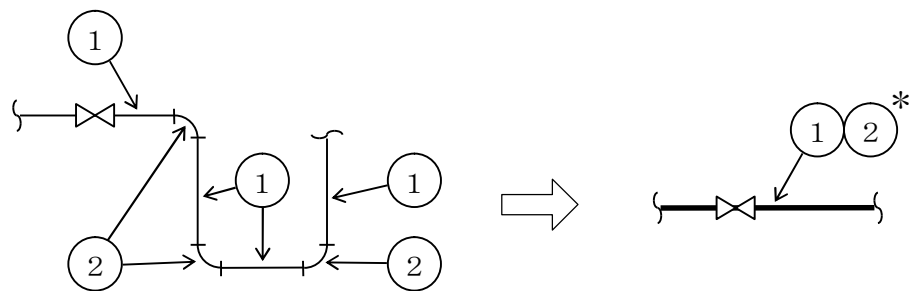
(b) 異径ティーで分岐部がレジューサ等に接続する場合、機器直結のレジューサのように溶接部における口径が表れない場合又は機器、エルボ、レジューサ直結で直管がない場合

(c) 接続配管と同等以上の強度を有さない場合

- c. 分岐部分が強度計算対象外の配管に接続している場合は付番しない。

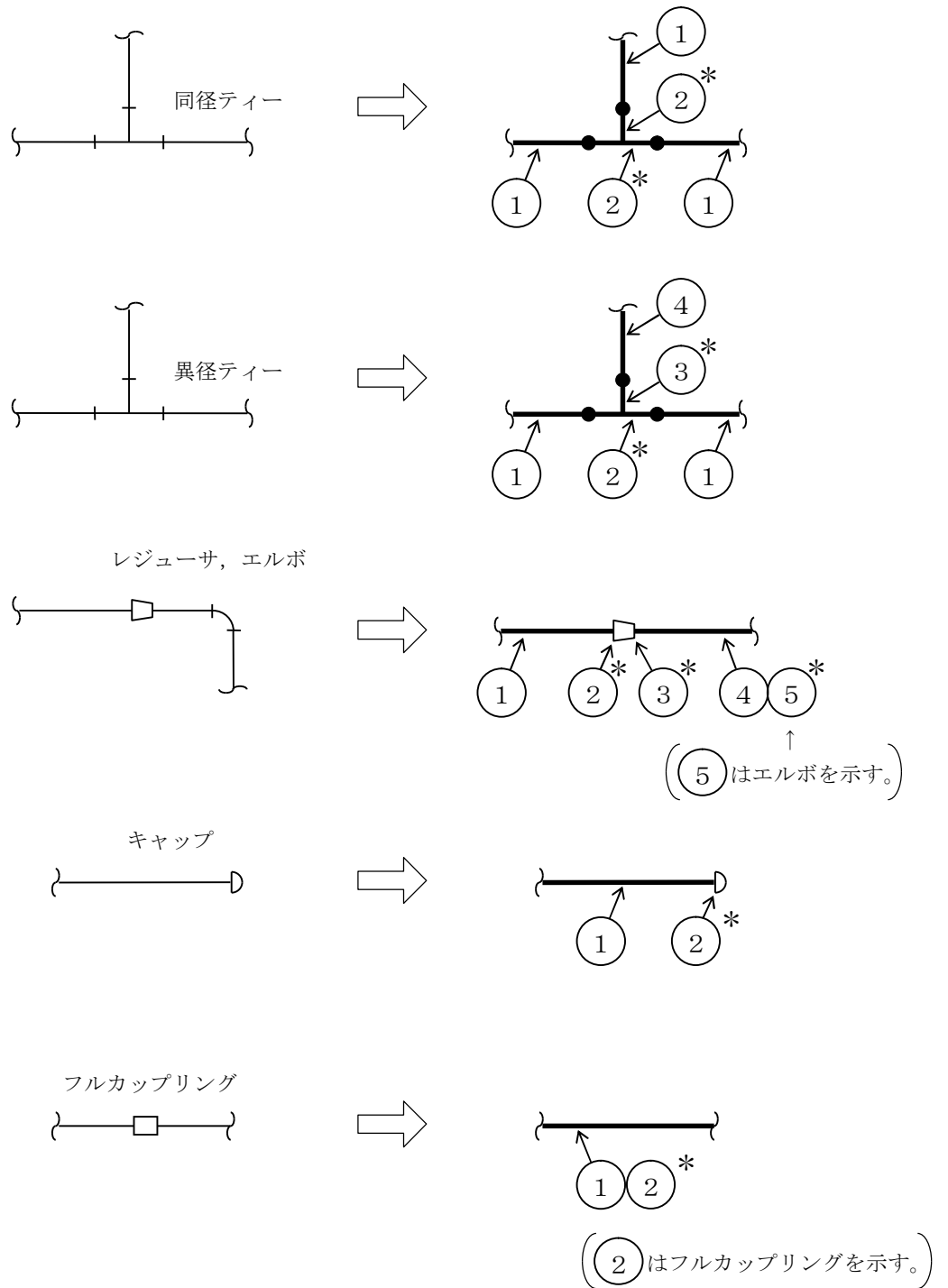
(3) 番号表示例

- a. エルボの強度計算を行う場合



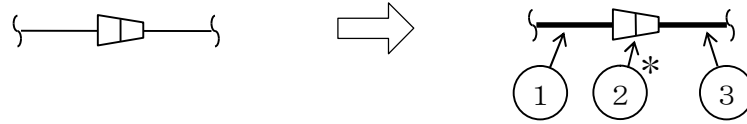
b. 設計・建設規格規定の J I S 規格品管継手を使用する場合

(a) 管継手の材料又は肉厚が接続配管と異なる場合は、すべて管番号を付番し、直管相当の計算を記載する。(クラス 1 配管及びクラス 2 配管 (レジャーサについては、汽力設備も含む。)) の場合)

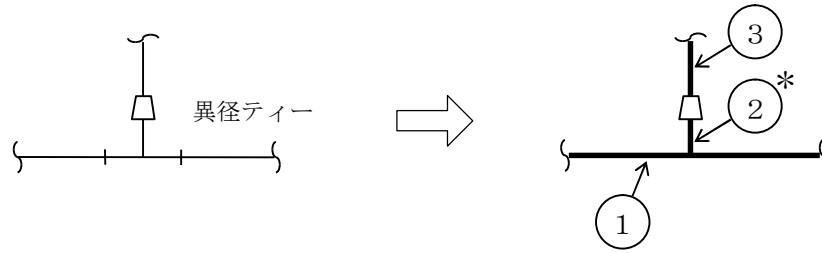


(b) レジューサの2段直列接続

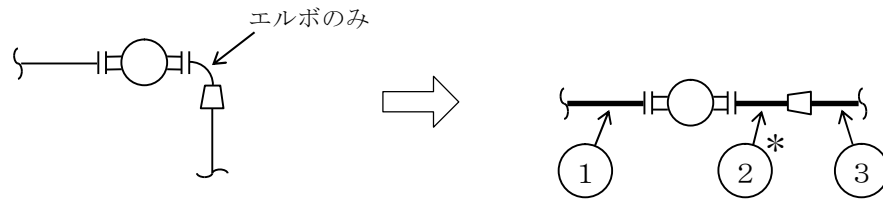
注：接続配管と同材，同肉厚の場合を示す。



(c) ティーとレジューサの直付等のように溶接部における口径が表示できない場合



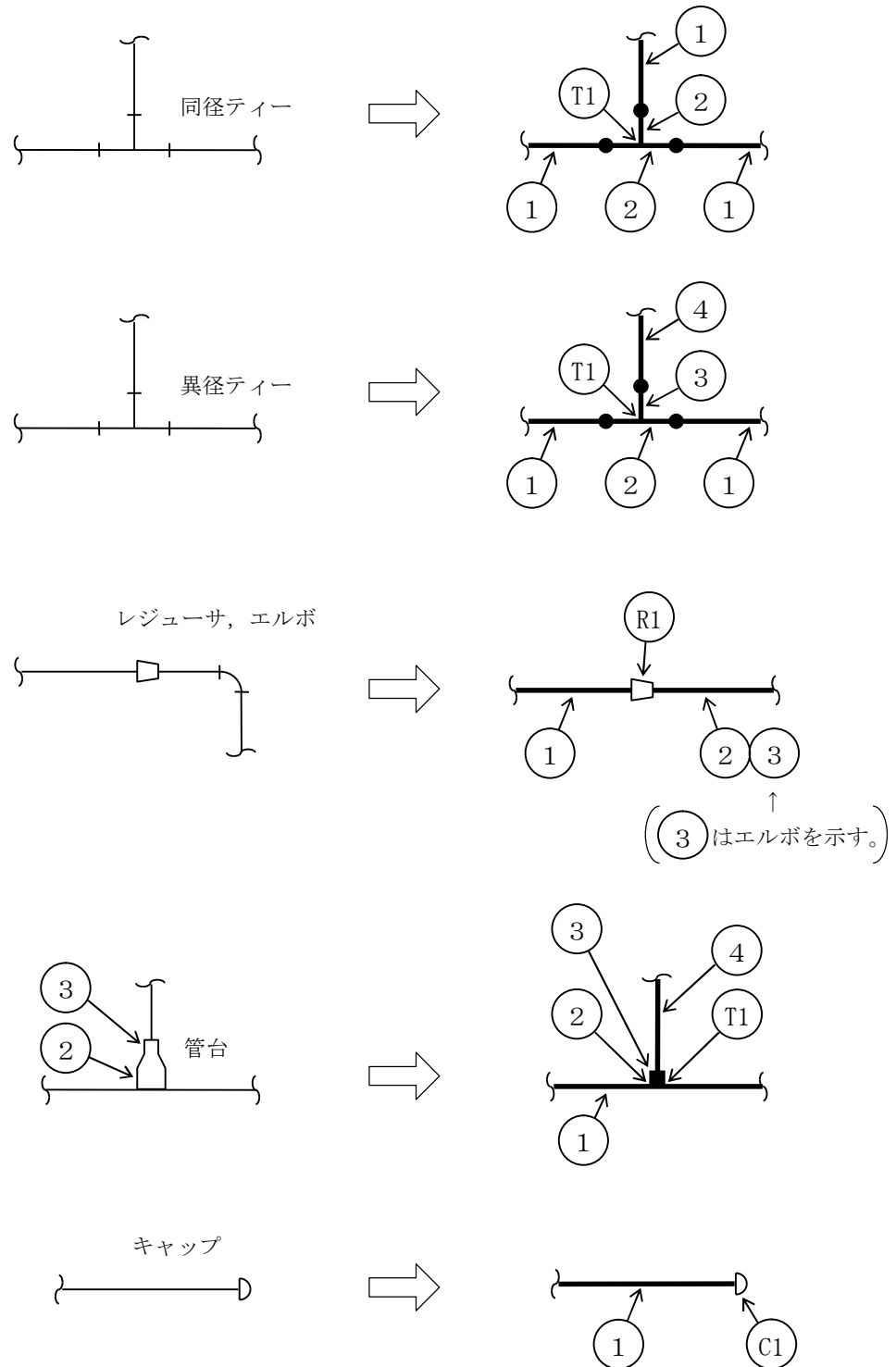
(d) エルボとレジューサが直付でエルボに接続配管がない場合

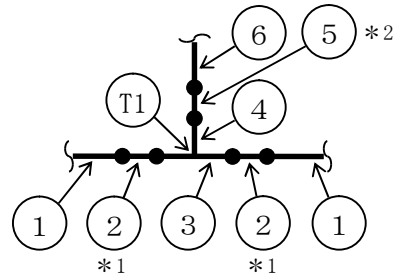
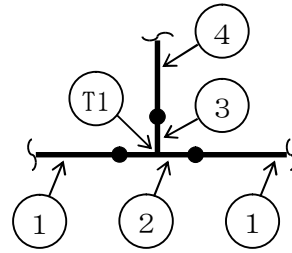
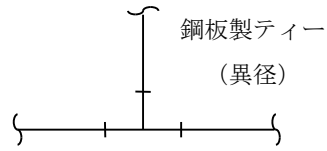
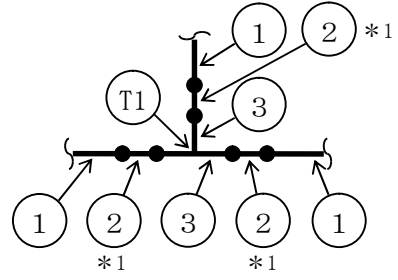
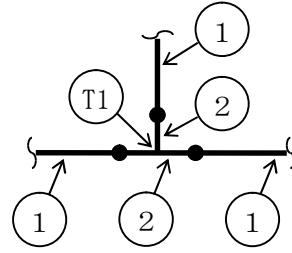
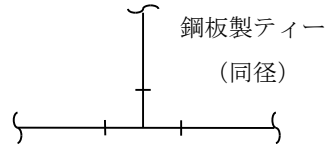




c. 設計・建設規格規定の J I S 規格品以外の管継手を使用する場合

(a) 管継手の材料又は肉厚が接続配管と異なる場合

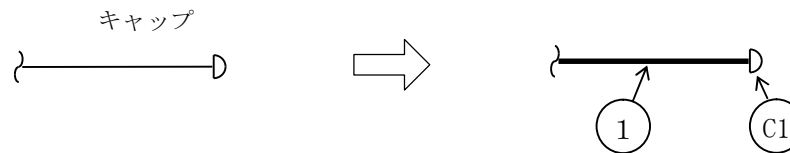
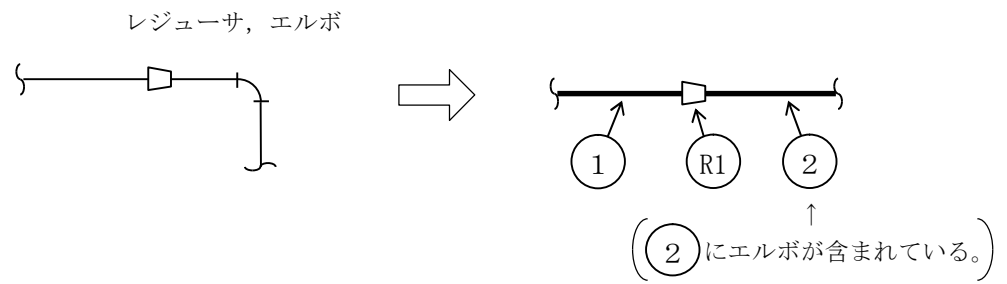
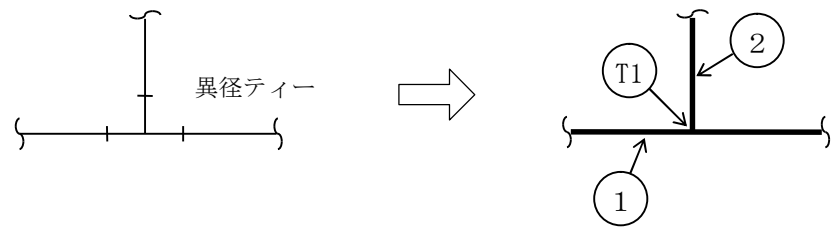
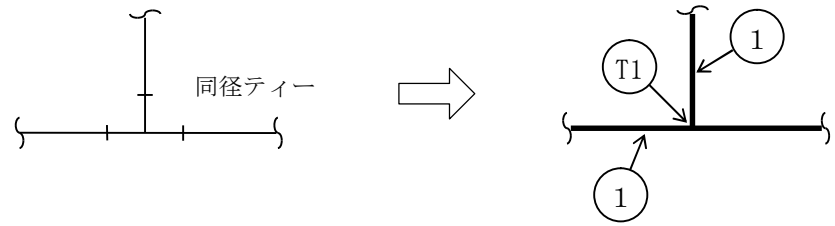




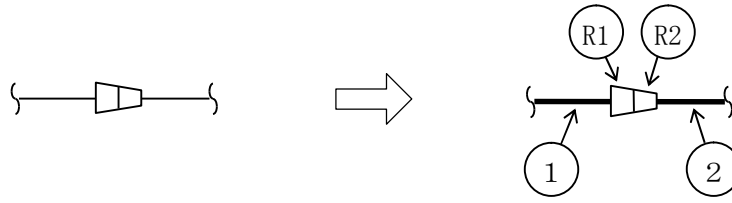
注記\*1：仕様が①と異なる場合を示す。

\*2：仕様が⑥と異なる場合を示す。

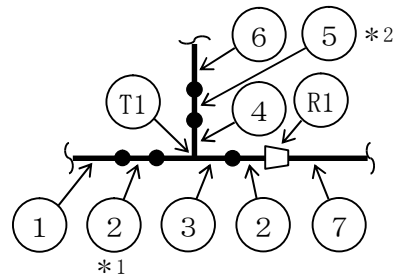
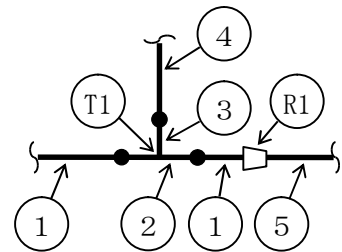
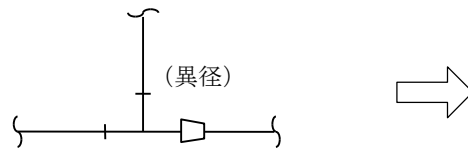
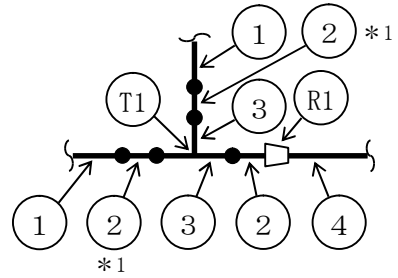
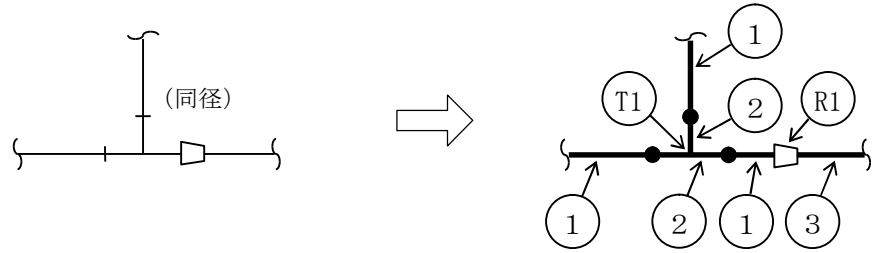
(b) 管継手の材料及び肉厚が接続配管と同じ場合



(c) レジューサが2段直列接続となる場合



(d) 鋼板製テーとレジューサが直付の場合



注記\*1：仕様が①と異なる場合を示す。

\*2：仕様が⑥と異なる場合を示す。

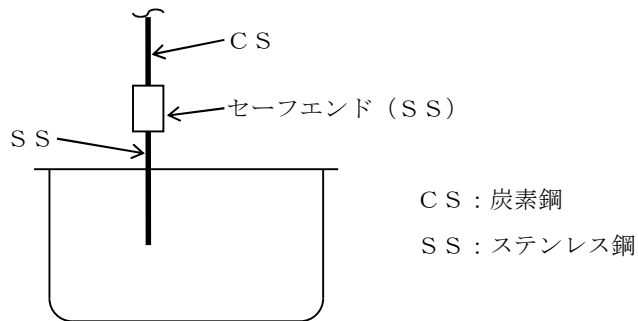
(4) フランジ

J I S B 2238, 2239又は2240の規格に適合し, 設計・建設規格 付録材料図表 Part1に規定される材料を使用する場合, 若しくは設計・建設規格 別表2に規定されるフランジを使用する場合以外は, 継手番号を付番する。

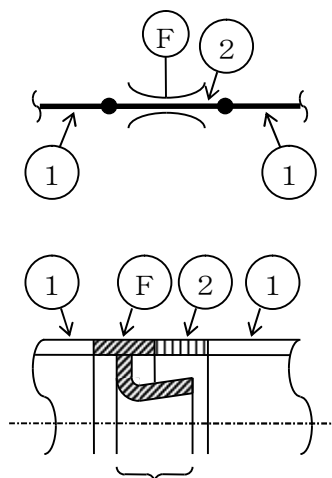
ただし, J I S等の規格フランジに圧力検出用の穴をあけた場合, 規格フランジとして扱う。

(5) その他

- a. 弁メーカーの工場で溶接される弁の付属品としてのセーフエンドには, 管番号を付番しないものとする。また, バタリング (異材肉盛溶接) についても管番号は付番しないものとする。
- b. 下記に示すセーフエンドは管として扱うものとする。



- c. ベンチュリ形流量制限器, ベンチュリ式流量計及びフローノズル式流量計について計算する場合は, 下記のごとく管番号を付番する。



ベンチュリと一体の部分は計測器扱いとし, 管番号は付番しない。

## 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																

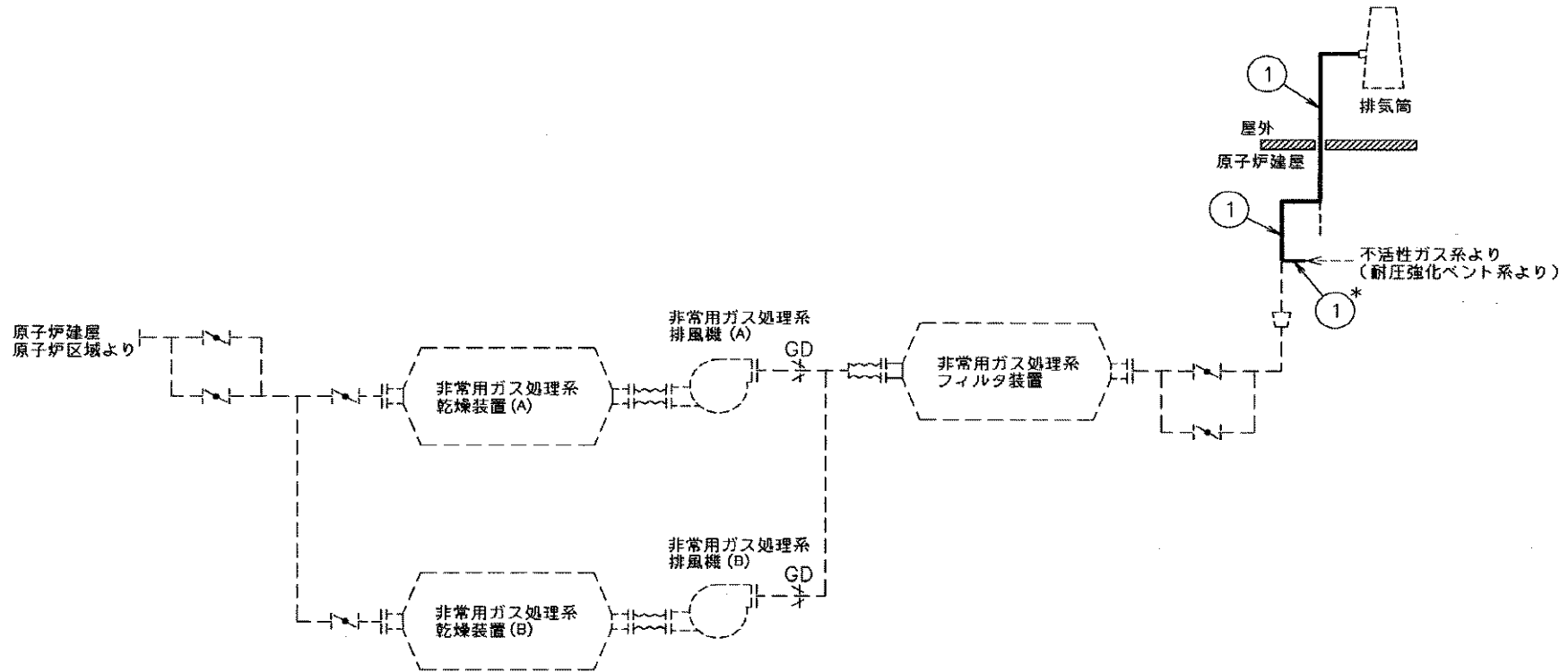
・適用規格の選定

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 .....

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)		$d_{f r D}$ (mm)	
$Q_r$		$L_{AD}$ (mm)	
$t_r$ (mm)		$L_{ND}$ (mm)	
$t_{rr}$ (mm)		$A_{r D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$\eta$		$A_{0 D}$ (mm <sup>2</sup> )	
		$A_{1 D}$ (mm <sup>2</sup> )	
管台材料		$A_{2 D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$S_b$ (MPa)		$A_{3 D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$D_{ob}$ (mm)		$A_{4 D}$ (mm <sup>2</sup> )	
$D_{ib}$ (mm)		評価： $A_{0 D} \geq A_{r D}$ 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)	—
$d_{f r}$ (mm)		$W_{e4}$ (N)	—
$L_A$ (mm)		$W_{e5}$ (N)	—
$L_N$ (mm)		$W_{e b p}$ (N)	—
$L_1$ (mm)		$W_{e b p}$ (N)	—
$L_2$ (mm)		$W_{e b p}$ (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)		$A_r D$ ( $\text{mm}^2$ )	
$\eta$		$A_0 D$ ( $\text{mm}^2$ )	
		$A_1 D$ ( $\text{mm}^2$ )	
管台材料		$A_2 D$ ( $\text{mm}^2$ )	
$S_b$ (MPa)		$A_3 D$ ( $\text{mm}^2$ )	
$D_{ob}$ (mm)		$A_4 D$ ( $\text{mm}^2$ )	
$D_{ib}$ (mm)		評価: $A_0 D \geq A_r D$ よって十分である。	
$t_{bn}$ (mm)			
$Q_b$			
$t_b$ (mm)		$W$ (N)	
$t_{br}$ (mm)		$F_1$	—
		$F_2$	—
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。	



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) 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. 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 .....	4
2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力 .....	6
2.2.4 計算精度と丸め方 .....	7
3. 計算書の構成 .....	8
3.1 管の応力計算書 .....	8

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、発電用原子力設備のうちクラス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。）

## 2. クラス2管の強度計算方法

### 2.1 計算方針

技術基準規則解釈において、技術基準規則第17条に規定の要求に適合する材料及び構造とは、設計・建設規格によることから、クラス2管は、設計・建設規格 PPC-3500 の規定に基づく評価を実施する。

### 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」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し、並進方向固定及び回転方向自由として扱う。
  - b. スナッパ：拘束方向の剛性を考慮し、並進方向固定及び回転方向自由として扱う。
  - c. アンカ：6方向の剛性を考慮し、完全固定として扱う。
  - d. ガイド：拘束方向の剛性を考慮し、並進方向固定及び回転方向固定として扱う。
  - e. ハンガ：拘束方向の剛性を考慮し、並進方向固定及び回転方向自由として扱う。
- (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）
- d. 熱膨張及び熱による支持点の変位による応力

## 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 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
$f$	—	設計・建設規格 PPC-3530 に規定する許容応力低減係数
$i_1$	—	設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値
$i_2$	—	設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.0 のいずれか大きい方の値
$M_a$	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
$M_c$	N・mm	管の熱による支持点の変位及び熱膨張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
$S_a$	MPa	設計・建設規格 PPC-3530 に規定する許容応力
$S_c$	MPa	室温における設計・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
$S_h$	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
$S_n$	MPa	一次＋二次応力
$S_{prm}$	MPa	一次応力
$t$	mm	管の厚さ
$Z, Z_i$	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 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

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

## b. 一次+二次応力 (設計・建設規格 PPC-3530)

(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+二次応力

$$S_n = P \cdot D_0 / (4 \cdot t) + (0.75 \cdot i_1 \cdot M_a + i_2 \cdot M_c) / Z$$

(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+二次応力

$$S_n = P \cdot D_0 / (4 \cdot t) + \{0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b) + i_2 \cdot M_c\} / Z$$

(c) (a) に対する許容応力

$$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$$

(d) (b) に対する許容応力

$$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1.2 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$$

### 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	設備	荷重の組合せ	状態
クラス 2 管	原子炉格納容器 バウンダリ	P + D	供用状態 A, B
		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-3500)

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次応力
供用状態 A, B	$1.5 \cdot S_h$	$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$
	$1.8 \cdot S_h$	$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1.2 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$

## 2.2.4 計算精度と丸め方

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2-3に示すとおりである。

表2-3 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」と表示する。

\*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。

### 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ている範囲の管のうち、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ている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 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 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 :

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-8 :

評価結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス 2 管

設計・建設規格 PPC-3500 の規定に基づく評価

鳥瞰図	供用 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力 $S_{p r m}(1)^{*1}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$	計算応力 $S_n(a)^{*3}$	許容応力 $S_a(c)^{*5}$
				$S_{p r m}(2)^{*2}$	$1.8 \cdot S_h$	$S_n(b)^{*4}$	$S_a(d)^{*6}$
鳥瞰図 番号	(A, B)		$S_{p r m}(1)^{*1}$	Max	$1.5 \cdot S_h$	—	—
	(A, B)		$S_n(a)^{*3}$	—	—	Max	$S_a(c)$
	(A, B)		$S_{p r m}(2)^{*2}$	Max	$1.8 \cdot S_h$	—	—
	(A, B)		$S_n(b)^{*4}$	—	—	Max	$S_a(d)$

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

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

\*3 : 設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

\*4 : 設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

\*5 : 設計・建設規格 PPC-3530(1)c.に基づき計算した許容応力を示す。

\*6 : 設計・建設規格 PPC-3530(1)d.に基づき計算した許容応力を示す。

・FORMAT 応-9 :

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス 2 管)

No.	配管モデル	供用状態(A, B) <sup>*1</sup>					供用状態(A, B) <sup>*2</sup>				
		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	***-1	1	**	***	*.**	—	9	**	***	*.**	—
2	***-2	2	**	***	*.**	○	10	**	***	*.**	○
3	***-3	3	**	***	*.**	—	11	**	***	*.**	—
4	***-4	4	**	***	*.**	—	12	**	***	*.**	—
5	***-5	5	**	***	*.**	—	13	**	***	*.**	—
6	***-6	6	**	***	*.**	—	14	**	***	*.**	—
7	***-7	7	**	***	*.**	—	15	**	***	*.**	—
8	***-8	8	**	***	*.**	—	16	**	***	*.**	—

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

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

No.	配管モデル	供用状態(A, B) <sup>*3</sup>					供用状態(A, B) <sup>*4</sup>				
		一次+二次応力					一次+二次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*.**	—	9	**	***	*.**	—
2	***-2	2	**	***	*.**	○	10	**	***	*.**	○
3	***-3	3	**	***	*.**	—	11	**	***	*.**	—
4	***-4	4	**	***	*.**	—	12	**	***	*.**	—
5	***-5	5	**	***	*.**	—	13	**	***	*.**	—
6	***-6	6	**	***	*.**	—	14	**	***	*.**	—
7	***-7	7	**	***	*.**	—	15	**	***	*.**	—
8	***-8	8	**	***	*.**	—	16	**	***	*.**	—

注記\*3 : 設計・建設規格 PPC-3530(1)aに基づき計算した一次+二次応力を示す。

\*4 : 設計・建設規格 PPC-3530(1)bに基づき計算した一次+二次応力を示す。