

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-354 改0
提出年月日	平成30年5月10日

V-3-2-2 クラス1管の強度計算方法

まえがき

本強度計算方法は、工事計画認可申請書に添付するクラス1管の強度計算について説明するものである。

本書は、以下により構成される。

第一部 クラス1管の基本板厚計算方法

第二部 クラス1管の応力計算方法

第一部 クラス 1 管の基本板厚計算方法

目次

1. 一般事項	1-1
1.1 概要	1-1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1-1
1.3 強度計算書の構成とその見方	1-4
1.4 計算精度と数値の丸め方	1-5
1.5 材料の表示方法	1-6
1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法	1-6
2. クラス1管の強度計算方法	1-7
2.1 共通記号	1-7
2.2 管の強度計算	1-8
2.3 平板の強度計算	1-12
2.4 鏡板の強度計算	1-18
2.5 レジューサの強度計算	1-22
2.6 管の穴と補強計算	1-26
2.7 フランジの強度計算	1-54

1. 一般事項

1.1 概要

本強度計算方法は、発電用原子力設備のうちクラス1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年度（2007年度追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年）（以下「設計・建設規格」という。）及び昭和45年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）により行う。

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項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・建設規格及び告示第501号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。

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

- (3) 強度計算書で計算するもの以外の管継手は、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 PPB-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 PPB-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」

- (5) 管の接続

管と管を接続する場合は、設計・建設規格 PPB-3430(1)により溶接継手又はフランジ継手とする。

溶接継手とする場合は、設計・建設規格 PPB-3430(2)により主管に穴を設けて管台又は分岐管を取り付ける場合を除き、管の軸に垂直な断面で溶接することとする。

表 1-1 設計・建設規格各規格番号及び告示第 5 0 1 号各条項と強度計算書との対応

設計・建設規格 告示第 5 0 1 号	規格番号 条項	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
第 50 条 第 1 項 第 2 項 第 3 項 PPB-3411 (直管) PPB-3411 (1) PPB-3411 (2) PPB-3411 (3) PPB-3412 (曲げ管) PPB-3411 (直管) を準用する。		2. 2 2. 2. 1 2. 2. 2 2. 4 2. 5	管の強度計算 (告示第 5 0 1 号) 管の強度計算 (設計・建設規格) 鏡板の強度計算 (フランジ部) レジャーサの強度計算 (フランジ部)
PPB-3413 (平板)		2. 3	平板の強度計算
PPB-3414 (フランジ) PPB-3414 (1) PPB-3414 (2) PPB-3414 (3)		2. 7	フランジの強度計算 (1. 2 (4) フランジ継手)
PPB-3415 (管継手) PPB-3415 (1)			1. 2 (3) 管継手
PPB-3415. 1 (レジャーサ) PPB-3415. 1 (1) PPB-3415. 1 (2) PPB-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	レジャーサの強度計算 レジャーサの強度計算 (円すい及 びすその丸みの部分 (外面に圧力 を受けるもの))

NT2 補③ V-3-2-2 R0

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 PPB-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、本強度計算方法と各配管の強度計算書から成る。
- (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、本強度計算方法によるものとする。
- (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* ²
温度		℃	—	—	整数位
許容応力* ¹		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 ²	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：設計・建設規格 付録材料図表及び告示第 5 0 1 号 別表に記載された温度の間における設計応力強さ，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。（告示第 5 0 1 号は非 SI 単位を S I 単位に換算する。）

*2：必要に応じて小数点以下第 3 位を用いる。

*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分岐管の中心線と主管の中心線との交角に用いる。

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) 強度区分により設計応力強さ又は許容引張応力の値が異なる場合、材料記号の後に J I S で定める強度区分を付記する。

(例)

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

- (4) 使用する厚さ又は径等によって設計応力強さ又は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1管の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス1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・建設規格又は告示第501号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
P P _e * η	NO. P P _e Q η	管, 平板, 鏡板, レジューサ, 管の穴及びフランジの番号 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 最高使用圧力 (内圧) 外面に受ける最高の圧力 厚さの負の許容差 継手の効率 鏡板は設計・建設規格 PVE-3240による。 レジューサは, 設計・建設規格 PVC-3130及び設計・建設規格 PVC-3140による。 告示第501号により計算を実施する場合, 告示第501号第31条第3項第1号による。	— MPa MPa %, mm —

注記 * : 告示第501号で使用されていない記号

2.2 管の強度計算

管の強度計算は、告示第501号第50条又は設計・建設規格 PPB-3411，設計・建設規格 PPB-3551及び設計・建設規格 PPB-3561を適用する。

2.2.1 管の強度計算（告示第501号）*

(1) 記号の説明

告示第501号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D _o	D _o	管の外径	mm
	P _C	供用状態Cの最高圧力	MPa
	P _D	供用状態Dの最高圧力	MPa
	P _{aC}	供用状態Cの許容圧力	MPa
	P _{aD}	供用状態Dの許容圧力	MPa
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号 別表第4及び別表第5による。	MPa
t	t	管の計算上必要な厚さ	mm
t	t _{o,p}	管の計算上必要な厚さ	mm
	t _r	管に必要な厚さ	mm
	t _s	管の最小厚さ	mm
	t _t	炭素鋼鋼管の告示第501号上必要な最小厚さ	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		

注記 *：供用状態C，Dについては設計・建設規格を適用する

(2) 算式

a. 管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

(a) 内面に圧力を受ける管

告示第501号第50条第1項により求めた値： 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

告示第501号第50条第2項により求めた値： t_{op} (B)

(c) 炭素鋼鋼管の告示第501号上必要な最小厚さ： t_t

告示第501号第50条第3項により求めた値 (C)

b. 供用状態C

供用状態Cにおいて管の内面に受ける圧力は、次の値を超えてはならない。

(設計・建設規格 PPB-3551)

$$P_{ac} = 1.5 \cdot P$$

c. 供用状態D

供用状態Dにおいて管の内面に受ける圧力は、次の値を超えてはならない。

(設計・建設規格 PPB-3561)

$$P_{ad} = 2 \cdot P$$

(3) 評価

t 、 t_{op} 又は t_t のいずれか大きい方の値を t_r とする。

管の最小厚さ (t_s) \geq 管に必要な厚さ (t_r) であり、かつ、供用状態Cの許容圧力 (P_{ac}) \geq 供用状態Cの最高圧力 (P_c) 及び供用状態Dの許容圧力 (P_{ad}) \geq 供用状態Dの最高圧力 (P_D) 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(a)、(b)及び(c)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。

2.2.2 管の強度計算（設計・建設規格）

(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
	P_C	供用状態Cの最高圧力	MPa
	P_D	供用状態Dの最高圧力	MPa
	P_{aC}	供用状態Cの許容圧力	MPa
	P_{aD}	供用状態Dの許容圧力	MPa
S_m	S_m	最高使用温度における材料の設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1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

a. 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 PPB-3411(1)の式PPB-1.1より求めた値： t

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

(b) 外面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPB-3411(2)の式PPB-1.2より求めた値： t_{op}

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

(c) 炭素鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ： t_t

設計・建設規格 PPB-3411(3)の表PPB-3411-1より求めた値 $\dots\dots\dots (C)$

b. 供用状態C

供用状態Cにおいて管の内面に受ける圧力は、次の値を超えてはならない。

(設計・建設規格 PPB-3551)

$$P_{ac} = 1.5 \cdot P$$

c. 供用状態D

供用状態Dにおいて管の内面に受ける圧力は、次の値を超えてはならない。

(設計・建設規格 PPB-3561)

$$P_{ad} = 2 \cdot P$$

(3) 評価

t 、 t_{op} 又は t_t のいずれか大きい方の値を t_r とする。

管の最小厚さ (t_s) \geq 管に必要な厚さ (t_r) であり、かつ、供用状態Cの許容圧力 (P_{ac}) \geq 供用状態Cの最高圧力 (P_c) 及び供用状態Dの許容圧力 (P_{ad}) \geq 供用状態Dの最高圧力 (P_d) 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(a)、(b)及び(c)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

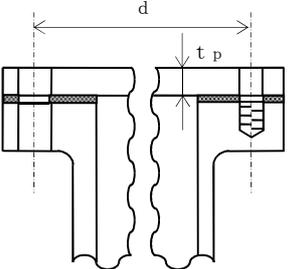
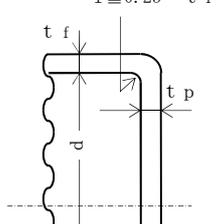
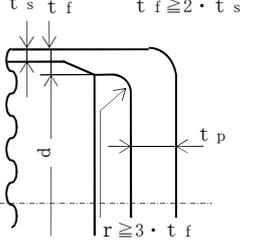
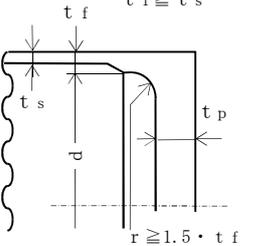
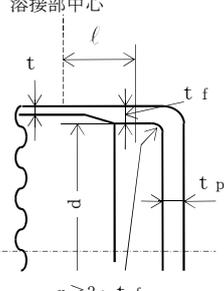
平板の強度計算は、設計・建設規格 PPB-3413及び設計・建設規格 PPB-3422(3)を適用する。

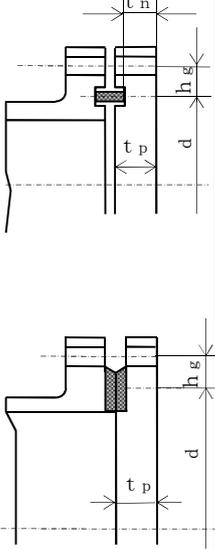
(1) 記号の説明

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 _b	A _b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm ²
A _m	A _m	ボルトの総有効断面積	mm ²
A _{m1}	A _{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm ²
A _{m2}	A _{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm ²
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b _o	b _o	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	設計・建設規格の表 PPB-3413-1 に規定する方法によって測った平板の径又は最小内径	mm
d _b	d _b	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
	d _h	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 _s	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 _P	H _P	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 _g	h _g	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 _r / t _s	—
m	m _g	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	—
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
r	r	すみの丸みの内半径	mm

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
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
σ_a	S _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
σ_b	S _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
t	t	平板の計算上必要な厚さ	mm
t _f , t	t _f	平板のフランジ部の厚さ	mm
t _n	t _n	ガスケット溝を考慮した平板の厚さ	mm
t	t _p	平板の最小厚さ	mm
	t _{p.o}	平板の呼び厚さ	mm
t _s	t _s	管の最小厚さ	mm
t _r	t _r	継目のない管の計算上必要な厚さ	mm
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W _g	W _g	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W _{m1}	W _{m1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W _{m2}	W _{m2}	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W ₀	W ₀	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 ²
π	π	円周率	—
	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	J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。	—
	平板の取付け方法	平板の取付け方法で設計・建設規格 PPB-3413 の表 PPB-3413-1 による。	—
(a)~(g)	1A~1G	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
(a)		無し
(b)		$d \leq 600\text{mm}$, $d/20 \leq t_p < d/4$ かつ, $r \geq 0.25 \cdot t_f$ であること。
(c)		$t_f \geq 2 \cdot t_s$ かつ, $r \geq 3 \cdot t_f$ であること。
(d)		$t_f \geq t_s$ かつ, $r \geq 1.5 \cdot t_f$ であること。
(e)		$r \geq 3 \cdot t_f$ であること。

	取付け方法	形状の制限
(f)		無し
(g)	その他の場合	無し

(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 _r / t _s
(e)	0.17* ¹ , 0.10
(f)	0.20 + $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ ただし、t _n の厚さの場合は $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g^{*2}}{W \cdot d}$
(g)	0.50

注記 *1: 取付け方法 (e) の場合

K=0.17 とする。ただし、t_fからt_s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 $2 \cdot \sqrt{d \cdot t_s}$ 以上の長さにならなければならない

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

*2: 取付け方法 (f) の場合のF, h_g, W及びd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 ≤ 6.35 mm の場合

b = b_o

G = G_s - N

b_o > 6.35 mm の場合

b = 2.52 · √b_o

G = G_s - 2 · 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asket縮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

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

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

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

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

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

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

(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 PPB-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(f)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

取付け方法は、設計・建設規格 PPB-3413の表PPB-3413-1の条件を満足するものとする。

2.4 鏡板の強度計算

鏡板の強度計算は、設計・建設規格 PPB-3415.2 及び設計・建設規格 PPB-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 _o	D _o	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 _{o,c}	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 _K	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 PPB-3415.2(2)f. の表 PPB-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
R	R _D	さら形鏡板の中央部の外半径又は全半球形鏡板の外半径 $R_D = R + (\text{最小厚さ})$	mm
R	R _R	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

設計・建設規格の記号	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_m	最高使用温度における材料の設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 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_c	鏡板の最小厚さ	mm
	t_{c0}	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 PPB-3415.2(1)a.により以下とする。

$$D_{oc} \geq R$$

$$r \geq 3 \cdot t_{co}$$

$$r \geq 0.06 \cdot D_{oc}$$

$$r \geq 50\text{mm}$$

設計・建設規格 PPB-3415.2(2)a.の式PPB-1.10又は設計・建設規格 PPB-3415.2(2)b.の式PPB-1.12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 PPB-3415.2(2)c.の式PPB-1.13又は設計・建設規格 PPB-3415.2(2)d.の式PPB-1.14より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

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

(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 PPB-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 PPB-3415.2(2)e.の式PPB-1.15又は設計・建設規格 PPB-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 PPB-3411により求めた値

(a) 内面に圧力を受ける管 …………… (D)

(b) 外面に圧力を受ける管 …………… (D')

(c) 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ ……………(D'')

(a), (b)又は(c)のいずれか大きい方の値とする。

(3) 評価

鏡板の最小厚さ (t_c) ≥ 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 PPB-3415.1（設計・建設規格 PVC-3124.2 準用）及び設計・建設規格 PPB-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
	$D_{o\ell}$	大径端側の外径	mm
K	K	設計・建設規格 PPB-3415.1(3) の図 PPB-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
	S_m	最高使用温度における材料の設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 による。	MPa

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
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	—
θ	θ	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 PPB-3415.1(1)a. の式PPB-1.6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 PPB-3415.1(1)b. の式PPB-1.7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 PPB-3415.1(3) の式PPB-1.9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 PPB-3415.1(3)の図PPB-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 PPB-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, $D_o = D_{o\ell}$, 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, $D_o = D_{o\ell}$, 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, $D_o = D_{o\ell}$, $t_s = t_{s\ell}$, 長さは $(D_{o\ell} - 2 \cdot t_{s\ell})$ 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, $D_o = D_{o\ell}$, $t_s = t_{s\ell}$, 長さは $(D_{o\ell} - 2 \cdot t_{s\ell})$ 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 θ 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

2.6.1 管の穴と補強計算（告示第501号）

管の穴と補強計算は、告示第501号第52条（第31条第2項、第5項及び第6項準用）を適用する。

告示第501号に関して記載の内容は、全て直管又は曲げ管の場合のみに限る。

(1) 記号の説明

	告示第501号の記号	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 告示第501号 別図第1～第8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 _o	D _{or}	主管の外径	mm
	d	d	断面に現われる穴の径	mm
	d	d _{fr}	補強を要しない穴の最大径	mm
	K	K	穴の補強計算の係数 $\left(= \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r} \right)$	—
		Q _r	主管の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S _r	最高使用温度における主管の材料の許容引張応力 告示第501号 別表第4又は別表第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, t _{sr}	t _{rr}	主管の計算上必要な厚さ	mm
η	η	継手の効率 穴が管の長手継手を通る場合 告示第501号第52条（第31条第3項第1号準用）に規定する効率 その他の場合は1.00とする。	—	

	告示第501号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
直管又は曲げ管の記号	A	A ₀	穴の補強に有効な面積の総和	mm ²
		A ₁	穴の補強に有効な主管部の面積	mm ²
		A ₂	穴の補強に有効な管台部の面積	mm ²
		A ₃	穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm ²
		A ₄	穴の補強に有効な強め材部の面積	mm ²
	A _r	A _r	穴の補強に必要な面積	mm ²
		A _{rD}	大穴の補強に必要な面積	mm ²
		A _{0D}	大穴の補強に有効な面積の総和	mm ²
		A _{1D}	大穴の補強に有効な主管部の面積	mm ²
		A _{2D}	大穴の補強に有効な管台部の面積	mm ²
	A _s	A _{3D}	大穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm ²
		A _{4D}	大穴の補強に有効な強め材部の面積	mm ²
		A _{s r}	2つの穴の間の主管の必要な断面積	mm ²
		A _{s o}	2つの穴の間の主管の断面積	mm ²
		A _{r i}	2つの穴の補強に必要な面積	mm ²
		A _{o i}	2つの穴の間にある補強に有効な面積	mm ²
		A _{r s}	隣接する穴の補強に必要な面積	mm ²
		A _{2 s}	隣接する穴の補強に有効な管台部の面積	mm ²
		A _{3 s}	隣接する穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm ²
		A _{4 s}	隣接する穴の補強に有効な強め材部の面積	mm ²
	D _i	D _{i b}	管台の内径	mm
		D _{i r}	主管の内径	mm
		D _{o b}	管台の外径	mm
		D _{o e}	強め材の外径	mm
	d	d _D	断面に現われる隣接する穴の径	mm
		d _{f r D}	大穴の補強を要しない限界径	mm
		d _{r 1}	補強を要しない穴の最大径	mm
d _{r 2}		補強を要しない穴の最大径	mm	
F	F	告示第501号第52条(第31条第6項第1号ロ(イ)準用)により求められる係数	—	
	F ₁	すみ肉溶接のせん断応力係数	—	
	F ₂	突合せ溶接の引張応力係数	—	
	F ₃	突合せ溶接のせん断応力係数	—	

		告示第501号の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
直管又は曲げ管の記号	ℓ	L		2つの穴の径の平均値の3分の4倍の値	mm	
		L _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	mm	
		L _{AD}		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 _N		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 _{ND}		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 _s		2つの穴の中心間の距離	mm	
		L ₁		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 ₂		強め材のすみ肉部の脚長	mm	
		P	P		最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力	MPa
			Q _b		管台の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S _b		最高使用温度における管台の材料の許容引張応力 告示第501号 別表第4又は別表第5による。	MPa	
		S _e		最高使用温度における強め材の材料の許容引張応力 告示第501号 別表第4又は別表第5による。	MPa	
	S	S _{w1}		すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa	
		S _{w2}		突合せ溶接の許容引張応力	MPa	
		S _{w3}		突合せ溶接の許容せん断応力	MPa	
	t _n	t _b		管台の最小厚さ	mm	
		t _{bn}		管台の公称厚さ	mm	
		t _{br}		管台の計算上必要な厚さ	mm	
	t	t _e		強め材の最小厚さ	mm	
		W		溶接部の負うべき荷重	N	
W _{e1}			管台取付部すみ肉溶接部の許容せん断力	N		
W _{e2}			管台取付部突合せ溶接部の許容せん断力	N		

	告示第501号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
直管又は曲げ管の記号	θ	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
		α	分岐管の中心線と主管の中心線との交角	°
		π	円周率	—
		形式	管台の取付け形式	—

(2) 計算手順及び算式

a. 穴の形状

管に設ける穴は、告示第501号第52条（第31条第5項第1号準用）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2-3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。

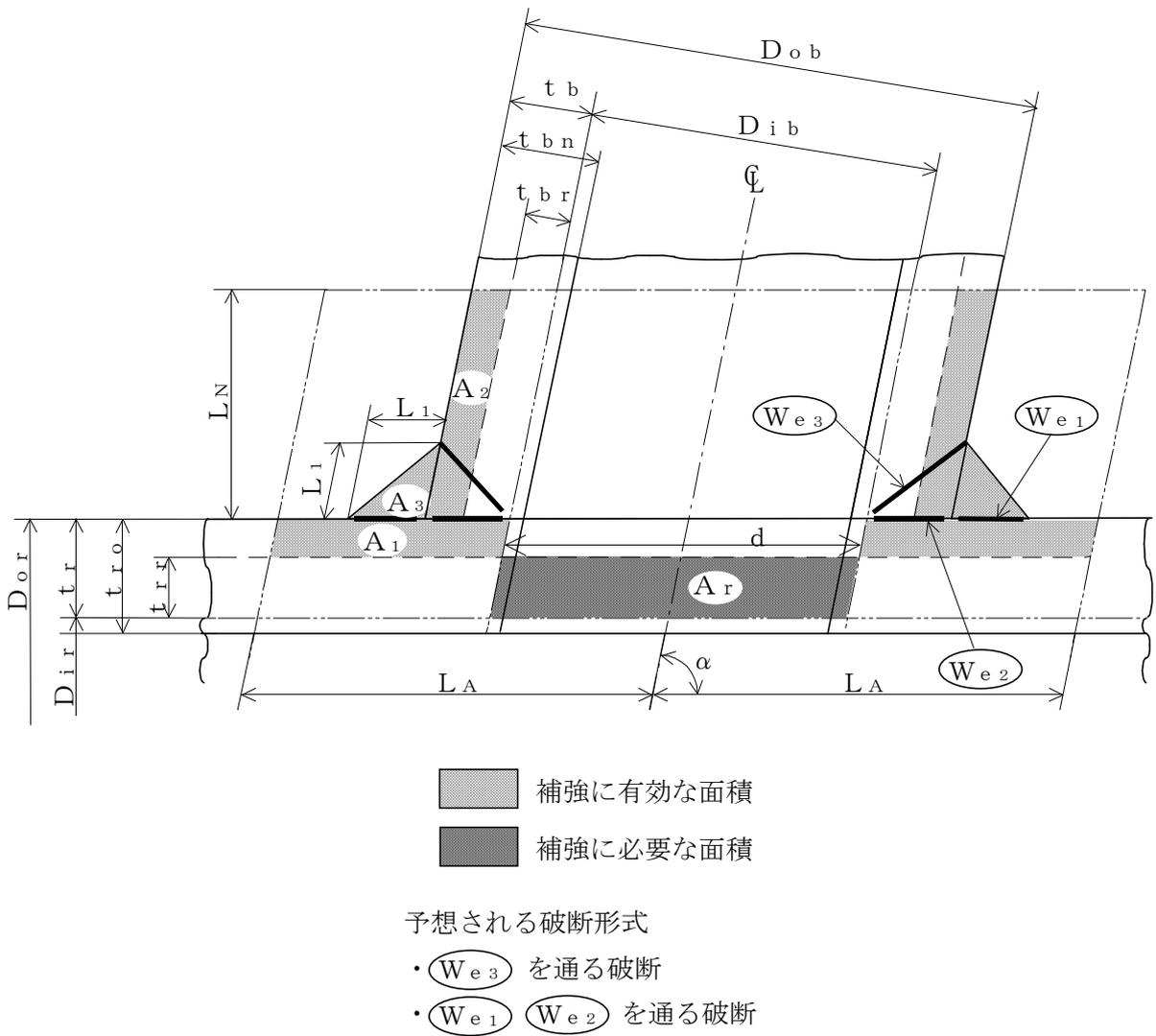
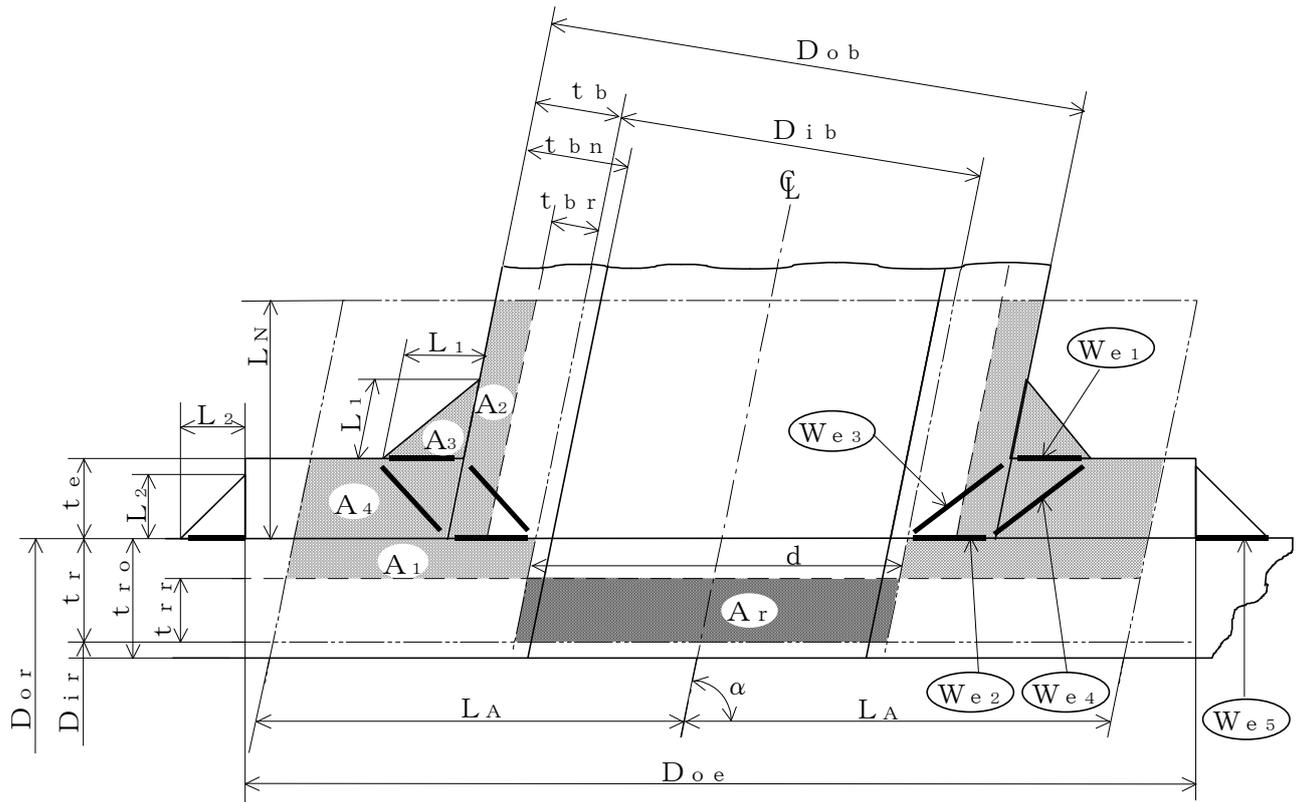


図 2-1 A 形（強め材のない場合）

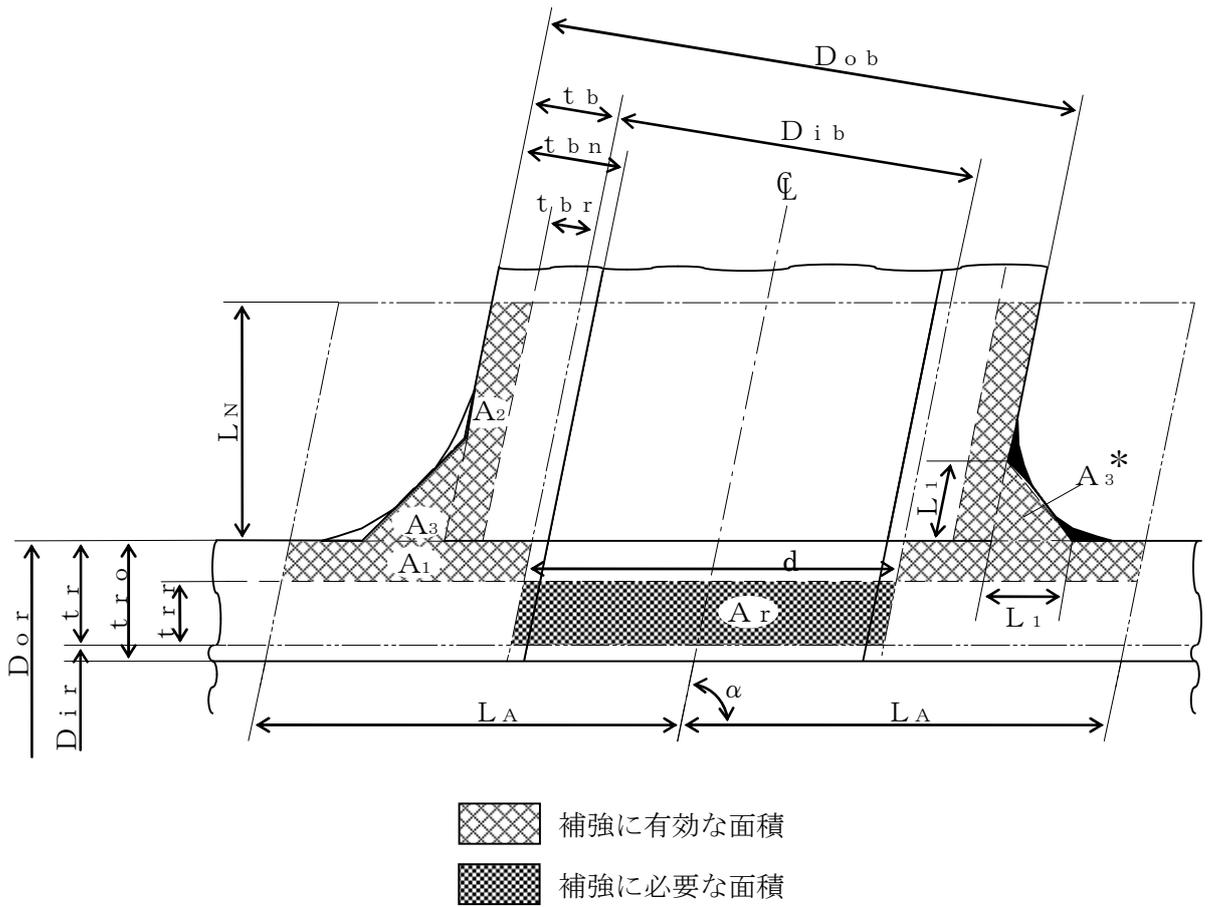


補強に有効な面積
 補強に必要な面積

予想される破断形式

- (We₁) (We₃) を通る破断
- (We₂) (We₄) を通る破断
- (We₂) (We₅) を通る破断

図 2-2 B 形 (強め材のある場合)



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 2-3 C 形（一体形で強め材のない場合）

c. 穴の補強の要否

穴の補強の要否は、告示第501号第52条（第31条第5項第2号イ，ロ準用）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. 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. 管に設ける穴であって、イ項に掲げるものを除き、穴の径が200mm以下で、かつ、告示第501号第52条（第31条第5項第2号ロ準用）により求めた値以下の穴（ d_{r2} ）

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

ただし、 K の値は次の算式による。

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

ただし、 $K > 0.99$ の場合は $K = 0.99$ とする。

(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) ならば、穴の補強計算及び溶接部の強度計算は必要ない。

必要な場合は、 d 項以降による。

d. 穴の補強に有効な範囲

穴の補強に有効な範囲は、告示第501号第52条（第31条第6項第1号イ準用）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

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

(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

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

e. 主管の厚さの計算

主管の計算上必要な厚さ (t_{rr}) は、告示第501号第52条（第31条第2項第2号イ並びにハ準用）を適用する。

$$t_{rr} = \frac{P \cdot D_{ir}}{2 \cdot S_r \cdot \eta - 1.2 \cdot P} \quad \dots\dots\dots \text{(内圧)}$$

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

f. 管台の厚さの計算

管台の計算上必要な厚さ (t_{br}) は、告示第501号第52条（第31条第6項第1号ロ（ロ）準用）を適用する。

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

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

g. 穴の補強計算

穴の補強計算は、告示第501号第52条（第31条第6項準用）を適用する。

(a) 算式

イ. 補強に必要な面積

補強に必要な面積は、告示第501号第52条（第31条第6項第1号ハ準用）を適用する。

$$A_r = d \cdot t_{rr} \cdot F$$

ロ. 補強に有効な面積

補強に有効な面積は、告示第501号第52条（第31条第6項第1号ロ，第4号及び第5号準用）を適用する。

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

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

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

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

(強め材が有効範囲 L_A 内にある場合)

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

(強め材が有効範囲 L_A の外までである場合)

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

(b) 評価

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

h. 大穴の補強の要否

大穴の補強の要否は、告示第501号第52条（第31条第6項第3号準用）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1500 mm以下の場合

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

ただし、500 mmを超える場合500 mmとする。

ロ. D_{ir} が1500 mmを超える場合

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

ただし、1000 mmを超える場合1000 mmとする。

(b) 評価

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

必要な場合は、i項以降による。

i. 大穴の補強に有効な範囲

大穴の補強に有効な範囲は、告示第501号第52条（第31条第6項第1号イ準用）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2-4～図2-6に大穴の補強における管台の取付け形式を示す。

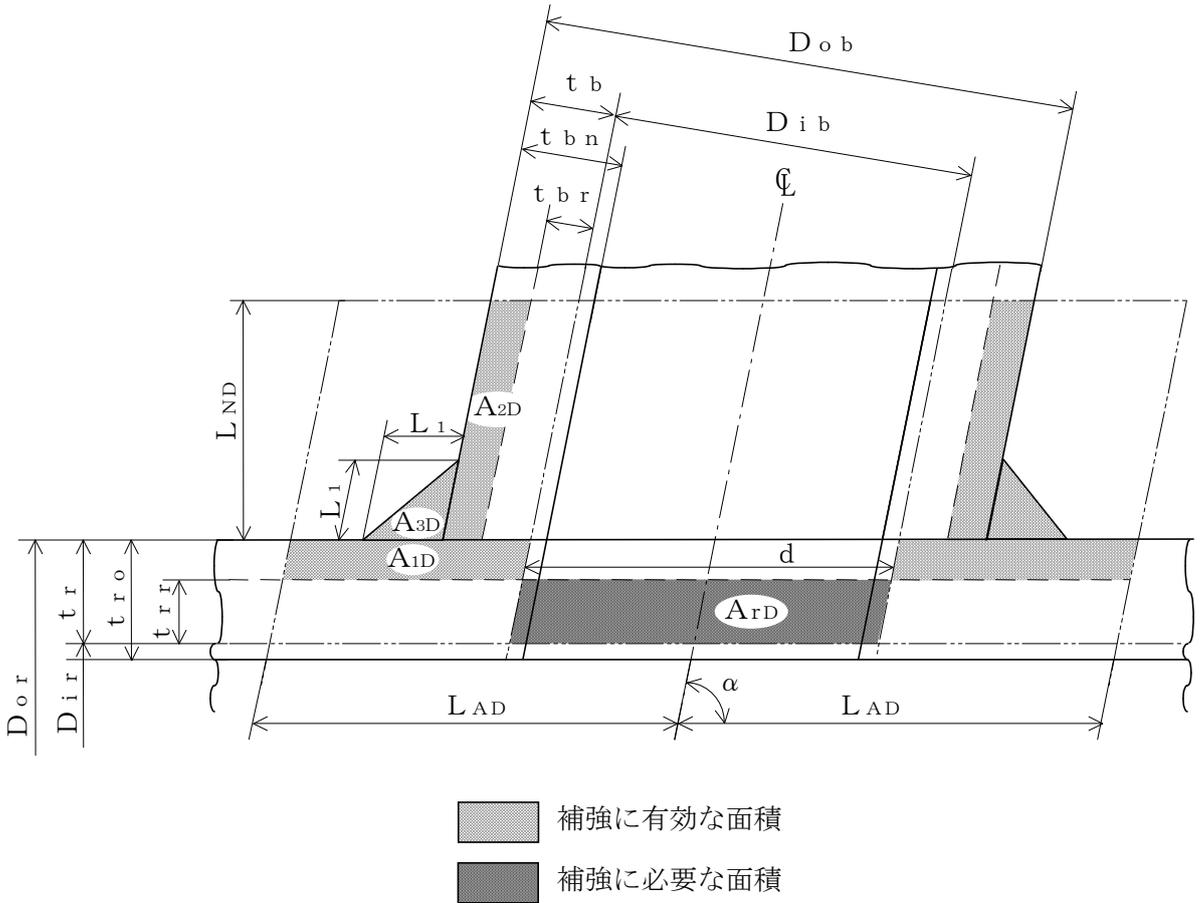


図 2-4 A 形（強め材のない場合）

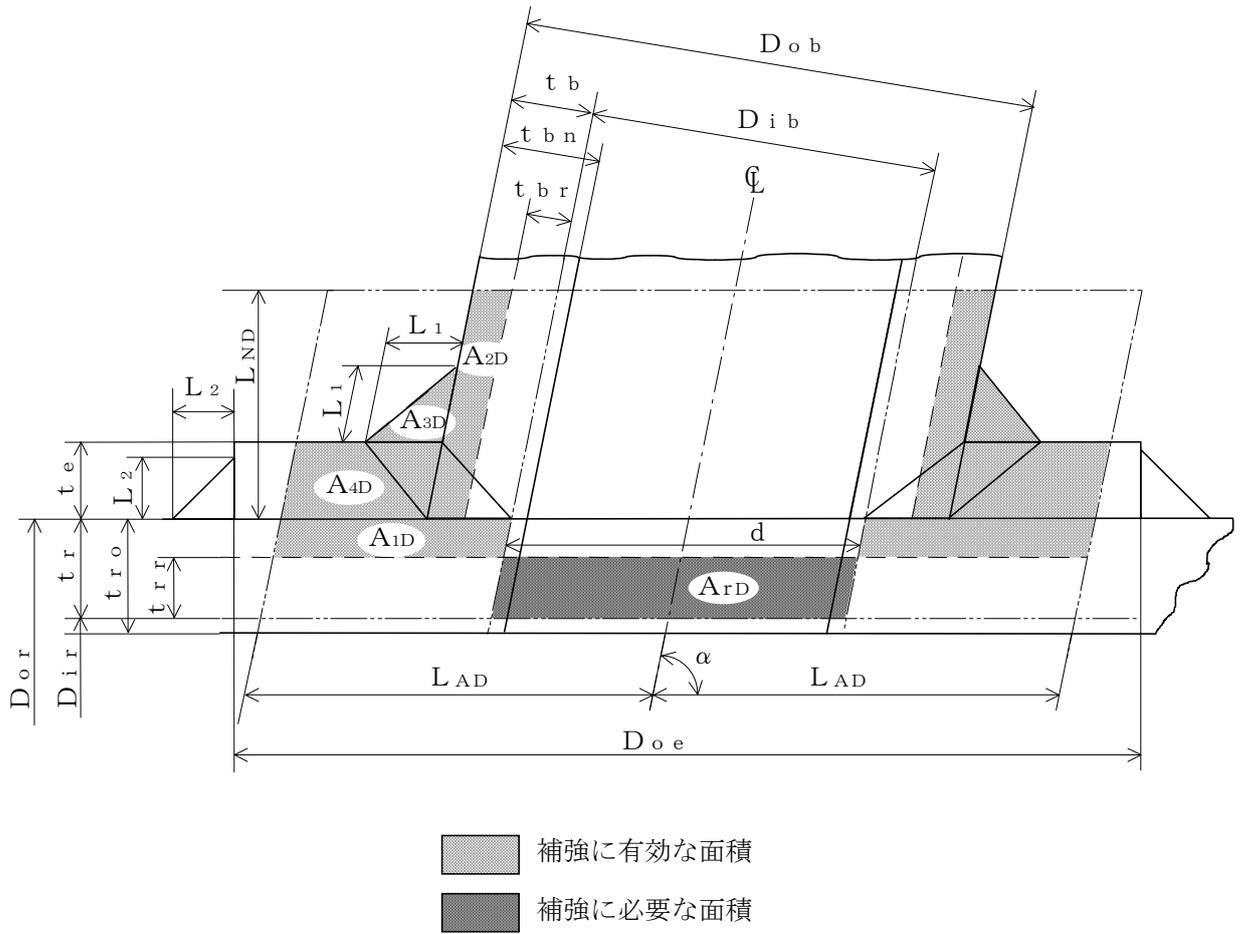
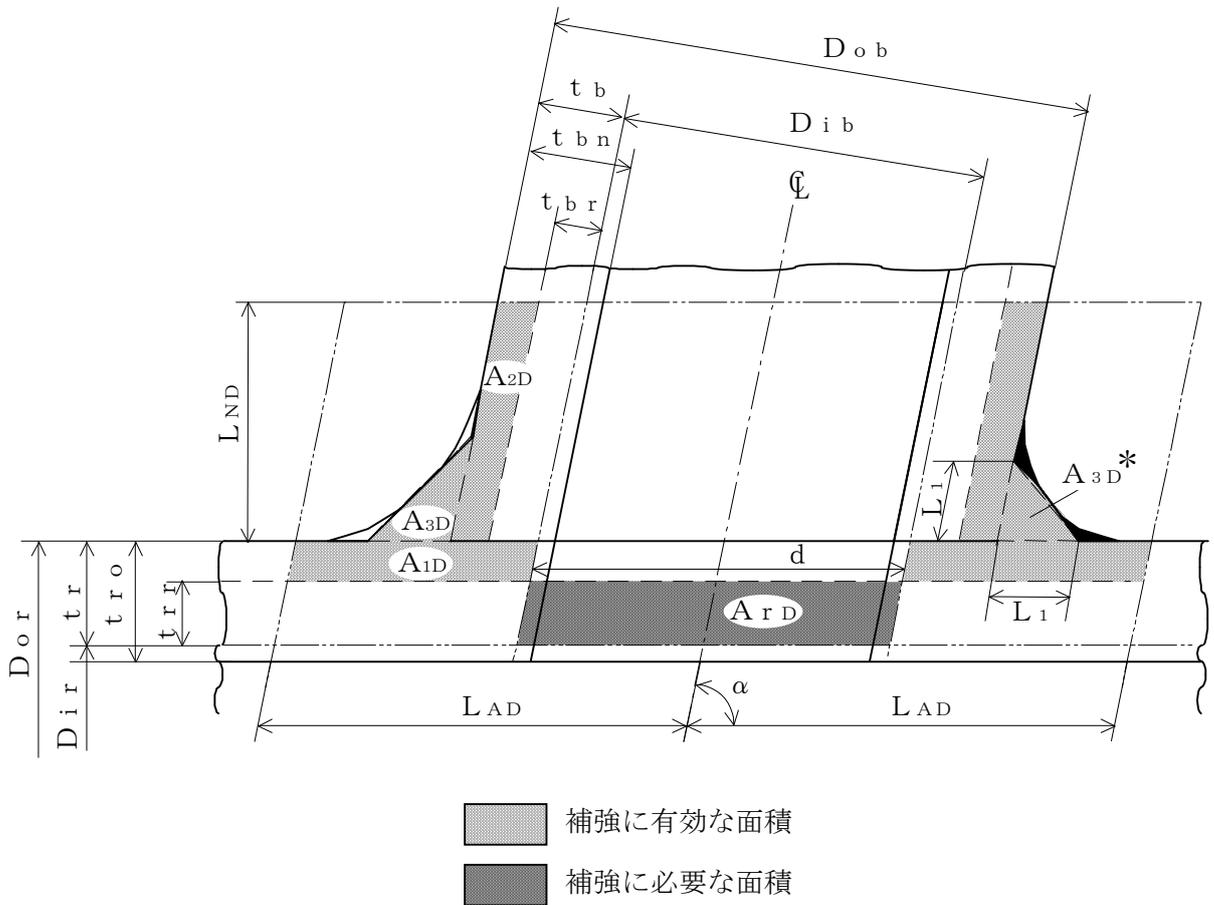


図 2-5 B形 (強め材のある場合)



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 2-6 C 形（一体形で強め材のない場合）

- (b) 穴の中心線に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

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

- (c) 主管の面に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

$$L_{ND} = L_N$$

- j. 大穴の補強計算

大穴の補強計算は、告示第501号第52条（第31条第6項第3号準用）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

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

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} 内にある場合)

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

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} の外までである場合)

$$A_{3D} = A_3$$

(すみ肉部の脚長が有効範囲 L_{AD} 内にある場合)

$$A_{3D} = 0$$

(すみ肉部の脚長が有効範囲 L_{AD} の外までである場合)

$$A_{4D} = A_4$$

(強め材が有効範囲 L_{AD} 内にある場合)

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

(強め材が有効範囲 L_{AD} の外までである場合)

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

- (b) 評価

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

k. 2つ穴の補強計算

2つ以上の穴の補強に有効な範囲が重なり合う場合の補強計算は、告示第501号第52条（第31条第6項第2号準用）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3分の4倍の値

$$L = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{d + d_D}{2} \right)$$

(c) 算式

イ. 2つの穴の補強に必要な面積

$$A_{ri} = A_r + A_{rs}$$

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

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

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 (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3分の4倍 (L)

ニ. それぞれの穴に共通な強め材の断面積 (A_4) \geq 2つの穴の補強に必要な面積 (A_{ri})

1. 溶接部の強度計算

溶接部の強度計算は、告示第501号第52条（第31条第6項第6号，第7号準用）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

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

ロ. 溶接部の許容応力

$$S_{w1} = S_r \cdot F_1$$

$$S_{w2} = S_r \cdot F_2$$

$$S_{w3} = S_r \cdot F_3$$

ハ. 溶接部の破断強さ

$$W_{e1} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} + t_b \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot L_1 \cdot S_{w1}$$

$$W_{e2} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{w3} \cdot \operatorname{cosec} \alpha / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{w3} \cdot \operatorname{cosec} \alpha / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} + t_b \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot t_e \cdot S_{w2}$$

$$W_{e5} = \pi \cdot D_{oe} \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2$$

ニ. 予想される破断箇所の強さ

(イ) A形の管台形式の場合

$$W_{e b p 1} = \textcircled{W_{e 3}} \quad \text{を通る強さ} = W_{e 3}$$

$$W_{e b p 2} = \textcircled{W_{e 1}} + \textcircled{W_{e 2}} \quad \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 2}$$

(ロ) B形の管台形式の場合

$$W_{e b p 1} = \textcircled{W_{e 1}} + \textcircled{W_{e 3}} \quad \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 3}$$

$$W_{e b p 2} = \textcircled{W_{e 2}} + \textcircled{W_{e 4}} \quad \text{を通る強さ} = W_{e 2} + W_{e 4}$$

$$W_{e b p 3} = \textcircled{W_{e 2}} + \textcircled{W_{e 5}} \quad \text{を通る強さ} = W_{e 2} + W_{e 5}$$

(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 ($W_{e b p 1}$, $W_{e b p 2}$, $W_{e b p 3}$) 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,

$\frac{S_b}{S_r}$, $\frac{S_b}{S}$ 又は $\frac{S_e}{S_r}$ 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。

2.6.2 管の穴と補強計算（設計・建設規格）

管の穴と補強計算は、設計・建設規格 PPB-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
	A	図 2-8 に示す。	mm
	A ₀	有効範囲 L _A 内にある穴の補強に有効な面積の総和	mm ²
	A _{0D}	有効範囲 L _{AD} 内にある穴の補強に有効な面積の総和	mm ²
	A ₁	管台の厚さのうち管台の必要厚さ t _{br} を除いた部分で有効範囲 L _A 及び L _N 内にある面積	mm ²
	A _{1D}	図 2-9 に示す。	mm ²
	A ₃	主管の厚さのうち主管の必要厚さ t _{rr} を除いた部分で有効範囲 L _A 内にある面積	mm ²
	A _{D1}	管台の厚さのうち管台の必要厚さ t _{br} を除いた部分で有効範囲 L _{AD} 及び L _N 内にある面積	mm ²
	A _{D3}	主管の厚さのうち主管の必要厚さ t _{rr} を除いた部分で有効範囲 L _{AD} 内にある面積	mm ²
A _r	A _{R2}	図 2-9 に示す。	mm ²
	A _r	穴の補強に必要な面積	mm ²
	A _{r23}	穴の補強に必要な面積の 3 分の 2	mm ²
	B	図 2-8 に示す。	mm
	B _{XX}	設計応力強さによる補正係数	—
d _o	D _{ir}	主管の内径	mm
	D _{ob}	分岐管の外径	mm
	D _{or}	主管の外径	mm
d	d	断面に現われる穴の径	mm
		平板の径又は最小内のり	
d ₁ , d ₂	d ₁ , d ₂	隣接する 2 つの穴の各々の直径	mm
	d _{fr}	補強を要しない穴の最大径	mm
K	K	平板の取付け方法による係数	—
	L ₁	主管表面より垂直に測った管台肩口までの距離	mm
	L ₂	主管表面より垂直に測った分岐管から管台移行部までの距離	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	L_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	mm
p	L_{AD}	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
p	L_N	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
	Q_b	管台の厚さの負の許容差	%, mm
	Q_{bD}	分岐管の厚さの負の許容差	%, mm
	Q_r	主管の厚さの負の許容差	%, mm
R	R	主管の平均半径 ($= \frac{D_{or} - t_r}{2}$)	mm
r	r	穴の半径 ($= \frac{d}{2}$)	mm
r_1	r_1	管台の内側のすみの丸みの半径	mm
r_2	r_2	管台と主管との移行部の半径	mm
r_3	r_3	管台と分岐管との移行部の半径	mm
r_i	r_{ib}	管台の内半径	mm
r_m	r_m	管台の平均半径 ($= r_{ib} + \frac{t_b}{2}$)	mm
	r_p	管台の外半径	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 による。	MPa
	S_{mb}	管台の材料の最高使用温度における設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 による。	MPa
	S_{mr}	主管の材料の最高使用温度における設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 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	t_b	管台の最小厚さ	mm
T_s	t_r	主管の最小厚さ	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t_p	t_{bD}	分岐管の最小厚さ	mm
	t_{bDo}	分岐管の公称厚さ	mm
t_n	t_{bn}	$t_{bD} + 0.667 \cdot y$ (図 2-5) , t_b (図 2-6) *	mm
	t_{bo}	管台の公称厚さ	mm
	t_{br}	管台の計算上必要な厚さ	mm
t_{r3}	t_{ro}	主管の公称厚さ	mm
	t_{rr}	主管の計算上必要な厚さ	mm
x	y	傾斜面の食違い	mm
θ	α	分岐管の中心線と主管の中心線との交角 ただし, $60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	°
θ	θ	傾斜面の傾き角	°
	θ_1	傾斜面の分岐管との傾き角	°
	θ_2	傾斜面の主管との傾き角	°
	π	円周率	—
	形式	管台の形状 設計・建設規格 PPB-3424(1)a. の図 PPB-3424-1(1)~(6)に対応する番号を示す。	—

注記 * : 図 2-5 及び図 2-6 中に記載のない記号については, 図 2-7 及び図 2-8 を参照

(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 PPB-3421により円形又はだ円形であること。

b. 管台の形状

管台の形状は、設計・建設規格 PPB-3424(1)a. に示す図2-1～図2-6のいずれかとする。

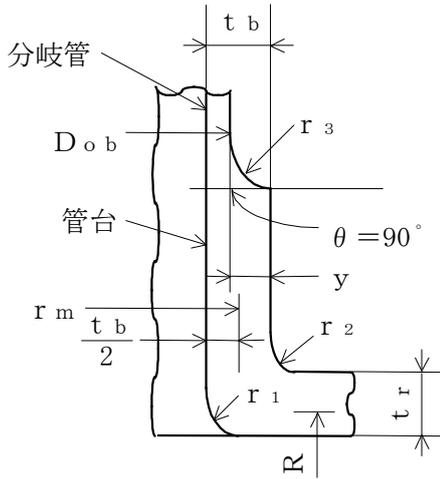


図 2-1

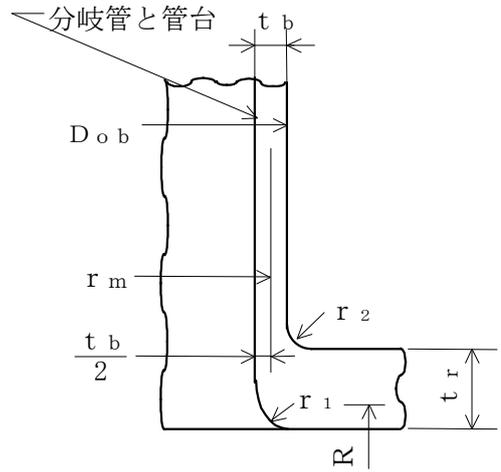


図 2-2

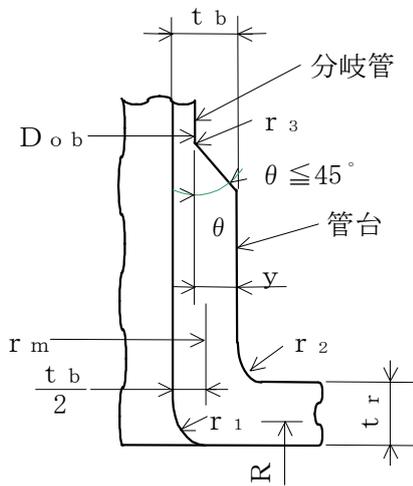


図 2-3

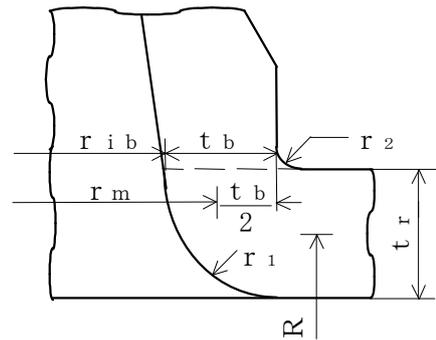


図 2-4

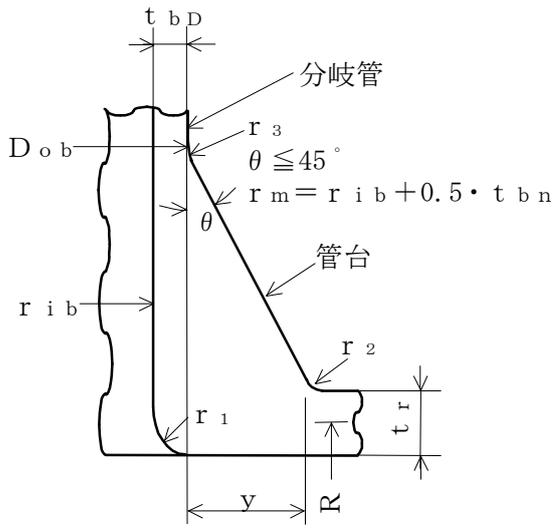


図 2-5

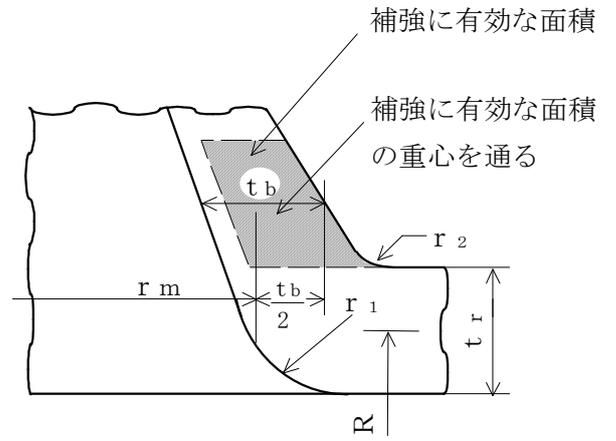


図 2-6

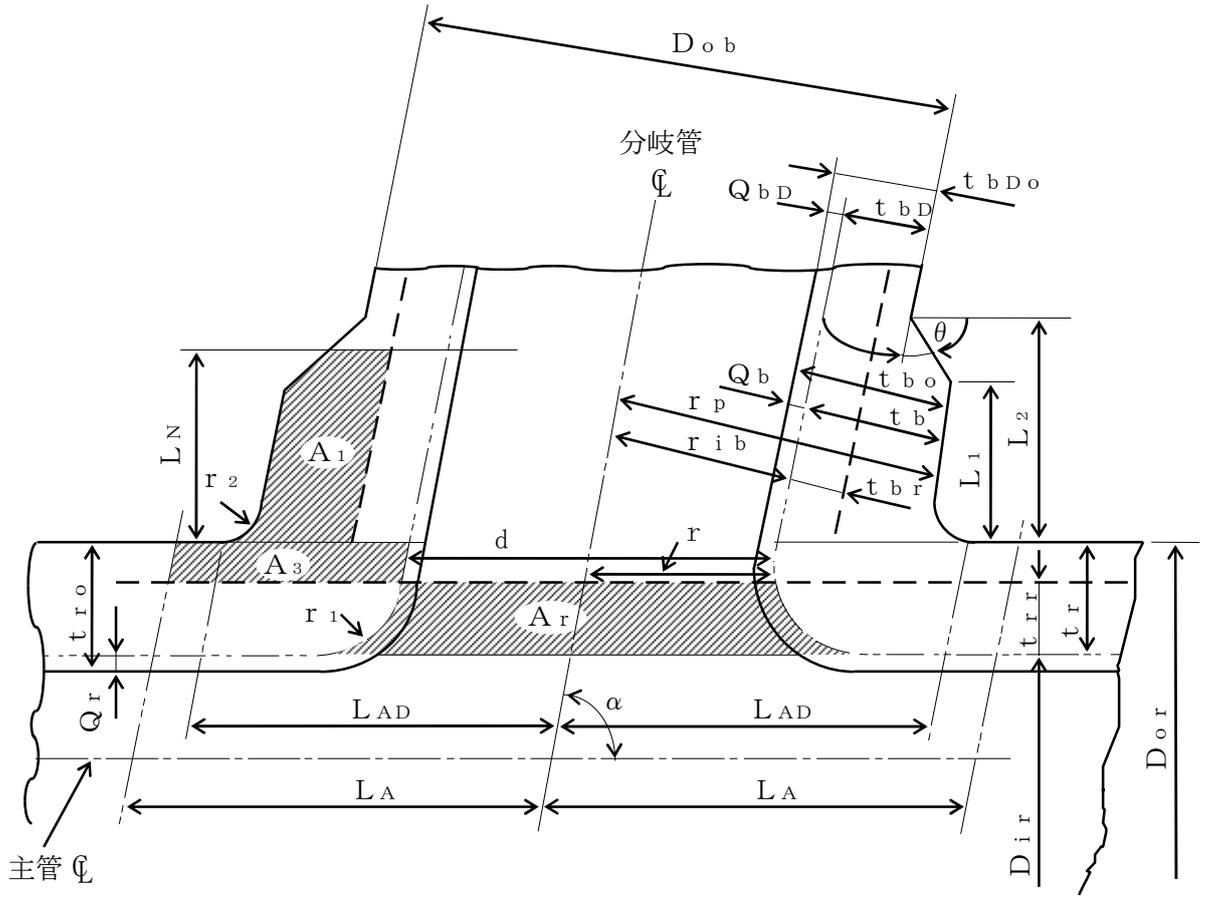
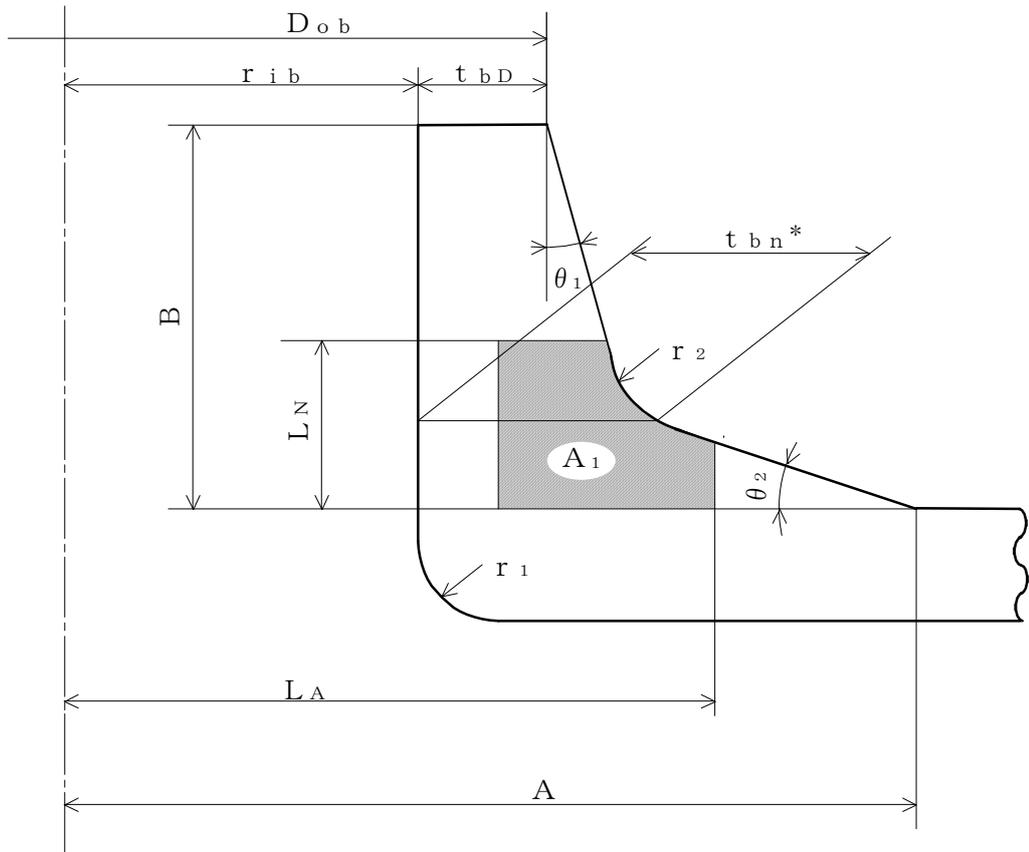


图 2-7



注記* : t_{bn} は補強面積 A_1 の重心点を通る管台肉厚

図 2-8

c. 穴の補強の要否

穴の補強の要否は、設計・建設規格 PPB-3422を適用する。

(a) 算式

イ. 平板以外の管に設ける円形の穴であって、次に適合する場合は、穴の補強は不要である。

(イ) 穴の直径が $0.2 \cdot \sqrt{R \cdot t_r}$ 以下であること。

(ロ) 直径が $2.5 \cdot \sqrt{R \cdot t_r}$ の管内面に沿った円の中に2つ以上の穴がある場合において、それらの穴の直径の総和が $0.25 \cdot \sqrt{R \cdot t_r}$ 以下であること。

この場合において、それぞれの穴の中心間の管内面に沿った弧の長さは、 $1.5 \cdot (d_1 + d_2)$ 以上であること。

(ハ) 隣接する2つの穴の中心間の主管内面に沿った弧の長さが、 $1.5 \cdot (d_1 + d_2)$ 又は $2.5 \cdot \sqrt{R \cdot t_r} + 0.5 \cdot (d_1 + d_2)$ のいずれか大きい方の値以上であること。ただし、(ロ)の規定に適合する場合は、この限りではない。

(ニ) 穴の端と当該穴が存在する部分以外の局部応力発生箇所との距離は、 $2.5 \cdot \sqrt{R \cdot t_r}$ 以上離れていること。

ロ. 平板に穴を設ける場合であって、平板の厚さが次の式により計算した値以上である場合は、穴の補強は不要である。

(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 PPB-3413 の表 PPB-3413-1 中(f)の場合を除き、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

不要な場合は、穴の補強計算は必要ない。

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 PPB-3424(1)a.及び設計・建設規格 PPB-3424(4)を適用する。

- (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

$$L_A = d$$

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

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_{AD}) は、次の値 (補強に必要な面積の3分の2に対応する補強に有効な範囲)

$$L_{AD} = r + 0.5 \cdot \sqrt{R \cdot t_r} \quad (t_b \leq 0.5 \cdot \sqrt{R \cdot t_r} \text{ の場合})$$

$$L_{AD} = r + t_b / \sin \alpha + t_r \quad (t_b > 0.5 \cdot \sqrt{R \cdot t_r} \text{ の場合})$$

- (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、次の表の左欄に掲げる区分に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる計算式より計算した値

管台の形状	計算式
図 2-1, 図 2-2, 図 2-3 及び図 2-4	$L_N = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_b} + 0.5 \cdot r_2$
図 2-5 及び図 2-6	$L_N = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{bn}}$

e. 主管の厚さの計算

主管の計算上必要な厚さ (t_{rr}) は、設計・建設規格 PPB-3411(1)を適用する。

$$t_{rr} = \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_{mr} + 0.8 \cdot P}$$

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 PPB-3411(1)を適用する。

$$t_{br} = \frac{P \cdot D_{ob}}{2 \cdot S_{mb} + 0.8 \cdot P}$$

g. 穴の補強計算

- (a) 補強に必要な面積

イ. 穴の補強に必要な面積 (A_r) は、設計・建設規格 PPB-3424(1)c. (c)を適用する。

$$A_r = d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha) + 2 \cdot \left(r_1^2 - \frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right)$$

ロ. 穴の補強に必要な面積の3分の2 (A_{r23}) は、設計・建設規格 PPB-3424(4)を適用する。

$$A_{r23} = \frac{2}{3} \cdot A_r$$

- (b) 補強に有効な面積

穴の補強に有効な面積は、設計・建設規格 PPB-3424(1)b., 設計・建設規格 PPB-3424(4), 設計・建設規格 PPB-3424(6)及び設計・建設規格 PPB-3424(7)を適用する。

イ. A_3 及び A_{D3}

$$A_3 = 2 \cdot (L_A - r) \cdot (t_r - t_{rr})$$

$$A_{D3} = 2 \cdot (L_{AD} - r) \cdot (t_r - t_{rr})$$

ロ. A_1 及び A_{D1}

$$A_1 = 2 \cdot \{A_{R2} + (A_{1D} - A_4 - A_5)\}$$

$$A_{D1} = 2 \cdot \{A_{R2} + (A_{1D} - A_4 - A_5)\}$$

ただし, A_{R2} , A_{1D} , A_4 及び A_5 は以下による。

$L_N \leq L_1$ の場合

$$A_{R2}^* = r^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$A_{1D} = (t_b - t_{br}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot L_N$$

$$A_4 = 0$$

$$A_5 = 0$$

$L_1 < L_N \leq L_2$ の場合

$$A_{R2}^* = r^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$A_{1D} = (t_b - t_{br}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot L_N$$

$$A_4 = (t_b - t_{bD}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot \frac{L_N - L_1}{L_2 - L_1} \cdot \frac{L_N - L_1}{2}$$

$$A_5 = 0$$

$L_N > L_2$ の場合

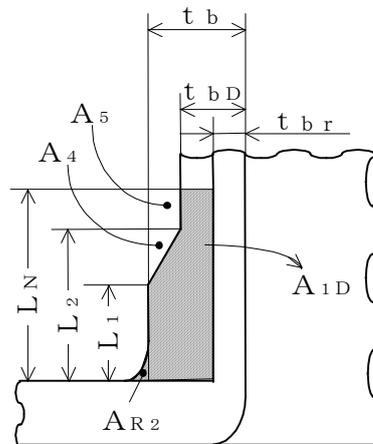
$$A_{R2}^* = r^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$A_{1D} = (t_b - t_{br}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot L_N$$

$$A_4 = (t_b - t_{bD}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot \frac{L_2 - L_1}{2}$$

$$A_5 = (t_b - t_{bD}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot (L_N - L_2)$$

注記 * : 補強に有効な範囲にない部分が生じる場合は, $A_{R2} = 0$ とする。



注 : 図中の斜線部が A_1

図 2-9

ハ、 A_0 及び A_{0D}

$$A_0 = A_3 + A_1 \cdot B_{xx}$$

$$A_{0D} = A_{D3} + A_1 \cdot B_{xx}^*$$

注記* : $A_1 \neq A_{D1}$ のときは,

$$A_{0D} = A_{D3} + A_{D1} \cdot B_{xx}$$

ただし、 B_{xx} は設計応力強さによる補正係数で、

$$B_{xx} = \frac{S_{mb}}{S_{mr}} \quad (S_{mr} > S_{mb} \text{のとき})$$

$$B_{xx} = 1 \quad (S_{mr} \leq S_{mb} \text{のとき})$$

とする。

(c) 評価

a. 穴の補強に有効な面積の総和 (A_0) > 穴の補強に必要な面積 (A_r)

b. 穴の補強に有効な面積の総和 (A_{0D}) \geq 穴の補強に必要な面積の3分の2
(A_{r23})

以上の条件が満足されるならば穴の補強は十分である。

(3) 補足

- a. 補強に有効とみなす部分のうち、 A_1 で示される部分(図2-7参照)の熱膨張係数は、主管のその0.85倍以上1.15倍以下であること。
- b. 補強に有効な部分は、2つ以上の穴に重複して有効としてはならない。
- c. 図2-8に示す管台については、図2-6に従い計算を行う。
- d. 隣接する2つの穴の中心間の距離は、これらの穴の径の平均値の1.5倍以上であり、かつ、これらの穴の間にある補強に有効な面積は、これらの穴の補強に必要な面積の50%以上であること。
- e. 補強に必要な面積の2分の1以上の補強に有効な面積は、穴の中心線の両側にあること。
- f. 本書は、 α が 90° の場合での計算例を示す。

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 PPB-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 ²
A _m	A _m	ボルトの総有効断面積	mm ²
A _{m1}	A _{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm ²
A _{m2}	A _{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm ²
B	B	フランジの内径	mm
B ₁	B ₁	B + g ₀ (f ≥ 1 のときの一体形フランジの場合) B + g ₁ (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 ₀	b ₀	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 $\left(= \frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2 \text{(一体形フランジの場合)} \right)$	mm ³
d _b	d _b	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
	d _i	穴あきボルトの内径	mm
e	e	係数 $\left(= \frac{F}{h_0} \text{(一体形フランジの場合)} \right)$	mm ⁻¹
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。)	—
f	f	ハブ応力修正係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 4 又は表 4 による。)	—
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G _s	ガスケット接触面の外径	mm
g ₀	g ₀	ハブ先端の厚さ	mm
g ₁	g ₁	フランジ背面のハブの厚さ	mm

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
H	H	内圧によってフランジに加わる全荷重	N
H _D	H _D	内圧によってフランジの内径面に加わる荷重	N
H _G , H _G	H _G	ガスケット荷重	N
H _P	H _P	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 _T	H _T	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	N
h	h	ハブの長さ	mm
h _D	h _D	ボルト穴の中心円から H _D 作用点までの半径方向の距離	mm
h _G	h _G	ボルト穴の中心円から H _G 作用点までの半径方向の距離	mm
h _o	h _o	$\sqrt{B \cdot g_o}$	mm
h _T	h _T	ボルト穴の中心円から H _T 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 _D	M _D	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 _G	M _G	ガスケット荷重によるモーメント	N・mm
M _g	M _g	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 _o	M _o	使用状態でフランジに作用するモーメント	N・mm
M _T	M _T	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 _g	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	—
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
M	M _e	フランジ部に作用するモーメント	N・mm

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
P_{FD}	P	設計圧力 応力計算に用いる設計圧力は最高使用圧力に P_{eq} を加えたものである。	MPa
P_{eq}	P_{eq}	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 $P_{eq} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G^3}$	MPa
	P_o	最高使用圧力	MPa
R	R	ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径方向の距離	mm
T	T	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
t	t	フランジの厚さ	mm
U	U	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
V	V	一体形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 8 又は表 4 による。)	—
W_g	W_g	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W_{m1}	W_{m1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W_{m2}	W_{m2}	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W_o	W_o	使用状態でのボルト荷重	N
Y	Y	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	N/mm^2
Z	Z	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
π	π	円周率	—

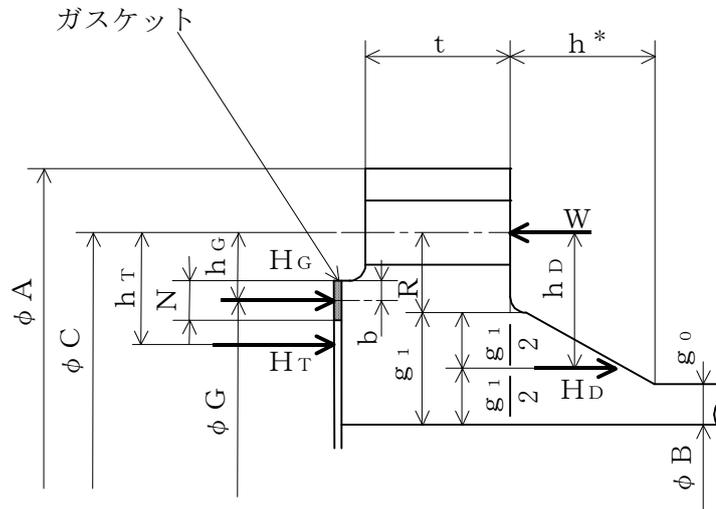
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
σ_a	σ_a	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ_b	σ_b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ_f	σ_{fa}	常温におけるフランジ材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
σ_f	σ_{fb}	最高使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
σ_H	σ_{Hg}	ガスケット締付時のハブの軸方向応力	MPa*
σ_H	σ_{Ho}	使用状態でのハブの軸方向応力	MPa*
σ_R	σ_{Rg}	ガスケット締付時のフランジの径方向応力	MPa*
σ_R	σ_{Ro}	使用状態でのフランジの径方向応力	MPa*
σ_T	σ_{Tg}	ガスケット締付時のフランジの周方向応力	MPa*
σ_T	σ_{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 * : J I S B 8 2 6 5 は「N/mm²」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。

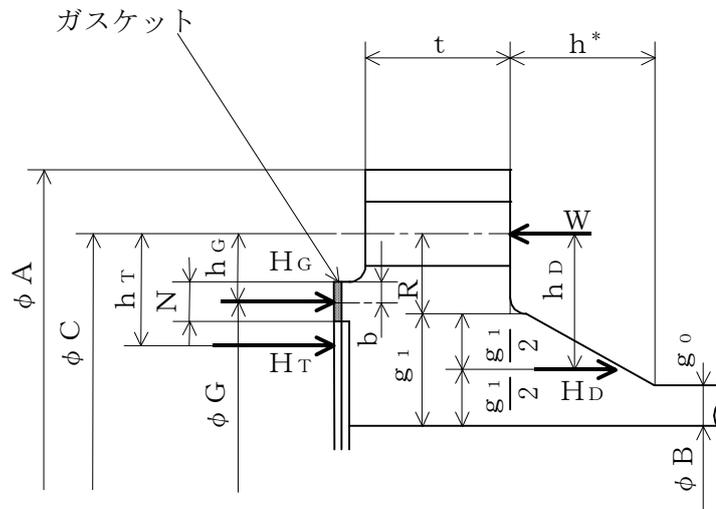
(2) フランジの形式

フランジの形式及び各部の記号は、図 2-10 及び図 2-11 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。



TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)



TYPE-2 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。

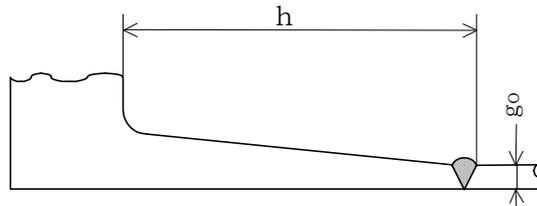
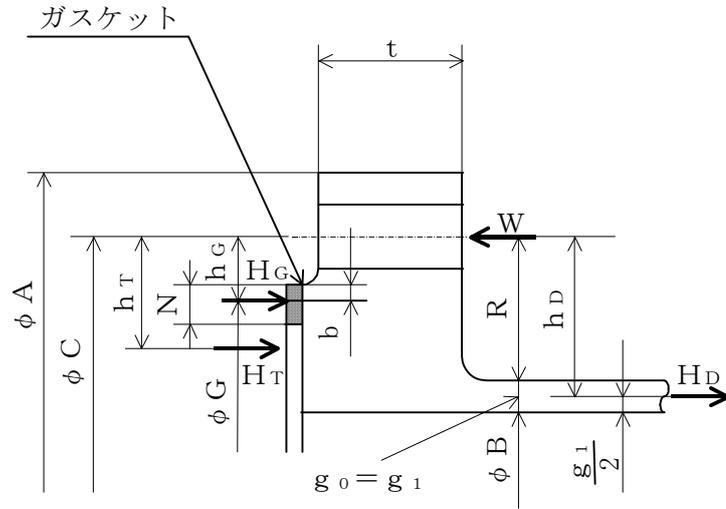


図 2-10 一体形フランジ



TYPE-3 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 6)

図 2-11 一体形フランジ

(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_o) に従い以下のように求める。

b_o ≤ 6.35mmの場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

b_o > 6.35mm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。

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. 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

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. 一体形フランジの応力

- (a) 使用状態でのフランジの応力

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

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

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

(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、

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

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

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

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

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

(3) 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 | $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |

別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領

目次

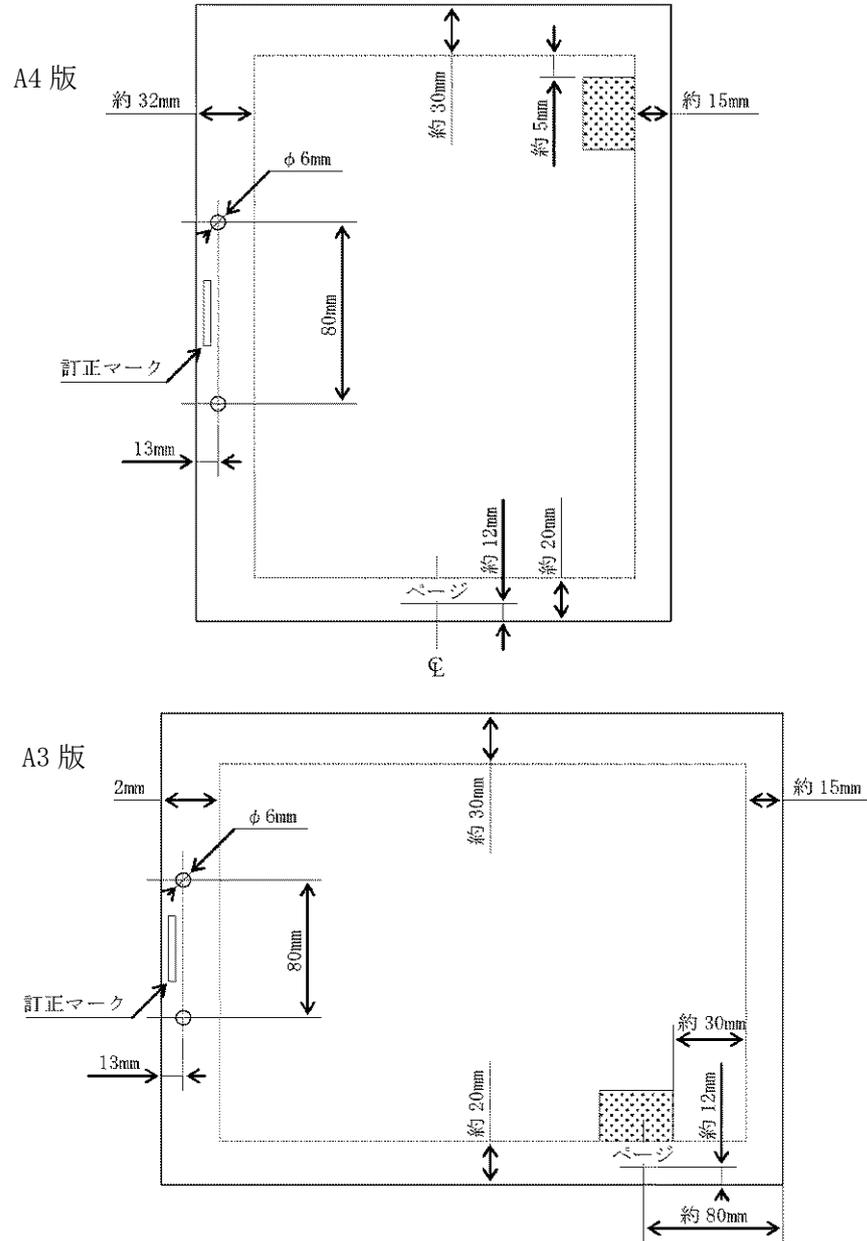
1. 適用範囲.....	別 1-1
2. 書式.....	別 1-1
3. 記載内容.....	別 1-3
4. 記載要領.....	別 1-4
4.1 配管.....	別 1-4
4.2 弁.....	別 1-13
4.3 スペシャルティ及び計装品.....	別 1-14
4.4 フランジ.....	別 1-16
4.5 機器.....	別 1-16
4.6 その他.....	別 1-17
5. 管番号及び継手番号.....	別 1-19
5.1 付番の原則.....	別 1-19
5.2 管継手部の管番号及び管継手マークの記載.....	別 1-21
5.3 管番号表示の際に注意すべき事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

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。



注 1：破線内は記載範囲である。

注 2：網掛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。

注 4：訂正マークの記載は任意とする。

(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"> ・ 工事計画記載範囲の S A 範囲の配管 	太い実線 (———)	0.8~1.0mm
<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該申請回の機器*1, 弁, スペシャルティ, レジューサ, キャップ, フランジ, 平板, 伸縮継手 ・ 建屋区分 ・ 既認可図書を呼び出す配管 	細い実線 (———)	0.3~0.5mm
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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, スペシャルティ, レジューサ, キャップ, フランジ, 平板, 伸縮継手 ・ 工事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 ・ 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*2 ・ S A 範囲外の主配管 	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: $\phi 61\text{mm}$ 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	・ 工事計画書記載範囲
2	分岐合流	・ 配管計装線図（以下「P&ID」という。）及び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） ○○ポンプ（C001A） → ○○ポンプ（A）
4	主要弁	・ 弁番号及び駆動方式（M0, A0）は、工事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、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，工事計画書に記載されている管継手により分岐されている場合は，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，原子炉圧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。

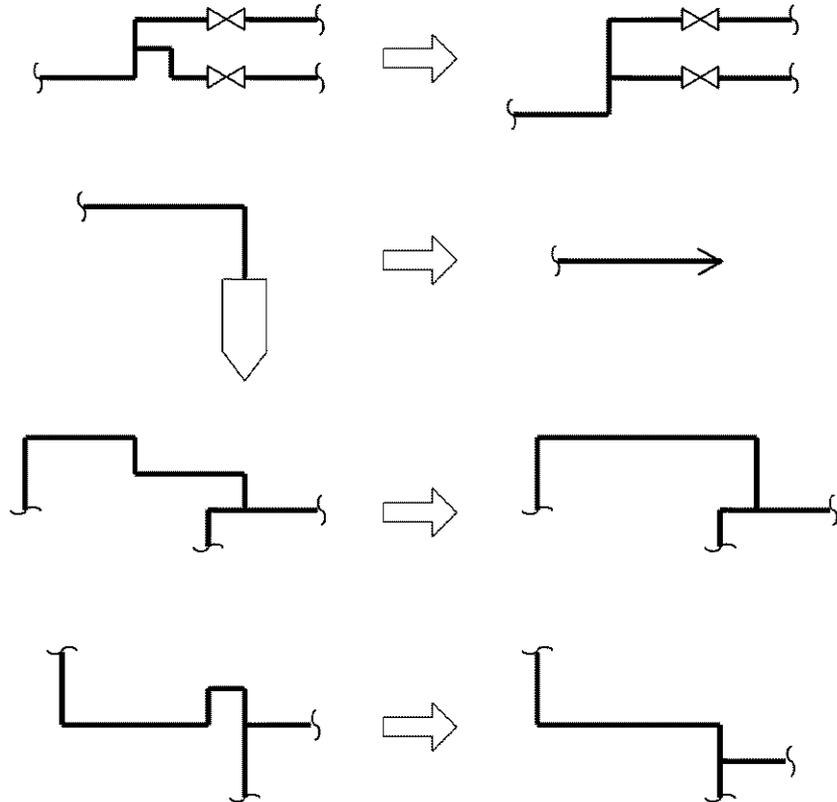
注6：ポンプの流れ方向表示は行わない。

注記 *：東海第二発電所で定められた名称とする。

4. 記載要領

4.1 配管

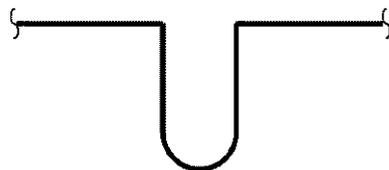
(1) P & I Dより概略系統図を作成する場合の表記（原則として）



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、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。

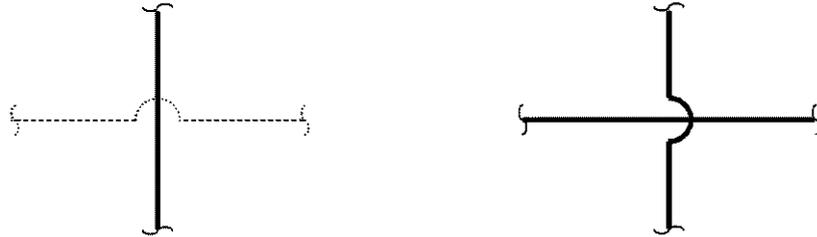
(2) Uシール部の表記

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

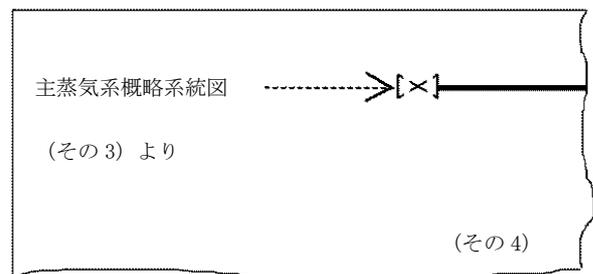
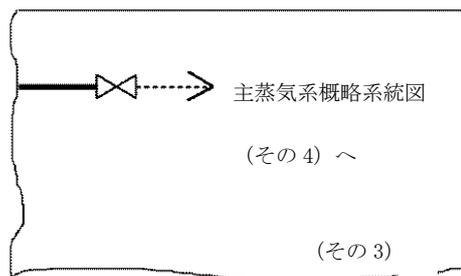
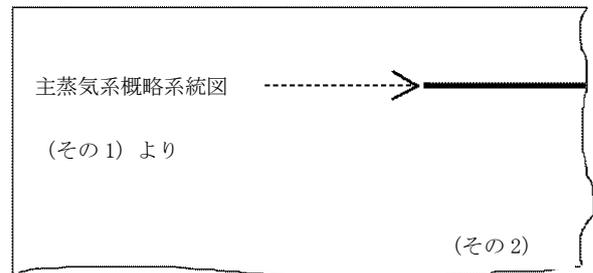
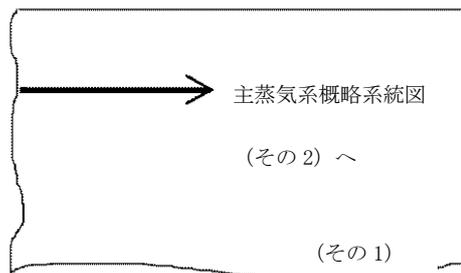
線が交差する場合は下記に従うものとする。ただし、線の優先順位は、太い実線、細い破線の順とし、同一線が交差する場合は横線を優先して記載する。



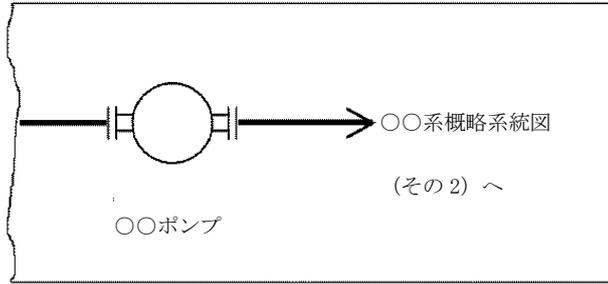
(4) 配管の接続先表示

- a. 表記上概略系統図では、原則として工認系統図に合わせ「…へ」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。

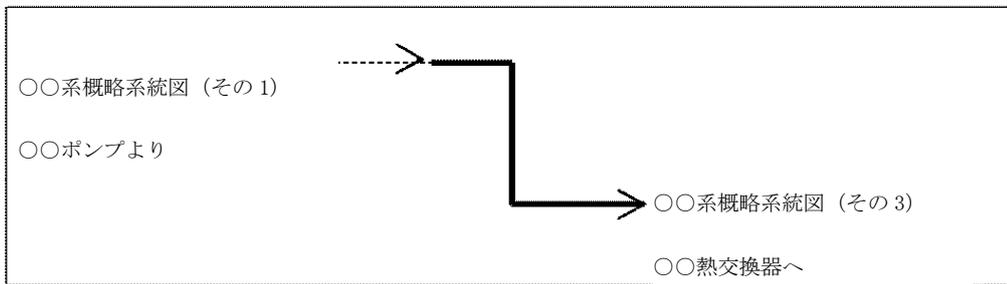
NT2 補③ V-3-2-2 R0



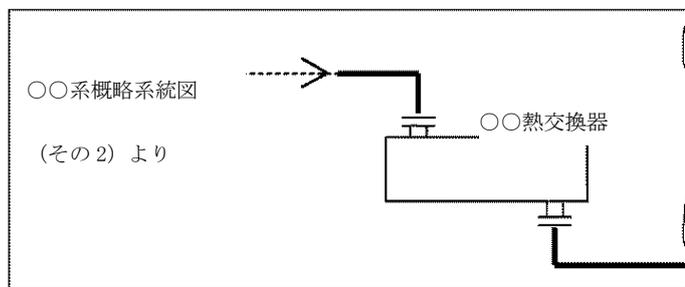
概略系統図の構成が3枚となる場合の表記例



OO系概略系統図 (その1)



OO系概略系統図 (その2)



OO系概略系統図 (その3)

- 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。

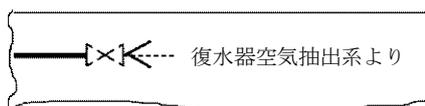
注記 * : ユーティリティ系と接続する場合は系統名称のみとする。

ただし、系統機能上重要なものは機器名称も記載する。

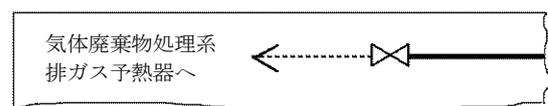
なお、同一申請回において廃棄設備と取り合う場合は、概略系統図名と機器名称を記載する。

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

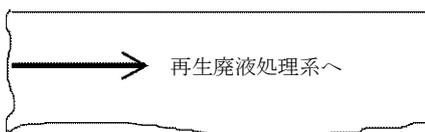


気体廃棄物処理系概略系統図
(復水器空気抽出系は将来申請)

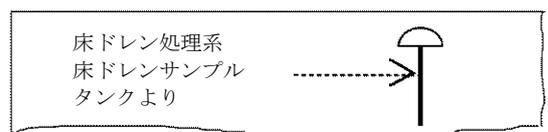


復水器空気抽出系概略系統図
(気体廃棄物処理系は将来申請)

床ドレン処理系と再生廃液処理系との取合いがあり、床ドレン処理系が先の申請回で申請される場合



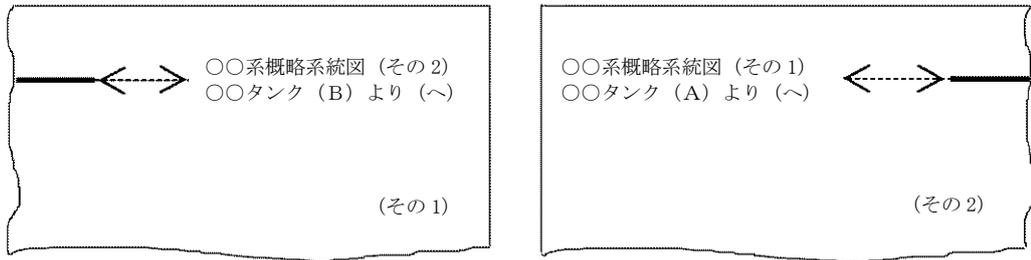
床ドレン処理系概略系統図
(再生廃液処理系は将来申請)



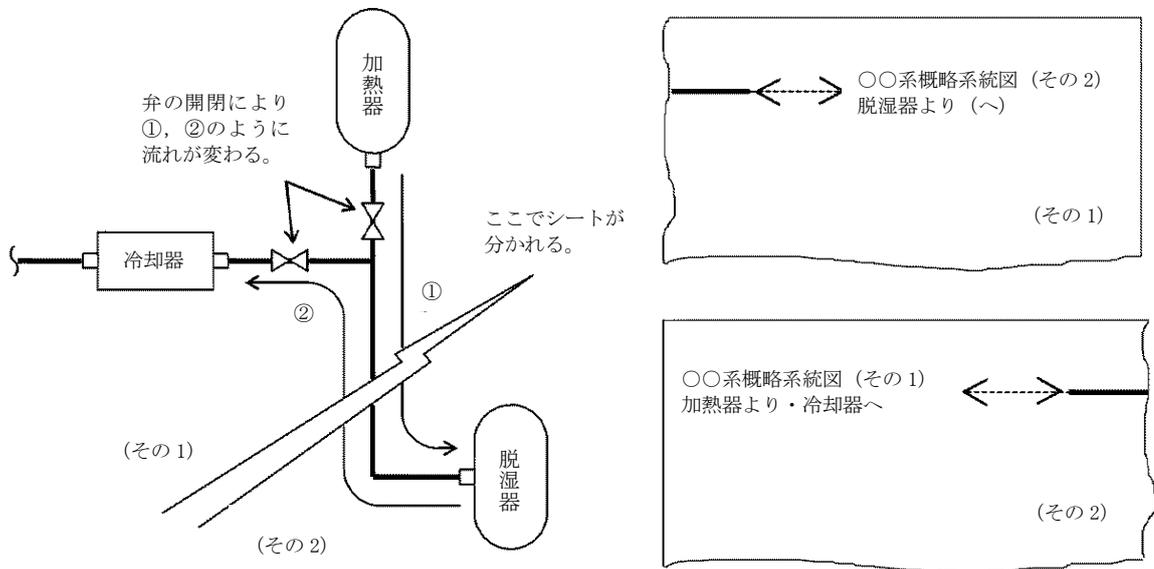
再生廃液処理系概略系統図
(床ドレン処理系は申請済)

- (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。

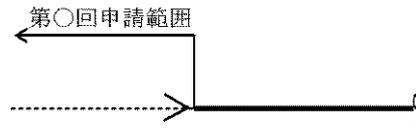


注：流体がモード等により行き先が変わる場合、下記の例に従う。



- f. 接続先の配管が工認対象外である場合は、表記する必要はない。ただし、工事計画書に記載する管継ぎ手にかか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ページ「(9) 分岐部の申請範囲の表記」に示す表記をする。

- g. 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。

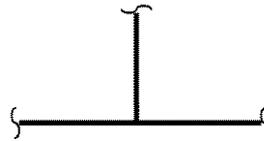


- (5) 管台の表記は下記に従うものとする（寸法は目安値）

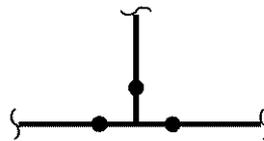


- (6) 継手類の表記は下記に従うものとする。

- 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

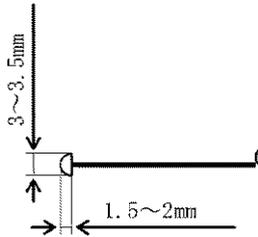
(a) 偏心又は同心の区別は行わない。また、径違いソケットについてはレジューサ表記とする。

(b) 表記寸法（目安値）



c. 鏡板, キャップ

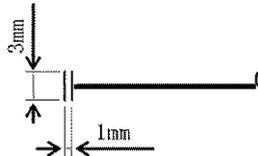
表記寸法（目安値）



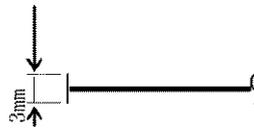
d. 平板

表記寸法（目安値）

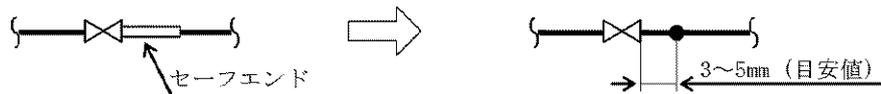
(a) フランジにボルトで締め付けられるタイプ



(b) (a)以外のタイプ



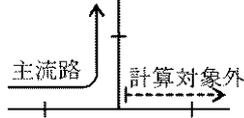
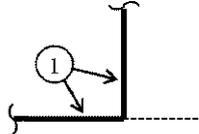
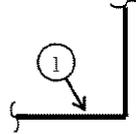
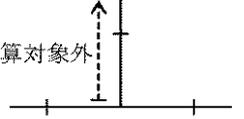
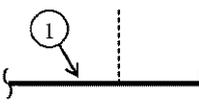
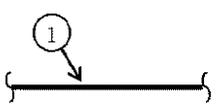
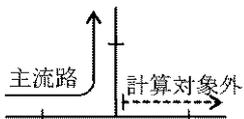
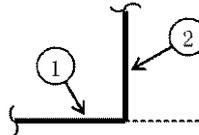
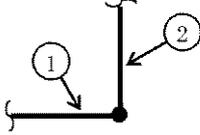
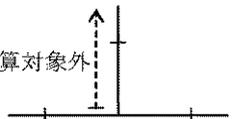
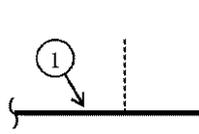
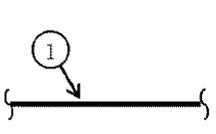
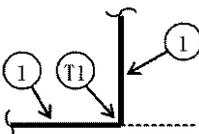
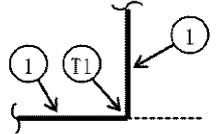
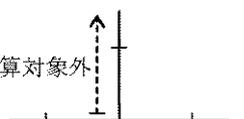
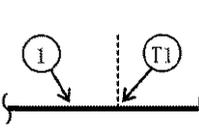
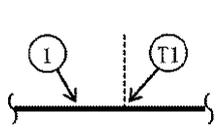
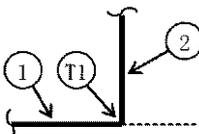
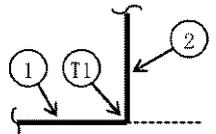
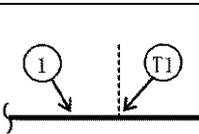
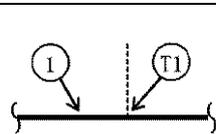
(7) セーフエンド等の表記は下記に従うものとする。



(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。

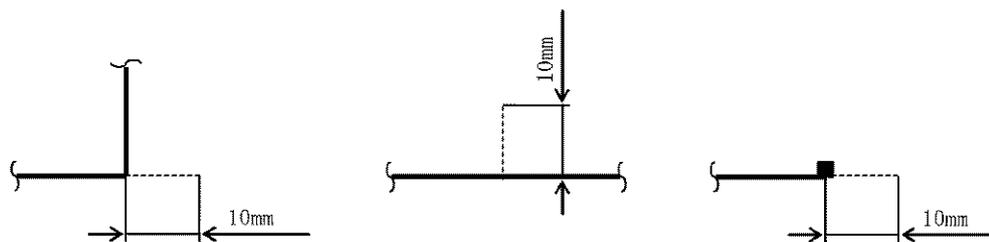


(9) 分岐部の申請範囲の表記

分岐部の種類	申請形態	クラス1管及び クラス2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JIS規 格品)			
			
異径ティー 及び管台 (設計・建設規格 規定のJIS規 格品)			
			
同径ティー (設計・建設規格 規定のJIS規 格品以外)			
			
異径ティー (設計・建設規格 規定のJIS規 格品以外)			
			

分岐部の種類	申請形態	クラス1管及びクラス2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JIS規格品以外)			

注1：分岐部破線及び管台の表記寸法（目安値）

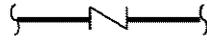


注2：クラス1管及びクラス2管以外であっても、工認系統図上の分岐、合流を明確にする必要がある場合にはクラス1管及びクラス2管の表記とする。
 ただし、主流路を形成する分岐部を除き、φ61mm以下の穴で、穴の補強が不要なものについては分岐部破線表示又は管台表示は不要とする。

4.2 弁

(1) 弁の形式は下記記号にて表示する。

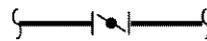
a. 逆止弁



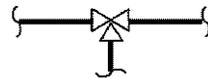
注：流れ方向の指示は表示しない。

ただし、弁の向きは工認系統図に合わせる。

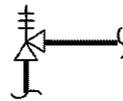
b. バタフライ弁



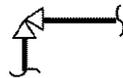
c. 三方弁



d. 安全弁, 逃がし弁



e. アングル弁

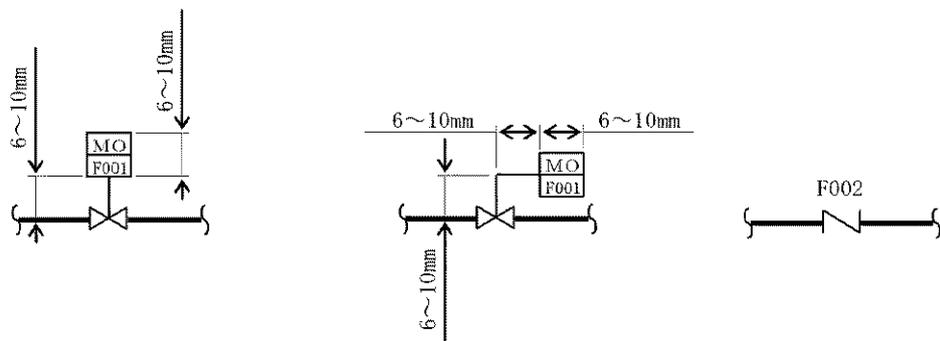


f. 上記以外の弁はすべてゲート弁表示とする。

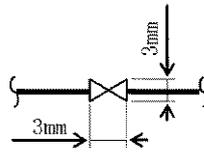


(2) 弁の開閉は表示しないものとし、すべて白抜きとする。

(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。

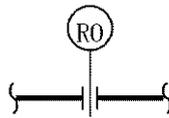


4.3 スペシャルティ及び計装品

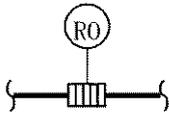
スペシャルティ及び計装品の表示は下記に従うものとする。

(1) オリフィス

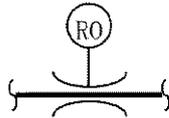
a. 単段減圧オリフィス



b. 多段減圧オリフィス

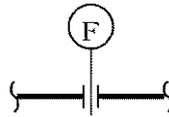


c. ベンチュリ形流量制限器

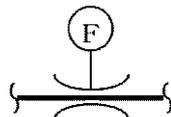


(2) 流量計

a. オリフィスプレート式



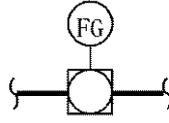
b. ベンチュリ式及びフローノズル式



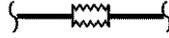
c. その他



(3) フローグラス

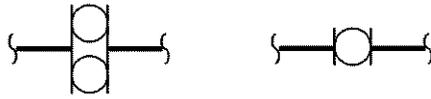


(4) 伸縮継手

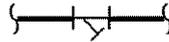


(5) ストレーナ

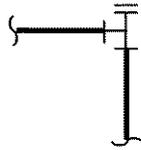
a. バスケットストレーナ



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。)

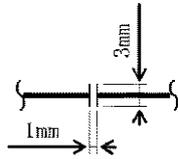


(6) スペクタクルフランジ



4.4 フランジ

フランジは下記表示とする。(寸法は目安値)



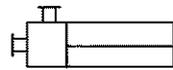
4.5 機器

(1) ポンプ

ポンプの形式の表示は下記に従うものとする。

(図はフランジ取り付けを示している。)

- 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



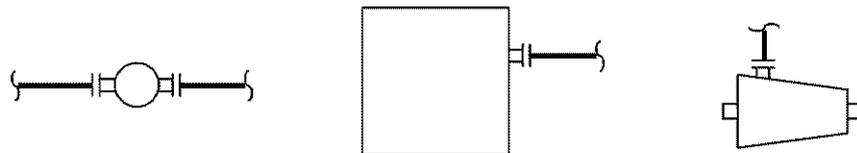
(2) その他の機器

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。

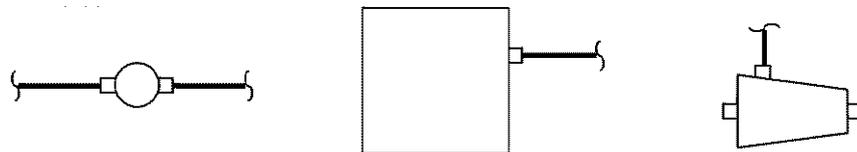
(形状は原則として工認系統図に合わせる。)

(3) 機器取合点表示

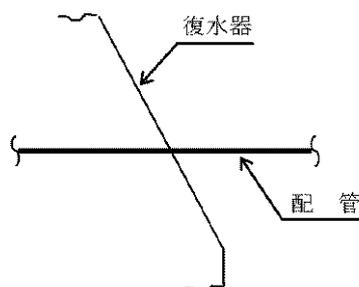
- a. フランジ取合点



- b. ノズル取合点

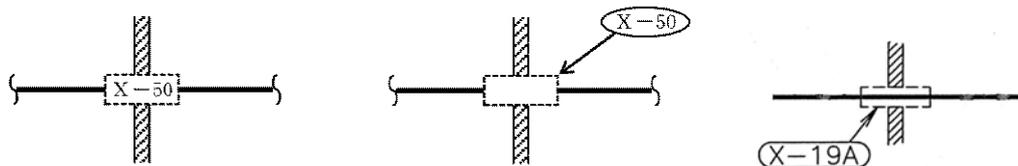


(4) 復水器貫通部表示

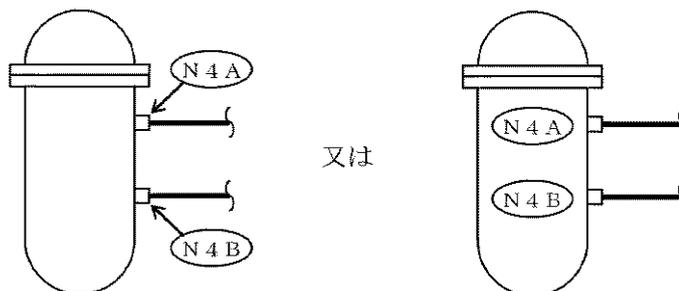


4.6 その他

- (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。

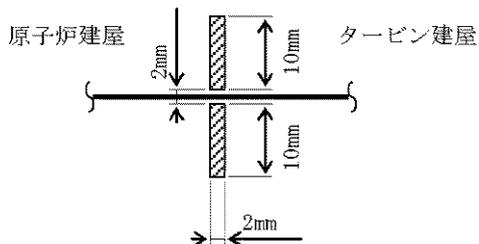


- (2) 原子炉圧力容器及び原子炉圧力容器ノズルは下記表示とする。



注：「N-4A」と”-”は表記しない

- (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）

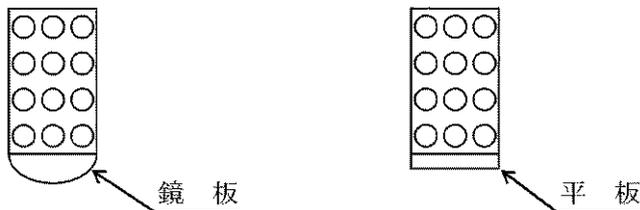


注1：R/B，T/B等の略称は使用しない。

注2：埋込部の表示は行わない。

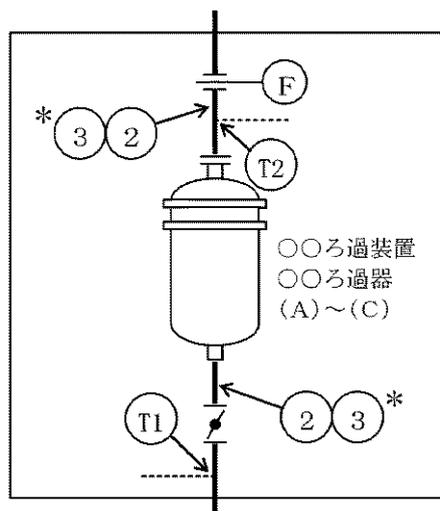
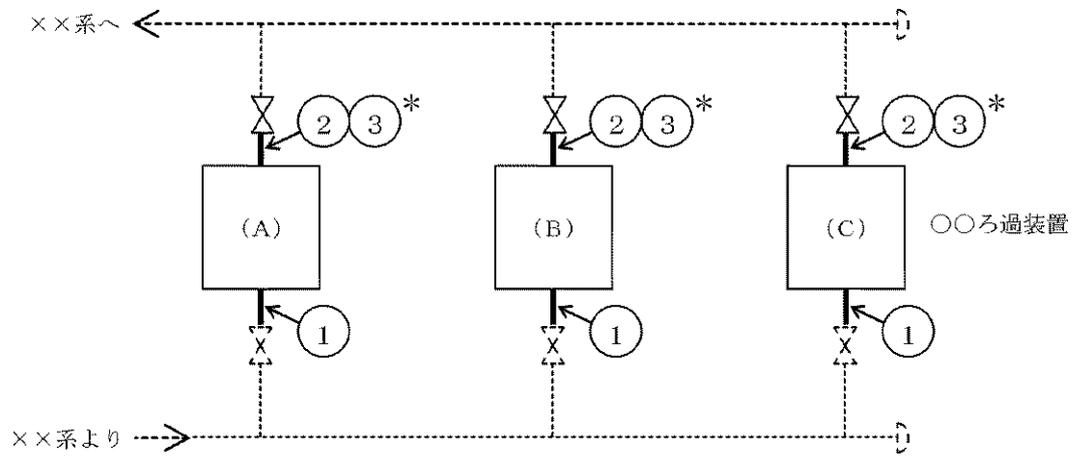
注3：建屋外のダクトは「屋外」と，2mギャップは「連絡トレンチ」と呼称する。

- (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。



○○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

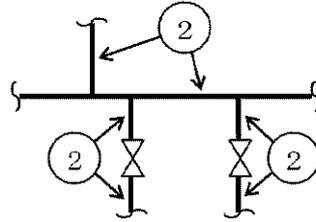
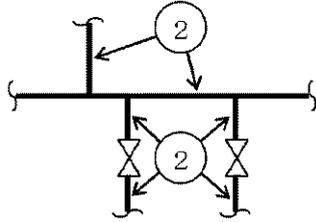
- | | | | | |
|------------------------|---------|------|------|------------|
| ・管（セーフエンド及び規格外エルボを含む。） | ① | ② | ③ | |
| ・管継手 | ①* | ②* | ③* | |
| | 注記*：管継手 | | | |
| ・ティー，管台，枝管等の穴 | ①T1 | ②T2 | ③T3 | （規格外継手に適用） |
| ・レジューサ | ①R1 | ②R2 | ③R3 | （ 同 上 ） |
| ・鏡板，キャップ | ①C1 | ②C2 | ③C3 | （ 同 上 ） |
| ・平板，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

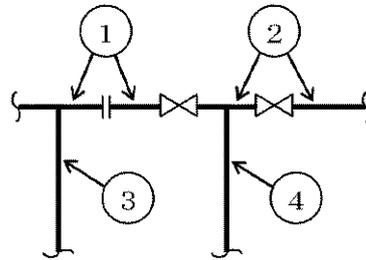
a. 番号の矢印は2箇所以内とする。

(誤)

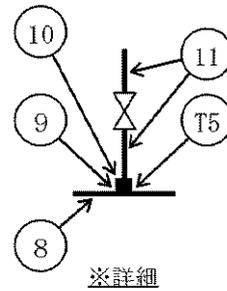
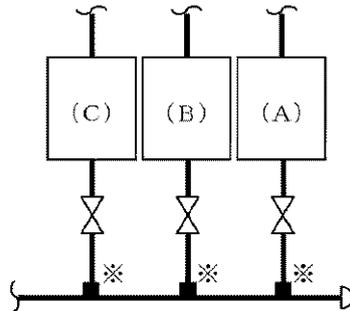
(正)



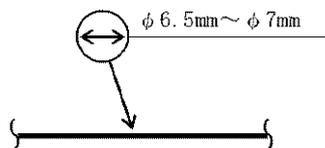
b. 同一仕様であっても、弁及びフランジ等により仕様変更か否か誤解を招くと思われる場合は必ず番号を取る。



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管及びクラス2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①と接続される管②が同一仕様である場合は、②に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上①（②側半分）に管番号を付番する場合もある。

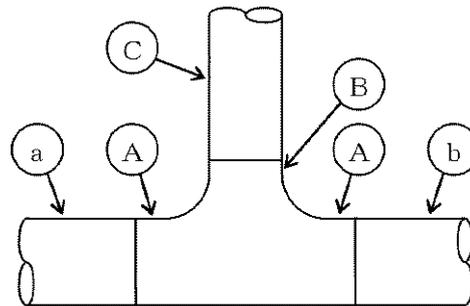
(b) ティーの主管側①と接続される管③が同一仕様である場合は、③に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上①（③側半分）に管番号を付番する場合もある。

(c) ティーの主管側①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、①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①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④と接続される管⑤が同一仕様である場合は、⑤に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上④に管番号を付番する場合もある。

- (e) ティーの分岐管側⑥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、⑥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⑥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 管及びクラス 2 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。

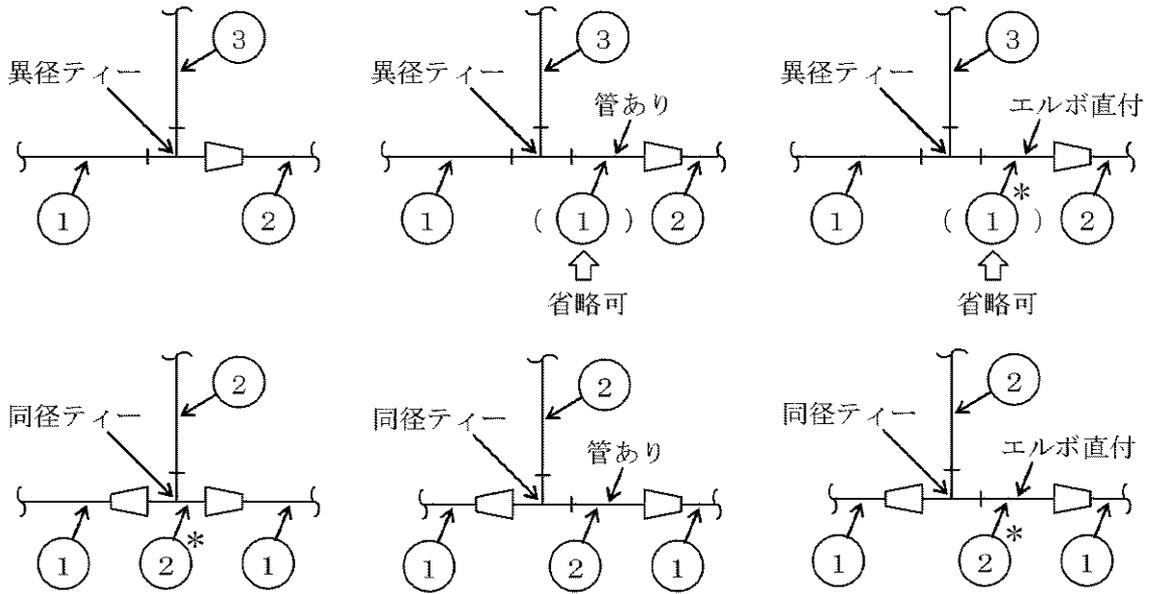
注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のレジューサについては、クラス 1 管及びクラス 2 管並びに汽力設備を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

d. キャップ

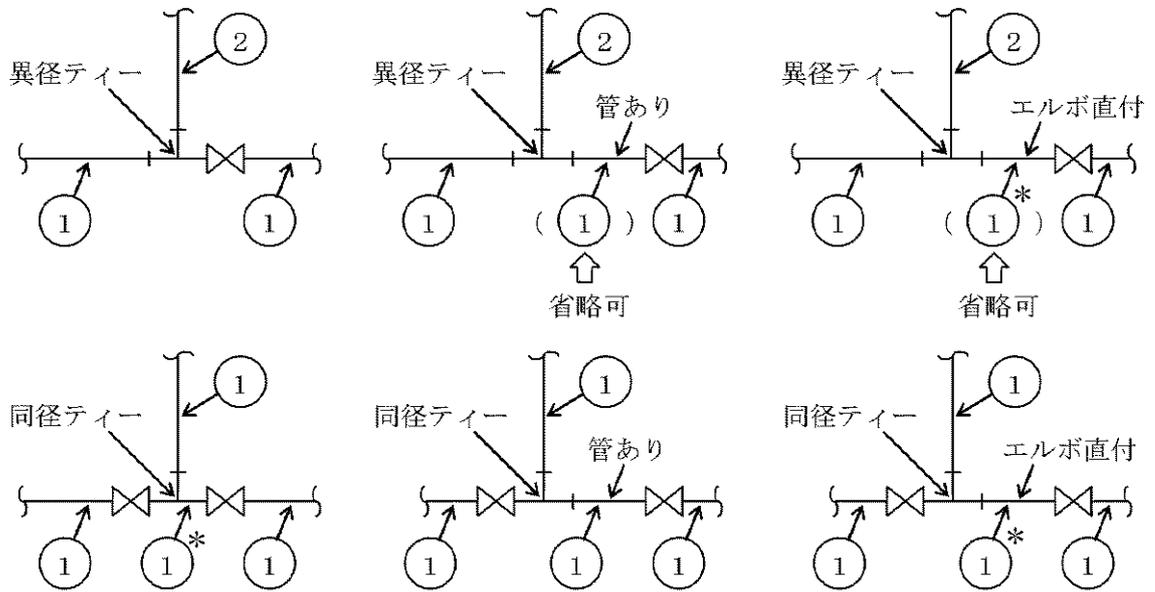
キャップに仕様の異なる管若しくは管継手が接続される場合は、キャップ端部に管番号を付番し、管継手マーク”*”を付ける。

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 管及びクラス 2 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+レギュレーサ)

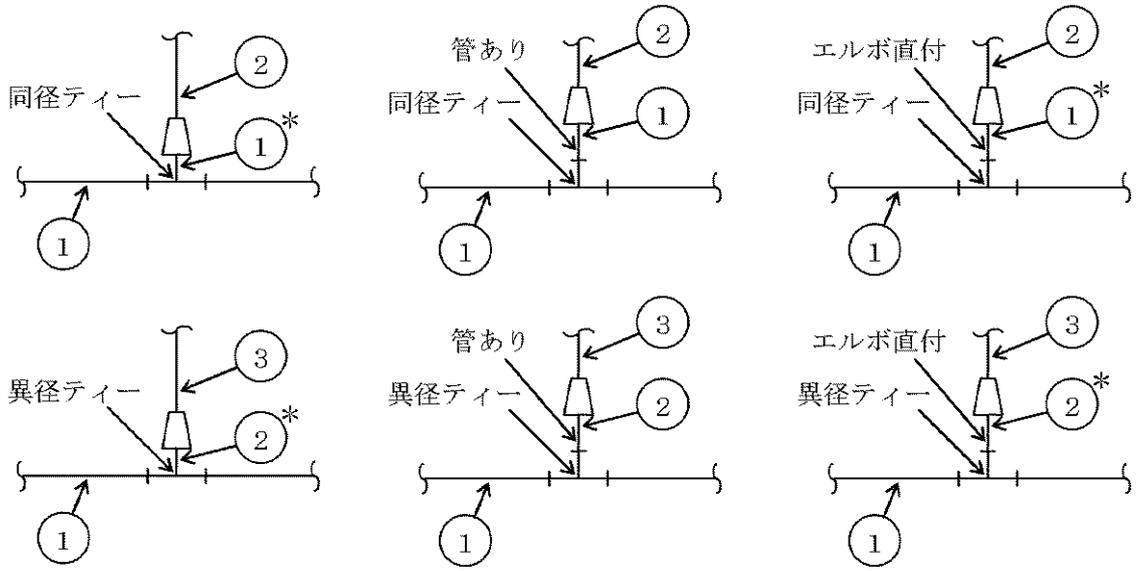


(ティー主管側+弁)

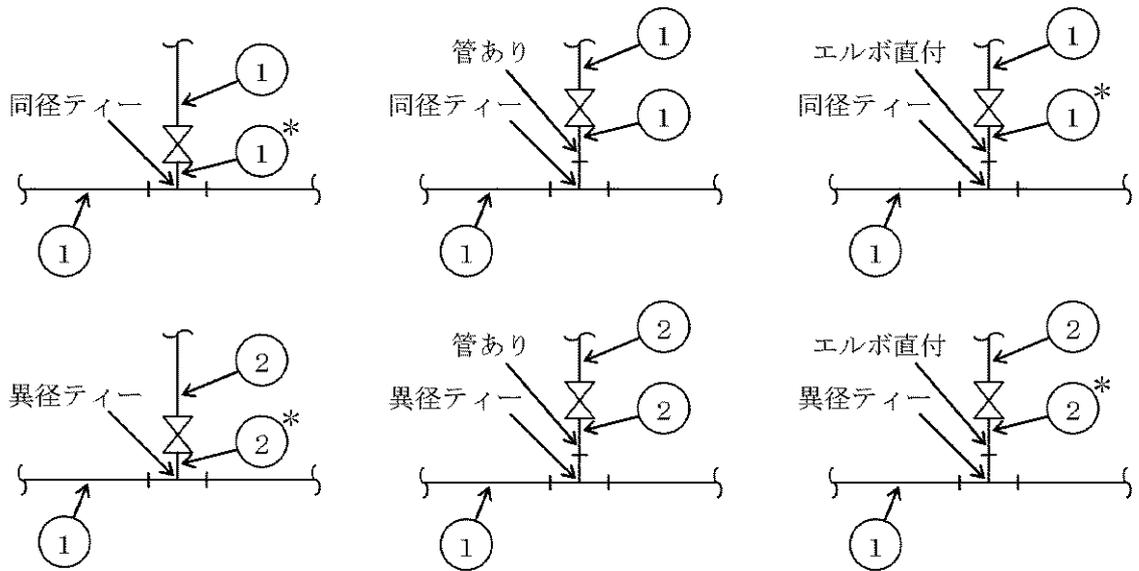


管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その1)

(ティー分岐管側+レギュレーサ)



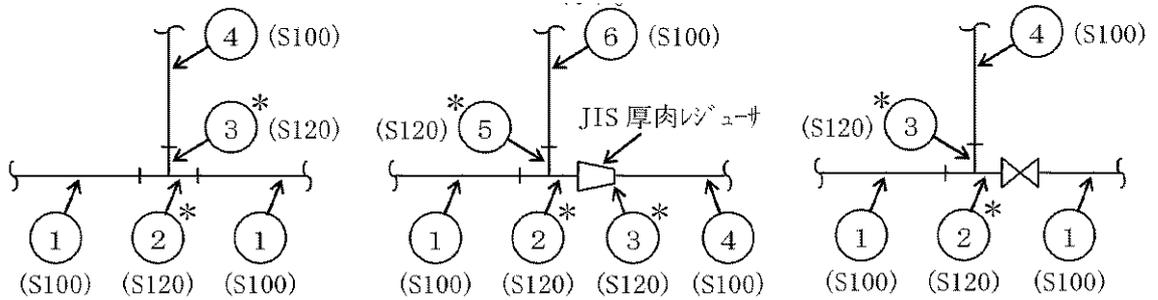
(ティー分岐管側+弁)



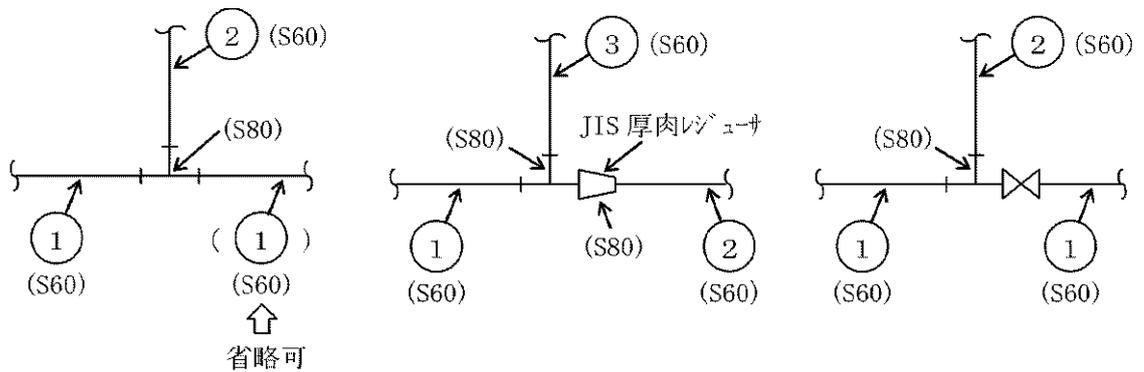
管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その2)

(JIS厚肉ティール)

(ア) クラス1管及びクラス2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。

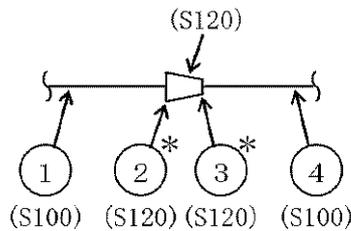


(イ) 上記以外…同材質で単に肉厚アップした場合は管番号自体が不要。

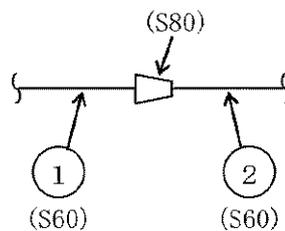


(JIS厚肉レギュレータ)

(ア) クラス1管及びクラス2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。

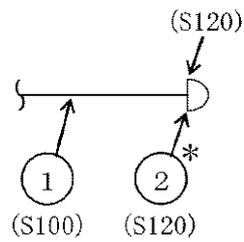


(イ) 上記以外……同材質で単に肉厚アップした場合は管番号自体が不要。

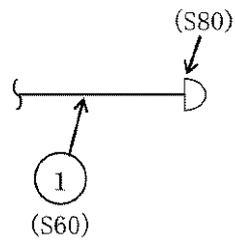


(J I S厚肉キャップ)

(ア) クラス1管及びクラス2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 管及びクラス 2 管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

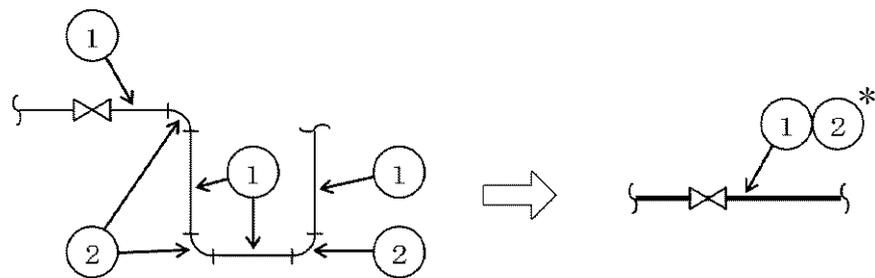
注2：接続配管のスケジュール番号と同等以上、かつ、接続配管の材料と同等以上の強度を有する J I S 規格の差込み溶接式管継手については、クラス 1 管及びクラス 2 管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

- 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。

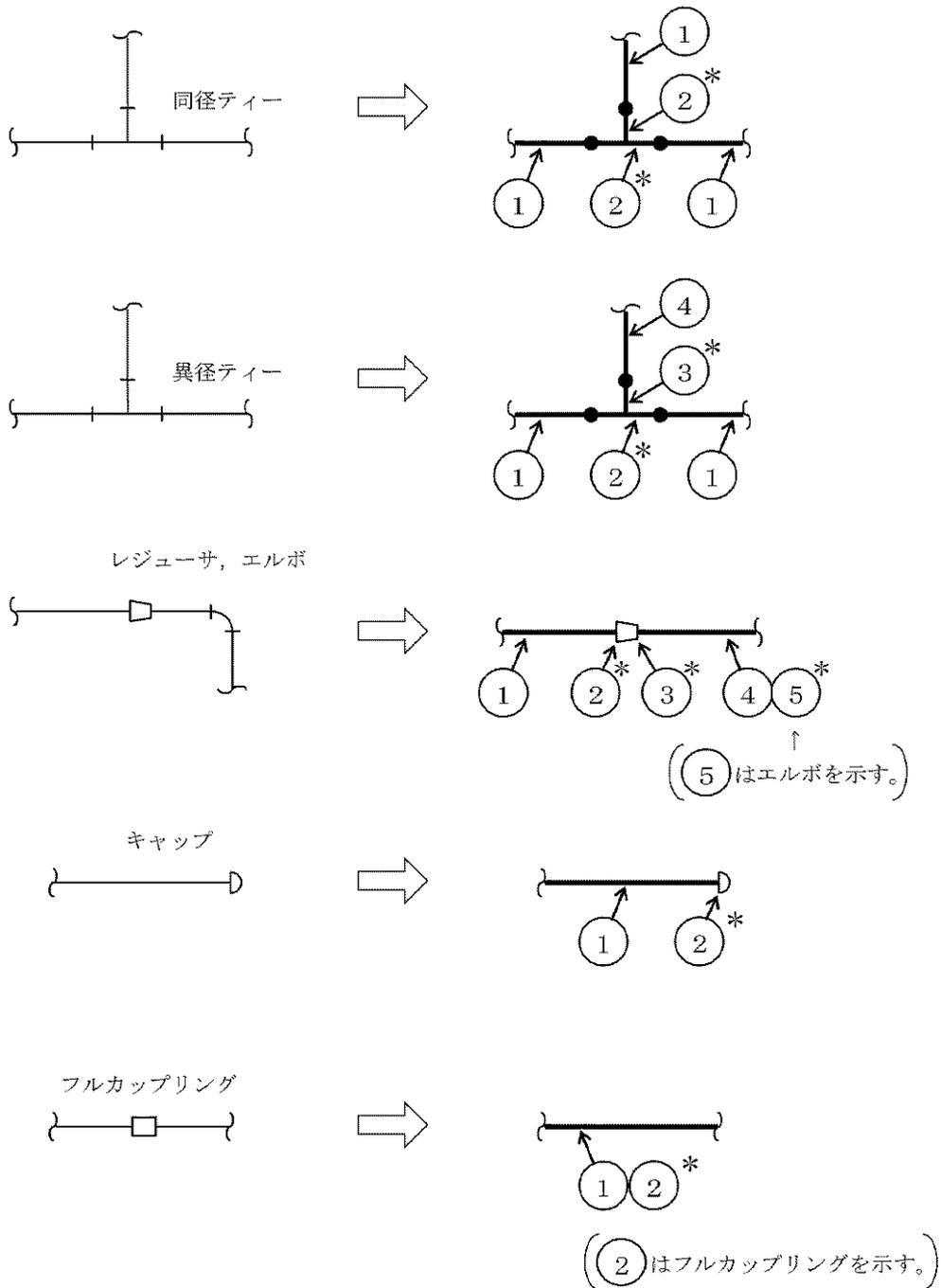
(3) 番号表示例

- a. エルボの強度計算を行う場合



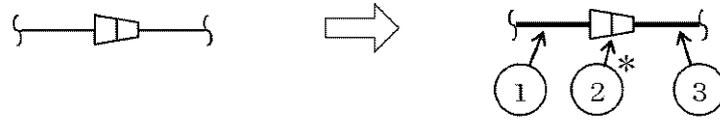
b. 設計・建設規格規定の J I S 規格品管継手を使用する場合

(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管及びクラス2管(レジャーサについては、汽力設備も含む。)) の場合)

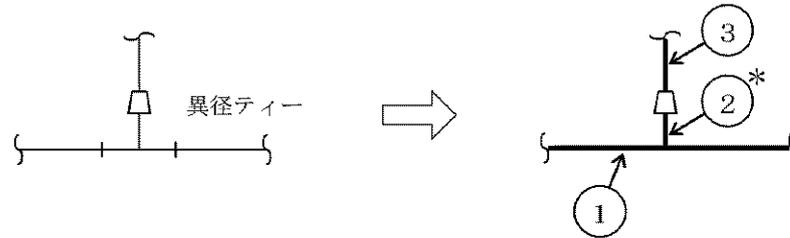


(b) レジューサの2段直列接続

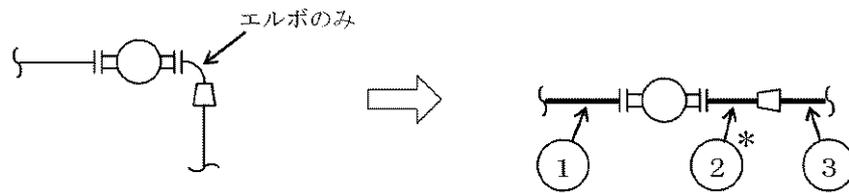
注：接続配管と同材，同肉厚の場合を示す。



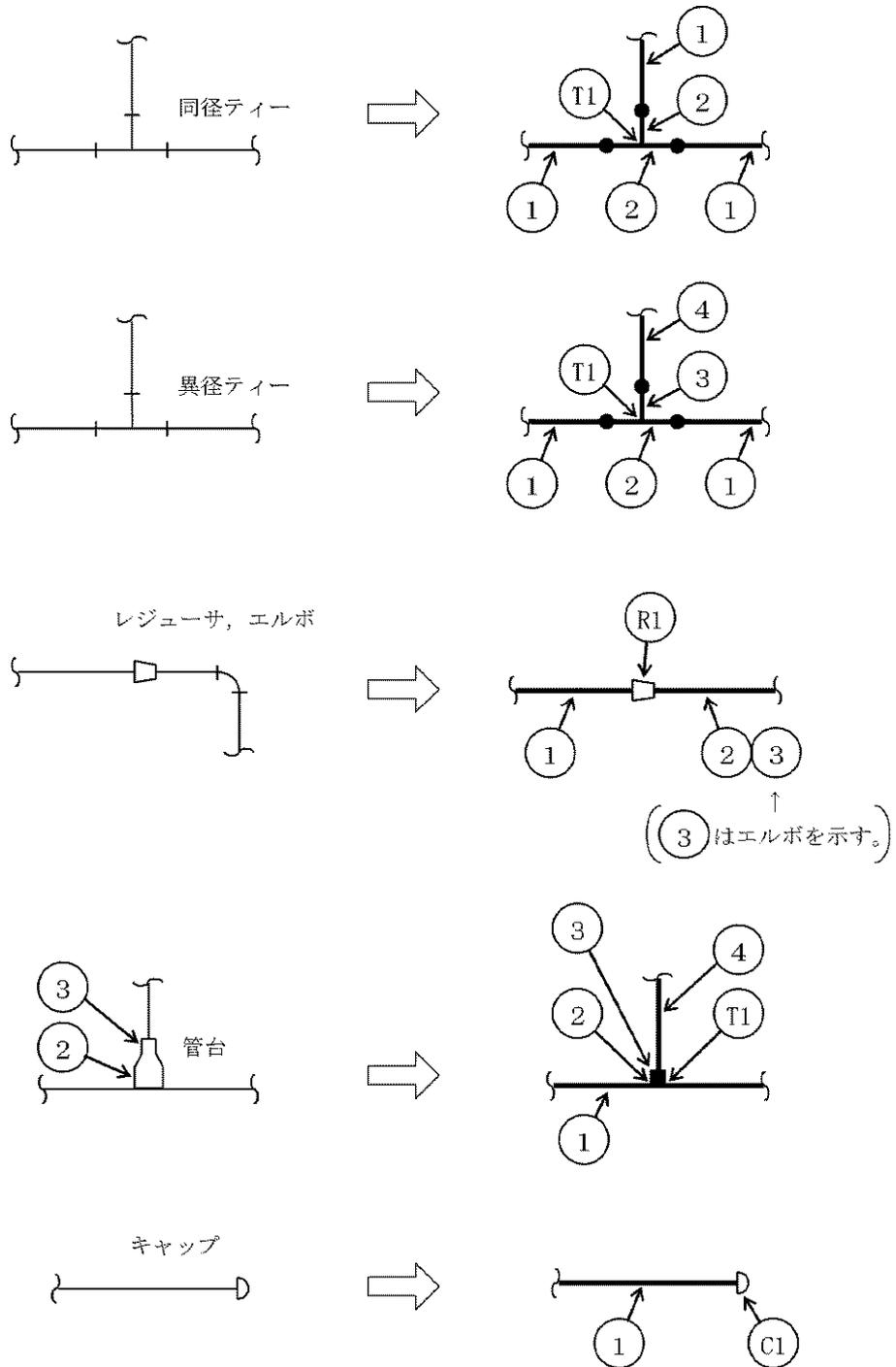
(c) ティーとレジューサの直付等のように接続部における口径が表示できない場合



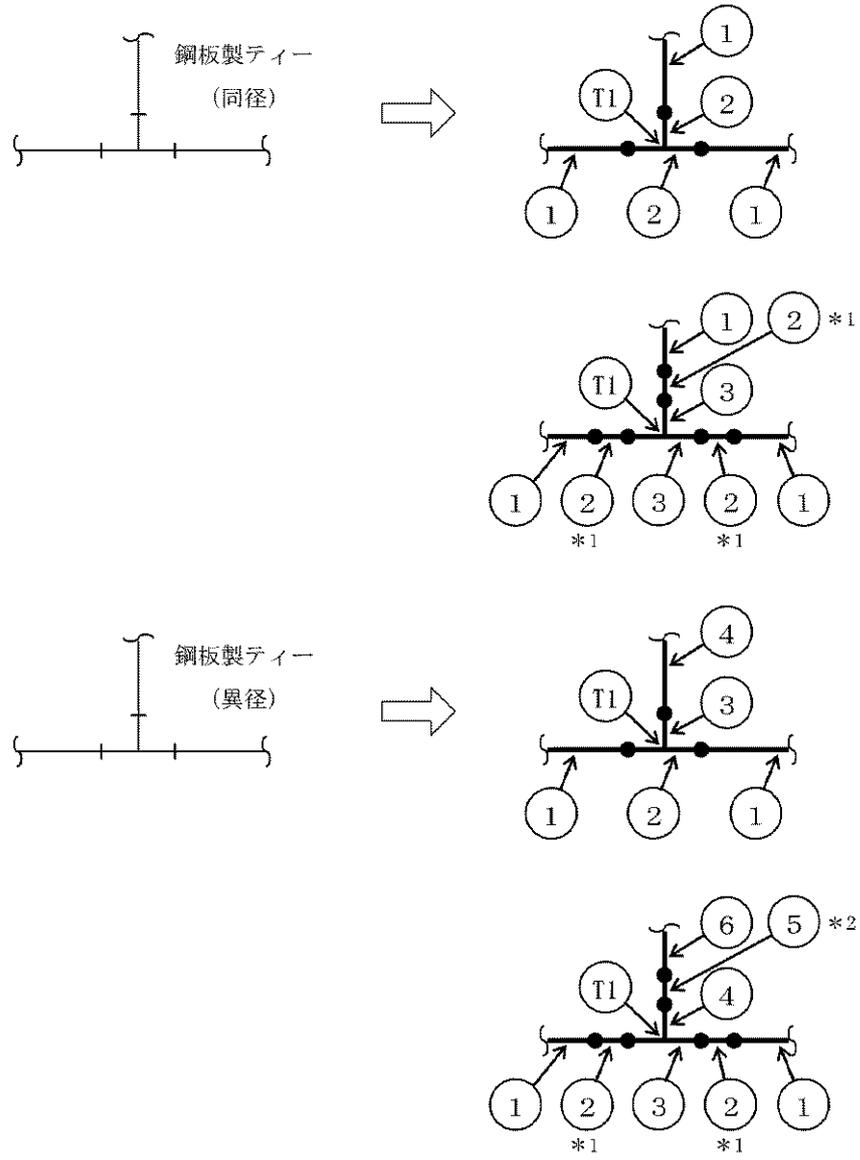
(d) エルボとレジューサが直付でエルボに接続配管がない場合



- c. 設計・建設規格規定の J I S 既設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

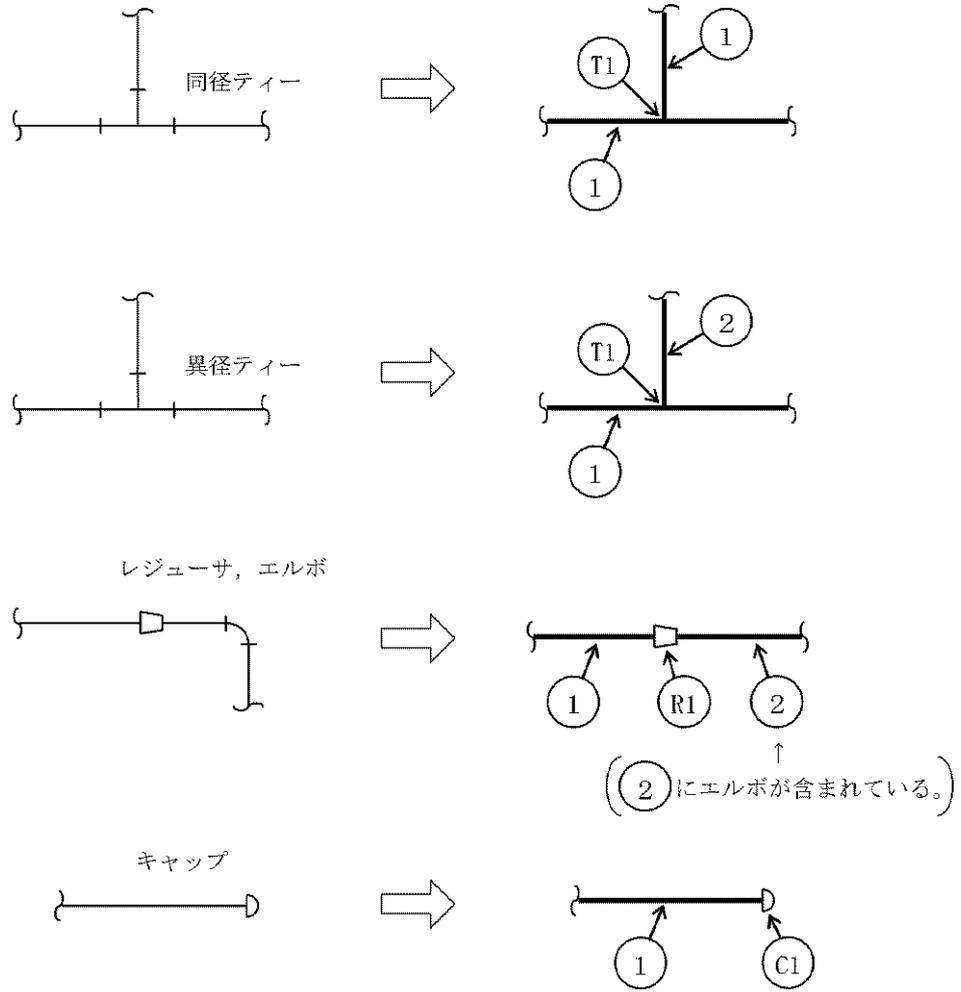


NT2 補③ V-3-2-2 R0



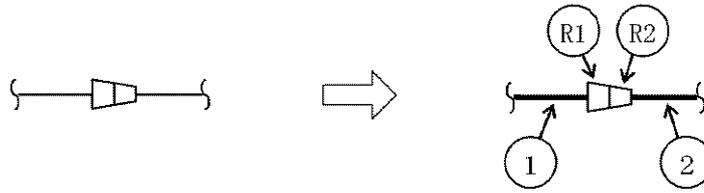
注記 *1：仕様が①と異なる場合を示す。
*2：仕様が②と異なる場合を示す。

(b) 管継手の材料及び肉厚が接続配管と同じ場合

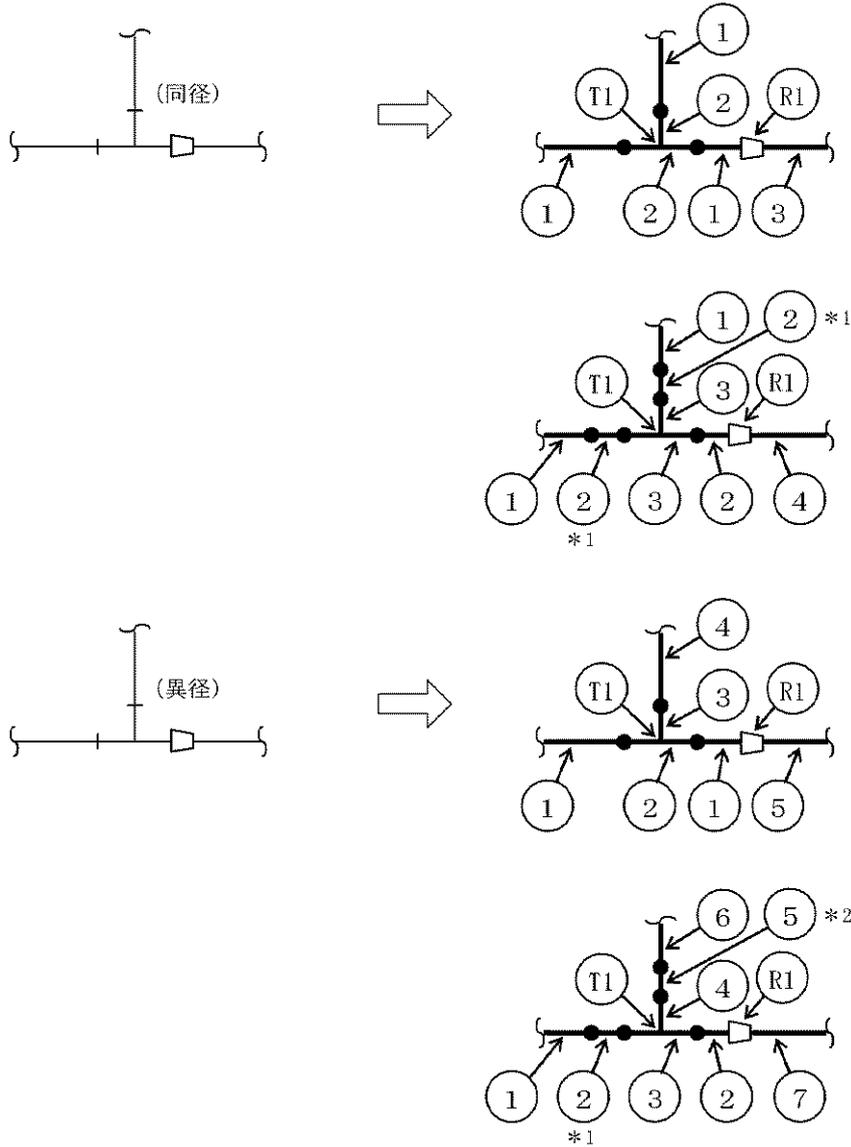


NT2 補③ V-3-2-2 R0

(c) レジューサが2段直列接続となる場合



(d) 鋼板製ティール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。

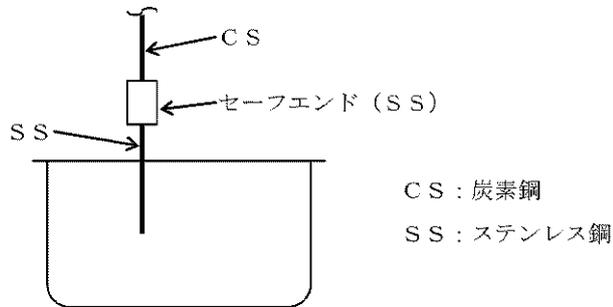
(4) フランジ

J I S S 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。

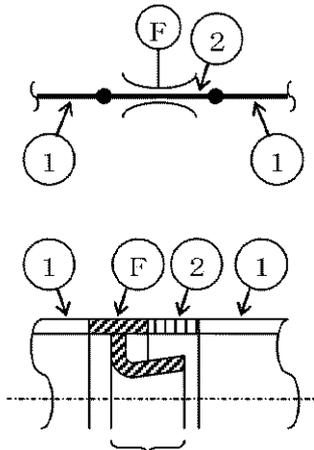
ただし、J I S等の規格フランジに圧力検出用の穴をあけた場合、規格フランジとして扱う。

(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記する。



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
書式例を次紙以降に示す。

NT2 補③ V-3-2-2 R0

V-3-0-0-0-0-0 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-* クラス*機器の強度計算の基本方針」及び「V-3-1-6 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「V-3-2-* クラス*管の強度計算方法」及び「V-3-2-10 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

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

NT2 補③ V-3-2-2 R0

・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			評価条件に変更があるか					既工認に おける 評価結果 の有無	既工認 評価規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス
			DB クラス	SA クラス	クラス アップ の有無	DB条件		SA条件		条件 変更の 有無					
						圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)						
1	既設	有	DB-3	SA-2	有					有	有	S45告示	②	—	SA-2
2	新設	有	DB-3	SA-2	—					—	—	—	③	—	SA-2
3	新設	有	DB-3	SA-2	—					—	—	—	③	—	SA-2* ¹
4	新設	有	DB-3	SA-2	—					—	—	—	③	—	SA-2* ¹
5	新設	有	DB-3	SA-2	—					—	—	—	③	—	SA-2* ¹
6	既設	有	DB-3	SA-2	有					有	有	S45告示	②	—	SA-2
7	既設	有	DB-3	SA-2	有					有	有	S45告示	②	—	SA-2

・適用規格の選定

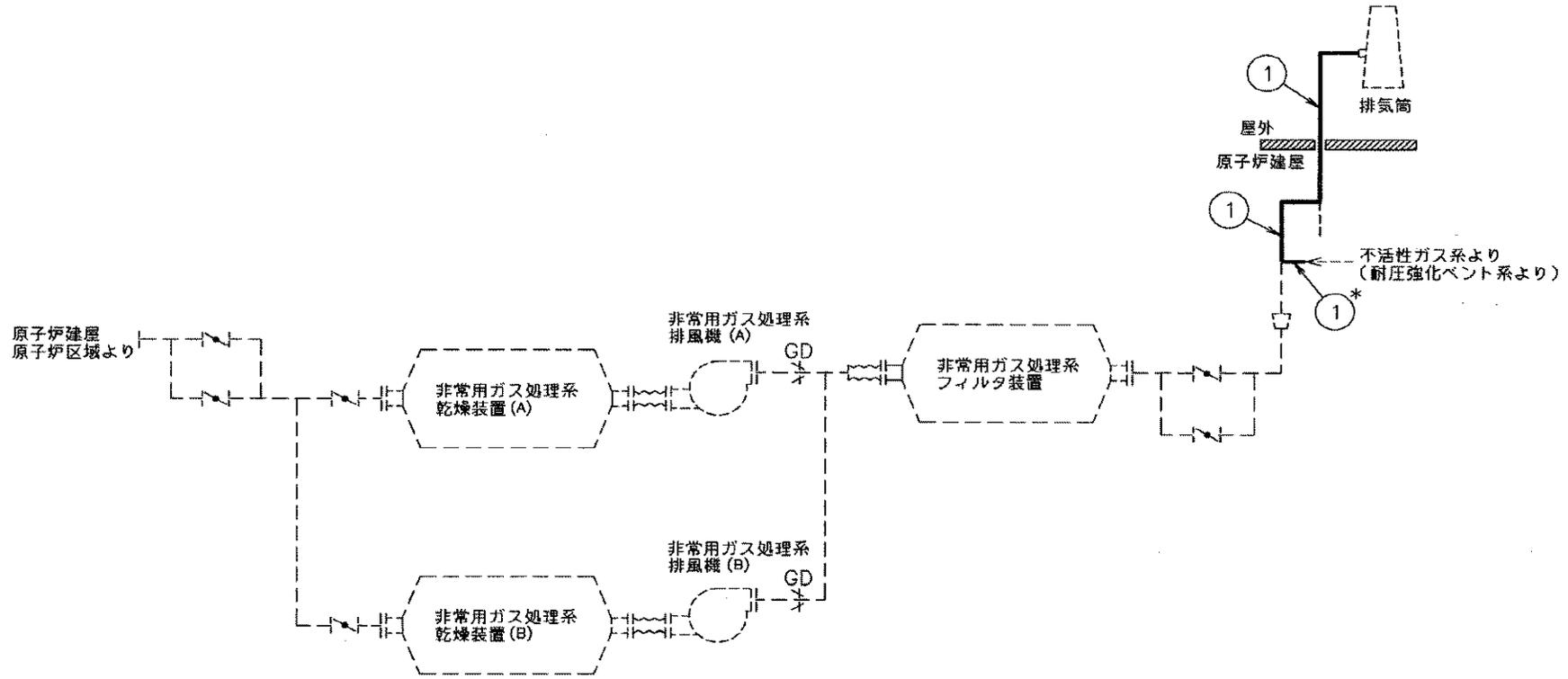
管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	②	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	③	—	設計・建設規格
3	管の強度計算		—	設計・建設規格
4	管の強度計算		—	設計・建設規格
5	管の強度計算		—	設計・建設規格
6	管の強度計算		②	評価式
7	管の強度計算	許容値		S45告示
8	管の強度計算	許容値		S45告示
9	管の強度計算	評価式		S45告示
10	管の強度計算	許容値		S45告示
11	管の強度計算	評価式		設計・建設規格
12	管の強度計算	評価式		設計・建設規格
13	管の強度計算	評価式		S45告示
14	管の強度計算	許容値		S45告示
15	管の強度計算	③		—
T1	管の穴と補強計算	②	判断不可	S45告示 設計・建設規格
T2	管の穴と補強計算		判断不可	S45告示 設計・建設規格

NT2 補③ V-3-2-2 R0

目次

1. 概略系統図.....
2. 管の強度計算書.....

NT2 補③ V-3-2-2 R0



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 (クラス1配管)

告示第501号 第50条 準用, 設計・建設規格 PPB-3551及びPPB-3561

NO.	最高使用圧力	最高使用温度	外 径	公称厚さ	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t_s (mm)	t (mm)	算 式	t_r (mm)	最高圧力	許容圧力
	P (MPa)	(°C)	D _o (mm)	(mm)	PC PD (MPa)										PaC PaD (MPa)	
1																
3																

評価: $t_s \geq t_r$, $PC \leq PaC$, $PD \leq PaD$, よって十分である。

管の強度計算書 (クラス 1 配管)

設計・建設規格 PPB-3411, PPB-3551及びPPB-3561

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S _m (MPa)	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)	最高圧力 P _c P _D (MPa)	許容圧力 P _{e,c} P _{e,D} (MPa)
2															
4															

評価: $t_s \geq t_r, P_c \leq P_{e,c}, P_D \leq P_{e,D}$, よって十分である。

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

告示第501号 第58条 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
10														

評価： $t_s \geq t_r$, よって十分である。

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 (℃)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
8														
11														

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (クラス4配管)

告示第501号 第67条 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	Q	t _s (mm)	t _r (mm)
2										
3										

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (クラス4配管)

設計・建設規格 PPH-3020

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	Q	t _s (mm)	t _r (mm)
2										
3										

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の穴と補強計算書 (クラス1配管)

設計・建設規格 PPB-3420

NO.		T1	r1 (mm)	
形 式			r2 (mm)	
最高使用圧力 P (MPa)			L1 (mm)	
最高使用温度 (°C)			L2 (mm)	
主管と管台の角度 α (°)				
傾斜面の傾き角 θ (°)		—	d (mm)	
			dfr (mm)	
主管材料				
Smr (MPa)				
Dor (mm)				
Dir (mm)			LN (mm)	
tro (mm)			LA (mm)	
Qr			LAD (mm)	
tr (mm)				
trr (mm)			Ar (mm ²)	
			Ar23 (mm ²)	
管台材料			A1 (mm ²)	
Smb (MPa)			A3 (mm ²)	
rp (mm)			AD3 (mm ²)	
rib (mm)			A0 (mm ²)	
tbo (mm)			A0D (mm ²)	
Qb			評価: $A0 > Ar$ $A0D \geq Ar23$ よって十分である。	
tb (mm)				
tbr (mm)				
Dob (mm)				
tbd0 (mm)				
QbD				
tbd (mm)				
tbn (mm)		—		
y (mm)		—		

NT2 補③ V-3-2-2 R0

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 ²)	
形 式			A_0 (mm ²)	
最高使用圧力 (MPa)			A_1 (mm ²)	
最高使用温度 (°C)			A_2 (mm ²)	
主管と管台の角度 (°)			A_3 (mm ²)	
			A_4 (mm ²)	
主管材料			評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。	
S_r (MPa)				
D_{or} (mm)				
D_{ir} (mm)				
t_{ro} (mm)		d_{frD} (mm)		
Q_r			L_{AD} (mm)	
t_r (mm)			L_{ND} (mm)	
t_{rr} (mm)			A_{rD} (mm ²)	
η			A_{0D} (mm ²)	
			A_{1D} (mm ²)	
管台材料			A_{2D} (mm ²)	
S_b (MPa)			A_{3D} (mm ²)	
D_{ob} (mm)			A_{4D} (mm ²)	
D_{ib} (mm)			評価： $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。	
t_{bn} (mm)				
Q_b				
t_b (mm)			W (N)	
t_{br} (mm)			F_1	—
			F_2	—
強め材材料			F_3	—
S_e (MPa)			S_{w1} (MPa)	—
D_{oe} (mm)			S_{w2} (MPa)	—
t_e (mm)			S_{w3} (MPa)	—
			W_{e1} (N)	—
穴の径 d (mm)			W_{e2} (N)	—
K			W_{e3} (N)	—
d_{fr} (mm)			W_{e4} (N)	—
L_A (mm)			W_{e5} (N)	—
L_N (mm)			W_{ebp} (N)	—
L_1 (mm)			W_{ebp} (N)	—
L_2 (mm)			W_{ebp} (N)	—
			評価： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

管の穴と補強計算書 (クラス3配管)

設計・建設規格 PPD-3420

NO.		T3	A_r (mm ²)	
形 式			A_0 (mm ²)	
最高使用圧力 (MPa)			A_1 (mm ²)	
最高使用温度 (°C)			A_2 (mm ²)	
主管と管台の角度 (°)			A_3 (mm ²)	
			A_4 (mm ²)	
主管材料			評価: $A_0 > A_r$ よって十分である。	
S_r (MPa)				
D_{or} (mm)				
D_{ir} (mm)				
t_{ro} (mm)		d_{frD} (mm)		
Q_r			L_{AD} (mm)	
t_r (mm)			L_{ND} (mm)	
t_{rr} (mm)			A_{rD} (mm ²)	
η			A_{0D} (mm ²)	
			A_{1D} (mm ²)	
管台材料			A_{2D} (mm ²)	
S_b (MPa)			A_{3D} (mm ²)	
D_{ob} (mm)			A_{4D} (mm ²)	
D_{ib} (mm)			評価: $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。	
t_{bn} (mm)				
Q_b				
t_b (mm)		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)	—
			We_1 (N)	—
穴の径 d (mm)			We_2 (N)	—
K			We_3 (N)	—
d_{fr} (mm)			We_4 (N)	—
L_A (mm)			We_5 (N)	—
L_N (mm)			We_{bD} (N)	—
L_1 (mm)			We_{bD} (N)	—
L_2 (mm)			We_{bD} (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。	

V-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添付書類「IV-**-**-* 管の基本板厚計算書」による。

第二部 クラス1管の応力計算方法

目次

1. 一般事項.....	2-1
1.1 概要.....	2-1
1.2 適用規格.....	2-1
2. クラス1管の強度計算方法.....	2-1
2.1 計算方針.....	2-1
2.2 計算方法.....	2-2
3. 計算書の構成.....	2-15
3.1 管の応力計算書.....	2-15

1. 一般事項

1.1 概要

本計算方法は、発電用原子力設備のうち、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

適用規格を以下に示す。

- (1) 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（以下「技術基準規則」という。）
- (2) 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（以下「技術基準規則解釈」という。）
- (3) 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）（以下「設計・建設規格」という。）

2. クラス1管の強度計算方法

2.1 計算方針

設計基準対象施設はそれぞれの施設の評価条件での設計・建設規格による評価を実施する。

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1管は、設計・建設規格 PPB-3500 による評価を実施する。

2.2 計算方法

2.2.1 解析による計算

応力計算は三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。なお、解析は計算機コード「SAP-V」を使用する。

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モデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
- (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
- (3) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカ点からアンカ点までとする。
- (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
- (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように、適切な間隔で設ける。
- (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
 - a. レストレイント：拘束方向の剛性を考慮する。
 - b. スナッパ：拘束方向の剛性を考慮する。
 - c. アンカ：6方向を固定と扱う。
 - d. ガイド：拘束方向及び回転拘束方向の剛性を考慮する。
- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量（フランジ部含む。）の他に弁等の集中質量、保温材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
- e. 配管肉厚方向の温度こう配及び管軸に沿った構造上不連続部に生じる熱応力

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)
C_1, C_2, C_{2b} C_{2r}, C_3, C_3'	—	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次+二次応力の計算に使用するもの)
C_4	—	フェライト系材料に対し 1.1, オーステナイト系材料に対し 1.3
D_0	mm	管の外径
E	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定する縦弾性 係数
E_{ab}	MPa	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した 点又は材質を異にする点を境とするそれぞれの側の室温にお ける設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に規定する縦 弾性係数の平均値
$K_1, K_2, K_{2b},$ K_{2r}, K_3	—	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (ピーク応力の計算に使用するもの)

記号	単位	定義
$M_{b p}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重により生ずるモーメント
$M_{b r}$	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。）により生ずるモーメント
$M_{b s}$	N・mm	<p>(S_n, S_p) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の熱膨張，支持点の変位及び機械的荷重（自重を除く。）により生ずるモーメント</p> <p>(S_n') : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の支持点の変位（熱によるものを除く。）及び機械的荷重（自重を除く。）により生ずるモーメント</p> <p>(S_e) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント</p>
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ずるモーメント
$M_{i p}$	N・mm	管の機械的荷重により生ずるモーメント

記号	単位	定義
$M_{i s}$	N・mm	(S_n, S_p) : 管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント (S_n') : 管の支持点の変位 (熱によるものを除く。) 及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント (S_e) : 管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント
$M_{r p}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重により生ずるモーメント
$M_{r s}$	N・mm	(S_n, S_p) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント (S_n') : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の支持点の変位 (熱によるものを除く。) 及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント (S_e) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント
n_i	—	繰返し荷重 i の実際の繰返し回数
N_i	—	繰返し荷重 i の許容繰返し回数
P	MPa	最高使用圧力
P_o	MPa	供用状態A及びBにおいて生ずる圧力
P_o'	MPa	供用状態における最大圧力

記号	単位	定義
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_e	MPa	熱膨張応力
S_ℓ	MPa	繰返しピーク応力強さ（設計・建設規格 PPB-3533 による。）
S_m	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に規定する材料の設計応力強さ
S_n	MPa	一次＋二次応力
S_n'	MPa	一次＋二次応力（熱によるものを除く。）
S_p	MPa	ピーク応力
$S_{pr m}$	MPa	一次応力
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点
t	mm	管の厚さ
T_a, T_b	℃	構造上の不連続部のうち応力集中度が最も高いと推定した点又は材質を異にする点を境とするそれぞれの側における次の計算式により計算した範囲 a, b 内の平均温度 $l_a = \sqrt{(d_a t_a)}, \quad l_b = \sqrt{(d_b t_b)}$ d_a 及び d_b : 構造上の不連続部のうち応力集中度が最も高いと推定した点を境とするそれぞれの側における管の内径(mm) t_a 及び t_b : a 及び b の範囲内における管の平均厚さ(mm)
ΔT	℃	温度差の変動範囲
ΔT_1	℃	線形化した厚さ方向の温度分布における管の内外面温度差
ΔT_2	℃	管の内面又は外面において生ずる温度とそれに対応する線形化した温度との差のうちいずれか大きい方の温度（負の場合は 0 とする）

記号	単位	定義
Z, Z_i	mm^3	管の断面係数
Z_b	mm^3	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^3	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
α	$\text{mm}/\text{mm}^\circ\text{C}$	室温における設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 2 に規定する熱膨張係数
α_a, α_b	$\text{mm}/\text{mm}^\circ\text{C}$	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した点を境とするそれぞれの側の室温における設計・建設規格付録材料図表 Part6 表 2 に規定する熱膨張係数
ε_e	—	<p>S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、弾性解析により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算した値</p> $\varepsilon_e = \sigma^* / E$ <p>σ^* : 弾性解析によるミーゼス相当応力</p>
ε_{ep}	—	<p>S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、材料の応力-ひずみ関係として、降伏応力を S_m の 1.5 倍の値とした弾完全塑性体とした弾塑性解析により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算した値</p> $\varepsilon_{ep} = \sigma / E + \varepsilon^p$ <p>σ : 弾塑性解析によるミーゼス相当応力 ε^p : 弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ</p>

2.2.2.2 応力計算

(1) 設計・建設規格 PPB-3500 による評価

a. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3520)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_{pr m}(1) = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{bp} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{rp} / Z_r \leq 1.5 \cdot S_m$$

(b) (a)以外の管

$$S_{pr m}(1) = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_{ip} / Z_i \leq 1.5 \cdot S_m$$

b. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3552)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_{pr m}(2) = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{bp} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{rp} / Z_r \\ \leq \text{Min} (2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$$

(b) (a)以外の管

$$S_{pr m}(2) = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_{ip} / Z_i \leq \text{Min} (2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$$

c. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3562)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

(b) (a)以外の管

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

d. 一次+二次応力 (設計・建設規格 PPB-3531)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_n = C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r + C_3 \cdot E_{ab} \cdot \\ | \alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b | \leq 3 \cdot S_m$$

(b) (a)以外の管

$$S_n = C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + C_2 \cdot M_{is} / Z_i + C_3 \cdot E_{ab} \cdot | \alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b | \\ \leq 3 \cdot S_m$$

e. ピーク応力 (設計・建設規格 PPB-3532)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_p = K_1 \cdot C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + K_{2b} \cdot C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b +$$

$$K_{2r} \cdot C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r + K_3 \cdot E \cdot \alpha \cdot |\Delta T_1| / 1.4 + K_3 \cdot C_3 \cdot E_{ab} \cdot |\alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b| + E \cdot \alpha \cdot |\Delta T_2| / 0.7$$

(b) (a)以外の管

$$S_p = K_1 \cdot C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + K_2 \cdot C_2 \cdot M_{is} / Z_i + K_3 \cdot E \cdot \alpha \cdot |\Delta T_1| / 1.4 + K_3 \cdot C_3 \cdot E_{ab} \cdot |\alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b| + E \cdot \alpha \cdot |\Delta T_2| / 0.7$$

f. 繰返しピーク応力強さ（設計・建設規格 PPB-3533）

$$S_\ell = S_p / 2$$

g. 許容繰返し回数（設計・建設規格 PPB-3534）

設計・建設規格 添付 4-2 3.1 及び 3.2 を用いて、設計・建設規格 PPB-3533 に従って算出された繰返しピーク応力強に対応する許容繰返し回数 N_i を算出する。

h. 疲労累積係数（設計・建設規格 PPB-3535）

$$\Sigma (n_i / N_i) \leq 1.0$$

i. 簡易弾塑性解析（設計・建設規格 PPB-3536）

(a) 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に定める当該部分の材料の最小降伏点と最小引張強さとの比が 0.8 以下であること。

(b) 供用状態 A 及び B において生ずる当該部分の温度は、次の値を超えないこと。

イ. 低合金鋼，マルテンサイト系ステンレス鋼及び炭素鋼 370°C

ロ. オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金 430°C

(c) 一次＋二次応力(熱によるものを除く。)

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n' = C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r + C_3' \cdot E_{ab} \cdot |\alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b| \leq 3 \cdot S_m$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_n' = C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + C_2 \cdot M_{is} / Z_i + C_3' \cdot E_{ab} \cdot |\alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b| \leq 3 \cdot S_m$$

(d) 供用状態 A 及び B における設計・建設規格 PPB-3533 の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとした値は、設計・建設規格 添付 4-2, 3.1 及び 3.2 における 10 回の許容繰返し回数に対応する許容繰返しピーク応力強さの値を超えない

こと。

- (e) 供用状態A及びBにおける次の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとし、設計・建設規格 添付 4-2, 3.1 及び 3.2 において、これに対応する許容繰返し回数が実際の繰返し回数以上であること。この場合において、実際の繰返し回数が2種類以上ある場合は、疲労累積係数が1以下でなければならない。

$$S_{\ell} = K_e \cdot S_p / 2$$

K_e : 次の計算式により計算した値

- イ. $S_n < 3 \cdot S_m$ の場合

$$K_e = 1$$

- ロ. $S_n \geq 3 \cdot S_m$ 場合

- (イ) $K < B_0$ の場合

$$i. \quad S_n / (3 \cdot S_m) < [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0) \text{ の場合}$$

$$K_e = K_e^* = 1 + A_0 \cdot \{S_n / (3 \cdot S_m) - 1 / K\}$$

$$ii. \quad S_n / (3 \cdot S_m) \geq [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0) \text{ の場合}$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) (1 - 3 \cdot S_m / S_n)$$

- (ロ) $K \geq B_0$ の場合

$$i. \quad S_n / (3 \cdot S_m) < [(q - 1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}] / a \text{ の場合}$$

$$K_e = K_e^{**} = a \cdot S_n / (3 \cdot S_m) + A_0 \cdot (1 - 1/K) + 1 - a$$

$$ii. \quad S_n / (3 \cdot S_m) \geq [(q - 1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}] / a \text{ の場合}$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n)$$

ここで,

$$K = S_p / S_n,$$

$$a = A_0 \cdot (1 - 1/K) + (q - 1) - 2 \cdot \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}$$

q, A_0, B_0 : 下表に掲げる材料の種類に応じ、それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	q	A ₀	B ₀
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

$S_n \geq 3 \cdot S_m$ の場合、2.2.2.2(1)g.(e)ロ.に関わらず、次の計算式により計算した値を用いても良い。

$$K_e = \varepsilon_{ep} / \varepsilon_e$$

(f) 熱膨張応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_e = C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r \leq 3 \cdot S_m$$

ロ. (イ)以外の管

$$S_e = C_2 \cdot M_{is} / Z_i \leq 3 \cdot S_m$$

(g) 管の内外面の温度差の変動範囲

$$\Delta T \leq 1.4 \cdot y \cdot S_y / (E \cdot \alpha) \cdot C_4$$

y : x の値に応じ下表に示す値

x	0.3	0.5	0.7	0.8
y	3.33	2.00	1.20	0.80

(備考) 表中の値の中間の値は、比例法によって計算する。

x : 次式により計算した値

$$x = P_0' \cdot D_0 / (2 \cdot t) \cdot 1 / S_y$$

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 1 管	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	P + M + D	設計条件
		P + M + T + O	許容応力状態 I, II
		P + M + D	許容応力状態 III
		P + M + D	許容応力状態 IV

表 2-1 中の記号

P : 内圧による荷重

M : 機械荷重 (自重除く)

D : 配管の自重による荷重

T : 配管の熱膨張荷重 (支持点の熱膨張変位を含む)

O : 過渡熱による荷重

表 2-2 許容応力 (クラス 1 管)

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
設計条件	$1.5 \cdot S_m$	—	—
許容応力状態 I, II	—	$3 \cdot S_m$	疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
許容応力状態 III	$\text{Min} (2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$	—	—
許容応力状態 IV	$\text{Min} (3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$	—	—

2.2.4 計算精度と桁処理方法

計算精度は6桁以上を確保する。表示する数値の桁処理方法は表2-3に示すとおりである。

表 2-3 数値の桁処理方法

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力* ¹		MPa	—	—	小数点以下第2位* ²
温度		℃	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	小数点以下第1位
	鳥瞰図記載	mm	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
応力	算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
	許容応力* ³	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 *1: 必要に応じて kPa を使用し, MPa 表示を () 内に併記する。また, 静水頭は「静水頭」と表示する。

*2: 必要に応じて小数点以下第3位又は第4位を用いる。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力及び降伏点は, 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. 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。

(2) 概略系統図及び鳥瞰図

a. 概略系統図

工事計画記載範囲の管を含む概略系統図を添付する。ただし、工事計画記載範囲のすべてについて既工認における評価結果の確認による評価を実施した系統については、既工認の計算書番号等を記載のうえ、添付を省略する。

b. 鳥瞰図

工事計画記載範囲の管を含む解析モデルの解析モデル図を添付する。ただし、以下に該当する場合は、その旨を記載のうえ、添付を省略する。

(a) 既工認における評価結果の確認による評価を実施した範囲

既工認の計算書番号等を記載の上、添付を省略する。

(3) 計算条件

本項目記載内容及び添付フォーマットを以下に示す。ただし、鳥瞰図の添付を省略した範囲については、同様の理由で添付を省略する。

a. 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 クラス

b. 材料及び許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa) *			
		S_m	S_y	S_u	S_h

注記 * : 評価に使用しない許容応力については欄を設けない。

(4) 評価結果

工事計画記載範囲の管の各応力区分における最大発生応力の評価点の評価結果を示した表を解析モデル単位に添付する。解析モデルは各応力区分における裕度最小モデルを添付する。添付フォーマットを以下に示す。

a. 設計・建設規格 PPB-3500 による評価結果

鳥瞰図番号

供用状態	最大応力評価点	配管要素名称	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)				熱応力評価 (°C)		疲労評価
				一次応力 $S_{p r m}$	許容応力 $1.5 \cdot S_m$ $\text{Min}(2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$ $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$	一次+二次応力 S_n	熱膨張応力 S_e	熱を除いた一次+二次応力 S_n'	許容応力 $3 \cdot S_m$	温度差の変動範囲 ΔT	許容温度差	疲労累積係数 U
(A, B)			$S_{p r m} (1)$	Max	$1.5 \cdot S_m$							
(A, B)			S_n			Max				$3 \cdot S_m$		
(A, B)			S_e				Max			$3 \cdot S_m$		
(A, B)			S_n'					Max		$3 \cdot S_m$		
(A, B)			U									Max
C			$S_{p r m} (2)$	Max	$\text{Min}(2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$							
D			$S_{p r m} (3)$	Max	$\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$							