

VI-3-2-7 クラス3管の強度計算方法

目次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1
1.3 強度計算書の構成とその見方	5
1.4 計算精度と数値の丸め方	6
1.5 材料の表示方法	7
1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法	8
2. クラス3管の強度計算方法	9
2.1 共通記号	9
2.2 管の板厚計算	10
2.3 平板の強度計算	12
2.4 鏡板の強度計算	23
2.5 レジューサの強度計算	26
2.6 管の穴と補強計算	29
2.7 フランジの強度計算	54
2.8 伸縮継手の強度計算	69
別紙1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領	
別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット	

1. 一般事項

1.1 概要

本計算方法は、発電用原子力設備のうちクラス3管の基本板厚計算書（以下「強度計算書」という。）について説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) 強度計算は、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表1-1に示すとおりである。

- (2) 設計・建設規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。日本産業規格（以下「J I S」という。）と強度計算書との対応は、表1-2に示すとおりである。

- (3) 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 PPD-3415）

- a. J I S B 2 3 0 1 (2001) 「ねじ込み式可鍛鉄製管継手」
- b. J I S B 2 3 0 2 (1998) 「ねじ込み式鋼管製管継手」
- c. J I S B 2 3 0 3 (1995) 「ねじ込み式排水管継手」
- d. J I S B 2 3 1 1 (2001) 「一般配管用鋼製突合せ溶接式管継手」
- e. J I S B 2 3 1 2 (2001) 「配管用鋼製突合せ溶接式管継手」
- f. J I S B 2 3 1 3 (2001) 「配管用鋼板製突合せ溶接式管継手」
- g. J I S B 2 3 1 6 (1997) 「配管用鋼製差込み溶接式管継手」
- h. J I S G 3 4 5 1 (1987) 「水輸送用塗覆装鋼管の異形管」
- i. J I S G 5 5 2 7 (1998) 「ダクタイル鉄異形管」

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

(5) 管の接続

管と管を接続する場合は、設計・建設規格 PPD-3430 により溶接継手、フランジ継手、ねじ込み継手又は機械的継手（メカニカルジョイント、ピクトリックジョイント等であつて当該継手が十分な強度を有する機械的な締付けにより行われ、かつ、漏えいを防止する方法によるものに限る。）とする。ただし、継手部に著しい配管反力が生じる場合は、ねじ込み継手又は機械的継手としない。

表 1-1 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

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

設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
PPD-3415.2 (鏡板) PPD-3415.2(1) PPD-3415.2(2)	2.4	鏡板の強度計算
PPD-3416 (伸縮継手)	2.8	伸縮継手の強度計算
PPD-3420 (穴と補強) PPD-3421 PPD-3422 PPD-3423 PPD-3424 PPD-3422(3)	2.6 2.3	管の穴と補強計算 平板の強度計算

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
NO.	項		
J I S B 8 2 6 5 (2003)	2	2.7	フランジの強度計算*
「圧力容器の構造—一般事項」	3		
附属書 3 (規定)「圧力容器のボルト締めフランジ」	4		
	5		

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

*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主管と分岐管とのなす角度に用いる。

1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。

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

相当材記号 相当 (当該材記号)

(例 1) SM400A 相当 (SMA400AP)

(例 2) SCM3-1 相当 (ASME SA-387 Gr. 11C1.1)

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

(継目無管 : S, 溶接管 : W)

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

(例)

設計・建設規格の表示	計算書の表示
SCMV3 () 付録材料図表 Part5 表 5 の許容 引張応力の上段	SCMV3-1
SCMV3 () 付録材料図表 Part5 表 5 の許容 引張応力の下段	SCMV3-2

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

(例) SS400 (16 mm < 径 ≤ 40 mm)

- (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3管の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス3管の強度計算に用いる計算式と記号を以下に定める。

2.1 共通記号

特定の計算に限定せず、一般的に使用する記号を共通記号として次に掲げる。

なお、以下に示す記号のうち、各計算において説明しているものはそれに従う。

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	NO.	管, 平板, 鏡板, レジューサ, 管の穴, フランジ及び伸縮継手等の番号 数字のみ: 管 B: 平板 C: 鏡板 R: レジューサ T: 管の穴 F: フランジ E: 伸縮継手 SP: 穴あき管	—
P	P	最高使用圧力 (内圧)	MPa
P_e	P_e	外面に受ける最高の圧力	MPa
	Q	厚さの負の許容差	%, mm
η	η	継手の効率 管及び鏡板は設計・建設規格 PVD-3110 による。レジューサは設計・建設規格 PVC-3130 による。	—

2.2 管の板厚計算

管の板厚計算は、設計・建設規格 PPD-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Part7 図1～図20により求めた値（Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に t_{op} となる。）	—
D_o	D_o	管の外径	mm
ℓ	ℓ	管の座屈の長さ	mm
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
t	t	管の計算上必要な厚さ	mm
t	t_{op}	管の計算上必要な厚さ	mm
	t_r	管に必要な厚さ	mm
	t_s	管の最小厚さ	mm
	t_t	炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ	mm
	算式	t_r として用いる値の算式	—
	製法		—
	S	継目無管	
	W	溶接管	

(2) 算式

管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPD-3411(1)の式より求めた値：t

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

b. 外面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPD-3411(2)の図 PPD-3411-1 より求めた値。ただし、図から求められない場合は次の式より求めた値：t_{op}

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

c. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な厚さ：t_t

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値 …………… (C)

(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) ≥ 管に必要な厚さ(t_r)ならば強度は十分である。

(4) 補足

- a. 計算書中、算式の項の文字は(2)a項, b項及びc項の文字A, B及びCに対応する。
- b. 曲げ管は、管に必要な厚さが確保されている場合は、直管と同等に考えるものとし、表示はしないものとする。

2.3 平板の強度計算

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

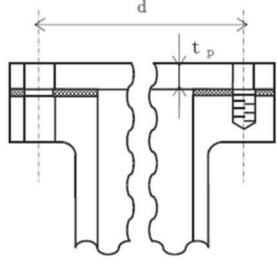
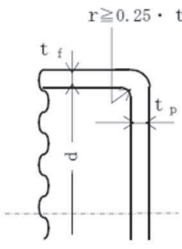
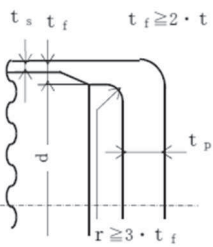
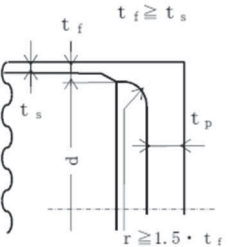
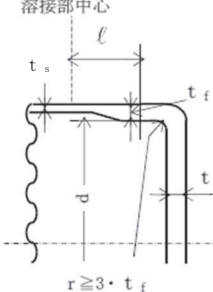
(1) 記号の説明

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 8265 附属書 3 表 3 による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	設計・建設規格の表 PPD-3413-1 に規定する方法によって測った平板の径又は最小内のり	mm
d_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 8265 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 8265 附属書 3 表 3 による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
r	r	すみの丸みの内半径	mm

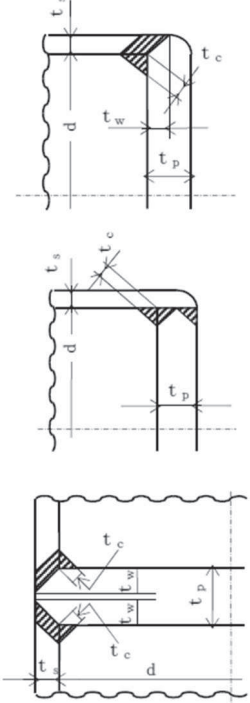
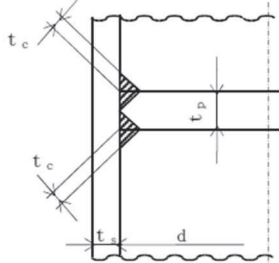
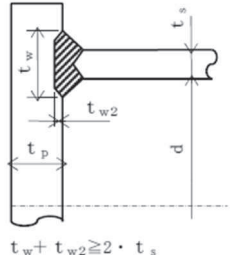
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
σ_a	S _a	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ_b	S _b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
	S _x	ボルトの許容引張応力 (S _a 又は S _b のいずれか小さい方の値)	MPa
	S ₁	最高使用温度におけるねじ込み輪, 分割リング等の機械的装置の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
t	t	平板の計算上必要な厚さ	mm
t _c	t _c	平板のすみ肉ののど厚	mm
t _f , t	t _f	平板のフランジ部の厚さ	mm
t _w	t _i	平板ののど厚	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
t _w , t _{w 1}	t _w	平板の溶接部の深さ	mm
t _{w 2}	t _{w 2}	平板の溶接部の長さ	mm
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W _g	W _g	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W _{m 1}	W _{m 1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W _{m 2}	W _{m 2}	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

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
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	—
	σ _p	平板に作用する力によって生じる応力	MPa
	NON-ASBESTOS	非石綿ジョイントシート	—
	SUS-NON-ASBESTOS	渦巻形金属ガスケット(非石綿)(ステンレス鋼)	—
	ガスケット座面の形状	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 PPD-3413 の表 PPD-3413-1 による。	—
(a)~(o)	3A~30	取付け方法の表示区分	

(2) 形状の制限

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

	取付け方法	形状の制限
(f)		$0.8 \cdot S_1 \geq \sigma_p$ であること。
(g)		$0.8 \cdot S_x \geq \sigma_p$ であること。
(h)		$t_i \geq 2 \cdot t_r$ かつ, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。
(i)		$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$, $t_w \geq t_s$ かつ, $t_s \geq 1.25 \cdot t_r$ であること。

取付け方法	形状の制限
<p>(j)</p> 	<p>(1) 平板が鍛造品で、かつ、平板の面からの開先角度が 45° 未満の場合 $t_w \geq \text{Min} (0.5 \cdot t_s, 0.25 \cdot t_p)$ かつ、 $t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。</p> <p>(2) (1)以外の場合 $t_w \geq \text{Min} (t_s, 0.5 \cdot t_p)$ かつ、 $t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。</p>
<p>(k)</p> 	<p>$t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。</p>
<p>(l)</p>  <p>$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$</p>	<p>$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ であること。</p>

	取付け方法	形状の制限
(m)		無し
(n)		$0.8 \cdot S_x \geq \sigma_p$, $r \geq 3 \cdot t_f$ であること。
(o)	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
(g)	0.20*2
(h)	Max (0.33 · m, 0.2) $m = t_r / t_s$
(i)	0.33
(j)	Max (0.33 · m, 0.2) $m = t_r / t_s$
(k)	
(l)	
(m)	$0.20 + \frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ ただし、 t_n の厚さを算出する場合は $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ *3
(n)	0.20
(o)	0.50

注記 *1: 取付け方法 (e) の場合

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

(b) 管が $2 \cdot \sqrt{d \cdot t_s}$ 以上の長さにならって

$$t_s \geq 1.12 \cdot t_f \cdot \sqrt{1.1 - \ell / \sqrt{d \cdot t_f}}$$

注記 *2 : 取付け方法 (g) の場合の σ_p は以下による。

(a) ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径
 ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b_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

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

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

ただし、b_o は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

$$W = H$$

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

ただし、P は 2.7 項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガasket締付時に必要なボルト荷重

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

(c) ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

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

(e) 平板に作用する力によって生じるボルトの応力

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

注記 *3: 取付け方法 (m) の場合の F , h_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。

$b_o \leq 6.35$ mm の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

$b_o > 6.35$ mm の場合

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

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

ただし、 b_o は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

$$W = H$$

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

ただし、 P は 2.7 項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガスケット締付時に必要なボルト荷重

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

(c) ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

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

(e) 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

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

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

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

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

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

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

(4) 評価

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

(5) 補足

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

b. スペクタクルフランジの取付け方法は (g) タイプとする。

2.4 鏡板の強度計算

鏡板の強度計算は、設計・建設規格 PPD-3415.2 及び設計・建設規格 PPD-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_0	D_0	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_{0c}	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 PPD-3415.2(2)f. の表 PPD-3415.2-1 による。	—
R	R	さら形鏡板の中央部における内半径又は全半球形鏡板の内半径	mm
R	R_D	さら形又は全半球形鏡板の中央部の外半径 $R_D = R + (\text{最小厚さ})$	mm
R	R_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
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
t	t	鏡板の鏡部及びフランジ部の計算上必要な厚さ	mm
	t_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 PPD-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 PPD-3415.2(2)a.の式 PPD-1.12 又は設計・建設規格 PPD-3415.2(2)b.の式 PPD-1.14 より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

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

ただし、

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

(b) 中高面に圧力を受けるもの

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

b. 全半球形鏡板鏡部

設計・建設規格 PPD-3415.2(2)c.の式 PPD-1.15 又は設計・建設規格 PPD-3415.2(2)d.の式 PPD-1.16 より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

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

(b) 中高面に圧力を受けるもの

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

c. 半だ円形鏡板鏡部

形状は設計・建設規格 PPD-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 PPD-3415.2(2)e.の式 PPD-1.17 又は設計・建設規格 PPD-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 PPD-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 PPD-3415.1（設計・建設規格 PVC-3124.2 準用）及び設計・建設規格 PPD-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 PPD-3415.1(3)の図 PPD-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_B	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 倍の値のいずれかの小さい方の値	MPa
t	t	レジューサの計算上必要な厚さ	mm
	t_1	円すいの部分の計算上必要な厚さ	mm
	t_2	すその丸みの部分の計算上必要な厚さ	mm
	t_3	外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さ	mm
	t_s	レジューサの最小厚さ	mm
	$t_{s\ell}$	大径端側の最小厚さ	mm
W	W	円すいの形状による係数	—
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 PPD-3415.1(1)a. の式 PPD-1.8 より求めた値

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

- b. すその丸みの部分（内面に圧力を受けるもの）

大径端側

設計・建設規格 PPD-3415.1(1)b. の式 PPD-1.9 より求めた値

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

ただし、

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

小径端側

設計・建設規格 PPD-3415.1(3) の式 PPD-1.11 より求めた値

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

ただし、Kは設計・建設規格 PPD-3415.1(3)の図 PPD-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 PPD-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. 円すい及びその丸みの部分（外面に圧力を受けるもの）

設計・建設規格 PVC-3124.2 により求める。

(a) 円すいの頂角の2分の1が22.5°以下のもの

イ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍以下の場合

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

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

ロ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径0.1倍を超える場合

次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値

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

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

(b) 円すいの頂角の2分の1が22.5°を超え60°以下のもの

イ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍以下の場合

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

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

ロ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍を超える場合

次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値

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

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

(3) 評価

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

(4) 補足

- a. 計算書中、NO. (レジューサの番号)に*印の付いているものは、偏心レジューサを示す。
- b. 偏心レジューサの場合の 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

管の穴と補強計算は、設計・建設規格 PPD-3420 を適用する。

(1) 記号の説明

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
直管 又は 曲げ 管の 記号	B	B	外面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1～図 20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に t_{br} 及び t_{rr} となる。)	—	
	D	D_{or}	主管の外径	mm	
	d	d	断面に現われる穴の径	mm	
	d	d_{fr}	補強を要しない穴の最大径	mm	
	K	K	穴の補強計算の係数 $\left(= \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r} \right)$	—	
			Q_r	主管の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S_r	最高使用温度における主管の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa	
	t_s	t_r	主管の最小厚さ	mm	
		t_{ro}	主管の公称厚さ	mm	
	t_{sr}, t_{r3}	t_{rr}	主管の計算上必要な厚さ	mm	
η	η	継手の効率 穴が管の長手継手を通る場合 穴が鏡板を継ぎ合わせて作る場合の当該継手を通る場合 穴が管と全半球形鏡板との接合部の周継手を通る場合 設計・建設規格 PVD-3110 に規定する効率 その他の場合は 1.00 とする。	—		

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

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
平板の記号	d	d	平板の径又は最小内のり	mm
	d	d _H	断面に現われる穴の径	mm
	K	K	平板の取付け方法による係数	—
	S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
	t	t	補強を要しない平板の計算上必要な厚さ	mm
	t _s	t _c	平板の最小厚さ	mm
		t _{co}	平板の呼び厚さ	mm
	t _{sr} , t _{r2}	t _{cr}	平板の計算上必要な厚さ	mm
		取付け方法	平板の取付け方法で設計・建設規格 PPD-3413 の表 PPD-3413-1 による。	—
(a)~(o)	3A~30	取付け方法の表示区分		

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)	A	A 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の2分の1の面積	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	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	d _{r 2}	補強を要しない穴の最大径	mm
	F	F	設計・建設規格 PPD-3424(1)b. 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	—	

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)		L	2つの穴の径の平均値の1.5倍の値	mm
		L _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	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 _e	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
	S	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
		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 _{nr}	t _{br}	管台の計算上必要な厚さ	mm
		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	

注記 * : 設計・建設規格の図 PPD-4000-4 による。

	設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)		W_{e3}	管台取付部突合せ溶接部の許容せん断力	N
		W_{e4}	強め材取付部突合せ溶接部の許容引張力	N
		W_{e5}	強め材取付部すみ肉溶接部の許容せん断力	N
		W_{ebp1}	予想される破断箇所の強さ	N
		W_{ebp2}	予想される破断箇所の強さ	N
		W_{ebp3}	予想される破断箇所の強さ	N
	θ	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

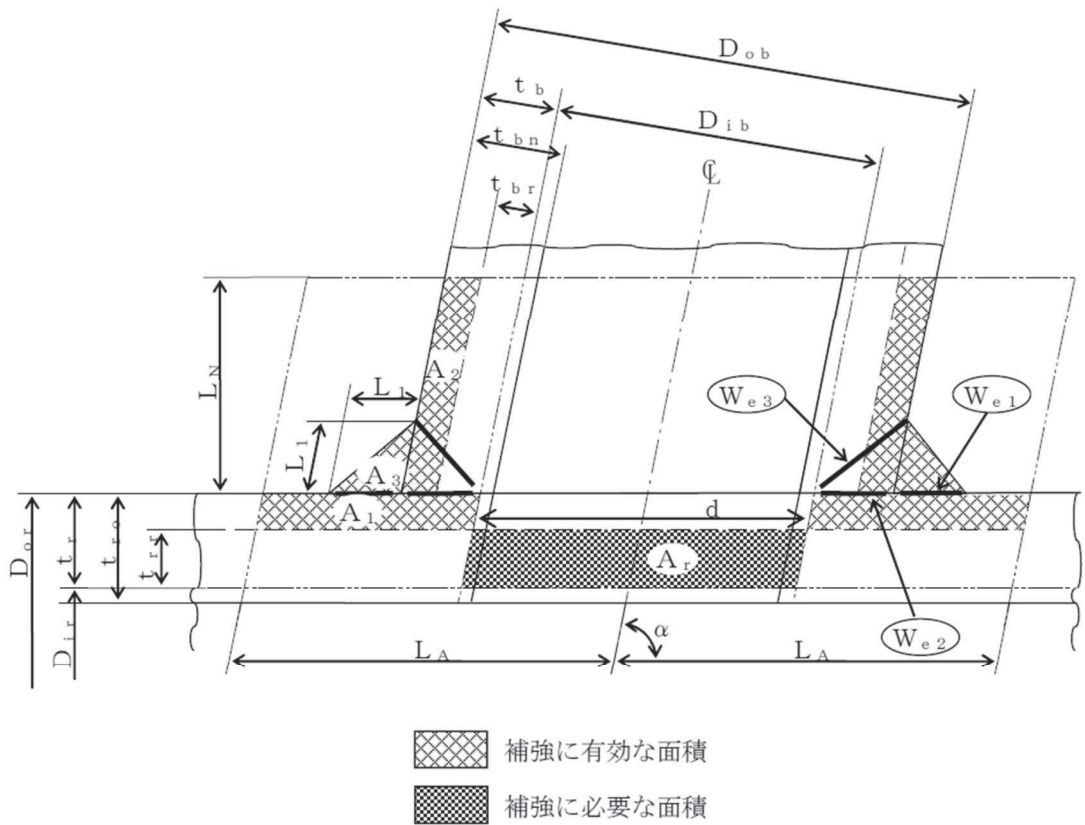
a. 穴の形状

管に設ける穴は，設計・建設規格 PPD-3421(2)により円形又はだ円形であること。

b. 管台の取付け形式

図 2-1～図 2-5 に管台の取付け形式及び予想される破断形式を示す。

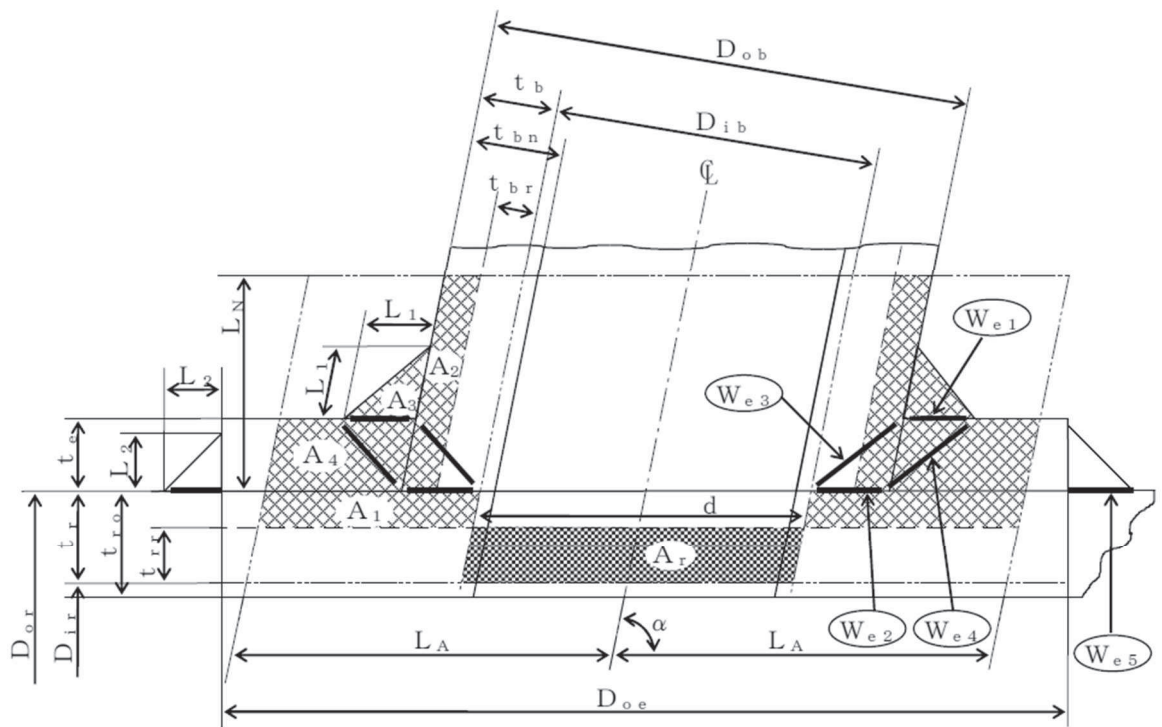
ただし，すみ肉溶接部分の破断箇所については，両方の脚長が等しいため，片側の脚長の破断形式のみを図示する。



予想される破断形式

- W_{e3} を通る破断
- W_{e1} W_{e2} を通る破断

図 2-1 A形 (強め材のない場合)

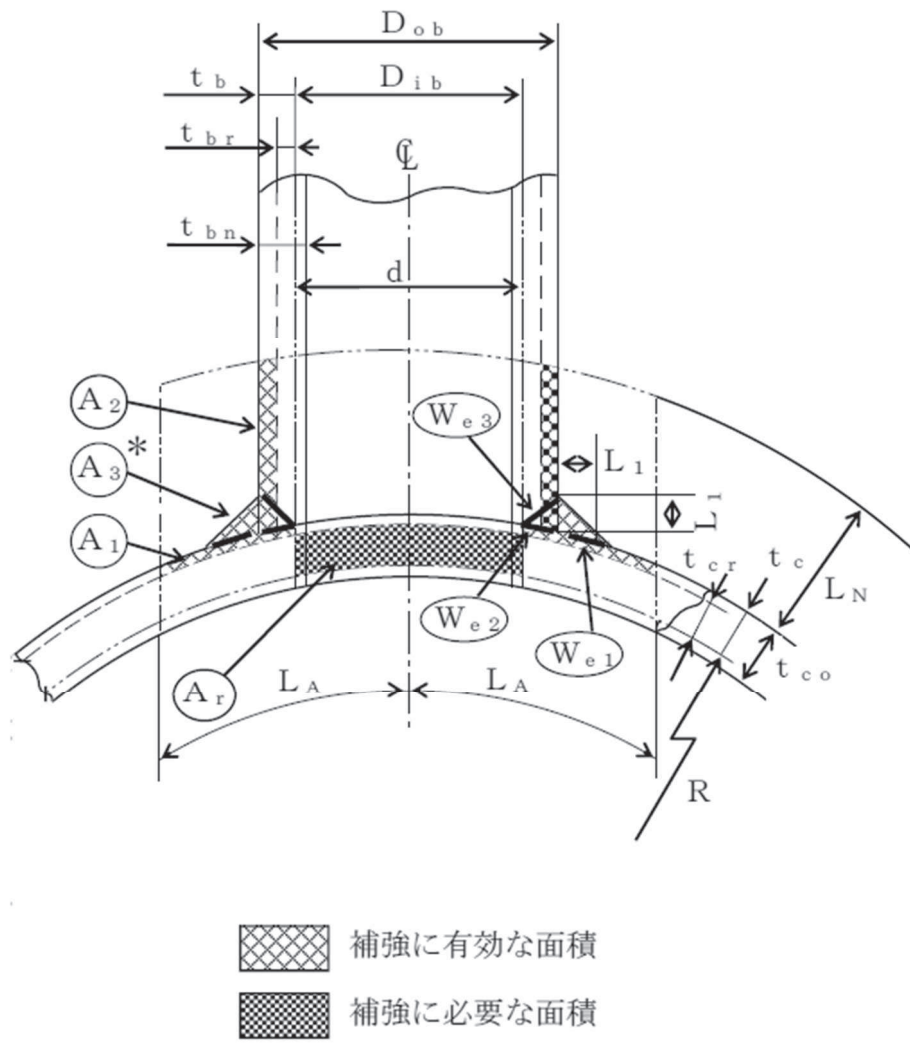


- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

予想される破断形式

- (W_{e1}, W_{e3}) を通る破断
- (W_{e2}, W_{e4}) を通る破断
- (W_{e2}, W_{e5}) を通る破断

図 2-2 B形 (強め材のある場合)

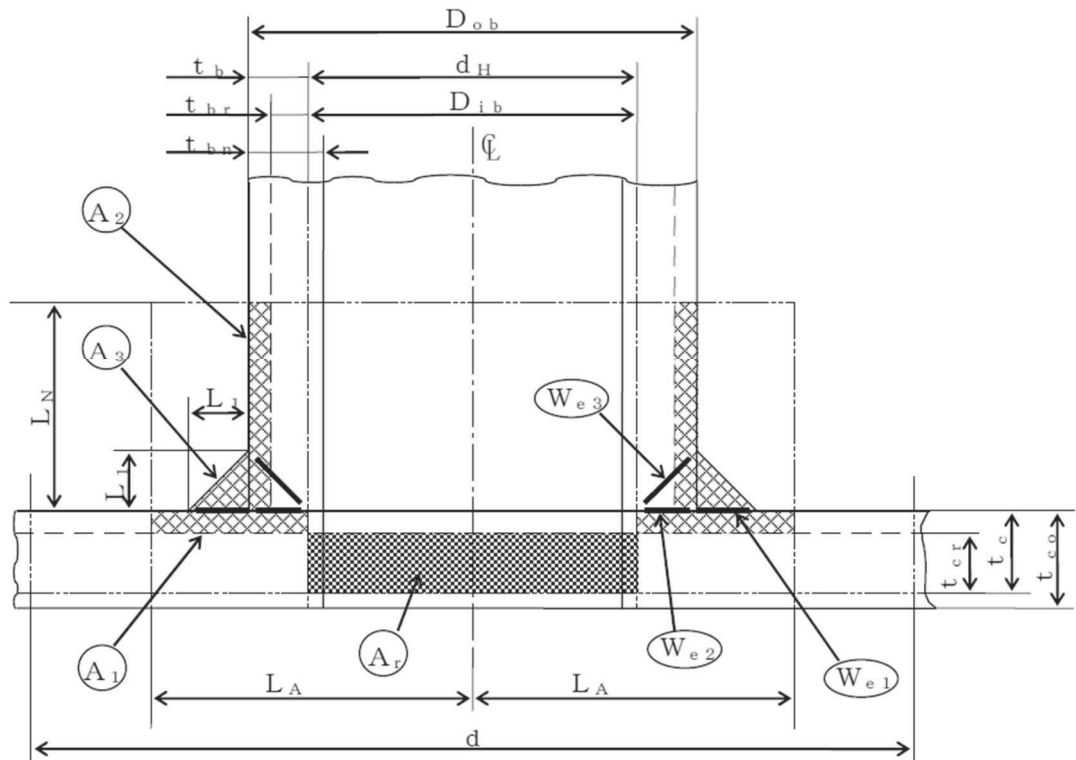


予想される破断形式

- W_{e3} を通る破断
- W_{e1} W_{e2} を通る破断

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

図 2-3 A形 (鏡板で強め材のない場合)

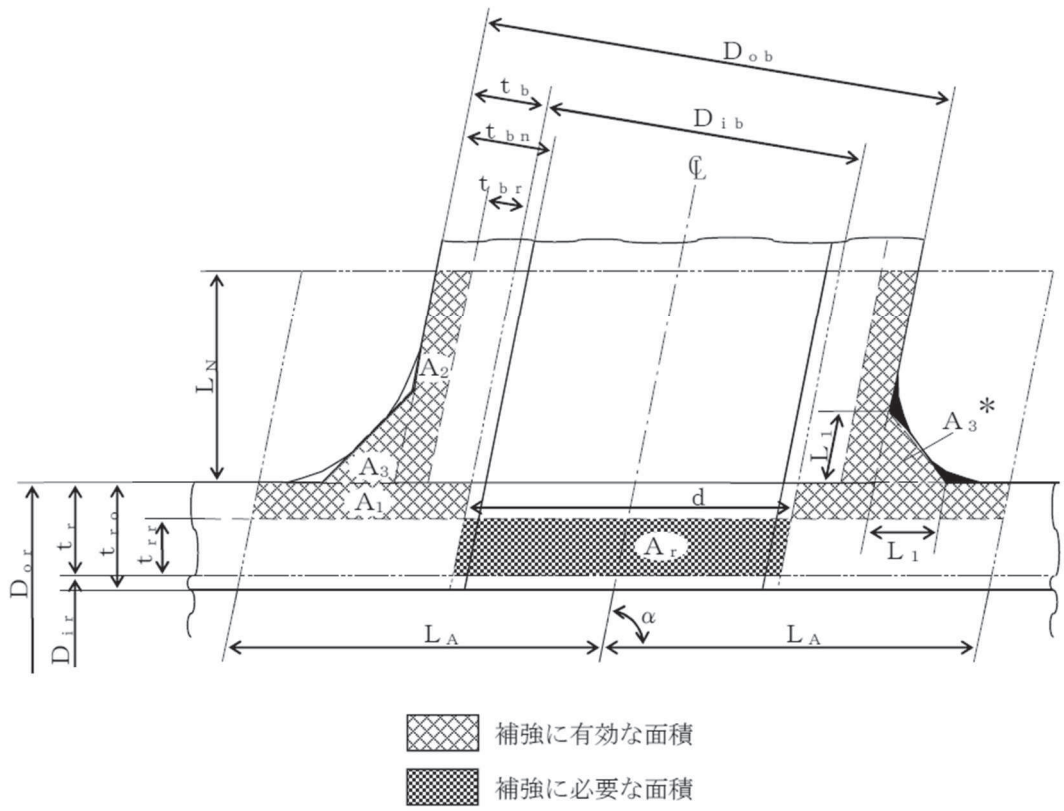


- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

予想される破断形式

- W_{e3} を通る破断
- W_{e1} W_{e2} を通る破断

図 2-4 A形 (平板で強め材のない場合)



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

図 2-5 C形 (一体形で強め材のない場合)

c. 穴の補強の要否

穴の補強の要否は、設計・建設規格 PPD-3422 を適用する。

(a) 算式

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

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

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

直管又は曲げ管の場合

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

鏡板の場合

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

ただし、K の値は次の算式による。

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) さらに形鏡板又は半だ円形鏡板の場合

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

(ハ) 全半球形鏡板の場合

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

ただし、 $K > 0.99$ の場合は $K = 0.99$ とする。

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

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

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

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

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

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

(b) 評価

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

必要な場合は、 d 項以降による。

d. 穴の補強に有効な範囲

穴の補強に有効な範囲は、設計・建設規格 PPD-3424(1)a. を適用する。

ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 鏡板の場合

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

ハ. 平板の場合

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

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 鏡板の場合

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

ハ. 平板の場合

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

e. 主管の厚さの計算

主管の計算上必要な厚さ (t_{rr} 又は t_{cr}) は、設計・建設規格 PPD-3424(1)b. (a) を適用する。

(a) 直管又は曲げ管の場合

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

ただし、 $\eta = 1.00$

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

(b) 鏡板の場合

イ. さら形鏡板

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

ただし、W=1.00 及び η=1.00

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

ロ. 半だ円形鏡板

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

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

ハ. 全半球形鏡板

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

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

(c) 平板の場合

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

f. 管台の厚さの計算

管台の計算上必要な厚さ (t_{br}) は、設計・建設規格 PPD-3424(1)b.(b)を適用する。

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

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

g. 穴の補強計算

穴の補強計算は、設計・建設規格 PPD-3424(1)を適用する。

(a) 算式

イ. 補強に必要な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) 鏡板の場合

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

(ハ) 平板の場合

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

ロ. 補強に有効な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

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

(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)

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

(ロ) 鏡板の場合

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

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

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

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(ハ) 平板の場合

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

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

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

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(b) 評価

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

h. 大穴の補強の要否

大穴の補強の要否は，設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

(a) 算式

大穴の補強を要しない限界径 ($d_{f r D}$)

イ. $D_{i r}$ が 1500 mm 以下の場合

$$d_{f r D} = D_{i r} / 2$$

ただし，500 mm を超える場合 500 mm とする。

ロ. $D_{i r}$ が 1500 mm を超える場合

$$d_{f r D} = D_{i r} / 3$$

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 ($d_{f r D}$) \geq 断面に現われる穴の径 (d) ならば大穴の補強計算は必要ない。

必要な場合は，i 項以降による。

i. 大穴の補強に有効な範囲

大穴の補強に有効な範囲は，設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

ただし，構造上計算した有効範囲が取れない場合は，構造上取り得る範囲とする。

(a) 大穴の補強における管台の取付け形式

図 2-6～図 2-10 に大穴の補強における管台の取付け形式を示す。

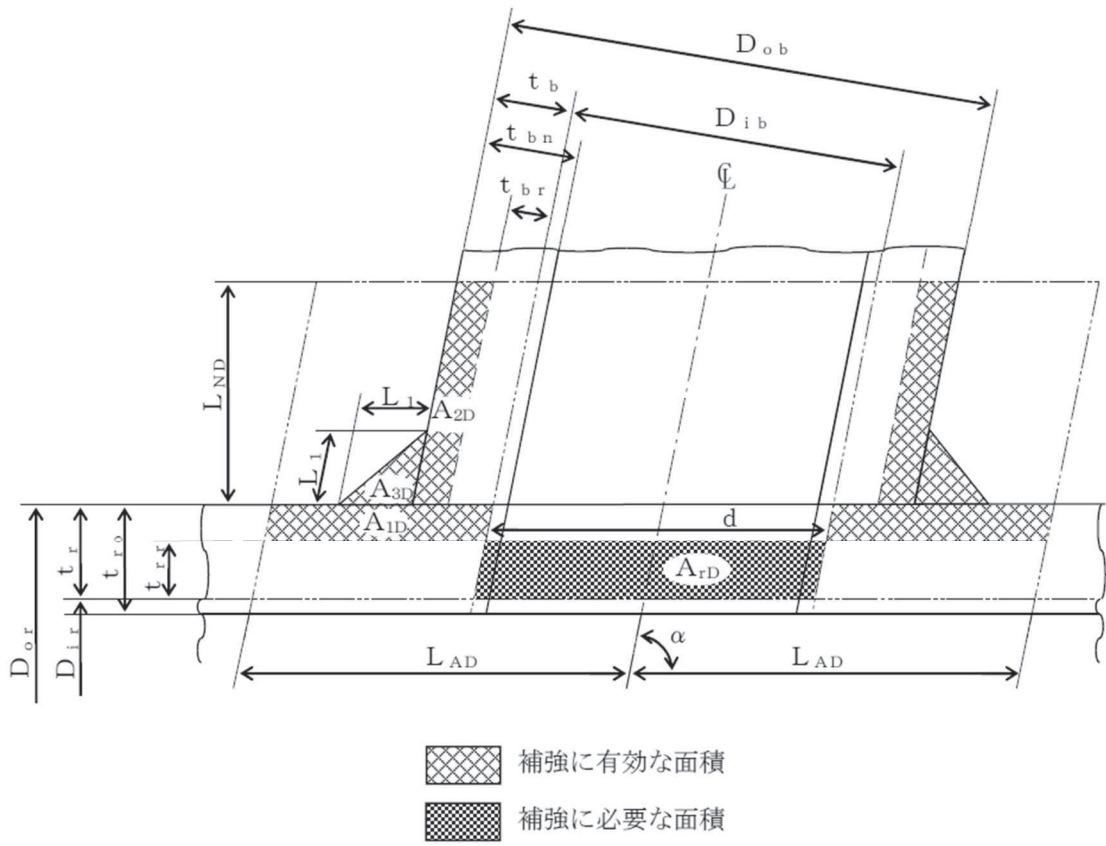


図 2-6 A形 (強め材のない場合)

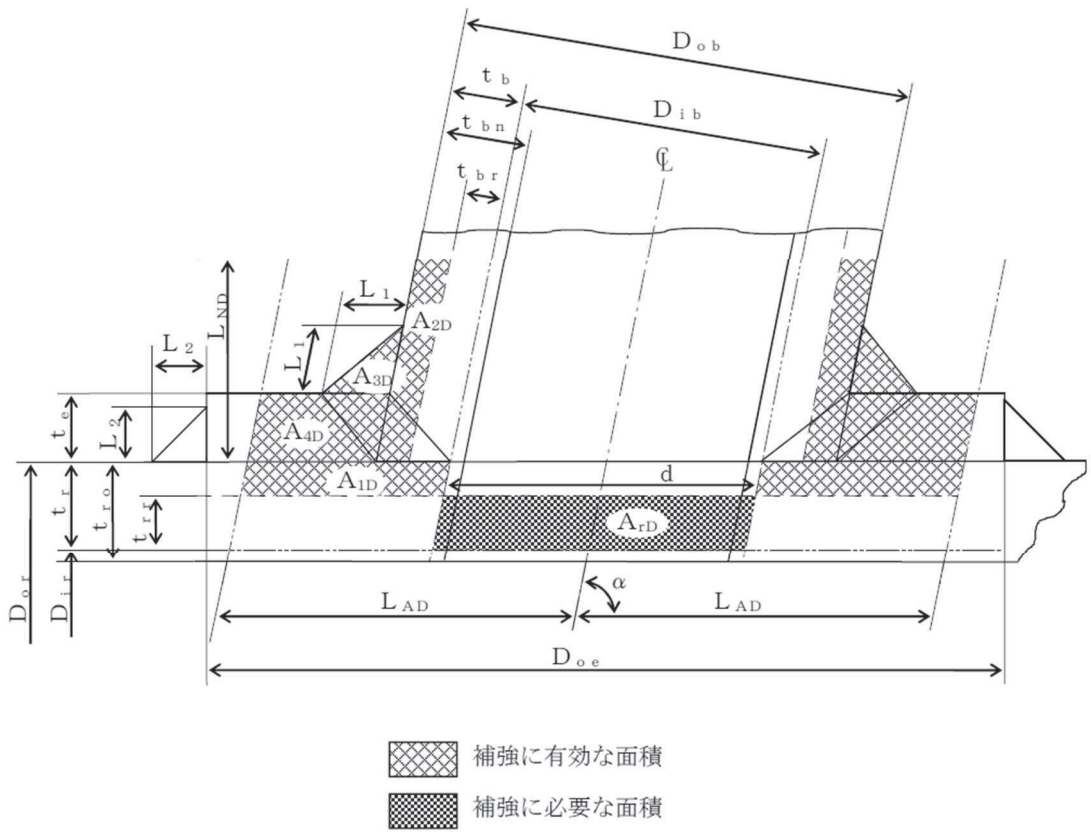
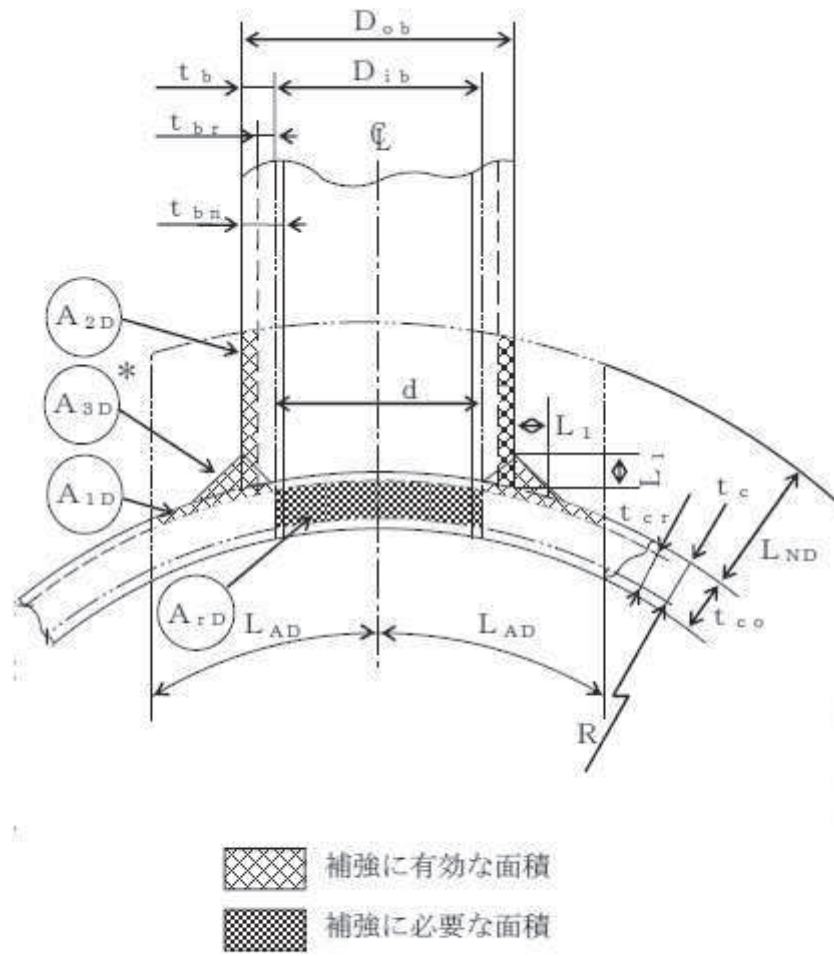


図 2-7 B形 (強め材のある場合)



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

図 2-8 A形 (鏡板で強め材のない場合)

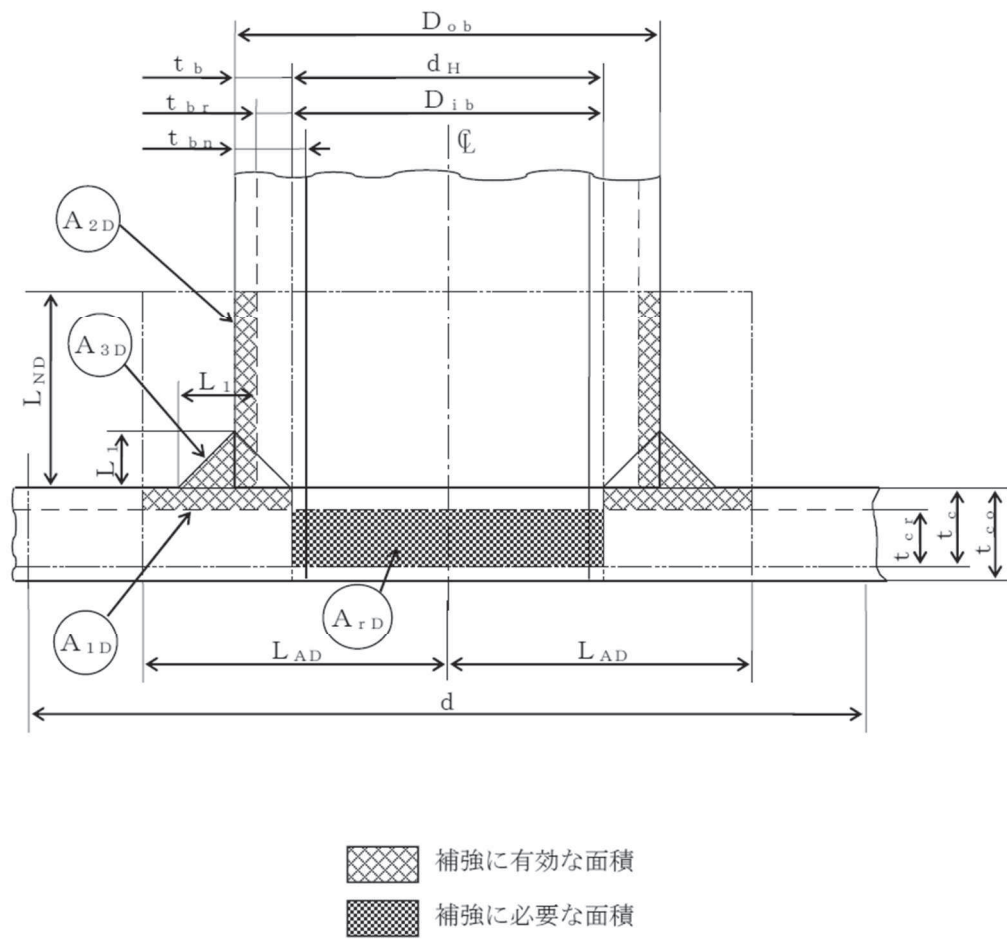
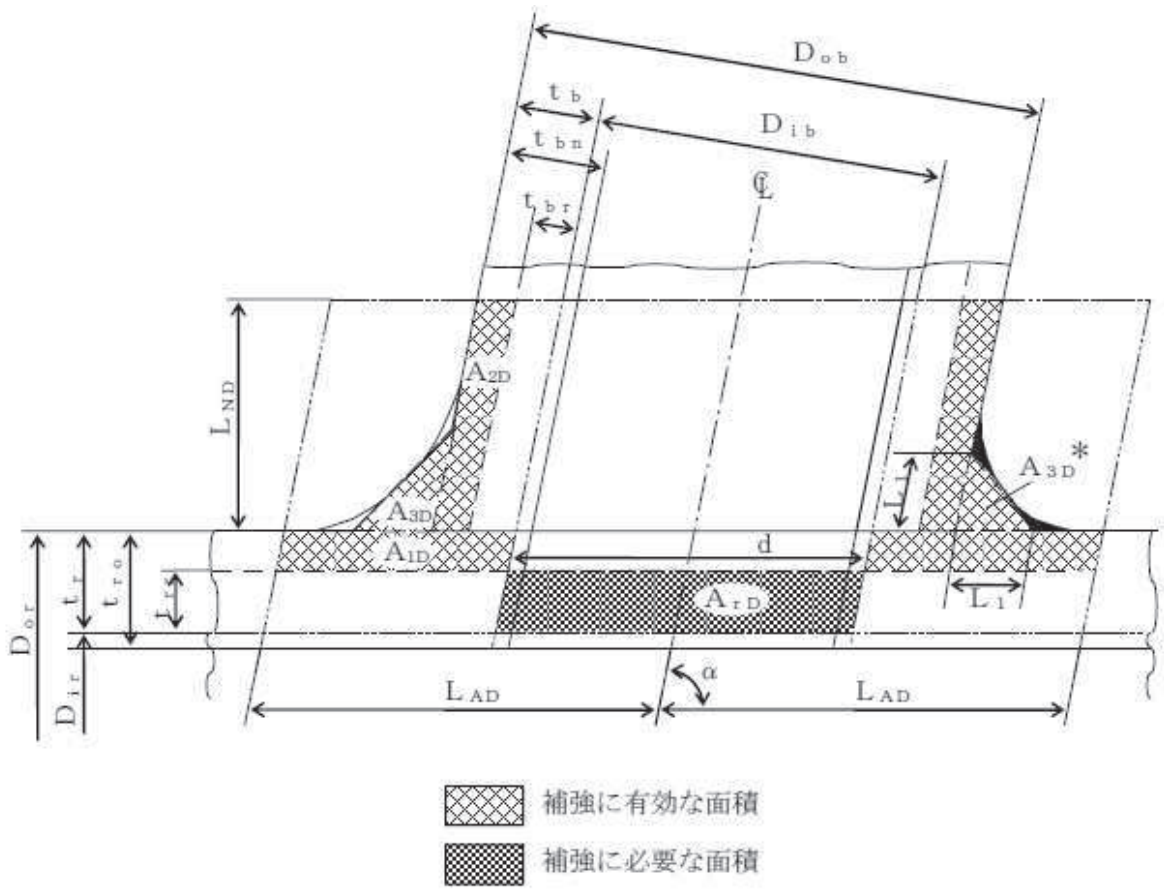


図 2-9 A形 (平板で強め材のない場合)



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

図 2-10 C形 (一体形で強め材のない場合)

(b) 穴の中心線に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

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

(c) 主管の面に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

$$L_{ND} = L_N$$

j. 大穴の補強計算

大穴の補強計算は、設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

(a) 算式

イ. 大穴の補強に必要な面積

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

ロ. 大穴の補強に有効な面積

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

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} 内にある場合)

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

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} の外にまである場合)

$$A_{3D} = A_3$$

(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} の外にまである場合)

$$A_{4D} = A_4$$

(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} の外まである場合)

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

(b) 評価

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

k. 2つ穴の補強計算

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

以下、直管の2つ穴の計算方法を示す。

(a) 算式

イ. 2つの穴の間にある主管の必要な断面積

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

ロ. 2つの穴の間にある主管の断面積

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

(b) 算式

2つの穴の径の平均値の1.5倍の値

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

(c) 算式

イ. 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1

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

A_r 及び A_{rs} は1つの穴の計算に準じる。

ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積

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

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

(d) 評価

穴の補強は、以下の条件を満足すれば十分である。

イ. 2つの穴の間にある主管の断面積 (A_{so}) \geq 2つの穴の間にある主管の必要な断面積 (A_{sr})

ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積 (A_{oi}) \geq 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1 (A_{ri})

ハ. 2つの穴の中心間の距離 (L_s) \geq 2つの穴の径の平均値の1.5倍 (L)

1. 溶接部の強度計算

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

ただし、C形に関しては評価すべき溶接部がないため、強度計算は行わない。

(a) 算式

イ. 溶接部の負うべき荷重

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) 鏡板の場合

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

(ハ) 平板の場合

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

ロ. 溶接部の許容応力

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

(ロ) 鏡板又は平板の場合

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

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

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

ハ. 溶接部の破断強さ

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

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

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

(ロ) 鏡板の場合

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

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

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

(ハ) 平板の場合

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

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

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

ニ. 予想される破断箇所の強さ

(イ) A形の管台形式の場合

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

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

(ロ) B形の管台形式の場合

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

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

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

(b) 評価

イ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が 0 以下の場合

溶接部の強度は十分とみなし、溶接部の強度計算は行わない。

ロ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が 0 を超える場合

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

(3) 補足

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

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

b. 断面が長手軸となす角度により求めた係数 F は, 1 として計算する。

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

2.7 フランジの強度計算

フランジの強度計算は、設計・建設規格 PPD-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 (ルーズ形フランジ(差込み形フランジ)及び一体形フランジで f の最小採用値は 1 であるが、J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 4 より求まる f が 1 未満となる場合)	mm
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b 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 $\left(= \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2 \text{ (一体形フランジの場合)} \right)$ $\left(= \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_o^2 \text{ (ルーズ形フランジ(差込み形フランジ)の場合)} \right)$	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 $\left(= \frac{F}{h_o} \text{ (一体形フランジの場合)} \right)$ $\left(= \frac{F_L}{h_o} \text{ (ルーズ型フランジ(差込み型フランジ)の場合)} \right)$	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。)	—

設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
F_L	F_L	ルーズ形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 6 又は表 4 による。)	—
f	f	ハブ応力修正係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 4 又は表 4 による。)	—
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G_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
H	H	圧力によってフランジに加わる全荷重	N
H_D	H_D	圧力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	圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
h	h	ハブの長さ	mm
h_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	$\sqrt{B \cdot g_0}$	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 $\left(= \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} \right)$	—
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

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
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	フランジに作用するモーメント	N・mm
P_{FD}	P	設計圧力	MPa
P_{eq}	P_{eq}	応力計算に用いる設計圧力は最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力に P_{eq} を加えたものである。 管の自重及びその他の機械的荷重によりフランジ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
R	P_o R	最高使用圧力 (内圧) 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	MPa mm
T	T	$K = \left(\frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
t	t	フランジの厚さ	mm
U	U	$K = \left(\frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
V	V	一体形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 8 又は表 4 による。)	—
V_L	V_L	ルーズ形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 9 又は表 4 による。)	—
W, W_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。)	—

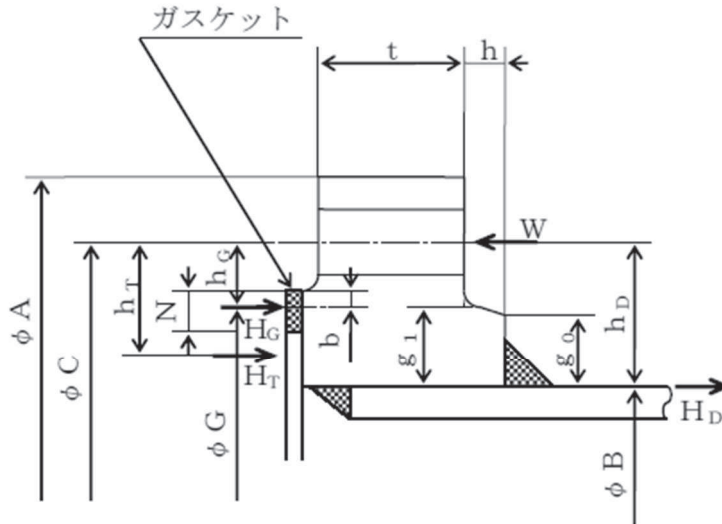
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	N/mm ²
Z	Z	$K = \left(\frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
π	π	円周率	—
σ _a	σ _a	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ _b	σ _b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ _f	σ _{f a}	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 _{f b}	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 _{H g}	ガスケット締付時のハブの軸方向応力	MPa*
σ _H	σ _{H o}	使用状態でのハブの軸方向応力	MPa*
σ _R	σ _{R g}	ガスケット締付時のフランジの径方向応力	MPa*
σ _R	σ _{R o}	使用状態でのフランジの径方向応力	MPa*
σ _T	σ _{T g}	ガスケット締付時のフランジの周方向応力	MPa*
σ _T	σ _{T o}	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

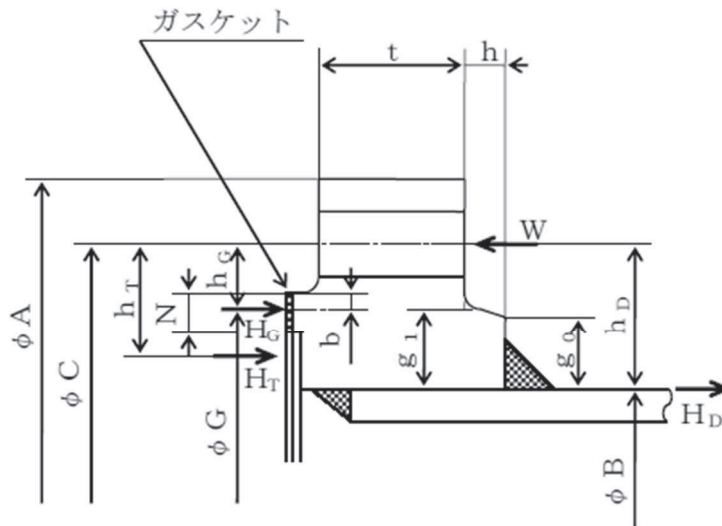
フランジの形式及び各部の記号は、図 2-11～図 2-15 による。

ただし、 W は、 W_g 、 W_{m1} 、 W_{m2} 及び W_o のボルト荷重を表す。



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

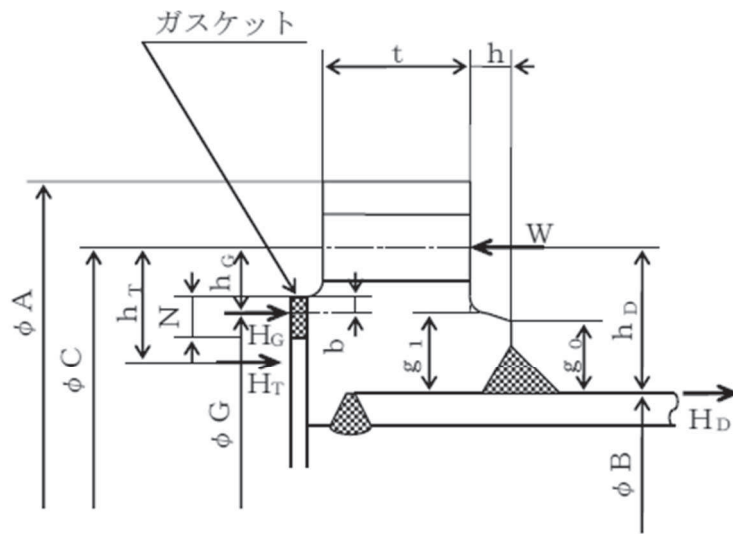
TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)



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

TYPE-2 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)

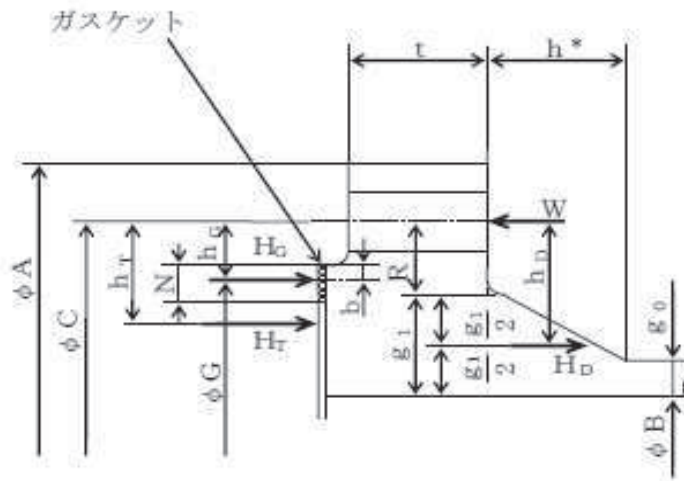
図 2-11 ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)



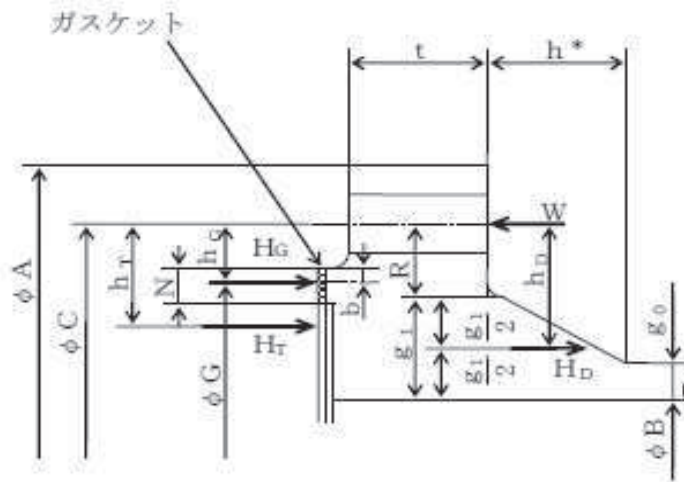
注 : ハブのテーパが 6° 以下のときは, $g_0 = g_1$ とする。

TYPE-3 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 5)

図 2-12 ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)

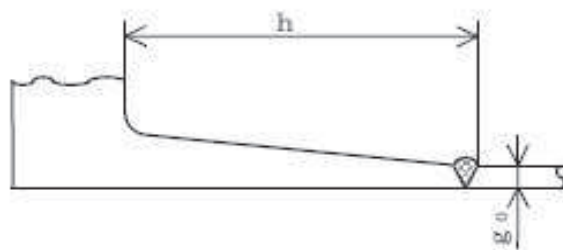


TYPE-4 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)



TYPE-5 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)

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



TYPE-6 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 7)

図 2-13 一体形フランジ

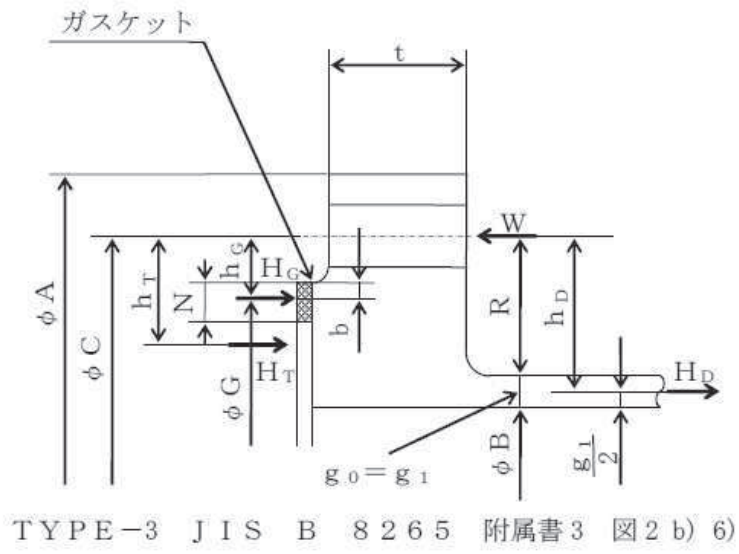
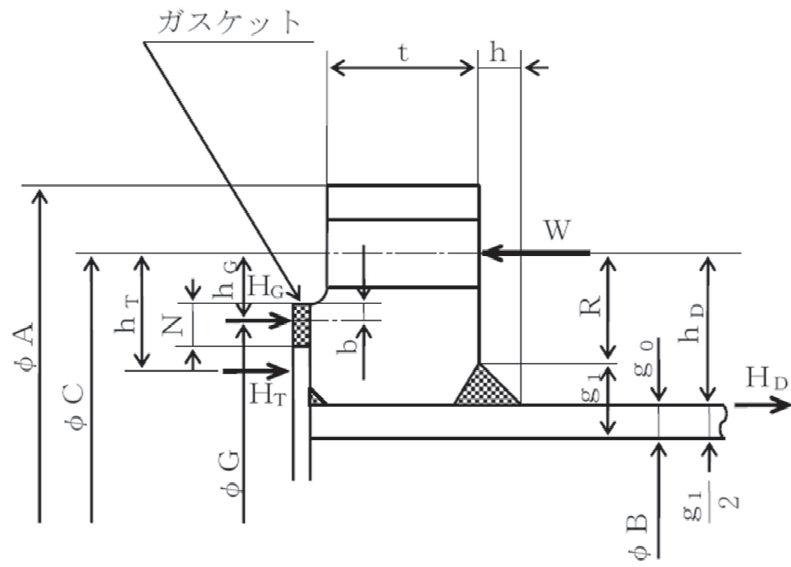
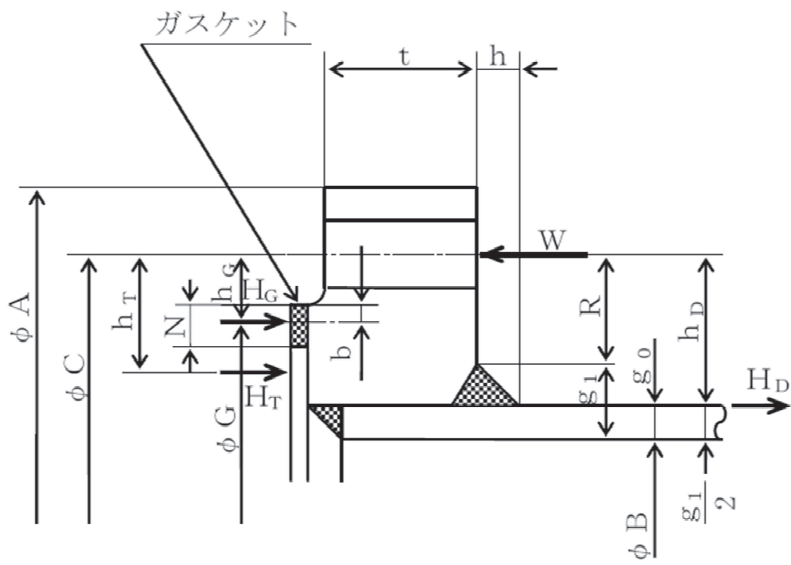


図 2-14 一体形フランジ



TYPE-7 J I S B 8 2 6 5 附属書3 図2 c) 12)

(一体形フランジとして計算)



TYPE-8 J I S B 8 2 6 5 附属書3 図2 c) 11)

(一体形フランジとして計算)

図 2-15 任意形フランジ

(3) 内圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b_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

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

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

ただし、b_oは J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

b. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

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

(b) ガasket締付時に必要なボルト荷重

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

c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

- e. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

$$H_G = W_o - H$$

$$H_T = H - H_D$$

- f. 使用状態で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	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$

ただし,

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

- g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

- h. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

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

- i. 一体形フランジ及びルーズ形フランジ（差込み形フランジ）の応力

- (a) 使用状態でのフランジの応力

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

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

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

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

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

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

ただし,

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

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

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

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

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

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

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

j. 評価

内圧を受けるフランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

- | | |
|----------------|--|
| (a) ボルトの総有効断面積 | $A_m < A_b$ |
| (b) ハブの軸方向応力 | |
| 使用状態にあつては | $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガasket縮付時にあつては | $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (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asket縮付時にあつては | $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (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asket縮付時にあつては | $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |

(4) 外圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b_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

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

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

ただし、b_oは J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

b. 計算上必要なボルト荷重

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

c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_g = \frac{A_{m2} + A_b}{2} \cdot \sigma_a$$

e. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

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

$$H_T = H - H_D$$

f. 使用状態で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 · g ₁	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$

ただし、

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

g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

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

h. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

$$M_g = W_g \cdot h_G$$

i. 一体形フランジ及びルーズ形フランジ（差込み形フランジ）の応力

(a) 使用状態でのフランジの応力

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

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

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

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

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

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

ただし,

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

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

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

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

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

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

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

j. 評価

外圧を受けるフランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

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

2.8 伸縮継手の強度計算

伸縮継手の強度計算は、設計・建設規格 PPD-3416 を適用する。

(1) 記号の説明

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

(2) 継手部の形状

継手部の形状を図 2-16 に示す。

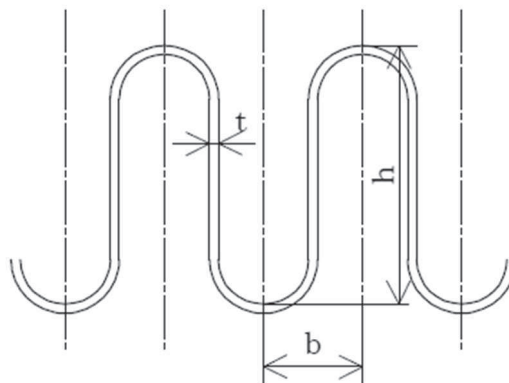


図 2-16 継手部の形状

(3) 算式

伸縮継手の許容繰返し回数は

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

ただし、材料がステンレス鋼及び高ニッケル合金のものに限る。

a. 調整リングが付いていない場合の継手部応力

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

b. 調整リングが付いている場合の継手部応力

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

(4) 評価

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

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

別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領

目次

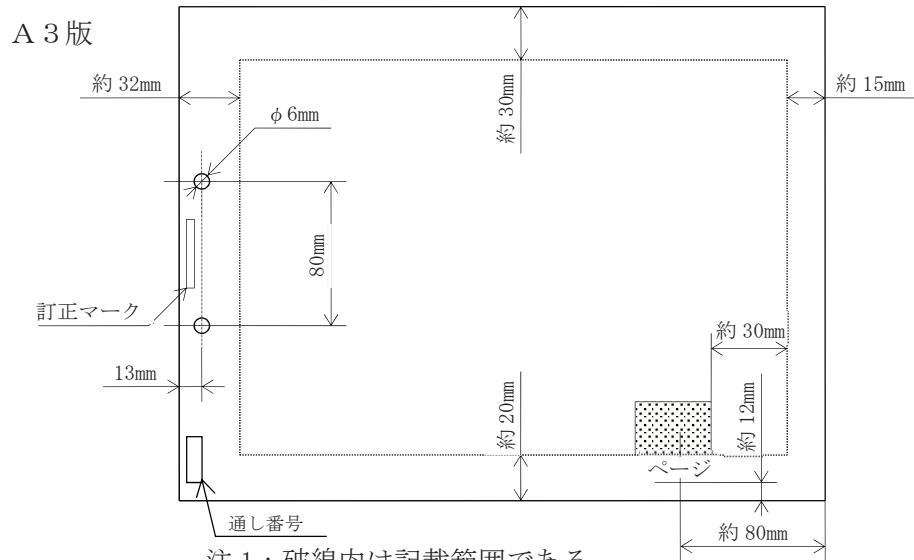
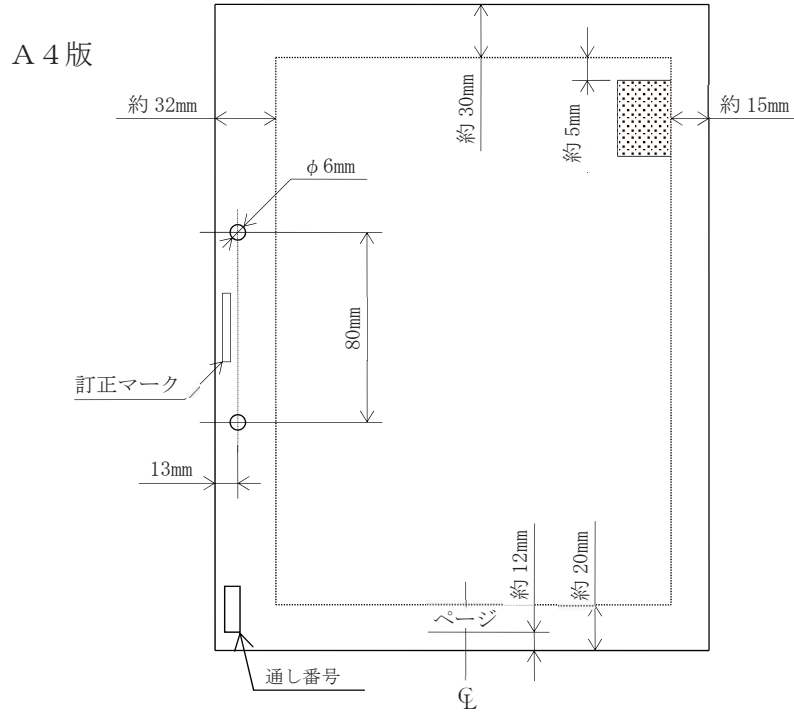
1. 適用範囲	別 1-1
2. 書式	別 1-1
3. 記載内容	別 1-3
4. 記載要領	別 1-4
4.1 配管	別 1-4
4.2 弁	別 1-13
4.3 スペシャルリティ及び計装品	別 1-14
4.4 フランジ	別 1-16
4.5 機器	別 1-16
4.6 その他	別 1-17
5. 管番号及び継手番号	別 1-19
5.1 付番の原則	別 1-19
5.2 管継手部の管番号及び管継手マークの記載	別 1-21
5.3 管番号表示の際に注意すべき事項	別 1-27

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A 4（又はA 3）サイズとし、用紙の記載範囲については、下記を原則とする。
 詳細については、総括編に従うものとする。



注 1：破線内は記載範囲である。

注 2：網かけ部に系統名を記載する。

（例）主蒸気系概略系統図

注 3：上記寸法は目安値である。

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うち、当該計算書記載範囲の配管 	太い実線 (———)	0.8～1.0mm
<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該申請回の機器*¹、弁、スペシャリティ、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、スペシャリティ、レジューサ、キャップ、フランジ、平板、伸縮継手 ・ 他号機との取合い ・ 工事計画（要目表）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 ・ 当該計算書記載範囲外の主配管 	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：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（要目表）記載範囲
2	分岐合流	・ 配管計装線図（以下「P & I D」という。）及び工認系統図に合わせる。
3	機器名称及び番号	・ 機器名称は、正式名称*で記載する。 ・ 機器番号は記載しない。 （例）〇〇ポンプ(C001A) → 〇〇ポンプ(A)
4	主 要 弁	・ 弁番号及び駆動方式（MO，AO）は、工事計画（要目表）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，系統略称及び管種区分は記載しない。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（要目表）に記載される管継手により分岐される場合は，分岐部の位置を表す表示（破線表示）を行う。

注4：原子炉格納容器貫通部番号，原子炉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。

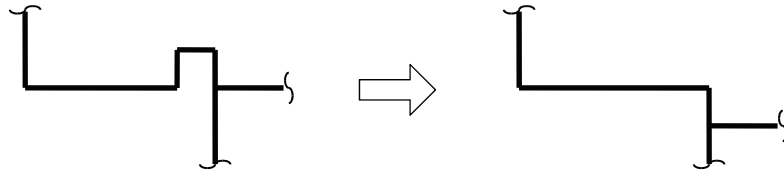
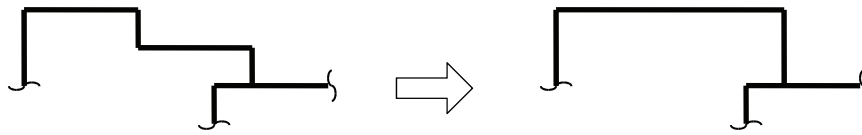
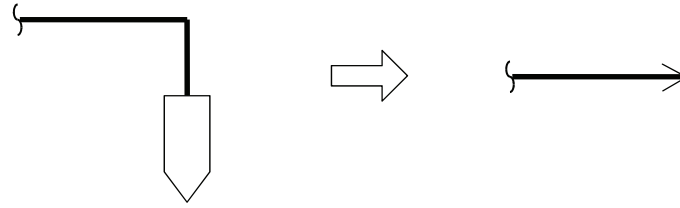
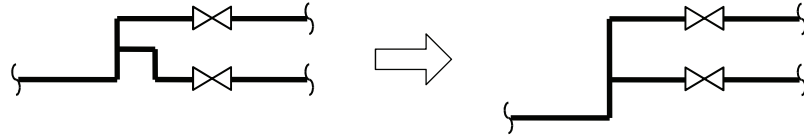
注6：ポンプの流れ方向表示は行わない。

注記*：女川原子力発電所第2号機で定められた名称とする。

4. 記載要領

4.1 配管

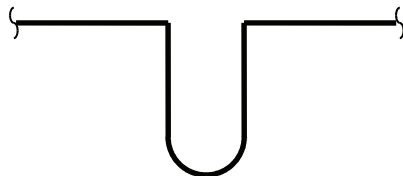
(1) P & IDより概略系統図を作成する場合の表記（原則として）



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。

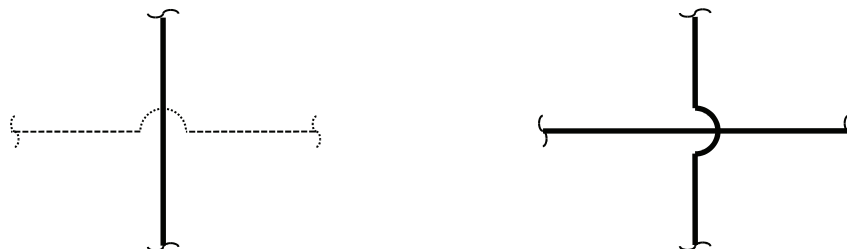
(2) Uシール部の表記

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。



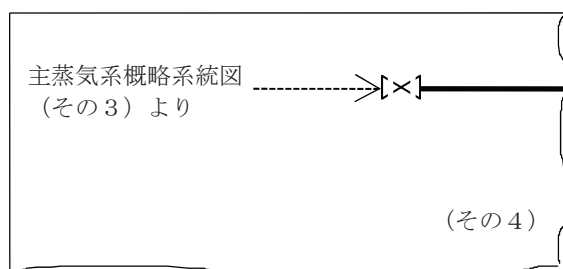
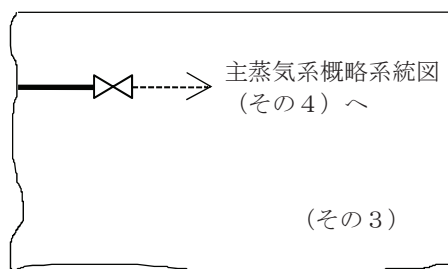
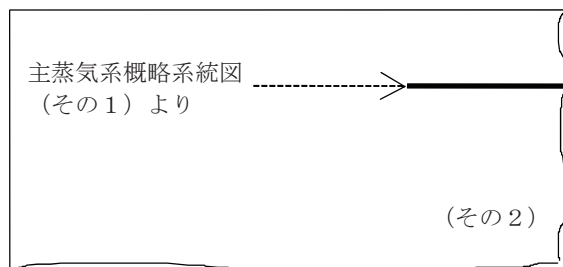
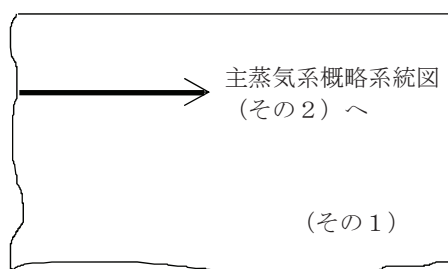
(3) 線の交差の表示

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。

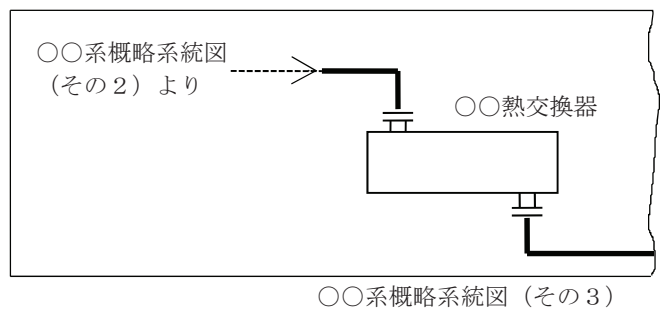
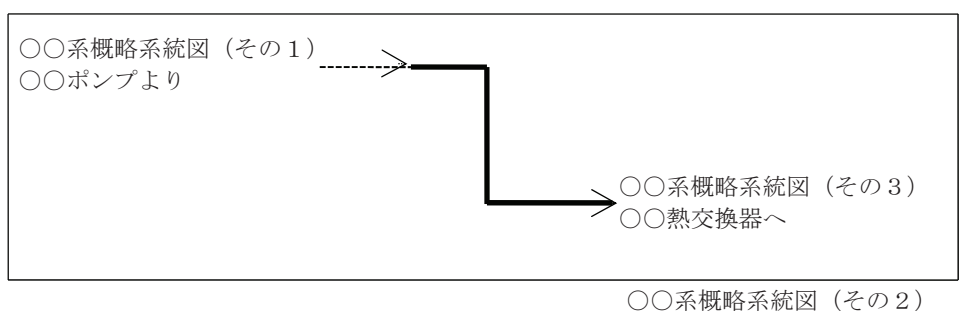
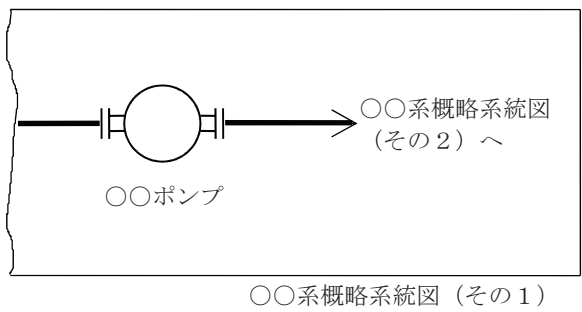


(4) 配管の接続先表示

- 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。



概略系統図の構成が3枚となる場合の表記例



d. 他系統と取り合う場合は以下による。

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

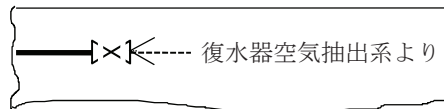
注記*：ユーティリティ系と接続する場合は系統名称のみとする。

ただし、系統機能上重要なものは機器名称も記載する。

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

また、将来申請の系統と取り合う場合は、相手側の系統名のみ記載する。

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



気体廃棄物処理系概略系統図
(復水器空気抽出系は将来申請)

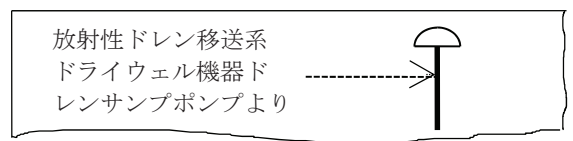


復水器空気抽出系概略系統図
(気体廃棄物処理系は申請済)

放射性ドレン移送系と機器ドレン系との取合いがあり、放射性ドレン移送系が先の申請回で申請される場合



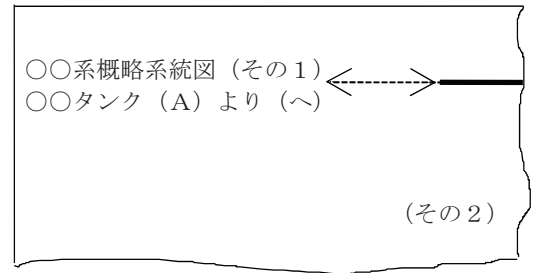
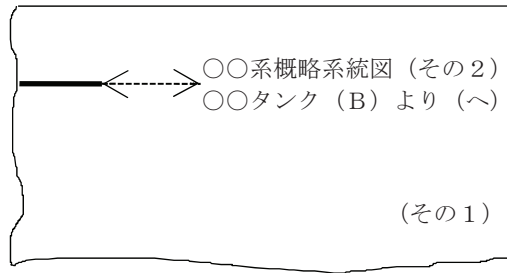
放射性ドレン移送系概略系統図
(機器ドレン系は将来申請)



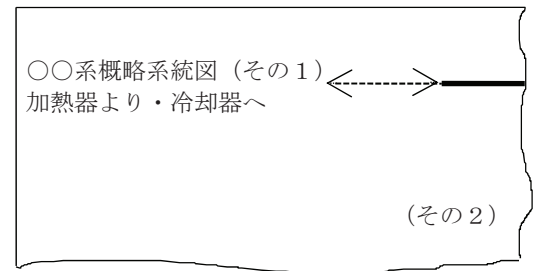
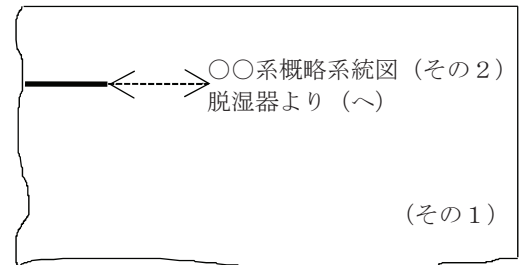
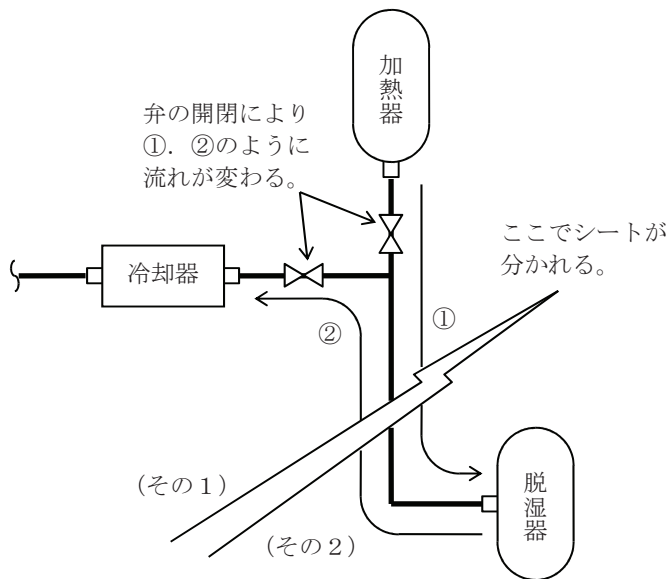
機器ドレン系概略系統図
(放射性ドレン移送系は申請済)

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

- e. 流体が行き来するライン（タイライン等）にあつては、お互い「〇〇より（〜）」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。



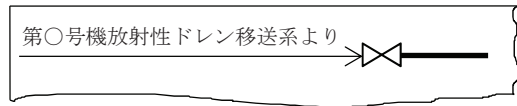
注：流体がモード等により行き先が変わる場合、下記の例に従う。



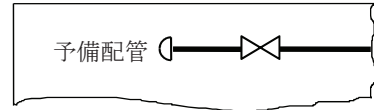
- f. 接続先の配管が工認対象外である場合は、表記する必要はない。ただし、工事計画（要目表）に記載する管継手にかかわる場合及び系統の接続を示すために必要なラインは、別1-11 ページ「(9) 分岐部の申請範囲の表記」に示す表記をする。

- g. 既設プラントと取り合う場合は、プラント名+相手側系統名を、将来増設プラントと取り合う場合は、予備配管と表記する。

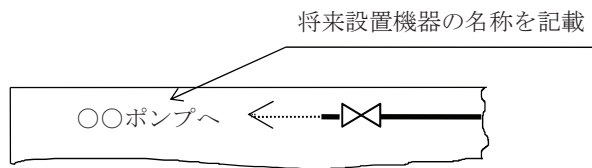
また、申請対象設備が設置されるプラントの将来設置機器と取り合う場合には将来設置機器の名称を表記する。



既設プラントと取り合う場合

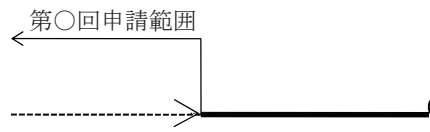


将来増設プラントと取り合う場合

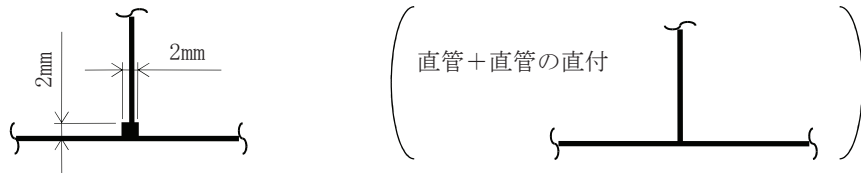


当該プラントの将来設置機器と取り合う場合

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

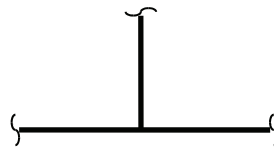


- (5) 管台の表記は下記に従うものとする。（寸法は目安値）

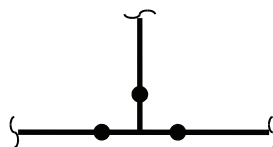


- (6) 継手類の表記は下記に従うものとする。

- a. ティー



ただし、材料又は肉厚が接続配管と異なる場合は下記に示す仕様変更表示をする。



b. レジューサ

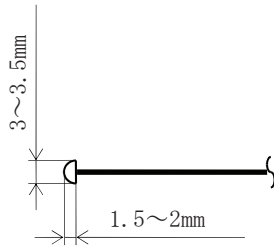
(a) 偏心又は同心の区別は行わない。また、径違いソケットについてはレジューサ表記とする。

(b) 表記寸法（目安値）



c. 鏡板, キャップ

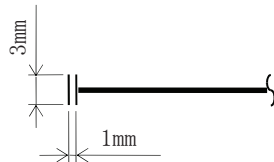
表記寸法（目安値）



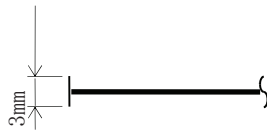
d. 平板

表記寸法（目安値）

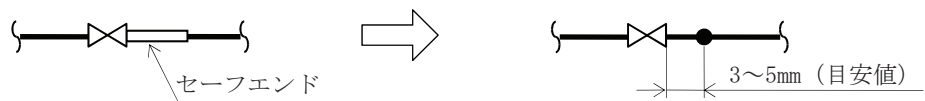
(a) フランジにボルトで締め付けられるタイプ



(b) (a)以外のタイプ



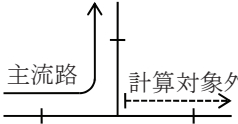
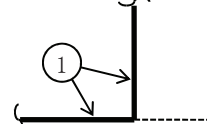
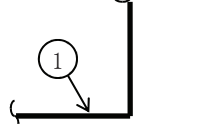
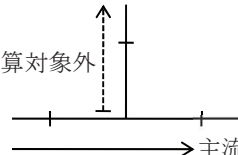
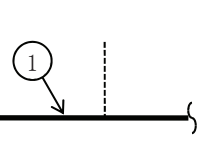
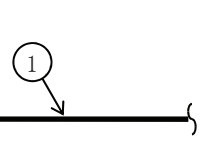

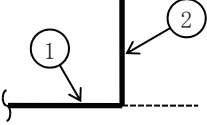
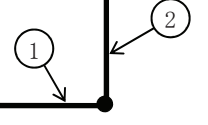
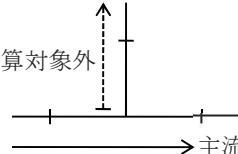
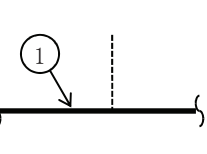
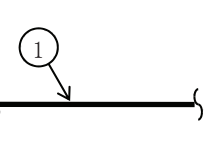

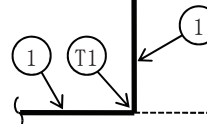
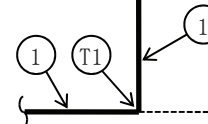
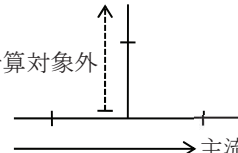
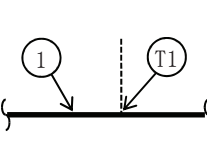
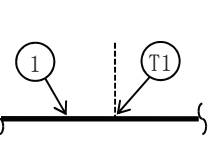

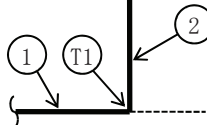
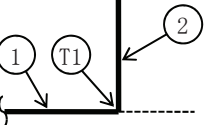
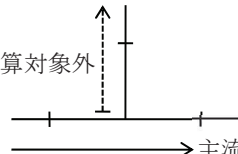
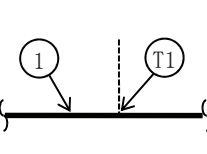
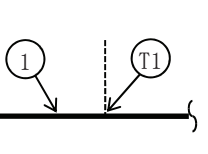
(7) セーフエンド等の表記は下記に従うものとする。



(8) 配管上で材料又は肉厚等が変更となる場合は下記の表示とする。



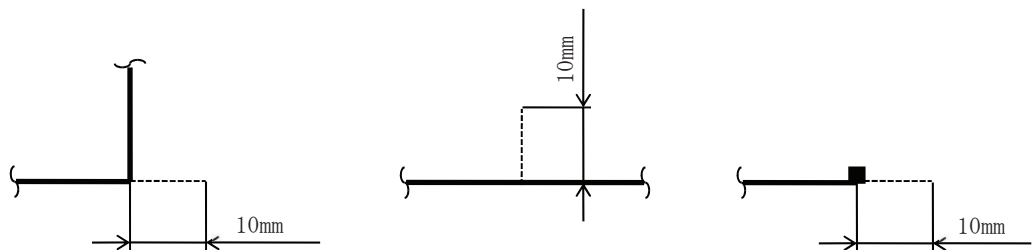
(9) 分岐部の申請範囲の表記

分岐部の種類	申請形態	クラス1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 J I S 規格品以外)			

注記*：重大事故等クラス 2 管も同様の表記とする。

注 1：分岐部破線及び管台の表記寸法（目安値）



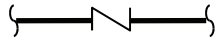
注 2：クラス 1 管，クラス 2 管及び重大事故等クラス 2 管以外であっても，工認系統図上の分岐，合流を明確にする必要がある場合にはクラス 1 管，クラス 2 管及び重大事故等クラス 2 管の表記とする。

ただし，主流路を形成する分岐部を除き， $\phi 61\text{mm}$ 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。

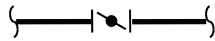
a. 逆止弁



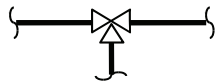
注：流れ方向の指示は表示しない。

ただし，弁の向きは工認系統図に合わせる。

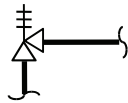
b. バタフライ弁



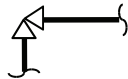
c. 三方弁



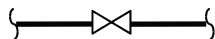
d. 安全弁，逃し弁



e. アングル弁



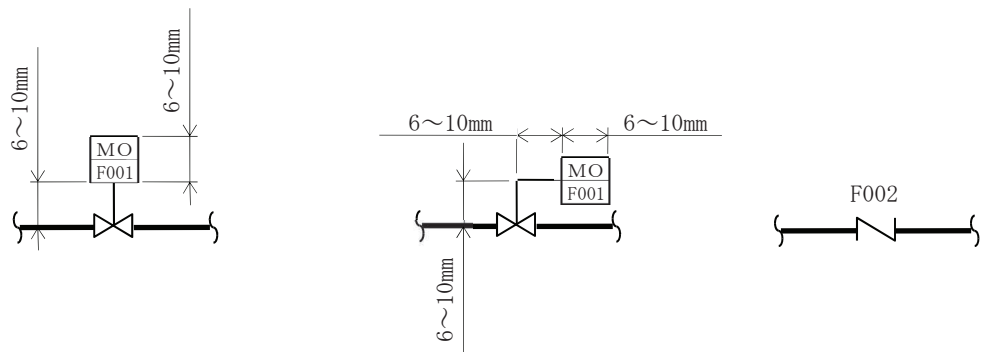
f. 上記以外の弁はすべてゲート弁表示とする。



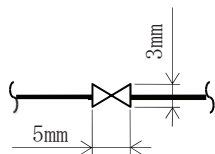
(2) 弁の開閉は表示しないものとし，すべて白抜きとする。

(3) 主要弁の表記は下記に示すように駆動方式及び弁番号を記載する。

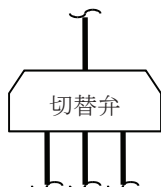
(寸法は目安値)



(4) 弁の記載寸法は下記を原則とする。(目安値)



(5) 前記(1)に係わらず，切替弁は下記表示とする。

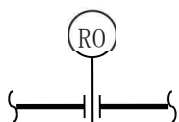


4.3 スペシャルティ及び計装品

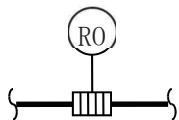
スペシャルティ及び計装品の表示は下記に従うものとする。

(1) オリフィス

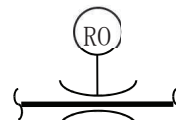
a. 単段減圧オリフィス



b. 多段減圧オリフィス

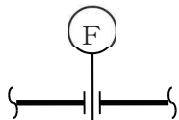


c. ベンチュリ形流量制限器

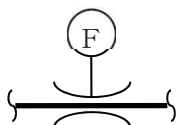


(2) 流量計

a. オリフィスプレート式



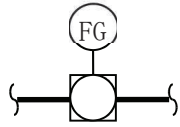
b. ベンチュリ式及びフローノズル式



c. その他



(3) フローグラス

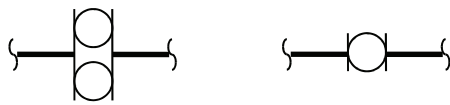


(4) 伸縮継手

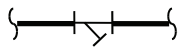


(5) ストレーナ

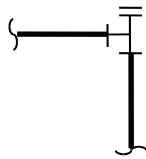
a. バスケットストレーナ



b. Y型ストレーナ



c. T型ストレーナ



d. コーンストレーナ (仮設のものは除く。)

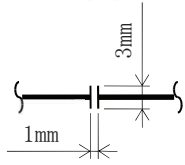


(6) スペクタクルフランジ



4.4 フランジ

フランジは下記表示とする。(寸法は目安値)



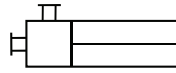
4.5 機器

(1) ポンプ

ポンプの形式の表示は下記に従うものとする。

(図はフランジ取合を示している。)

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



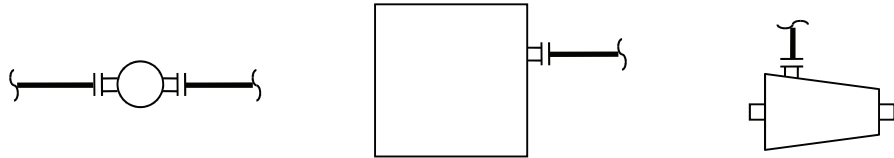
(2) その他の機器

当該配管が直接接続している機器の概略形状を記載する。

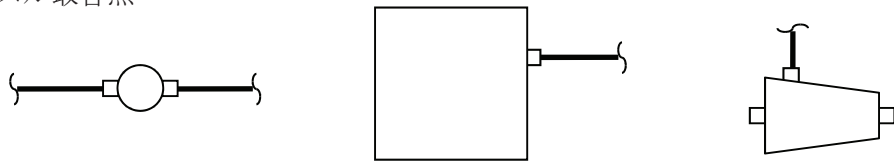
(形状は原則として工認系統図に合わせる。)

(3) 機器取合点表示

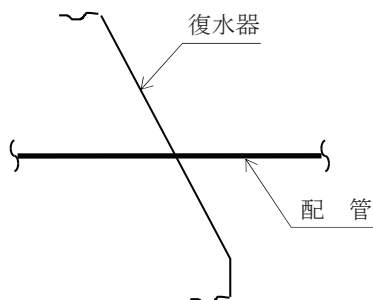
- a. フランジ取合点



- b. ノズル取合点



(4) 復水器貫通部表示

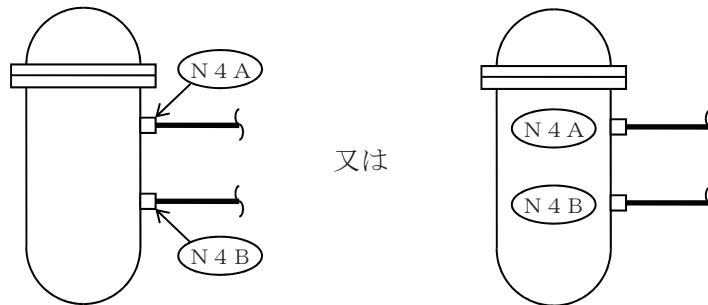


4.6 その他

- (1) 原子炉格納容器及び原子炉格納容器貫通部は下記表示とする。

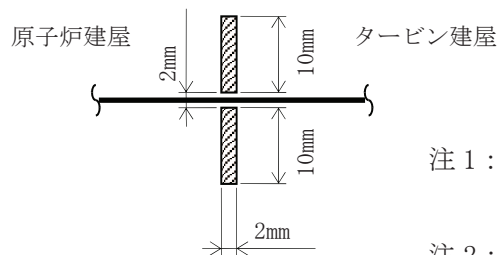


- (2) 原子炉圧力容器及び原子炉圧力容器ノズルは下記表示とする。



注：N-4 Aと“-”は付記しない。

- (3) 複数の建屋に配管がまたがる場合の建屋の区分は下記表示とする。
(寸法は目安値)



注1：R/B，T/B等の略称は使用しない。

注2：埋込部の表示は行わない。

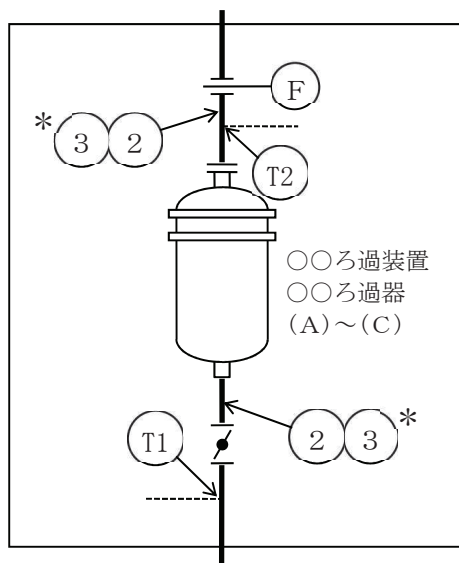
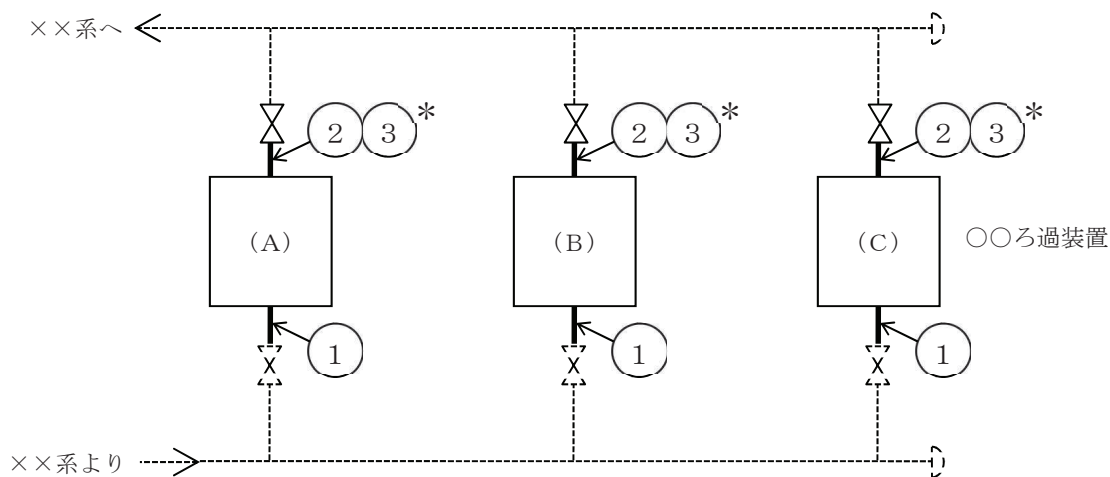
注3：建屋外のダクトは「屋外」と，建屋間ギャップは「連絡トレンチ」と呼称する。

- (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管種がある場合は、上位管種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）

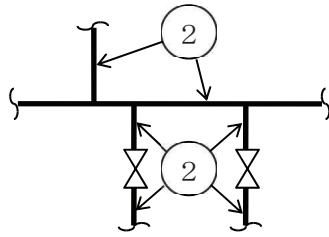
・穴あき管

①SP1 ②SP2 ③SP3 ……（同 上）

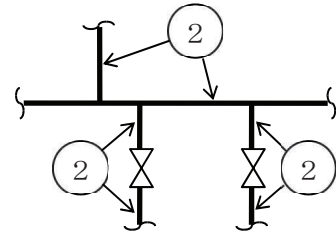
(4) 管番号の記入

a. 番号の矢印は2箇所以内とする。

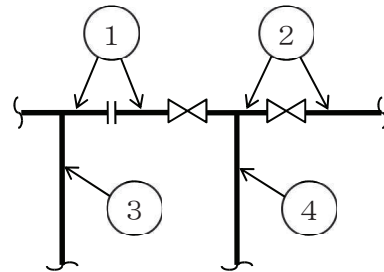
(誤)



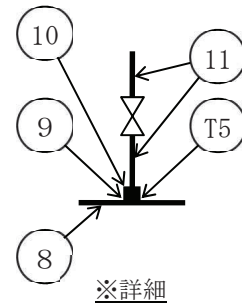
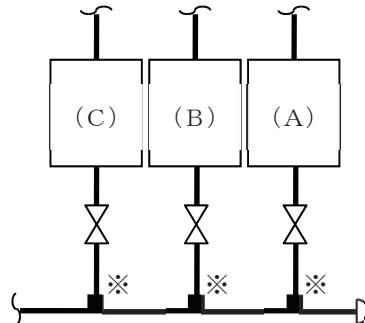
(正)



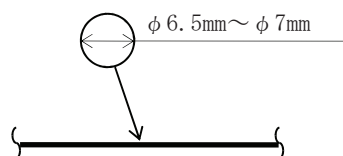
b. 同一仕様であっても、弁及びフランジ等により仕様変更か否か誤解を招くと思われる場合は必ず番号を取る。



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 J I S 規格のエルボについては、クラス 1 管、クラス 2 管及び重大事故等クラス 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 (A) と接続される管 (a) が同一仕様である場合は、(a) に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上 (A) ((a) 側半分) に管番号を付番する場合もある。

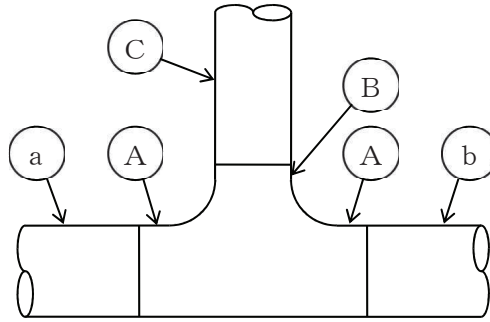
(b) ティーの主管側 (A) と接続される管 (b) が同一仕様である場合は、(b) に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上 (A) ((b) 側半分) に管番号を付番する場合もある。

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

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

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

注：主管側又は分岐管側において接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のティーについては、クラス 1 管、クラス 2 管及び重大事故等クラス 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。

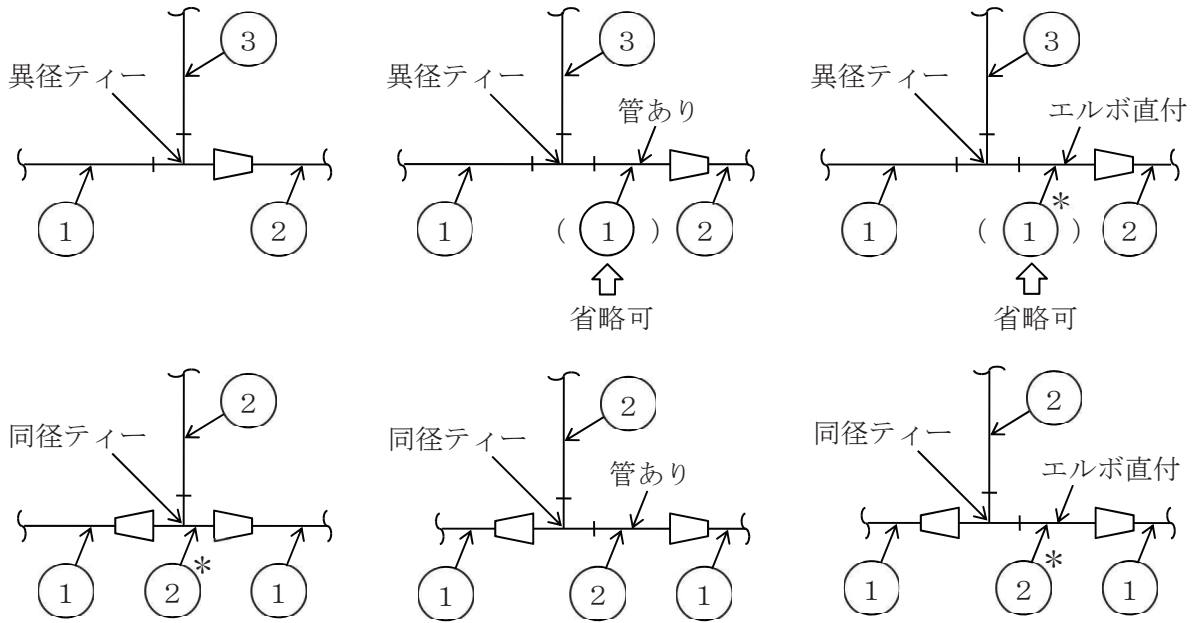
注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のレジューサについては、クラス 1 管、クラス 2 管及び重大事故等クラス 2 管並びに汽力設備を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

- d. キャップ

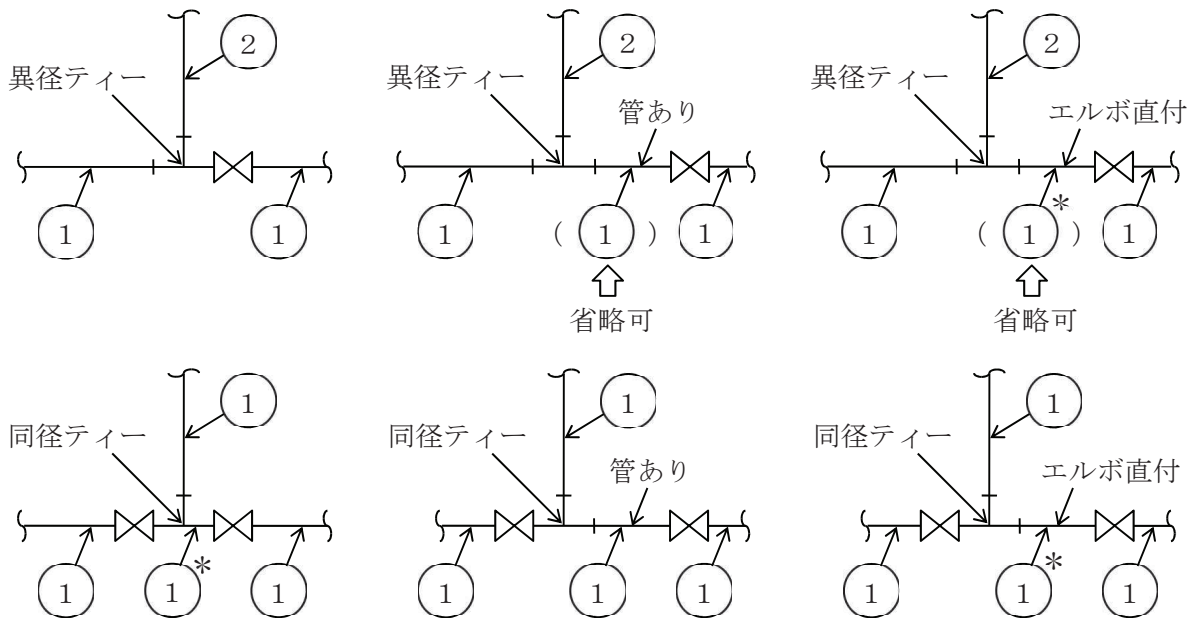
キャップに仕様の異なる管若しくは管継手が接続される場合は、キャップ端部に管番号を付番し、管継手マーク “*” を付ける。

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、クラス 2 管及び重大事故等クラス 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)

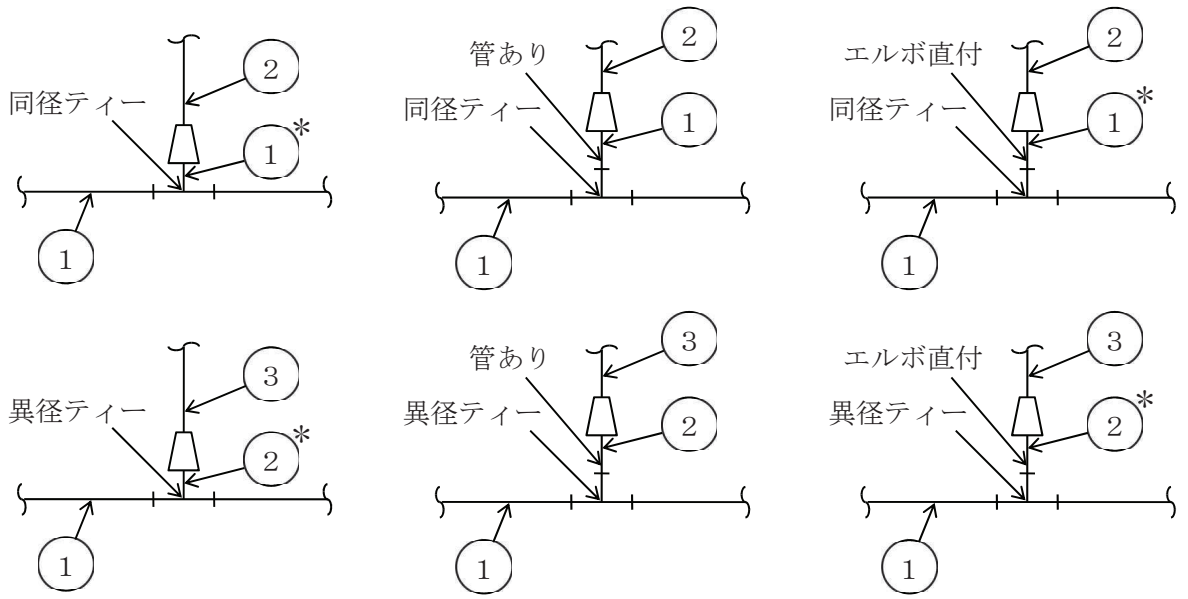


(ティー主管側+弁)

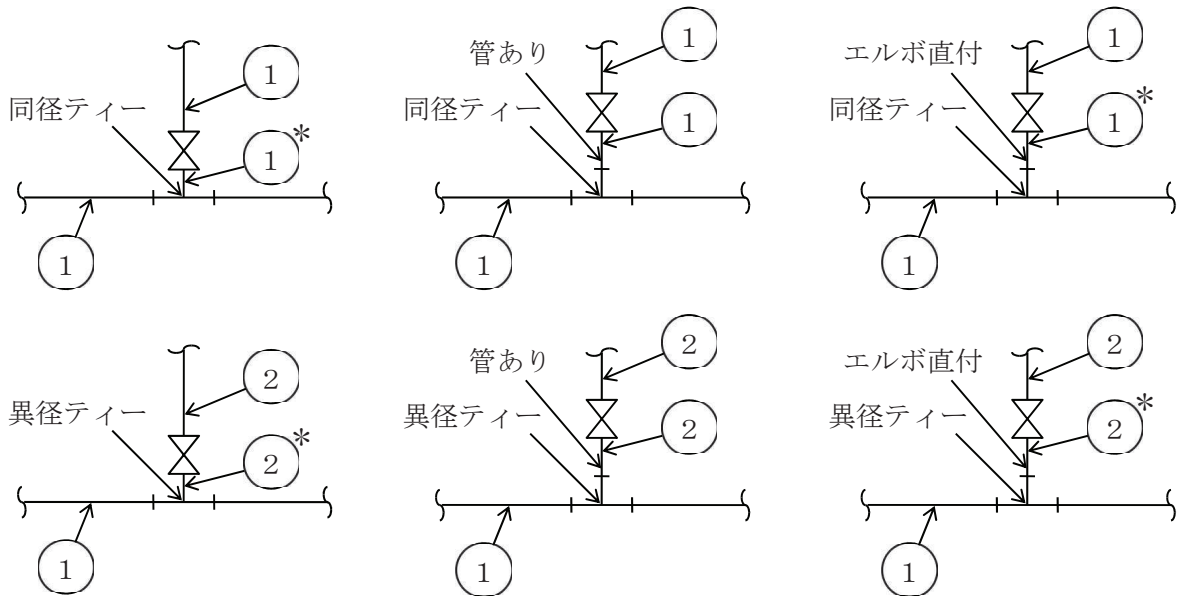


管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その1)

(ティー分岐管側+レギュレーサ)



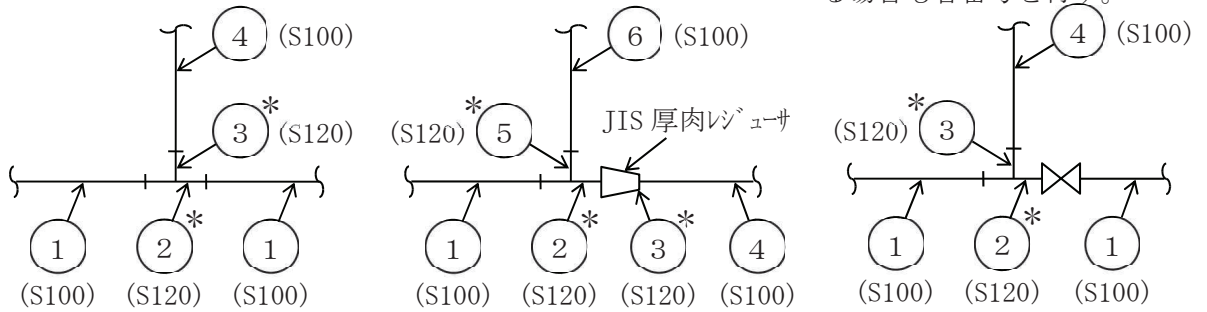
(ティー分岐管側+弁)



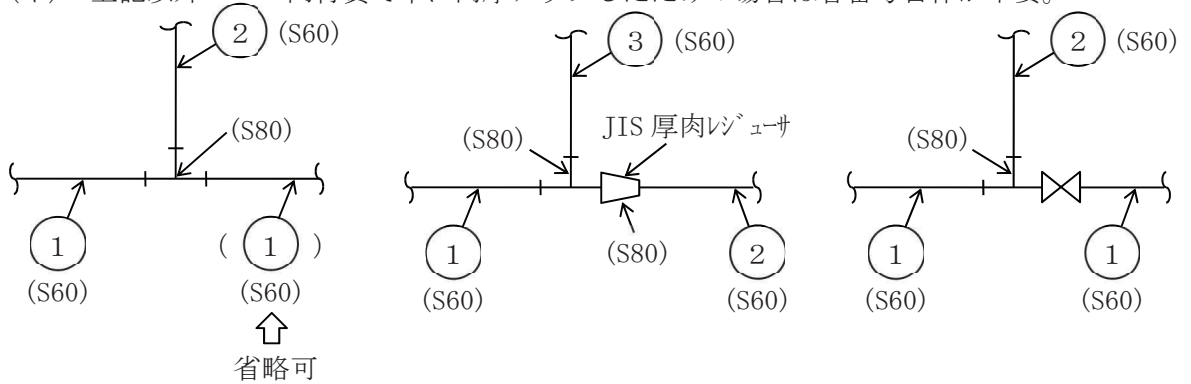
管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その2)

(J I S 厚肉ティー)

(ア) クラス 1 管, クラス 2 管及び重大事故等クラス 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。

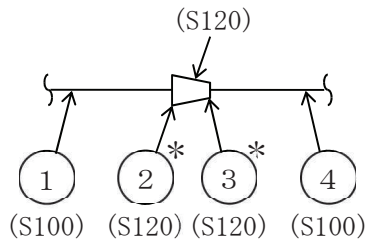


(イ) 上記以外……………同材質で単に肉厚アップした場合は管番号自体が不要。

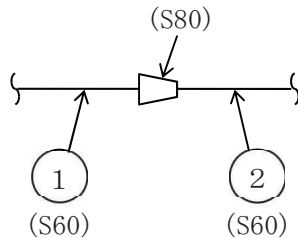


(J I S 厚肉レギュレーサ)

(ア) クラス 1 管, クラス 2 管及び重大事故等クラス 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。



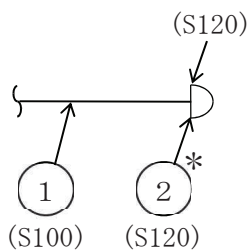
(イ) 上記以外……………同材質で単に肉厚アップした場合は管番号自体が不要。



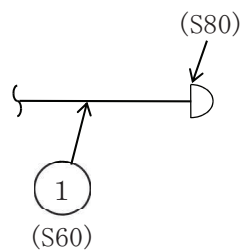
管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その 3)

(J I S 厚肉キャップ)

(ア) クラス 1 管, クラス 2 管及び重大事故等クラス 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、管番号は取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, クラス 2 管及び重大事故等クラス 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, クラス 2 管及び重大事故等クラス 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

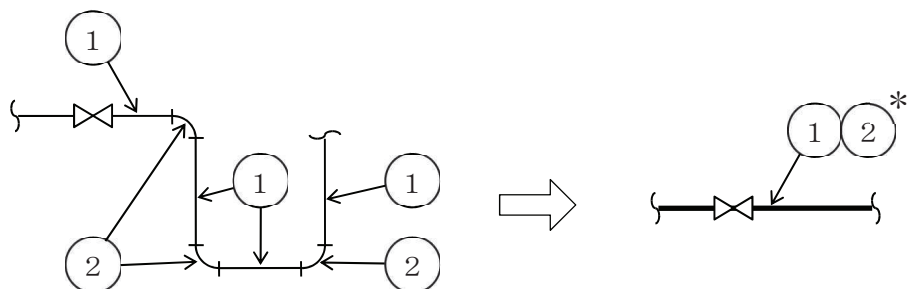
(b) 異径ティーで分岐部がレジューサ等に接続する場合、機器直結のレジューサのように溶接部における口径が表れない場合又は機器, エルボ, レジューサ直結で直管がない場合

(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。

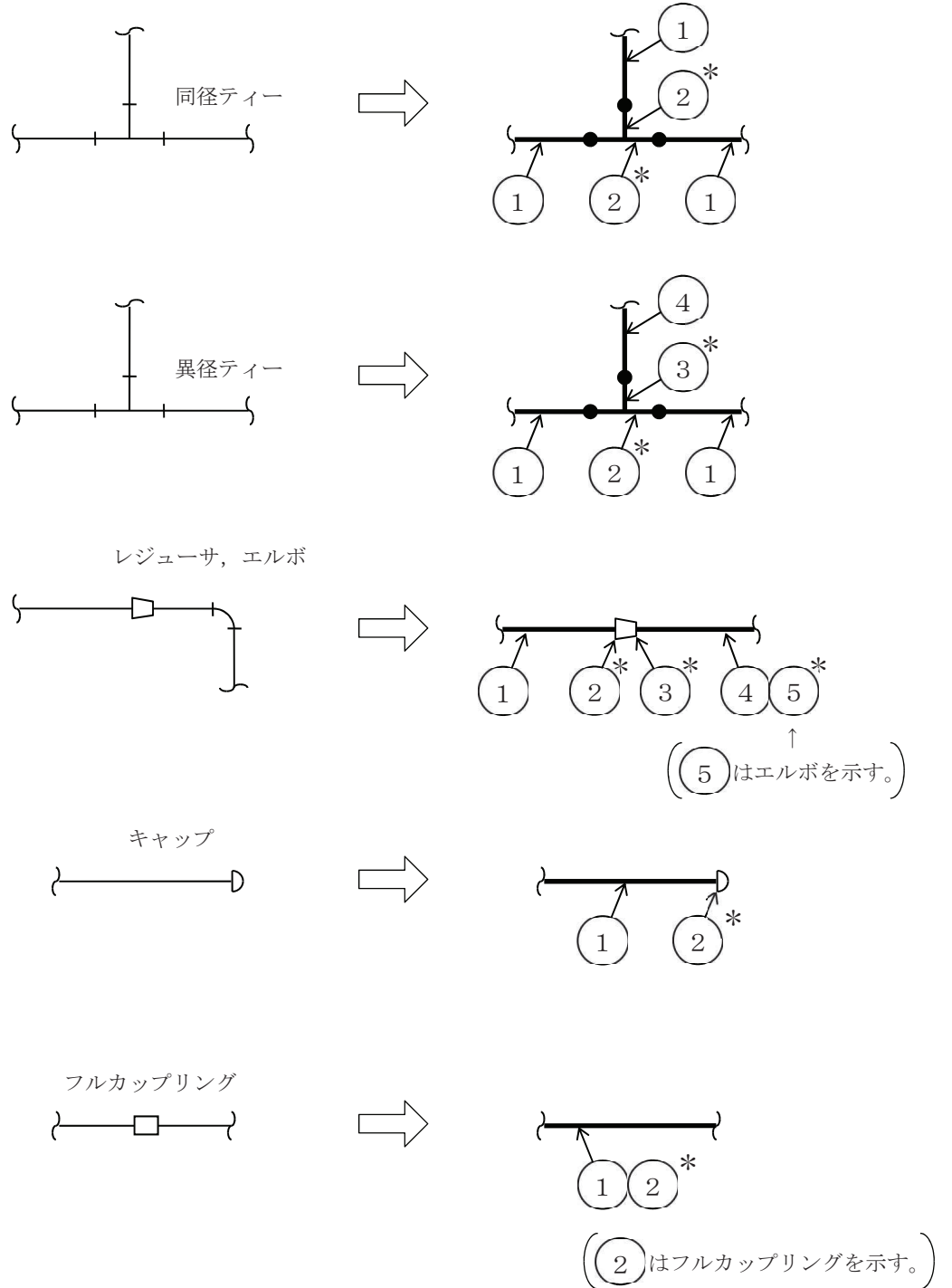
(3) 番号表示例

- a. エルボの強度計算を行う場合



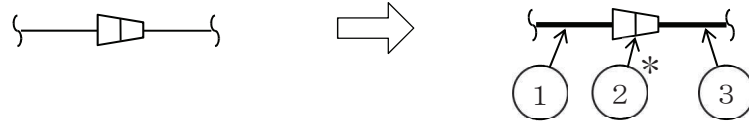
b. 設計・建設規格規定の J I S 規格品管継手を使用する場合

(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, クラス 2 管及び重大事故等クラス 2 管 (レジャーサについては, 汽力設備も含む。)) の場合)

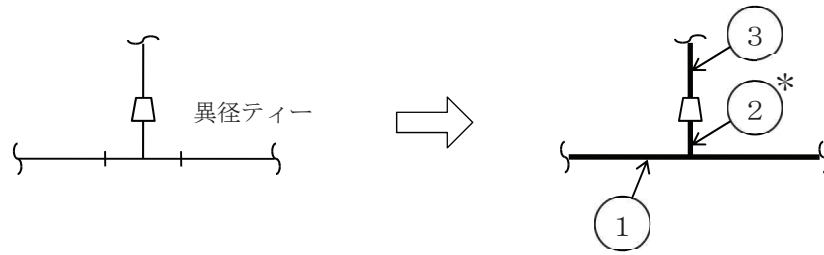


(b) レジューサの2段直列接続

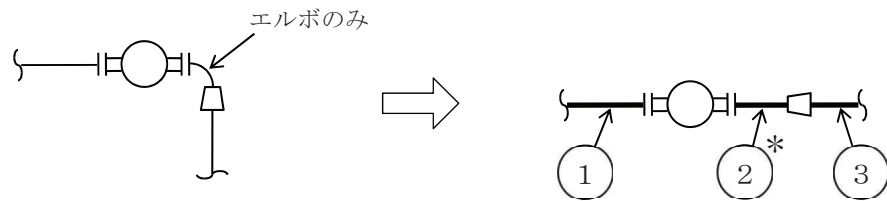
注：接続配管と同材，同肉厚の場合を示す。



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

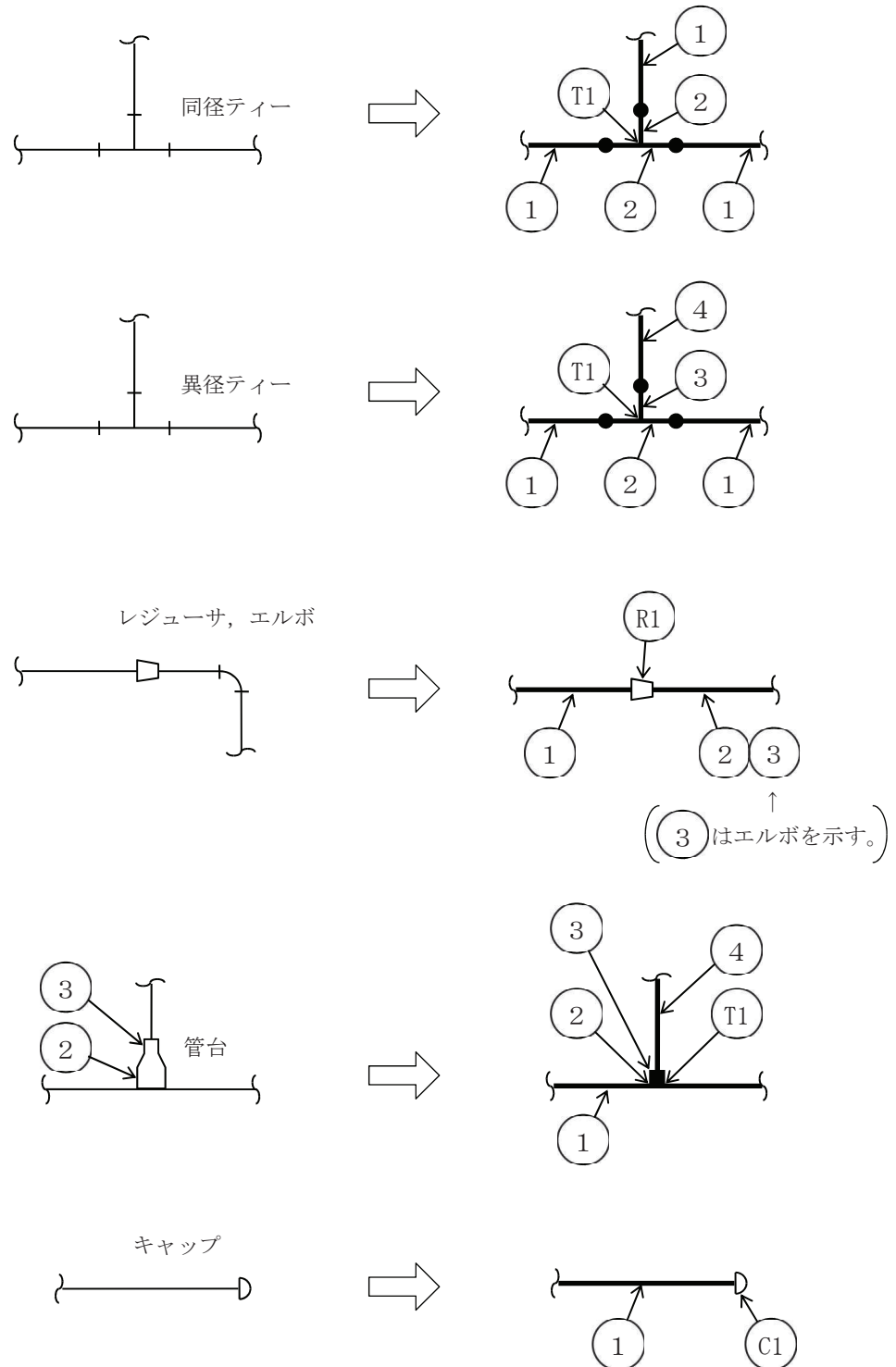


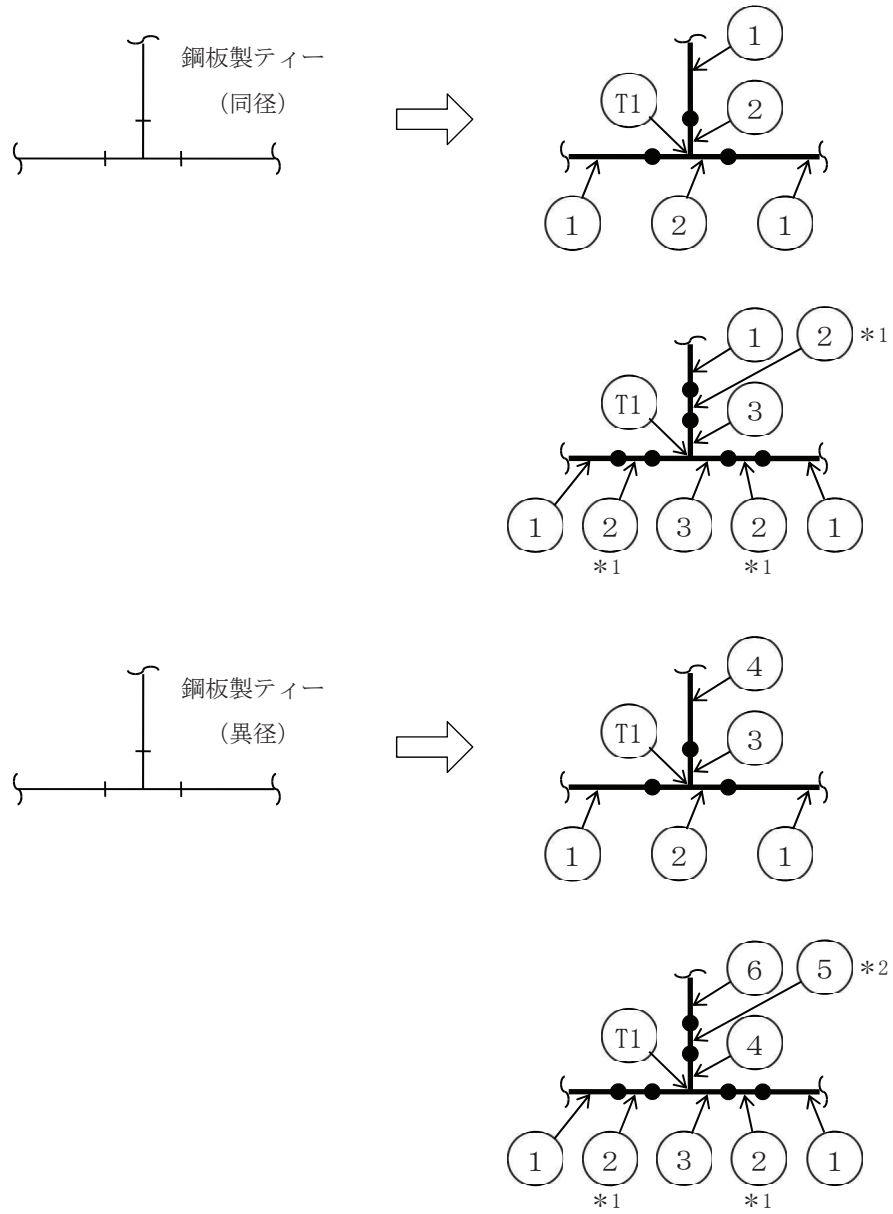
(d) エルボとレジューサが直付でエルボに接続配管がない場合



c. 設計・建設規格規定の J I S 規格品以外の管継手を使用する場合

(a) 管継手の材料又は肉厚が接続配管と異なる場合

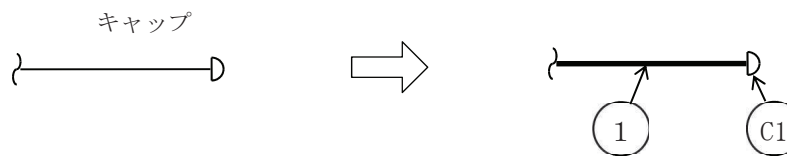
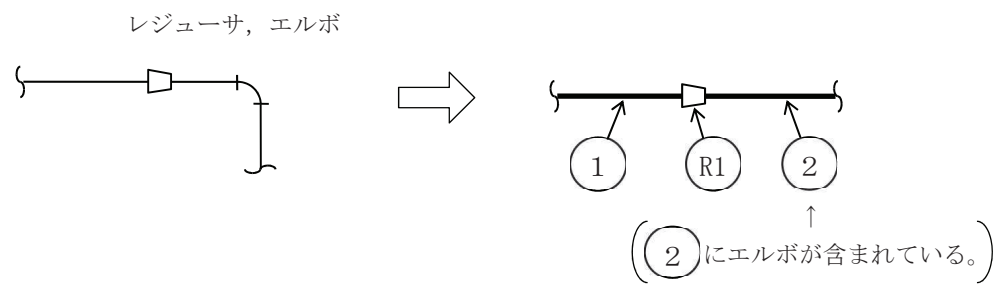
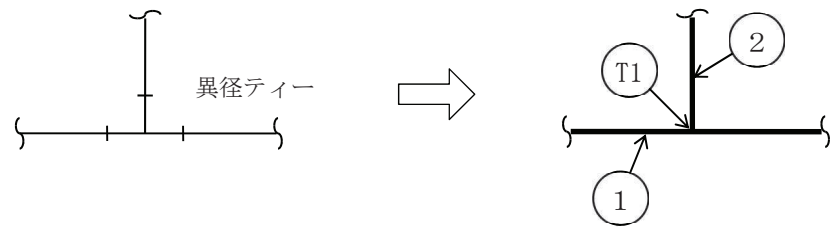
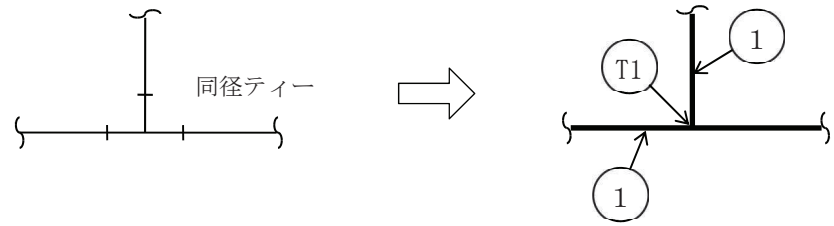




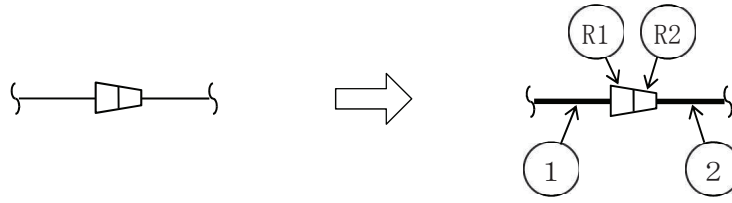
注記*1：仕様が①と異なる場合を示す。

*2：仕様が⑥と異なる場合を示す。

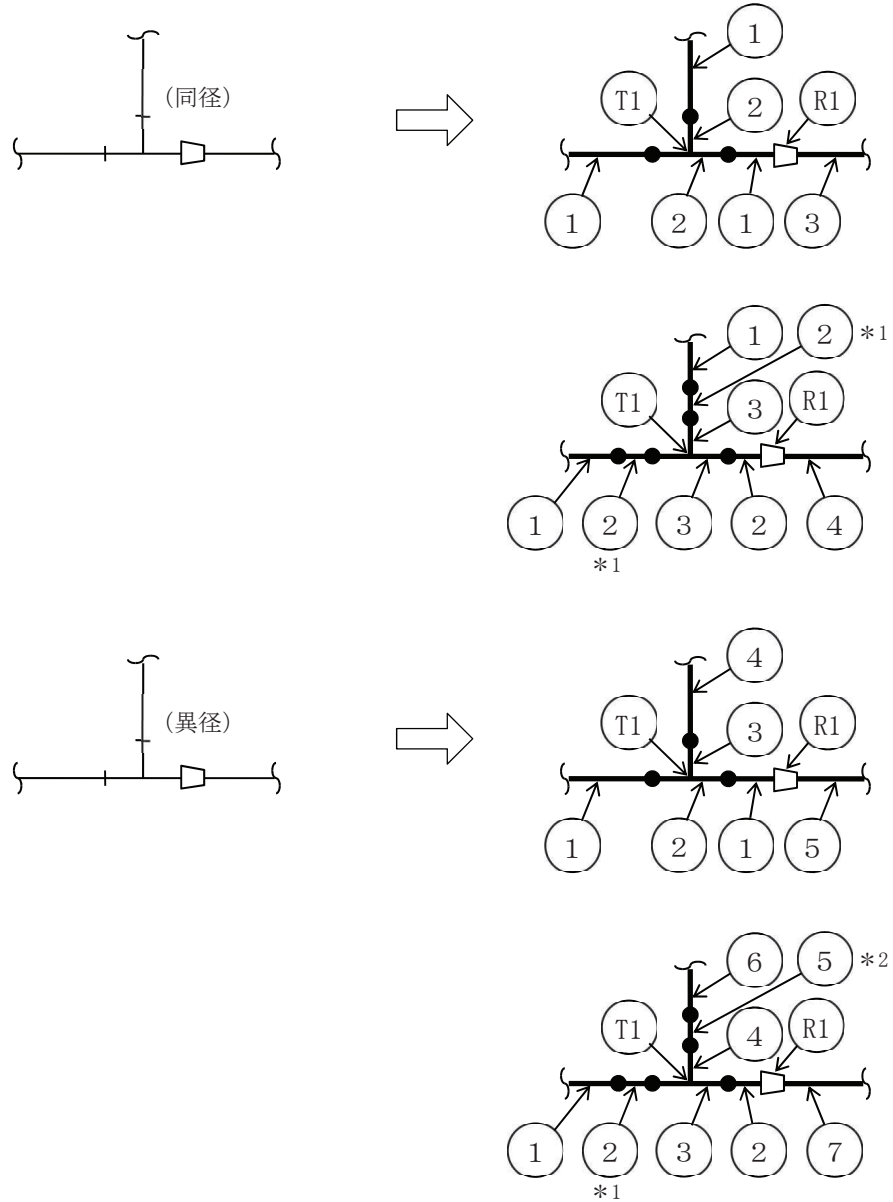
(b) 管継手の材料及び肉厚が接続配管と同じ場合



(c) レジューサが2段直列接続となる場合



(d) 鋼板製テ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。

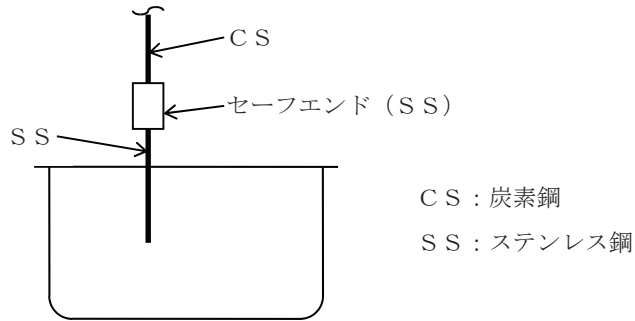
(4) フランジ

J I S B 2 2 3 8, 2 2 3 9又は2 2 4 0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, 又は設計・建設規格 別表2に規定されるフランジを使用する場合以外は, 継手番号を付番する。

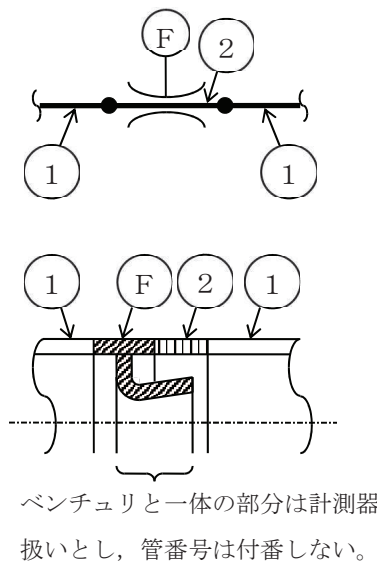
ただし, J I S等の規格フランジに圧力検出用の穴をあけた場合, 規格フランジとして扱う。

(5) その他

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



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



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。

VI-3-*-*-*-*-* 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」並びに「VI-3-2-7 クラス3管の強度計算方法」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

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

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップ の有無	条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス		DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)	SA条件 温度 (°C)						
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	

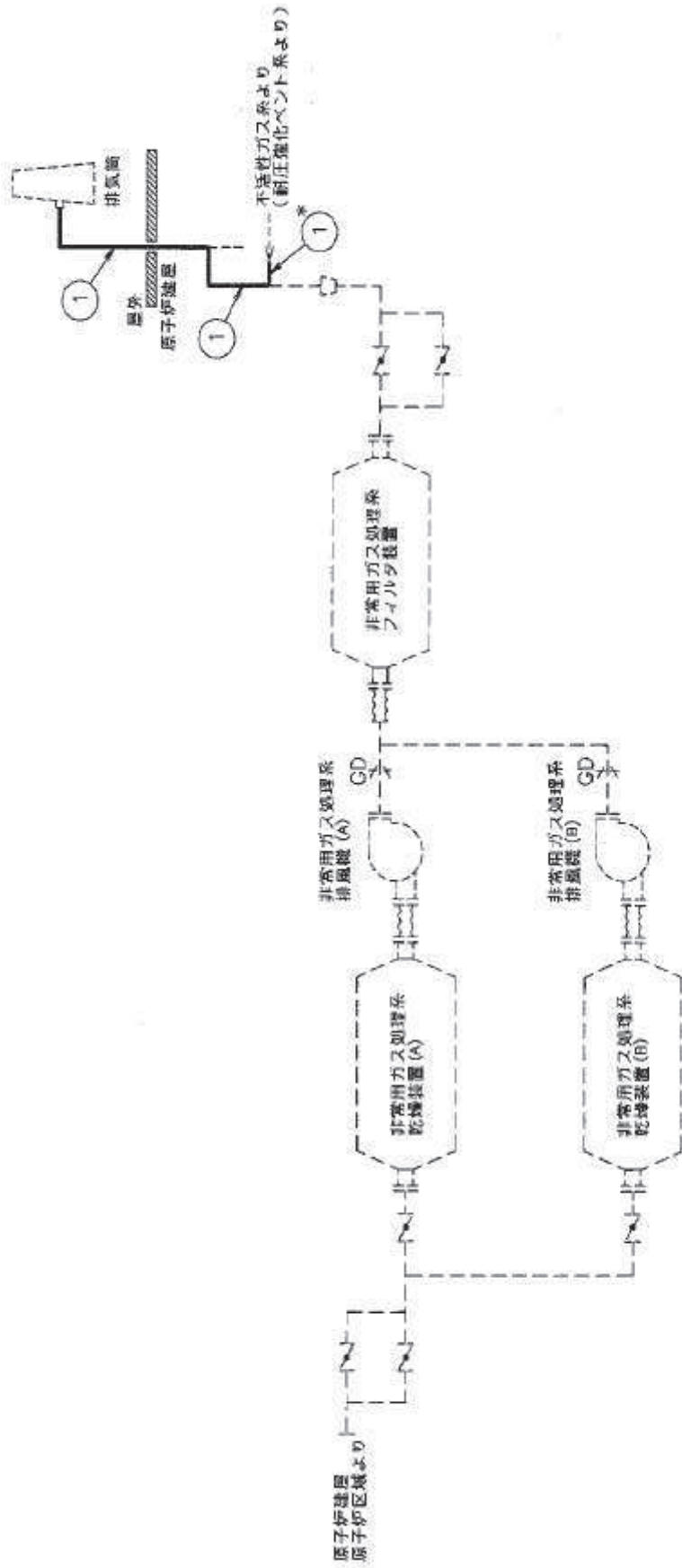
・適用規格の選定

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

目次

1. 概略系統図
2. 管の強度計算書

1. 概略系統図



注記*：管線手
非常用ガス処理系概略系統図

2. 管の強度計算書 (クラス3管)

設計・建設規格 PPD-3411

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)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

評価: $t_s \geq t_r$, 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）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

管の穴と補強計算書 (クラス 3 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 ($^{\circ}\text{C}$)		A_2	(mm^2)	
主管と管台の角度 ($^{\circ}$)		A_3	(mm^2)	
		A_4	(mm^2)	
主管材料		詳細: $A_0 > A_r$ よって十分である。		
S_r (MPa)				
D_{or} (mm)				
D_{ir} (mm)				
t_{ro} (mm)		d_{rD}	(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)		詳細: $A_{0D} \geq A_{rD}$ 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)	—
		詳細: $W \leq 0$ 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（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 ($^{\circ}\text{C}$)		A_2	(mm^2)	
主管と管台の角度 ($^{\circ}$)		A_3	(mm^2)	
		A_4	(mm^2)	
主管材料		詳細： $A_0 > A_r$ よって十分である。		
S_r (MPa)				
D_{or} (mm)				
D_{ir} (mm)				
t_{ro} (mm)		d_{rD}	(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)		詳細： $A_{0D} \geq A_{rD}$ 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)	—
		詳細： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

VI-3-*-*-*-*-* 管の基本板厚計算書

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成**年**月**日付け**資庁第****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。

VI-3-2-8 重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法

目次

1.	一般事項	1
1.1	概要	1
1.2	適用規格及び基準との適合性	1
1.3	強度計算書の構成とその見方	1
1.4	計算精度と数値の丸め方	5
1.5	材料の表示方法	7
2.	重大事故等クラス2容器（クラス1容器又は原子炉格納容器を除く）の強度計算方法	8
2.1	共通記号	8
2.2	円筒形の胴の計算	10
2.3	円すい形の胴の計算	11
2.4	容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算	13
2.5	全半球形鏡板の計算	15
2.6	半だ円形鏡板の計算	18
2.7	容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算	20
2.8	円形平板の計算	22
2.9	だ円形マンホール平板の計算	36
2.10	容器の管板の計算	37
2.11	容器の管台の計算	39
2.12	容器の管台の補強を要しない穴の最大径の計算	41
2.13	内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算	41
2.14	開放タンクの胴の計算	45
2.15	開放タンクの底板の計算	47
2.16	開放タンクの管台の計算	49
2.17	熱交換器の伝熱管の計算	50
3.	穴の補強計算	51
3.1	記号の説明	51
3.2	容器の穴の補強計算	55
3.3	開放タンクの胴の穴の補強計算	86
3.4	2つ以上の穴が接近しているときの補強計算	87
4.	フランジの強度計算	127
4.1	記号の説明	127
4.2	算式	130

5. 既工認における評価結果の確認による強度評価方法	140
5.1 確認内容	140
5.2 強度評価方法	140
6. 重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の強度計算方法	141
7. 重大事故等クラス2容器であって原子炉格納容器の強度計算方法	141

別紙 容器の強度計算書のフォーマット

1. 一般事項

1.1 概要

本書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス2容器が十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) 強度計算は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7）（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

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

- (2) 両規格に計算式の規定がないものについては他の規格及び基準を適用して行う。
日本産業規格（以下「J I S」という。）と強度計算書との対応は表1-2に示すとおりである。
- (3) 重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の評価は、施設時の適用規格である告示第501号による評価を実施する。
- (4) 重大事故等クラス2機器であって原子炉格納容器の評価は、告示第501号に基づき評価を実施する。ただし、改造箇所では適用規格が設計・建設規格の場合は設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。
- (5) 強度計算書で計算するもの以外のフランジは、以下に掲げる規格（材料に関する部分を除く。）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 PVC-3700）
- 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」

1.3 強度計算書の構成とその見方

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

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応
(重大事故等クラス 2 容器)

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
PVC-3100 (容器の胴の規定)		
PVC-3121 PVC-3122(1)	2. 2	円筒形の胴の計算
PVC-3111 PVC-3121 PVC-3124. 1(1)	2. 3	円すい形の胴の計算
PVC-3150(2)	2. 4 2. 12	容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算 容器の管台の補強を要しない穴の最大径の計算
PVC-3160	3. 2	容器の穴の補強計算
PVC-3162	3. 4	2つ以上の穴が接近しているときの補強計算
PVC-3171 PVC-3172 PVC-3173(1) PVC-3173(3) PVC-3174 PVC-3175(1) PVC-3175(3)	2. 13	内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算
PVC-3200 (容器の鏡板についての規定)		
PVC-3210(2) PVC-3220 PVC-3223(1)	2. 5	全半球形鏡板の計算
PVC-3210(3) PVC-3220 PVC-3225	2. 6	半だ円形鏡板の計算
PVC-3230(2)	2. 7	容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算
PVC-3240	3. 2	容器の穴の補強計算

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応
(重大事故等クラス 2 容器)

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
第 34 条 (容器の平板についての規定) 第 1 項 第 2 項	2. 8	円形平板の計算
PVC-3300 (容器の平板についての規定) PVC-3310 PVC-3320	2. 8	円形平板の計算
PVC-3320(2)	3. 2	容器の穴の補強計算
PVC-3500 (容器の管板についての規定) PVC-3510	2. 10	容器の管板の計算
PVC-3600 (管台についての規定) PVC-3610 PVC-3610(1) PVC-3610(2)	2. 11 2. 17	容器の管台の計算 熱交換器の伝熱管の計算
PVC-3900 (開放タンクについての規定) PVC-3920	2. 14	開放タンクの胴の計算
PVC-3940 PVC-3950	3. 3	開放タンクの胴の穴の補強計算
PVC-3960 PVC-3970	2. 15	開放タンクの底板の計算
PVC-3980	2. 16	開放タンクの管台の計算

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
No.	項		
J I S B 8 2 0 1 (2005) 「陸用鋼製ボイラー構造」	6.6.8	2.9	だ円形マンホール平板 の計算* ¹ フランジの強度計算* ²
J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」附	3	4	
属書 3 (規定)「圧力容器のボルト 締めフランジ」	4 5		

注記 *1: J I S B 8 2 0 1 (2005)「陸用鋼製ボイラー構造」(以下「J I S B 8 2 0 1」という。)を用いて計算を行う。

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

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 1-3 に示すとおりとする。

表 1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	最高使用圧力 (開放タンクを除く)	MPa	—	—	小数点以下第 2 位
	最高使用圧力 (開放タンク)	MPa	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
	外面に受ける 最高の圧力	MPa	—	—	小数点以下第 2 位
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
降伏点* 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 m* ²	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
	開放タンクの水頭及び 管台の内径	m	小数点以下第 5 位	四捨五入	小数点以下第 4 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	四捨五入	小数点以下第 1 位
比重		—	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
慣性モーメント		mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁

注記 *1：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。ただし、許容引張応力及び設計降伏点が設計・建設規格 付録材料図表に定められた値の a 倍である場合は、次のようにして定める。

(1) 比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て、小数点以下第 1 位までの値を a 倍する。

(2) (1)で得られた値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示別表に記載された許容引張応力及び設計降伏点は、各温度の値を SI 単位の換算し、SI 単位の換算した値の小数点第 1 位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*2：開放タンクの胴内径

*3：絶対値が 1,000 以上のときは、べき数表示とする。

1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。

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

	相当材記号	相当	(当該材記号)
(例 1)	SM400A	相当	(SMA400AP)
(例 2)	SCMV3-1	相当	(ASME SA387 Gr. 11C1.1)

- (2) 管材の許容引張応力の値は継目無管，電気抵抗溶接管及び鍛接管等，製造方法により異なる場合があるため材料記号の後に“－”を入れ，その製法による記号を付記して表示する。

(例) STPT410-S (継目無管の場合)

- (3) 強度区分により許容引張応力が異なる場合，材料記号の後に J I S で定める強度区分を付記して表示する。

(例)

設計・建設規格の表示	計算書の表示
SCMV3 (付録材料図表 Part5 表 5) の許容引張応力の上段	SCMV3-1
SCMV3 (付録材料図表 Part5 表 5) の許容引張応力の下段	SCMV3-2

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

(例) S45C (直径 40 mm 以下)

- (5) 熱処理によって許容引張応力の値が異なる場合，材料記号の後に J I S に定める熱処理記号を付記して表示する。

(例) SUS630 H1075 (固溶化熱処理後 570～590 °C 空冷の場合)

- (6) ガasket材料で非石綿の場合の表示は以下とする。

(例) 非石綿ジョイントシート

渦巻形金属ガasket (非石綿) (ステンレス鋼)

平形金属被覆ガasket (非石綿板) (ステンレス鋼)

なお，この場合のガasket係数 (m) 及びガasketの最小設計締付圧力 (y) は，

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

2. 重大事故等クラス2容器（クラス1容器又は原子炉格納容器を除く）の強度計算方法

2.1 共通記号

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

なお、以下に示す記号のうち、各計算において説明しているものはそれに従う。

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
P	P	最高使用圧力	MPa
P_e	P_e	外面に受ける最高の圧力	MPa
S_y	S_y	材料の設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8による。	MPa
η	η	継手の効率 設計・建設規格 PVC-3130 に規定している継手の種類に応じた効率を使用する。設計・建設規格 PVC-3140 に規定している連続した穴がある場合における当該部分の効率については該当するものがないので強度計算書には記載しない。	—
	継手の種類		—
	継手無し	同左	—
	突合せ両側溶接	同左	—
	裏当金（取り除く。）を使用した突合せ片側溶接	裏当金を使用した突合せ片側溶接（溶接後裏当金を取り除いたものに限る。）及びこれと同等以上の効果が得られる方法による溶接	—
	裏当金（取り除かず。）を使用した突合せ片側溶接	裏当金を使用した突合せ片側溶接（溶接後裏当金を取り除いたものを除く。）	—
	裏当金を使用しない突合せ片側溶接	同左	—
	両側全厚すみ肉重ね溶接	同左	—
	プラグ溶接を行う片側全厚すみ肉重ね溶接	同左	—
	プラグ溶接を行わない片側全厚すみ肉重ね溶接	同左	—

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	放射線検査の有無 有り 無し	発電用原子力設備規格（溶接規格 JSME S NB 1-2001）（日本機械学会 2001年） N-3140 及び N-4140（N-1100(1)a 準用）の規定に 準じて放射線透過試験を行い，同規格の規定に 適合するもの その他のもの	— —

2.2 円筒形の胴の計算

重大事故等クラス2容器については、設計・建設規格 PVC-3121, PVC-3122(1)を適用する。容器の形状は設計・建設規格 PVC-3111 に適合する円筒形とする。また、容器の継手は、設計・建設規格 PVC-3112 に適合する溶接継手又は、フランジ継手を使用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	胴の内径	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
	t	胴に必要な厚さ	mm
	t_1	胴の規格上必要な最小厚さ	mm
t	t_2	胴の計算上必要な厚さ	mm
	t_s	胴の最小厚さ	mm
	t_{s0}	胴の呼び厚さ	mm

(2) 算式

円筒形の胴に必要な厚さは次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあつては 3 mm, その他の材料で作られたものにあつては 1.5 mm とする。

- b. 内面に圧力を受ける胴： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

(3) 評価

胴の最小厚さ (t_s) \geq 胴に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.3 円すい形の胴の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3111, PVC-3121 及びPVC-3124.1(1)を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_o	D_o	胴の大径端側の内径	mm
D_s	D_s	胴の小径端側の内径	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
	t	胴に必要な厚さ	mm
	t_1	胴の規格上必要な最小厚さ	mm
t	t_2	胴の計算上必要な厚さ	mm
	t_s	胴の最小厚さ	mm
	$t_{s o}$	胴の呼び厚さ	mm
θ	θ	円すいの頂角の 2 分の 1	°

(2) 形状の制限

(設計・建設規格 図 PVC-3111-1(d))

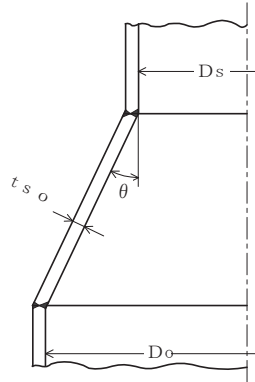


図 2-1 円すい形の胴の形状

設計・建設規格 図 PVC-3111-1(d)の形状にあつては $\theta \leq 30^\circ$ であること。

(3) 算式

円すい形の胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあつては 3mm，その他の材料で作られたものにあつては 1.5mm とする。

- b. 内面に圧力を受ける胴

(a) 設計・建設規格 図 PVC-3111-1(d)の形状にあつては、次の式による値とする。

イ. 円すい部： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.6 \cdot P)}$$

(4) 評価

胴の最小厚さ (t_s) \geq 胴に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.4 容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算

重大事故等クラス2容器については、設計・建設規格 PVC-3150(2)を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D	D	穴の中心における胴の外径	mm
	d_{r1}	補強を要しない穴の最大径（だ円穴の場合は長径）	mm
d	d_{r2}	補強を要しない穴の最大径（だ円穴の場合は長径）	mm
K	K	係数 ただし $K \leq 0.99$	—
S	S	内圧時の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
t_s	t_s	胴の最小厚さ	mm
η	η	穴が長手継手を通る場合はその継手の効率, その他の場合は 1.00	—

(2) 算式

胴の補強を要しない穴の最大径は、次の a 項及び b 項で計算した値のうちいずれか大きい方の値とする。

- a. 穴の径が 61 mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_s}{4}$$

- b. 穴の径が 200 mm 以下で、かつ、クラス 2 容器は設計・建設規格 図 PVC-3150-1 及び PVC-3150-2 により求めた値以下の穴

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

Kは、次の式により計算した値で、 $K > 0.99$ のときは、 $K = 0.99$ とする。

- (a) 円筒形の場合

$$K = \frac{P \cdot D}{1.82 \cdot S \cdot \eta \cdot t_s}$$

(3) 評価

穴の径>補強を要しない穴の最大径となる穴を判別する。

穴の補強が不要な場合は，穴の補強計算を行わない。

2.5 全半球形鏡板の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3210(2), PVC-3220 及び PVC-3223(1)を適用する。

(1) フランジ部を有する場合

a. 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	鏡板が取り付けられる胴の内径	mm
R	R	鏡板の内半径	mm
S	S	内圧時（中低面に圧力を受けるとき）の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
	t	鏡板に必要な厚さ	mm
t	t_1	鏡板のフランジ部の計算上必要な厚さ	mm
t	t_2	鏡板の計算上必要な厚さ	mm
	t_c	鏡板の最小厚さ	mm
	t_{c0}	鏡板の呼び厚さ	mm

b. 形状

全半球形であること。

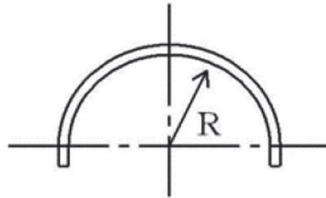


図 2-2 全半球形鏡板の形状

c. 算式

全半球形鏡板に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

(a) 中低面に圧力を受ける鏡板： t_1 , t_2

イ. フランジ部： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

ロ. 鏡板： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

d. 評価

鏡板の最小厚さ (t_c) \geq 鏡板に必要な厚さ (t) ならば十分である。

(2) フランジ部を有しない場合

a. 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
R	R	鏡板の内半径	mm
S	S	内圧時（中低面に圧力を受けるとき）の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
t	t	鏡板に必要な厚さ	mm
	t ₁	鏡板の計算上必要な厚さ	mm
	t _c	鏡板の最小厚さ	mm
	t _{c0}	鏡板の呼び厚さ	mm

b. 形状

全半球形であること。

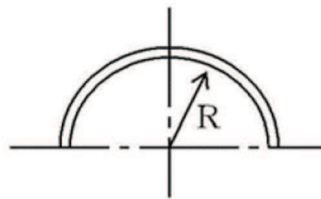


図 2-3 全半球形鏡板の形状

c. 算式

中低面に圧力を受ける全半球形鏡板に必要な厚さ t_1 は、次に掲げる値とする。

$$t_1 = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

d. 評価

鏡板の最小厚さ (t_c) \geq 鏡板に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.6 半だ円形鏡板の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3210(3), PVC-3220 及び PVC-3225 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	鏡板が取り付けられる胴の内径	mm
D	D_{iL}	鏡板の内面における長径	mm
h	h	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	—
S	S	内圧時（中低面に圧力を受けるとき）の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
	t	鏡板に必要な厚さ	mm
t	t_1	鏡板のフランジ部の計算上必要な厚さ	mm
t	t_2	鏡板の計算上必要な厚さ	mm
	t_c	鏡板の最小厚さ	mm
	t_{co}	鏡板の呼び厚さ	mm

(2) 形状

$\frac{D_{iL}}{2 \cdot h} \leq 2$ であること。

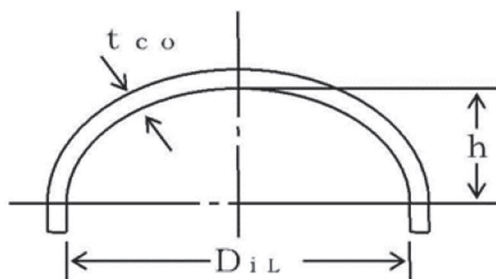


図 2-4 半だ円形鏡板の形状

(3) 算式

半だ円形鏡板に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 中低面に圧力を受ける鏡板： t_1 ， t_2

(a) フランジ部： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

(b) 鏡板： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot D_{iL} \cdot K}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

$$\text{ただし、} K = \frac{1}{6} \cdot \left\{ 2 + \left(\frac{D_{iL}}{2 \cdot h} \right)^2 \right\}$$

(4) 評価

鏡板の最小厚さ (t_c) \geq 鏡板に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.7 容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3230(2)を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D	D	鏡板のフランジ部の外径。ただし円すい形鏡板にあつては、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外径	mm
d	d_{r1}	補強を要しない穴の最大径（だ円穴の場合は長径）	mm
	d_{r2}	補強を要しない穴の最大径（だ円穴の場合は長径）	mm
K	K	係数 ただし $K \leq 0.99$	—
S	S	内圧時（中低面に圧力を受けるとき）の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
t_s	t_c	鏡板の最小厚さ	mm
η	η	穴が継手を通る場合はその継手の効率。その他の場合は 1.00	—

(2) 算式

鏡板の補強を要しない穴の最大径は、次の a 項及び b 項で計算した値のうちいずれか大きい方の値とする。

- a. 穴の径が 61 mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_c}{4}$$

- b. 穴の径が 200 mm 以下で、かつ、設計・建設規格 図 PVC-3150-1 及び図 PVC-3150-2 により求めた値以下の穴

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

K は、次の式により計算した値で、 $K > 0.99$ のときは、 $K = 0.99$ とする。

- (a) さらに形鏡板及び半だ円形鏡板の場合

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

- (b) 全半球鏡板の場合

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

(3) 評価

穴の径 > 補強を要しない穴の最大径となる穴を判別する。

穴の補強が不要な場合は、穴の補強計算を行わない。

2.8 円形平板の計算

重大事故等クラス2容器については告示第501号第34条第1項及び第2項又は設計・建設規格 PVC-3310 及びPVC-3320 を適用する。

(1) 記号の説明

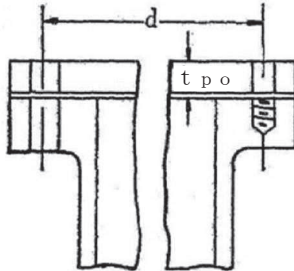
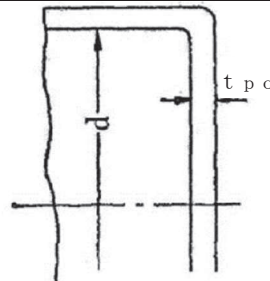
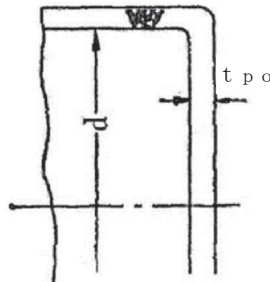
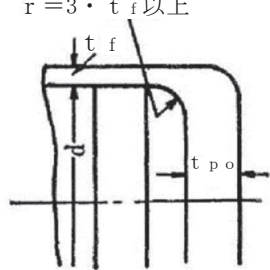
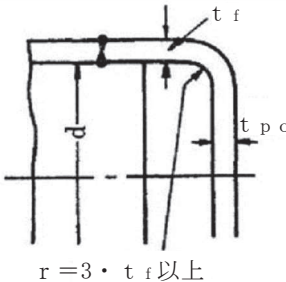
告示第501号, 設計・建設規格, JISの記号	計算書の 表示	表示内容	単位
A_b	A_b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm^2
A_m	A_m	ボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m1}	A_{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m2}	A_{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm^2
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b_o	b_o	ガスケット座の基本幅 (JIS B 8243 附属書2 表1又はJIS B 8265 附属書3 表3による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d, G	d	クラス2容器は告示第501号第34条第1項に記載される表, 設計・建設規格 表PVC-3310-1に規定する方法によって測った平板の径又は最小内のり (ガスケットの場合 $d = G$)	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いずれか小さい方の径	mm
	d_h	平板の断面に現れる穴の径 (だ円穴の場合は長径)	mm
D_g	D_g	セルフシールガスケットの外径	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_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_g	h_g	モーメントアームでボルトのピッチ円の直径と d との差の2分の1	mm
K	K	平板の厚さ計算における取付け方法による係数	—
ℓ	ℓ	フランジ部の長さ	mm

告示第501号, 設計・建設規格, J I Sの記号	計算書の 表示	表示内容	単位
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 4 3 附属書2 表2又はJ I S B 8 2 6 5 附属書3 表2 による。)	—
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 4 3 附属書2 表1又はJ I S B 8 2 6 5 附属 書3 表3による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
P	P	最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力	MPa
r	r	すみの丸みの内半径	mm
S	S	内圧時の最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号 別表第6又は別表第7又は設計・ 建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6に よる。	MPa
σ_a	S_a	常温におけるボルト材料の許容引張応力 告示第501号 別表第8又は設計・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 告示第501号 別表第8又は設計・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_c	t_c	平板のすみ肉ののど厚	mm
t_f	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_p	平板の最小厚さ	mm
	$t_{p.o}$	平板の呼び厚さ	mm
t_s	t_s	胴又は管の最小厚さ	mm
t_r	$t_{s.r}$	胴又は管の継目がない場合の計算上必要な厚さ	mm
t_i	t_i	平板ののど厚。告示第501号第34条第1項の表 による。	mm
t_w	t_w	告示第501号第34条第1項の表又は設計・建設 規格 表PVC-3310-1による。	mm
t_{w1}	t_{w1}	設計・建設規格 表PVC-3310-1による。	mm
t_{w2}	t_{w2}	設計・建設規格 表PVC-3310-1による。	mm

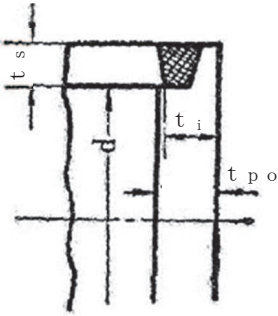
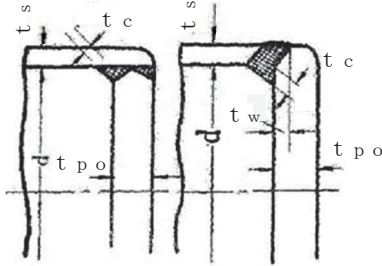
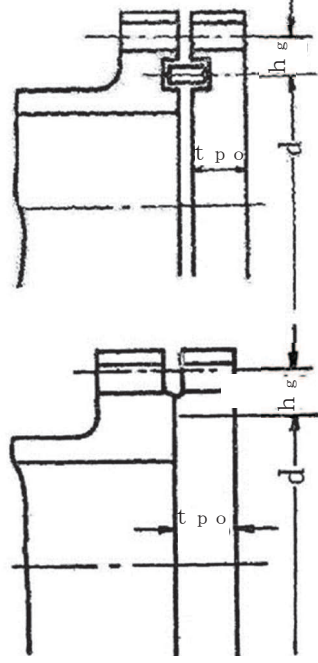
告示第501号, 設計・建設規格, JISの記号	計算書の 表示	表示内容	単位
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W_g	W_g	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W_{m1}	W_{m1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W_{m2}	W_{m2}	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W_o	W_o	使用状態でのボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (JIS B 8243 附属書2 表2 又は JIS B 8265 附属書3 表2 による。)	N/mm ²
π	π	円周率	—
	σ_p	平板に作用する力によって生じる応力	MPa
	ガスケット座面の形状	ガスケット座面の形状 (JIS B 8243 附属書2 表1 又は JIS B 8265 附属書3 表3 による。)	—

(2) 形状の制限

a. 告示第501号(第34条第1項)

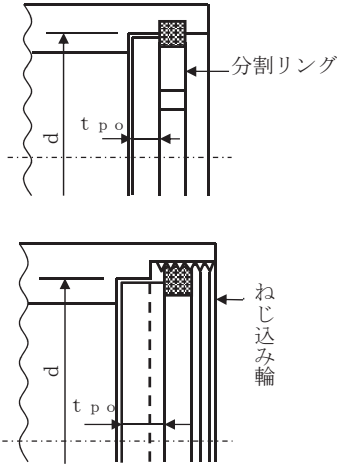
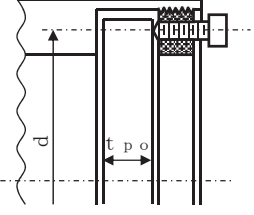
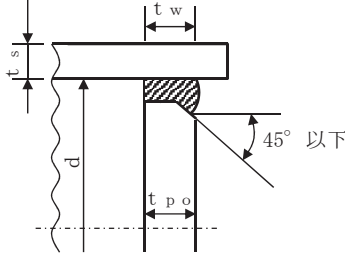
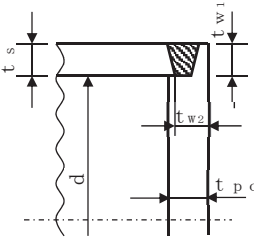
	取付け方法	形状の制限
(a)		無し。
(b)		$d \leq 600 \text{ mm},$ $t_{p0} \geq d/20$ であること。
(c)		$d \leq 600 \text{ mm},$ $t_{p0} \geq d/20$ であること。
(d)	<p>$r = 3 \cdot t_f$ 以上</p> 	$r \geq 3 \cdot t_f$ であること。
(e)	 <p>$r = 3 \cdot t_f$ 以上</p>	$d \leq 600 \text{ mm},$ $t_{p0} \geq d/20,$ $r \geq 3 \cdot t_f$ であること。

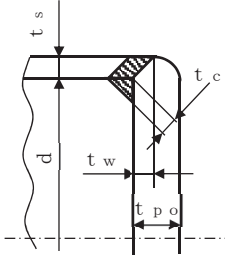
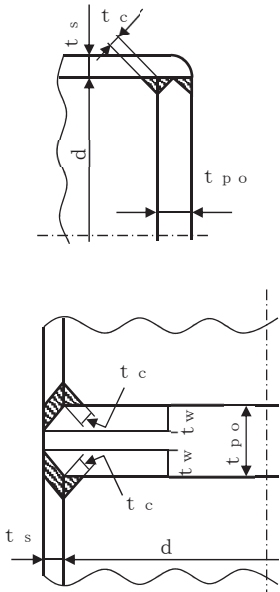
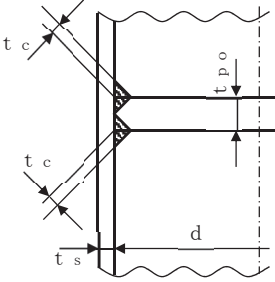
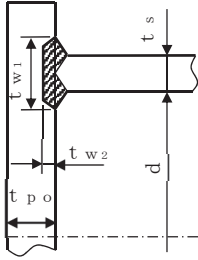
	取付け方法	形状の制限
(f)		$0.8 \cdot S \geq \sigma_p$ であること。
(g)		$0.8 \cdot S_b \geq \sigma_p$ であること。
(h)		$t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ かつ, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。

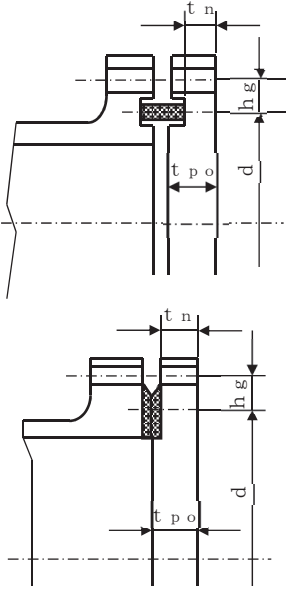
	取付け方法	形状の制限
(i)		$t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ かつ, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。
(j)		$t_w \geq 2 \cdot t_{sr}$ かつ, $t_w \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。 かつ, $t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(k)		無し。
(l)	その他の場合	無し。

b. 設計・建設規格 (PVC-3310)

取付け方法		形状の制限
(a)		無し。
(b)		$d \leq 600\text{mm}$, $d/4 > t_{po} \geq d/20$ かつ, $r \geq t_f/4$ 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)		$0.8 \cdot S \geq \sigma_p$ であること。
(g)		$0.8 \cdot S_b \geq \sigma_p$ であること。
(h)		$t_w \geq 2 \cdot t_{sr}$ かつ, $t_w \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。
(i)	 <p style="text-align: center;"> $t_{w1} + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ $t_{w1} \geq t_s$ </p>	$t_{w1} + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$, $t_{w1} \geq t_s$ かつ, $t_s \geq 1.25 \cdot t_{sr}$ であること。

	取付け方法	形状の制限
(j)(1)		$t_w \geq \text{Min}(0.5 \cdot t_s, 0.25 \cdot t_{po})$ かつ、 $t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(j)(2)		$t_w \geq \text{Min}(1.0 \cdot t_s, 0.5 \cdot t_{po})$ かつ、 $t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(k)		$t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(l)	 <p style="text-align: center;"> $t_{w1} + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ ($t_{w2} = 0$ を含む。) </p>	$t_{w1} + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ ($t_{w2} = 0$ を含む。)

	取付け方法	形状の制限
(m)		無し。
(n)	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. 告示第501号

(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
第34条 第1項	
(a)	0.20
(b)	
(c)	
(d)	0.25
(e)	
(f)	0.30
(g)	
(h)	0.50
(i)	
(j)	
(k)	$0.30 + \frac{1.4 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d} *$
(l)	0.75

注記 * : 4項「フランジの強度計算」における記号との対応は次のとおり。

FはW_oとW_gのいずれか大きい方、h_gはh_G、WはH、dはG(セルフシールガスケットを用いる場合はD_g)とする。

- (b) 平板に穴を設ける場合であって、穴の径 (d_h) が d の 2 分の 1 以下で容器の胴の穴の補強に準じて補強するものの計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

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

この場合において、平板の補強に用いる必要厚さ (t_{pr}) は t とし、かつ、補強に有効な面積は、補強に必要な面積の 2 分の 1 以上とする。

- (c) 平板に穴を設ける場合であって、穴の径 (d_h) が d の 2 分の 1 以下で (b) 項以外のものの計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

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

ただし、平板の取付け方法が、(k) の場合を除き、 K の値が 0.375 を超えるときはその値を 0.375 とする。

- (d) 平板に穴を設ける場合であって、穴の径 (d_h) が d の 2 分の 1 を超えるものの計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

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

b. 設計・建設規格

(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(0.2, 0.33・m) ここで, $m = t_{sr} / t_s$
(e)	0.17 0.10*1
(f)	0.20
(g)	
(h)	Max(0.2, 0.33・m) ここで, $m = t_{sr} / t_s$
(i)	0.33
(j)(1)	Max(0.2, 0.33・m) ここで, $m = t_{sr} / t_s$
(j)(2)	
(k)	
(l)	
(m)	$0.20 + \frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ ただし, t_n の厚さにあつては $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ *2
(n)	0.50

注記 *1: 取付け方法(e)において 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①又は②いずれかの場合, $K=0.10$ とする。

① $l \geq (1.1 - 0.8 \cdot \frac{t_s^2}{t_f^2}) \cdot \sqrt{d \cdot t_f}$ の場合

② t_s が $2 \cdot \sqrt{d \cdot t_s}$ 以上の長さにわたって

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

*2: 4項「フランジの強度計算」における記号との対応は次のとおり。

Fは W_o と W_g のいずれか大きい方, h_g は h_G , WはH, dはG(セルフシーリングケットを用いる場合は D_g)とする。

- (b) 平板に穴を設ける場合であって、穴の径 (d_h) が d の 2 分の 1 以下で容器の胴の穴の補強に準じて補強するものの計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

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

この場合において、平板の補強に用いる必要厚さ (t_{pr}) は t とし、かつ、補強に有効な面積は、補強に必要な面積の 2 分の 1 以上とする。

- (c) 平板に穴を設ける場合であって、穴の径 (d_h) が d の 2 分の 1 以下で(b)項以外のものの計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

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

ただし、平板の取付け方法が、(m) の場合を除き、 K の値が 0.375 を超えるときはその値を 0.375 とする。

- (d) 平板に穴を設ける場合であって、穴の径 (d_h) が d の 2 分の 1 を超えるものの計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

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

(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) ならば十分である。

2.9 だ円形マンホール平板の計算

重大事故等クラス2容器についてはJ I S B 8 2 0 1 6.6.8項 マンホールカバーの最小厚さを適用する。

(1) 記号の説明

J I Sの記号	計算書の表示	表示内容	単位
a	a	穴の長径	mm
b	b	穴の短径	mm
c	c	穴の短径と長径との比によって定まる係数 (J I S B 8 2 0 1 図 6.20 による。)	—
	t	マンホール平板に必要な厚さ	mm
t	t ₁	マンホール平板の計算上必要な厚さ	mm
	t ₂	マンホール平板の中央部の規格上必要な最小厚さ	mm
	t _p	マンホール平板の最小厚さ	mm
	t _{p0}	マンホール平板の呼び厚さ	mm
α	α	付け代で、1 mm 以上とする。ただし、取替えのできるマンホール平板にあつては、0 とする。	mm
σ _a	σ _a	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

(2) 算式

だ円形マンホール平板の計算上必要な厚さは次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 平板の計算上必要な厚さ：t₁

$$t_1 = \frac{5 \cdot b}{c} \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_a}} + \alpha$$

- b. 規格上必要な最小厚さ：t₂

平板の中央部の厚さは 14 mm 以下としてはならない。

(3) 評価

マンホール平板の最小厚さ (t_p) ≥ マンホール平板に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.10 容器の管板の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3510 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	A	管板に取り付けられる任意の管の中心が囲む面積	mm ²
D	D	パッキンの中心円の径（胴と一体となった管板にあつては、胴の内径）	mm
	d_t	管の外径	mm
F	F	管及び管板の支え方による係数	—
L	L	面積Aの周のうち穴の径以外の部分の長さ	mm
P	P	計算上必要な厚さが大きい値の方の最高使用圧力	MPa
	P_t	管穴の中心間の距離	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
	t	管板に必要な厚さ	mm
t	t_1	管板の計算上必要な厚さ	mm
t	t_2	管板の計算上必要な厚さ	mm
	t_b	管板の最小厚さ	mm
	t_{b0}	管板の呼び厚さ	mm
	t_s	胴と管板が一体となっている場合の胴の最小厚さ	mm
	z	管穴の中心間に必要な距離	mm
	伝熱管の形式		
	直管	同左	—
	U字管	同左	—
	管板の支え方		
	管側胴と一体でない。	同左	—
	管側胴と一体である。	同左	—
	胴側胴と一体でない。	同左	—
	胴側胴と一体である。	同左	—

(2) 形状の制限

$P_t \geq z$, $z = d_t + 0.25 \cdot d_t$ であること。

(3) 算式

管板の計算上必要な厚さは、次の式により計算したいずれか大きい方の値（10 mm 未満の場合は 10 mm）とする。

$$t_1 = \frac{F \cdot D}{2} \cdot \sqrt{\frac{P}{S}}$$

$$t_2 = \frac{P}{0.85 \cdot S} \cdot \left(\frac{A}{L}\right)_{\text{Max}}$$

ここで $\left(\frac{A}{L}\right)_{\text{Max}}$ は $\left(\frac{A}{L}\right)$ の最大値であり、通常一番外側の管穴の中心を順次結んで得られる多角形が最大値となる。

以下に A 及び L の取り方の例を示す。

A は、一番外側の管穴の中心を順次結んで得られる多角形の面積（図 2-5 参照）

L は、一番外側の管穴の中心を順次結んで得られる多角形の外周の長さから外周上の管穴の直径の合計を差し引いた長さ

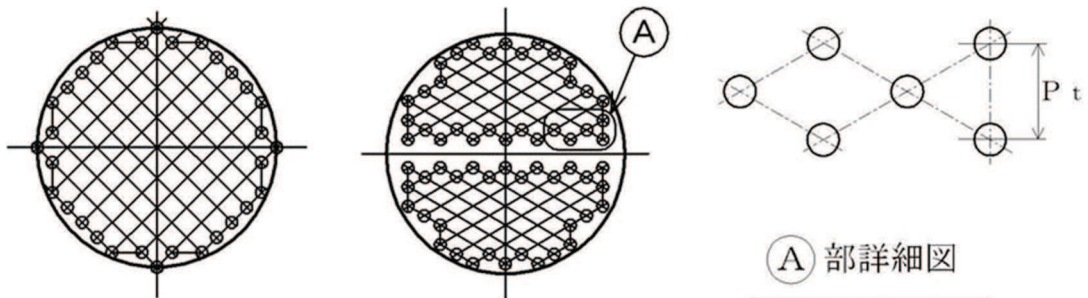


図 2-5 管板の計算に用いる多角形

なお、計算は管側と胴側各々の条件に対して行い、計算上必要な厚さが大きい側の結果を強度計算書に記載する。

(4) 評価

管板の最小厚さ (t_b) \geq 管板に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.11 容器の管台の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3610 を適用する。

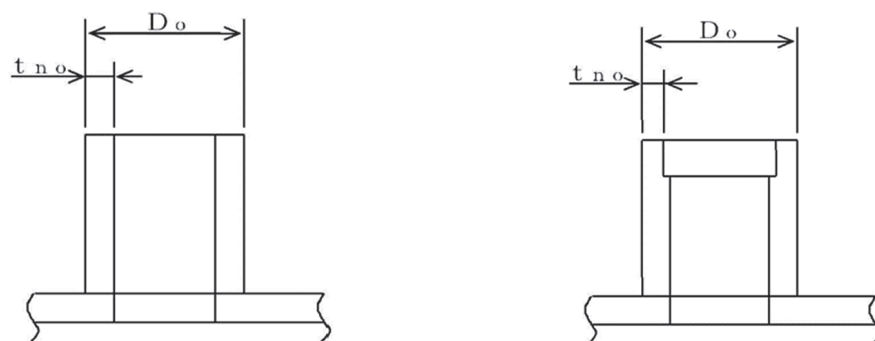
(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
B	B	設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1~20 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_2 となる。)	—
D_o	D_o	管台の外径*2	mm
S	$S[S_1]$ *1	内圧時の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_2	外圧時の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
t	t	管台に必要な厚さ	mm
t	t_1	管台の計算上必要な厚さ	mm
t	t_2	管台の計算上必要な厚さ	mm
	t_3	管台の規格上必要な最小厚さ	mm
	t_n	管台の最小厚さ	mm
	t_{no}	管台の呼び厚さ*2	mm

注記 *1: $S[S_1]$ は内圧時の計算のみの場合は S を, 内圧時及び外圧時の計算の場合は S_1 を用いる。

なお, $S_1 = S_2$ の場合は, S_2 を S_1 と置き換える

*2: 管台の外径及び呼び厚さは, 下図参照。



注: 本図は, 管台の外径及び呼び厚さの寸法を説明するものであり, 管台の取付け形式を示すものではない。

(2) 算式

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 内面に圧力を受ける管台： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

- b. 外面に圧力を受ける管台： t_2

設計・建設規格 図 PVC-3610-1 より P_e 、 S_2 に対して求めた厚さ。ただし、図より求められない場合は次の式による値とする。

$$t_2 = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

- c. 規格上必要な最小厚さ： t_3

炭素鋼鋼管を使用する管台にあつては、管台の外径に応じて設計・建設規格 表 PVC-3610-1 より求めた管台の厚さとする。

(3) 評価

管台の最小厚さ (t_n) \geq 管台に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.12 容器の管台の補強を要しない穴の最大径の計算

管台を胴と見なし、2.4項「容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算」を使用する。

2.13 内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算

(1) 大径端側について

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3171, PVC-3172, PVC-3173(1)及びPVC-3173(3)を適用する。

a. 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	A	強め輪に必要な断面積	mm ²
a	a	円すい形の胴と円筒形の胴との接続部からそれぞれの胴の厚さの中心に沿った距離	mm
A _e	A _e	実際の強め輪の断面積	mm ²
	b _e	強め輪の接続部から端部までの距離	mm
	b _{e d}	強め輪の有効な長さでb _e とaの小さい値	mm
D _o	D _o	円すい形の胴の大径端に接続する円筒形の胴の内径	mm
S	S	最高使用温度における円すい形の胴材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6による。	MPa
t	t	円すい形の胴の厚さ	mm
t'	t'	円すい形の胴と円筒形の胴との接続部における円筒形の胴の計算上必要な厚さ	mm
t _e	t _e	t _{e1} , t _{e2} のいずれか小さい値	mm
t _e	t _{e1}	円筒形の胴の余肉厚さ	mm
t _e	t _{e2}	円すい形の胴の余肉厚さ	mm
	t _i	強め輪の厚さ	mm
t _o	t _o	円すい形の胴の大径端に接続する円筒形の胴の厚さ	mm
η	η	円すい形の胴の継手効率	—
θ	θ	円すいの頂角の2分の1	°
θ ₁	θ ₁	設計・建設規格 表PVC-3172-1より求めた角度	°

b. 算式

(a) 強め輪の要否の計算

$\theta_1 \geq \theta$ であれば強め輪は不要である。

$\theta_1 < \theta$ であれば b 項の強め輪の計算を行う。

(b) 強め輪の計算

イ. 強め輪に必要な断面積

$$A = \frac{P \cdot D_o^2}{8 \cdot S \cdot \eta} \cdot \left(1 - \frac{\theta_1}{\theta}\right) \cdot \tan \theta$$

ロ. 実際の強め輪の断面積

$$A_e = 4 \cdot t_e \cdot \sqrt{\frac{D_o \cdot t_o}{2}} + 2 \cdot b_{ed} \cdot t_i$$

ただし、胴の余肉のみで強め輪とする場合は、

$$A_e = 4 \cdot t_e \cdot \sqrt{\frac{D_o \cdot t_o}{2}}$$

ここで、

$$b_{ed} = \text{Min}(a, b_e)$$

$$a = \sqrt{\frac{D_o \cdot t_o}{2}}$$

$$t_e = \text{Min}(t_{e1}, t_{e2})$$

$$t_{e1} = t_o - t'$$

$$t_{e2} = t - \frac{t'}{\cos \theta}$$

c. 評価

強め輪の断面積 (A_e) \geq 強め輪に必要な断面積 (A) ならば十分である。

(2) 小径端側

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3171, PVC-3174, PVC-3175(1)及びPVC-3175(3)を適用する。

a. 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	A	強め輪に必要な断面積	mm ²
a	a	円すい形の胴と円筒形の胴との接続部からそれぞれの胴の厚さの中心に沿った距離	mm
A _e	A _e	実際の強め輪の断面積	mm ²
	b _e	強め輪の接続部から端部までの距離	mm
	b _{e d}	強め輪の有効な長さでb _e とaの小さい値	mm
D _s	D _s	円すい形の胴の小径端に接続する円筒形の胴の内径	mm
m	m	m ₁ , m ₂ のいずれか小さい値	—
m	m ₁	円筒形の胴の余肉の割合	—
m	m ₂	円すい形の胴の余肉の割合	—
S	S	最高使用温度における円すい形の胴材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6による。	MPa
t	t	円すい形の胴の厚さ	mm
t'	t'	円すい形の胴と円筒形の胴との接続部における円筒形の胴の計算上必要な厚さ	mm
	t _i	強め輪の厚さ	mm
t _s	t _s	円すい形の胴の小径端に接続する円筒形の胴の厚さ	mm
η	η	円すい形の胴の継手効率	—
θ	θ	円すいの頂角の2分の1	°
θ ₂	θ ₂	設計・建設規格 表 PVC-3174-1 より求めた角度	°

b. 算式

(a) 強め輪の要否の計算

$\theta_2 \geq \theta$ であれば強め輪は不要である。

$\theta_2 < \theta$ であれば b 項の強め輪の計算を行う。

(b) 強め輪の計算

イ. 強め輪に必要な断面積

$$A = \frac{P \cdot D_s^2}{8 \cdot S \cdot \eta} \cdot \left(1 - \frac{\theta_2}{\theta}\right) \cdot \tan \theta$$

ロ. 実際の強め輪の断面積

$$A_e = m \cdot \sqrt{\frac{D_s \cdot t_s}{2}} \cdot \left\{ \left(t - \frac{t'}{\cos \theta} \right) + (t_s - t') \right\} + 2 \cdot b_{ed} \cdot t_i$$

ただし、胴の余肉のみで強め輪とする場合は、

$$A_e = m \cdot \sqrt{\frac{D_s \cdot t_s}{2}} \cdot \left\{ \left(t - \frac{t'}{\cos \theta} \right) + (t_s - t') \right\}$$

ここで、

$$b_{ed} = \text{Min}(a, b_e)$$

$$a = \sqrt{\frac{D_s \cdot t_s}{2}}$$

$$m = \text{Min}(m_1, m_2)$$

$$m_1 = t_s \cdot \frac{\cos(\theta - \theta_2)}{t'}$$

$$m_2 = t \cdot \frac{\cos \theta \cdot \cos(\theta - \theta_2)}{t'}$$

c. 評価

強め輪の断面積 (A_e) \geq 強め輪に必要な断面積 (A) ならば十分である。

2.14 開放タンクの胴の計算

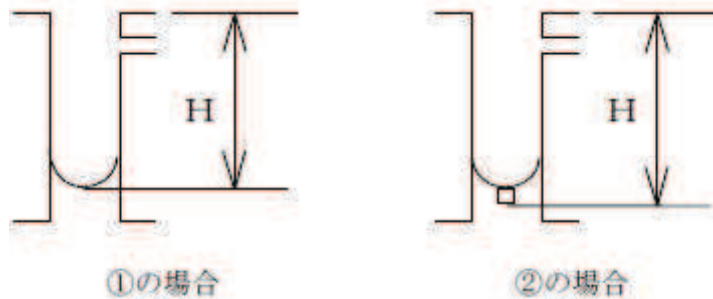
重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3920 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	胴の内径	m
H	H	水頭*	m
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
	t	胴に必要な厚さ	mm
	t_1	胴の規格上必要な最小厚さ	mm
t	t_2	胴の計算上必要な厚さ	mm
	t_3	胴の内径に応じた必要厚さ	mm
	t_s	胴の最小厚さ	mm
	t_{s0}	胴の呼び厚さ	mm
ρ	ρ	液体の比重。ただし、1.00 未満の場合は 1.00 とする。	—

注記 *：開放タンクの水頭の取り方は、強度評価上は次のいずれかとする。

- ① タンク上部フランジ上端又はタンク胴板上端より底板内側まで
- ② 底板に管台が取り付けく場合は、第1溶接継手まで



なお、この水頭の取り方は、底板及び管台の計算で用いる水頭も同じである。

(2) 算式

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は 3 mm，その他の材料で作られた場合は 1.5 mm とする。

- b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

- c. 胴の内径に応じた必要厚さ： t_3

胴の内径が 5 m を超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(3) 評価

胴の最小厚さ (t_s) \geq 胴に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.15 開放タンクの底板の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3960 及び PVC-3970 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
H	H	水頭	m
P	P	最高使用圧力	MPa
	t	底板の規格上必要な厚さ	mm
	t_b	底板の最小厚さ	mm
	t_{b0}	底板の呼び厚さ	mm
ρ	ρ	液体の比重。ただし、1.00 未満の場合は 1.00 とする。	—

下記(3)b項の場合の記号の説明で上記以外の記号については、鏡板又は平板の項を参照のこと。ただし、鏡板の計算にあつては、 t_b を t_c 、 t_{b0} を t_{c0} に読み替える。

(2) 形状の制限

次のいずれかであること。

- a. 平板
- b. 設計・建設規格 PVC-3210 に規定されている鏡板

(3) 算式

開放タンクの底板に必要な厚さは次によるものとする。

- a. 地面，基礎等に直接接触するものの厚さ：t
設計・建設規格 PVC-3970(1)により 6 mm 以上とする。
- b. 上記以外のものの底板に必要な厚さ：t
設計・建設規格 PVC-3970(2)を適用する。
ここで，最高使用圧力Pは次の式による値とする。

$$P = 9.80665 \times 10^{-3} \cdot H \cdot \rho$$

(a) 鏡板

設計・建設規格 PVC-3970(2)より，設計・建設規格 PVC-3220 を準用する。
全半球形鏡板にあつては，2.5 項「全半球形鏡板の計算」による厚さとする。
半だ円形鏡板にあつては，2.6 項「半だ円形鏡板の計算」による厚さとする。

(b) 平板

設計・建設規格 PVC-3970(2)より，設計・建設規格 PVC-3310 を準用する。
2.8 項「円形平板の計算」による厚さとする。

(4) 評価

底板の最小厚さ（ t_b ） \geq 底板に必要な厚さ（t）ならば十分である。

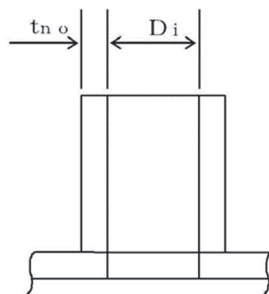
2.16 開放タンクの管台の計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3980 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	管台の内径*	m
H	H	水頭	m
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 付録材料図書 Part5 表5又は表6による。	MPa
t	t	管台に必要な厚さ	mm
	t_1	管台の計算上必要な厚さ	mm
	t_2	管台の規格上必要な最小厚さ	mm
	t_n	管台の最小厚さ	mm
	t_{no}	管台の呼び厚さ*	mm
ρ	ρ	液体の比重。ただし、1.00 未満の場合は 1.00 とする。	—

注記 *：管台の内径及び呼び厚さは、下図参照。



注：本図は、管台の内径及び呼び厚さの寸法を説明するものであり、管台の取付け形式を示すものではない。

(2) 算式

開放タンクの管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

- b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

(3) 評価

管台の最小厚さ (t_n) \geq 管台に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.17 熱交換器の伝熱管の計算

重大事故等クラス2容器の熱交換器の伝熱管については設計・建設規格 PVC-3610(1)及びPVC-3610(2)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	設計・建設規格 付属材料図表 Part7 図1～図20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_2 となる。)	—
D_o	D_o	伝熱管の外径	mm
P_e	P_e	外面に受ける最高の圧力	MPa
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 付属材料図表 Part5 表5又は表6による。	MPa
	t	伝熱管に必要な厚さ	mm
t	t_1	内圧時の伝熱管の計算上必要な厚さ	mm
t	t_2	外圧時の伝熱管の計算上必要な厚さ	mm
	t_t	伝熱管の最小厚さ	mm
	t_{t_o}	伝熱管の呼び厚さ	mm

(2) 算式

伝熱管に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 内面に圧力を受ける伝熱管： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

- b. 外面に圧力を受ける伝熱管： t_2

設計・建設規格 図PVC-3610-1より P_e 及びSに対応して求めた厚さ。ただし、図より求められない場合は、次の式により計算した値とする。

$$t_2 = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

(3) 評価

伝熱管の最小厚さ (t_t) \geq 伝熱管に必要な厚さ (t) ならば十分である。

3. 穴の補強計算

3.1 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	A_0	補強に有効な総面積	mm^2
	A_1	胴、鏡板又は平板の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_2	管台の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_3	すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_4	強め板の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{0D}	$X_1 \neq X_2$ の場合の片側断面についての補強に有効な総面積	mm^2
	A_{1D}	$X_1 \neq X_2$ の場合の片側断面についての胴、鏡板又は平板の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{2D}	$X_1 \neq X_2$ の場合の片側断面についての管台の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{3D}	$X_1 \neq X_2$ の場合の片側断面についてのすみ肉溶接の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{4D}	$X_1 \neq X_2$ の場合の片側断面についての強め板の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{j0}	大きい穴の補強に有効な総面積	mm^2
	A_{j1}	大きい穴の胴、鏡板又は平板の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{j2}	大きい穴の管台の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{j3}	大きい穴のすみ肉溶接の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_{j4}	大きい穴の強め板の部分の補強に有効な面積	mm^2
	A_r	A_{jr}	大きい穴の補強に必要な面積	$\text{mm}^2$
A_r		穴の補強に必要な面積	mm^2
B	A_{rD}	片側断面についての穴の補強に必要な面積	mm^2
	B	設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1~図 20 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_{nr} となる。)	—
d	B_e	強め板の外径	mm
	d	胴又は鏡板の断面に現われる穴の径 平板の場合は設計・建設規格の表中に規定する方法によって測った平板の径又は、最小内のり断面に現われる穴の径	mm
	d_h	平板の断面に現われる穴の径	mm
	d_j	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	d_w	管台の取り付く穴の径 (完全溶込み溶接により溶接された管台については、 $d_w = D_{on} + \alpha$ (α はルート間隔の 2 倍), それ以外の管台については、 $d_w = D_{on}$)	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	円筒胴にあつては胴の内径。さら形鏡板及び半だ円形鏡板にあつては鏡板のフランジ部の内径。全半球形鏡板にあつては鏡板の内径	mm
D	D_{iL}	半だ円形鏡板の内面における長径	mm
	D_{is}	半だ円形鏡板の内面における短径	mm
	D_{on}	管台の外径	mm
F	F	係数	—
	F_1	すみ肉溶接の許容せん断応力の係数	—
	F_2	突合せ溶接の許容せん断応力の係数	—
	F_3	突合せ溶接の許容引張応力の係数	—
	F_4	管台壁の許容せん断応力の係数	—
K_1	K_1	半だ円形鏡板の長径と短径との比による係数	—
	L_1	溶接の脚長 ^{*1}	mm
	L_2	溶接の脚長 ^{*1}	mm
	L_3	溶接の脚長 ^{*1}	mm
	L_4	溶接の脚長 ^{*1}	mm
	L_5	溶接の脚長 ^{*1}	mm
	P	最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力	MPa
S	P L A T E —	管台のない平板形式 (図 3-20 参照)	—
	R	さら形鏡板にあつては鏡板の中央部における内面の半径。半だ円形鏡板にあつては $D_{iL} \cdot K_i$ 。全半球形鏡板にあつては鏡板の内半径。	mm
	S_c	鏡板材の許容引張応力 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_e	強め板材の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
	S_n	管台材の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
	S_p	平板材の許容引張応力 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_s	胴板材の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
	S_{w1}	すみ肉溶接部の許容せん断応力	MPa
	S_{w2}	突合せ溶接部の許容せん断応力	MPa

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	S_{w3}	突合せ溶接部の許容引張応力	MPa
	S_{w4}	管台壁の許容せん断応力	MPa
t_s	t_c	鏡板の最小厚さ	mm
t_{sr}	t_{cr}	穴の補強計算に用いる鏡板の計算上必要な厚さ	mm
	t_e	強め板の最小厚さ	mm
t_n	t_n	管台の最小厚さ	mm
	t_{no}	管台の呼び厚さ	mm
t_{nr}	t_{nr}	管台の計算上必要な厚さ	mm
t_s	t_p	平板の最小厚さ	mm
t_{sr}	t_{pr}	平板の計算上必要な厚さ	mm
t_s	t_s	胴の最小厚さ	mm
t_{sr}	t_{sr}	胴の継目がない場合の計算上必要な厚さ	mm
	W	溶接部の負うべき荷重	N
	W_1^{*2}	$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_s$	N
	W_2^{*2}	$W_2 = (d \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$ 又は $W_2 = (d_w \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$	N
	W_{e1}	すみ肉溶接部のせん断力 (管台取付部：胴，鏡板又は平板の外側)	N
	W_{e2}	すみ肉溶接部のせん断力 (管台取付部：胴，鏡板又は平板の内側)	N
	W_{e3}	すみ肉溶接部のせん断力 (強め板取付部)	N
	W_{e4}	突合せ溶接部のせん断力 (胴，鏡板又は平板と強め板との突合せ部)	N
	W_{e5}	突合せ溶接部のせん断力 (管台取付部)	N
	W_{e5D}	突合せ溶接部のせん断力 (管台取付部)	N
	W_{e6}	突合せ溶接部の引張力 (胴，鏡板又は平板の部分径 D_{on} において)	N
	W_{e7}	突合せ溶接部の引張力 (胴，鏡板又は平板の部分径 d_w において)	N
	W_{e8}	突合せ溶接部の引張力 (強め板の部分径 D_{on} において)	N
	W_{e9}	突合せ溶接部の引張力 (強め板の部分径 d_w において)	N
	W_{e10}	管台のせん断力	N
	W_{e11}	すみ肉溶接部のせん断力 (管台取付部の胴，鏡板又は平板の部分径 d_w より外側)	N

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
η	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
	W_{ebp4}	予想される破断箇所の強さ	N
	W_{ebp5}	予想される破断箇所の強さ	N
	W_{ebp6}	予想される破断箇所の強さ	N
	WELD-	管台溶接形式 (図 3-1~図 3-19 を参照)	-
	X	補強の有効範囲 (胴, 鏡板又は平板の面に沿った方向)	mm
	X_1	補強の有効範囲	mm
	X_2	補強の有効範囲	mm
	X_j	大きい穴の補強に有効な範囲	mm
	X_{j1}	大きい穴の補強に有効な範囲	mm
	X_{j2}	大きい穴の補強に有効な範囲	mm
	Y_1	補強の有効範囲 (胴, 鏡板又は平板より外側)	mm
	Y_2	補強の有効範囲 (胴, 鏡板又は平板より内側)	mm
	η	穴が長手継手又は胴と全半球形鏡板との接合部の周継手を通る場合はその継手の効率。その他の場合は 1.00	-
	π	円周率	-
	応力除去の有無		
	有り	同左	-
	無し	同左	-

注記 *1: 重大事故等クラス 2 容器については設計・建設規格 図 PVC-4212-3 による。

*2: 本記号の表示内容は胴の場合を示す。

なお, 鏡板の場合は S_s を S_c , t_{sr} を t_{cr} に読み替える。平板の場合は, S_s を S_p , d を d_h , t_{sr} を t_{pr} に読み替える。

3.2 容器の穴の補強計算

「補強は、穴の中心を含み、かつ、胴板の面に垂直な任意の平面に現れる断面について、補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が補強に必要な面積より大きい」ことを確認する。また、破断が想定される溶接部の強さが溶接部の負うべき荷重より大きいことを確認する。

なお、穴の補強計算上必要のない強め板を取り付けるものもあるが、その場合は強め板があるものとして計算する。

(1) 胴の場合

重大事故等クラス2容器については、設計・建設規格 PVC-3160 を適用する。

a. 管台の形式

図 3-1～図 3-19 に管台の形式、補強に有効な面積、補強に必要な面積、破断形式等を示す。

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。

b. 穴の補強

(a) 補強に必要な面積

設計・建設規格 PVC-3161.3 を適用する。

イ. 円筒形の胴の場合

(イ) 管台の一部が胴の部分となっていない場合及びWELD-8, 22 の場合

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

(ロ) 管台の一部が胴の部分となっている場合

$$A_r = d \cdot t_{sr} \cdot F + 2 \cdot (1 - S_n/S_s) \cdot t_{sr} \cdot F \cdot t_n$$

($S_n/S_s > 1$ の場合は $S_n/S_s = 1$ とする。以下、胴の場合において同じ。)

(b) 補強に有効な範囲

設計・建設規格 PVC-3161.1 を適用する。

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = \text{Max} (d, d/2 + t_s + t_n)$$

$$Y_1 = \text{Min} (2.5 \cdot t_s, 2.5 \cdot t_n + t_e)$$

$$Y_2 = \text{Min} (2.5 \cdot t_s, 2.5 \cdot t_n)$$

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。
また、強め板がない場合には $t_e = 0$ とする。

(c) 補強に有効な面積

設計・建設規格 PVC-3161.2 を適用する。

イ. 胴の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台の一部分が胴の部分となっていない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (X - d)$$

(ロ) 管台の一部分が胴の部分となっている場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (X - d) - (1 - S_n/S_s) \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot 2 \cdot t_n$$

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が胴の内側に突出していない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot Y_1 \cdot S_n/S_s$$

(ロ) 管台が胴の内側に突出している場合

$$A_2 = 2 \cdot \{(t_n - t_{nr}) \cdot Y_1 + t_n \cdot Y_2\} \cdot S_n/S_s$$

ただし、

$$t_{nr} = \frac{P \cdot (D_{on} - 2 \cdot t_n)}{2 \cdot S_n - 1.2 \cdot P} \dots\dots\dots \text{(内圧)}$$

外面に圧力を受ける場合は、設計・建設規格 図 PVC-3610-1 を適用する。
ただし、図より求められない場合は次の式による値とする。

$$t_{nr} = \frac{3 \cdot P \cdot D_{on}}{4 \cdot B} \dots\dots\dots \text{(外圧)}$$

ハ. すみ肉溶接部の部分の補強に有効な面積

$$A_3 = L_1 \cdot L_1 + L_2 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_3$$

ただし、補強の有効範囲にないすみ肉溶接の部分は除く。

ニ. 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_4 = \{\text{Min}(B_e, X) - D_{on}\} \cdot t_e \cdot S_e / S_s$$

($S_e / S_s > 1$ の場合は $S_e / S_s = 1$ とする。以下、胴の場合において同じ。)

ホ. 補強に有効な総面積

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

(d) 補強に有効な範囲 $X_1 \neq X_2$ の場合の補強に有効な面積の確認

設計・建設規格 PVC-3165 を適用する。

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必要がある。

ただし、補強に有効な範囲 $X_1 = X_2$ の場合は上記条件を満足することが明らかであり、以下の計算は行わない。

イ. 補強に必要な面積の 2 分の 1

$$A_{rD} = A_r / 2$$

ロ. X_1 又は X_2 のいずれか小さい方の断面における補強に有効な面積

(イ) 胴の部分の補強に有効な面積

・管台の一部分が胴の部分となっていない場合及び WELD-8, 22 の場合

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d/2\}$$

・管台の一部分が胴の部分となっている場合

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d/2\} \\ - (1 - S_n / S_s) \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot t_n$$

(ロ) 管台の部分の補強に有効な面積

$$A_{2D} = A_2/2$$

(ハ) すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_{3D} = A_3/2$$

(ニ) 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_{4D} = A_4/2$$

(ホ) 補強に有効な総面積

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

c. 大きい穴の補強

設計・建設規格 PVC-3164 を適用する。

(a) 大きい穴の補強を要する限界径

イ. D_i が 1500 mm 以下の場合

$$d_j = D_i / 2$$

ただし、500 mm を超える場合は 500 mm とする。

ロ. D_i が 1500 mm を超える場合

$$d_j = D_i / 3$$

ただし、1000 mm を超える場合は 1000 mm とする。

ここで、 $d \leq d_j$ の場合は大きい穴の補強計算は必要ない。

一方、 $d > d_j$ の場合は補強に必要な面積の 3 分の 2 以上が穴の周囲から穴の径の 4 分の 1 の範囲内にある必要がある。

(b) 大きい穴の補強における管台の形式

図 3-21～図 3-39 に大きい穴の補強における管台の形式を示す。

(c) 大きい穴の補強に必要な面積

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

(d) 大きい穴の補強に有効な範囲

$$X_j = X_{j1} + X_{j2}$$

$$X_{j1} = X_{j2} = \frac{d}{2} + \frac{d}{4}$$

ただし、構造上計算した有効範囲がとれない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(e) 大きい穴の補強に有効な面積

イ. 胴の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台の一部が胴の部分となっていない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_{j1} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (X_j - d)$$

(ロ) 管台の一部が胴の部分となっている場合

$$A_{j1} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (X_j - d) \\ - (1 - S_n/S_s) \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot 2 \cdot t_n$$

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が胴の内側に突出していない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_{j2} = 2 \cdot \left\{ \frac{\text{Min}(X_j, D_{on}) - d}{2} - t_{nr} \right\} \cdot Y_1 \cdot \frac{S_n}{S_s}$$

(ロ) 管台が胴の内側に突出している場合

$$A_{j2} = 2 \cdot \left[\left\{ \frac{\text{Min}(X_j, D_{on}) - d}{2} - t_{nr} \right\} \cdot Y_1 \right. \\ \left. + \frac{\text{Min}(X_j, D_{on}) - d}{2} \cdot Y_2 \right] \cdot \frac{S_n}{S_s}$$

ハ. すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_{j3} = L_1 \cdot L_1 + L_2 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_3$$

ただし、大きい穴の補強の有効範囲にないすみ肉溶接の部分は除く。

ニ. 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_{j4} = \{\text{Min}(B_e, X_j) - D_{on}\} \cdot t_e \cdot S_e / S_s$$

ホ. 大きい穴の補強に有効な総面積

$$A_{j0} = A_{j1} + A_{j2} + A_{j3} + A_{j4}$$

d. 溶接部の強度

設計・建設規格 PVC-3168 及び PVC-3169 を適用する。

(a) 溶接部の負うべき荷重

次の2つの計算式 (W_1 及び W_2) により求めた荷重のうちいずれか小さい方。

$$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_s$$

管台の一部分が胴の部分となっていない場合及び WELD-8, 22 の場合

$$W_2 = (d \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$$

管台の一部分が胴の一部となっている場合

$$W_2 = (d_w \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$$

よって, $W = \text{Min}(W_1, W_2)$

ここで, $W < 0$ の場合は, 溶接部の強度計算は必要ない。

一方, $W \geq 0$ の場合は以下の溶接部の強度計算を行う。

(b) 溶接部の単位面積当たりの強さ

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

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

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

$$S_{w4} = \text{Min}(S_s, S_n) \cdot F_4$$

(c) 継手部の強さ

$$W_{e1} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_1 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e2} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_3 \cdot S_{w1} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-17 以外の場合)}$$

$$W_{e2} = \pi \cdot (d - 2 \cdot L_2) \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-17 の場合)}$$

$$W_{e3} = \pi \cdot B_e \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot D_{on} \cdot \left(\frac{d_w - D_{on}}{2} \right) \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e5} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_s \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-5, 6, 14 以外の場合)}$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-5, 6, 14 の場合)}$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot t_s \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-6 以外の場合)}$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-6 の場合)}$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-14 以外の場合)}$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_5 \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-14 の場合)}$$

$$W_{e9} = \pi \cdot d_w \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2$$

$$W_{e10} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w4} / 2$$

$$W_{e11} = \pi \cdot d_w \cdot \left(\frac{D_{on} - d_w}{2} + L_1 \right) \cdot S_{w1} / 2$$

(d) 予想される破断箇所の強さ

イ. WELD-1の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e5}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e5D}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e5}$$

ロ. WELD-2の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

ハ. WELD-3の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$
$$W_{ebp3} = \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e7}$$

ニ. WELD-4の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$
$$W_{ebp3} = \textcircled{W_{e11}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e11} + W_{e7}$$

ただし、 $D_{on} = d_w$ の場合は $W_{ebp1} = W_{ebp3}$ となるため W_{ebp3} を省略する。

ホ. WELD-5の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

ヘ. WELD-6の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$
$$W_{ebp3} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e7}$$

ト. WELD-8の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$
$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

チ. WELD-9の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e7}
 \end{aligned}$$

リ. WELD-11の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e2} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e4} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ヌ. WELD-12の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ル. WELD-13の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e5D}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e5}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e5}
 \end{aligned}$$

ヲ. WELD-14の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e10} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ワ. WELD-15, 16, 22の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e7} \\
 W_{ebp6} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

カ. WELD-17の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

コ. WELD-18の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

タ. WELD-19, 19'の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e7} \\
 W_{ebp6} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

e. 評価

胴の穴の補強は、下記の条件を満足すれば十分である。

$$A_0 > A_r$$

$$A_{0D} \geq A_{rD} \quad (\text{ただし, } X_1 \neq X_2 \text{ の場合のみ})$$

$$A_{j0} \geq A_{jr} \quad (\text{ただし, 大きい穴の補強を要する場合のみ})$$

すべての破断箇所**の強さ** $\geq W$ (ただし, W が正の場合のみ)

(2) 鏡板の場合

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3240 を適用する。

a. 管台の形式

図3-1～図3-19に管台の形式，補強に有効な面積，補強に必要な面積，破断形式等を示す。

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。

b. 穴の補強

(a) 補強に必要な面積

設計・建設規格 PVC-3241（設計・建設規格 PVC-3161.3 準用）を適用する。

イ. 半だ円形鏡板及び全半球形鏡板の場合

(イ) 管台の一部が鏡板の部分となっていない場合及びWEL D-38の場合

$$A_r = d \cdot t_{c r} \cdot F$$

($F=1$ とする。以下，鏡板の場合において同じ。)

(ロ) 管台の一部が鏡板の部分となっている場合

$$A_r = d \cdot t_{c r} \cdot F + 2 \cdot (1 - S_n / S_c) \cdot t_{c r} \cdot F \cdot t_n$$

($S_n / S_c > 1$ の場合は $S_n / S_c = 1$ とする。以下鏡板の場合において同じ。)

ただし， $t_{c r}$ は次による。

半だ円形鏡板であって，中低面に圧力を受けるものは

$$t_{c r} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S_c \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

全半球形鏡板にあつて（厚さが内半径の0.356倍以下のもの），中低面に圧力を受けるものは

$$t_{c r} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S_c \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

(b) 補強に有効な範囲

設計・建設規格 PVC-3241 (設計・建設規格 PVC-3161.1 準用) を適用する。

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = \text{Max} (d, d/2 + t_c + t_n)$$

$$Y_1 = \text{Min} (2.5 \cdot t_c, 2.5 \cdot t_n + t_e)$$

$$Y_2 = \text{Min} (2.5 \cdot t_c, 2.5 \cdot t_n)$$

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。
また、強め板がない場合には $t_e = 0$ とする。

(c) 補強に有効な面積

設計・建設規格 PVC-3241 (設計・建設規格 PVC-3161.2 準用) を適用する。

イ. 鏡板の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台の一部分が鏡板の部分となっていない場合及びWELD-38 の場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{c_r}) \cdot (X - d)$$

(ロ) 管台の一部分が鏡板の部分となっている場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{c_r}) \cdot (X - d) \\ - (1 - S_n/S_c) \cdot (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{c_r}) \cdot 2 \cdot t_n$$

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が鏡板の内側に突出していない場合及びWELD-38 の場合

$$A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{n_r}) \cdot Y_1 \cdot S_n/S_c$$

(ロ) 管台が鏡板の内側に突出している場合

$$A_2 = 2 \cdot \{(t_n - t_{n_r}) \cdot Y_1 + t_n \cdot Y_2\} \cdot S_n/S_c$$

ただし、

$$t_{n_r} = \frac{P \cdot (D_{on} - 2 \cdot t_n)}{2 \cdot S_n - 1.2 \cdot P}$$

ハ. すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_3 = L_1 \cdot L_1 + L_2 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_3$$

ただし、補強の有効範囲にないすみ肉溶接の部分は除く。

ニ. 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_4 = \{\text{Min}(B_e, X) - D_{on}\} \cdot t_e \cdot S_e / S_c$$

($S_e / S_c > 1$ の場合は $S_e / S_c = 1$ とする。以下、鏡板の場合において同じ。)

ホ. 補強に有効な総面積

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

(d) 補強に有効な範囲 $X_1 \neq X_2$ の場合の補強に有効な面積の確認

設計・建設規格 PVC-3241 (設計・建設規格 PVC-3165 準用) を適用する。

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必要がある。

ただし、補強に有効な範囲 $X_1 = X_2$ の場合は上記条件を満足することが明らかであり、以下の計算は行わない。

イ. 補強に必要な面積の 2 分の 1

$$A_{rD} = A_r / 2$$

ロ. X_1 又は X_2 のいずれか小さい方の断面における補強に有効な面積

(イ) 鏡板の部分の補強に有効な面積

・管台の一部が鏡板の部分となっていない場合及び WELD-38 の場合

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d/2\}$$

・管台の一部が鏡板の部分となっている場合

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d/2\} \\ - (1 - S_n / S_c) \cdot (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot t_n$$

(ロ) 管台の部分の補強に有効な面積

$$A_{2D} = A_2/2$$

(ハ) すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_{3D} = A_3/2$$

(ニ) 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_{4D} = A_4/2$$

(ホ) 補強に有効な総面積

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

c. 大きい穴の補強

設計・建設規格 PVC-3241（設計・建設規格 PVC-3164 準用）を適用する。

(a) 大きい穴の補強を要する限界径

イ. D_i が1500 mm以下の場合

$$d_j = D_i / 2$$

ただし、500 mm を超える場合は 500 mm とする。

ロ. D_i が1500 mmを超える場合

$$d_j = D_i / 3$$

ただし、1000 mm を超える場合は 1000 mm とする。

ここで、 $d \leq d_j$ の場合は大きい穴の補強計算は必要ない。

一方、 $d > d_j$ の場合は、補強に必要な面積の 3 分の 2 以上が穴の周囲から穴の径の 4 分の 1 の範囲内にある必要がある。

(b) 大きい穴の補強における管台の形式

図 3-21～図 3-39 に大きい穴の補強における管台の形式を示す。

(c) 大きい穴の補強に必要な面積

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

(d) 大きい穴の補強に有効な範囲

$$X_j = X_{j1} + X_{j2}$$

$$X_{j1} = X_{j2} = \frac{d}{2} + \frac{d}{4}$$

ただし、構造上計算した有効範囲がとれない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(e) 大きい穴の補強に有効な面積

イ. 鏡板の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台の一部が鏡板の部分となっていない場合及びWELD-38の場合

$$A_{j1} = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot (X_j - d)$$

(ロ) 管台の一部が鏡板の一部となっている場合

$$A_{j1} = (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot (X_j - d) \\ - (1 - S_n/S_c) \cdot (\eta \cdot t_c - F \cdot t_{cr}) \cdot 2 \cdot t_n$$

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が鏡板の内側に突出していない場合及びWELD-38の場合

$$A_{j2} = 2 \cdot \left\{ \frac{\text{Min}(X_j, D_{on}) - d}{2} - t_{nr} \right\} \cdot Y_1 \cdot \frac{S_n}{S_c}$$

(ロ) 管台が鏡板の内側に突出している場合

$$A_{j2} = 2 \cdot \left[\left\{ \frac{\text{Min}(X_j, D_{on}) - d}{2} - t_{nr} \right\} \cdot Y_1 \right. \\ \left. + \frac{\text{Min}(X_j, D_{on}) - d}{2} \cdot Y_2 \right] \cdot \frac{S_n}{S_s}$$

ハ. すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_{j3} = L_1 \cdot L_1 + L_2 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_3$$

ただし、大きい穴の補強の有効範囲にないすみ肉溶接の部分は除く。

ニ. 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_{j4} = \{\text{Min}(B_e, X_j) - D_{on}\} \cdot t_e \cdot S_e / S_c$$

ホ. 大きい穴の補強に有効な総面積

$$A_{j0} = A_{j1} + A_{j2} + A_{j3} + A_{j4}$$

d. 溶接部の強度

設計・建設規格 PVC-3241（設計・建設規格 PVC-3168 及び PVC-3169 準用）を適用する。

(a) 溶接部の負うべき荷重

次の2つの計算式 (W_1 及び W_2) により求めた荷重のうちいずれか小さい方。

$$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_c$$

管台の一部分が鏡板の部分となっていない場合及び WELD-38 の場合

$$W_2 = (d \cdot t_{cr} - A_1) \cdot S_c$$

管台の一部分が鏡板の部分となっている場合

$$W_2 = (d_w \cdot t_{cr} - A_1) \cdot S_c$$

よって、 $W = \text{Min}(W_1, W_2)$

ここで、 $W < 0$ の場合は溶接部の強度計算は必要ない。

一方、 $W \geq 0$ の場合は以下の溶接部の強度計算を行う。

(b) 溶接部の単位面積当たりの強さ

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

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

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

$$S_{w4} = \text{Min}(S_c, S_n) \cdot F_4$$

(c) 継手部の強さ

$$W_{e1} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_1 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e2} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_3 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot B_e \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot D_{on} \cdot \left(\frac{d_w - D_{on}}{2} \right) \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e5} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_c \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-35, 36, 44 以外の場合)}$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-35, 36, 44 の場合)}$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot t_c \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-36 以外の場合)}$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-36 の場合)}$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-44 以外の場合)}$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_5 \cdot S_{w3} / 2 \cdots \cdots \cdots \text{(WELD-44 の場合)}$$

$$W_{e9} = \pi \cdot d_w \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2$$

$$W_{e10} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w4} / 2$$

$$W_{e11} = \pi \cdot d_w \cdot \left(\frac{D_{on} - d_w}{2} + L_1 \right) \cdot S_{w1} / 2$$

(d) 予想される破断箇所の強さ

イ. WELD-31 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e5}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e5D}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e5}$$

ロ. WELD-32 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

ハ. WELD-33 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

$$W_{ebp3} = \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e7}$$

ニ. WELD-34 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

$$W_{ebp3} = \textcircled{W_{e11}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e11} + W_{e7}$$

ただし、 $D_{on} = d_w$ の場合は $W_{ebp1} = W_{ebp3}$ となるため W_{ebp3} を省略する。

ホ. WELD-35 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

ヘ. WELD-36 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

$$W_{ebp3} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e7}$$

ト. WELD-38 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

$$W_{ebp2} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

チ. WELD-39 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= (W_{e1}) (W_{e6}) (W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= (W_{e1}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10} \\
 W_{ebp3} &= (W_{e7}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e7}
 \end{aligned}$$

リ. WELD-41 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= (W_{e3}) (W_{e4}) (W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= (W_{e1}) (W_{e8}) (W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e2} \\
 W_{ebp3} &= (W_{e9}) (W_{e4}) (W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e4} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= (W_{e3}) (W_{e4}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= (W_{e1}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ヌ. WELD-42 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= (W_{e1}) (W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= (W_{e3}) (W_{e7}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= (W_{e3}) (W_{e4}) (W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} \\
 W_{ebp4} &= (W_{e3}) (W_{e4}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= (W_{e1}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ル. WELD-43 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= (W_{e1}) (W_{e5D}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5} \\
 W_{ebp2} &= (W_{e3}) (W_{e4}) (W_{e5}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e5}
 \end{aligned}$$

ヲ. WELD-44 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= (W_{e3}) (W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= (W_{e1}) (W_{e8}) (W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} \\
 W_{ebp3} &= (W_{e3}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e10} \\
 W_{ebp4} &= (W_{e1}) (W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ワ. WELD-45, 46 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e7} \\
 W_{ebp6} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

カ. WELD-48 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

コ. WELD-49 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e7} \\
 W_{ebp6} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

e. 評価

鏡板の穴の補強は、下記の条件を満足すれば十分である。

$$A_0 > A_r$$

$$A_{0D} \geq A_{rD} \quad (\text{ただし, } X_1 \neq X_2 \text{ の場合のみ})$$

$$A_{j0} \geq A_{jr} \quad (\text{ただし, 大きい穴の補強を要する場合のみ})$$

すべての破断箇所の強さ $\geq W$ (ただし, W が正の場合のみ)

(3) 平板の場合

重大事故等クラス 2 容器については設計・建設規格 PVC-3320(2)を適用する。

a. 管台の形式

図 3-1～図 3-10 及び図 3-20 に管台の形式，補強に有効な面積，補強に必要な面積，破断形式等を示す。

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。

b. 穴の補強

(a) 補強に必要な面積

設計・建設規格 PVC-3320(2) (設計・建設規格 PVC-3161.3 準用) を適用する。

イ. 管台の一部が平板の部分となっていない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_r = d_h \cdot t_{pr}$$

ロ. 管台の一部が平板の部分となっている場合

$$A_r = d_h \cdot t_{pr} + 2 \cdot (1 - S_n/S_p) \cdot t_{pr} \cdot t_n$$

($S_n/S_p > 1$ の場合は $S_n/S_p = 1$ とする。以下，平板の場合において同じ。)

(b) 補強に有効な範囲

設計・建設規格 PVC-3320(2) (設計・建設規格 PVC-3161.1 準用) を適用する。

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = \text{Max} (d_h, d_h/2 + t_p + t_n)$$

$$Y_1 = \text{Min} (2.5 \cdot t_p, 2.5 \cdot t_n + t_e)$$

$$Y_2 = \text{Min} (2.5 \cdot t_p, 2.5 \cdot t_n)$$

ただし、構造上計算した有効範囲がとれない場合は、構造上取り得る範囲とする。
また、強め板がない場合は $t_e = 0$ とする。

(c) 補強に有効な面積

設計・建設規格 PVC-3320(2) (設計・建設規格 PVC-3161.2 準用) を適用する。

イ. 平板の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台の一部が平板の部分となっていない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_1 = (t_p - t_{pr}) \cdot (X - d_h)$$

(ロ) 管台の一部が平板の部分となっている場合

$$A_1 = (t_p - t_{pr}) \cdot (X - d_h) - (1 - S_n/S_p) \cdot (t_p - t_{pr}) \cdot 2 \cdot t_n$$

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が平板の内側に突出していない場合及びWELD-8, 22 の場合

$$A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot Y_1 \cdot S_n/S_p$$

(ロ) 管台が平板の内側に突出している場合

$$A_2 = 2 \cdot \{(t_n - t_{nr}) \cdot Y_1 + t_n \cdot Y_2\} \cdot S_n/S_p$$

ただし、

$$t_{nr} = \frac{P \cdot (D_{on} - 2 \cdot t_n)}{2 \cdot S_n - 1.2 \cdot P}$$

ハ. すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_3 = L_1 \cdot L_1 + L_2 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_3$$

ただし、補強の有効範囲にないすみ肉溶接の部分は除く。

ニ. 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_4 = \{\text{Min}(B_e, X) - D_{on}\} \cdot t_e \cdot S_e / S_p$$

($S_e/S_p > 1$ の場合は $S_e/S_p = 1$ とする。以下、平板の場合において同じ。)

ホ. 補強に有効な総面積

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

(d) 補強に有効な範囲 $X_1 \neq X_2$ の場合の補強に有効な面積の確認

設計・建設規格 PVC-3320(2) (設計・建設規格 PVC-3165 準用) を適用する。

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必要がある。

ただし、補強に有効な範囲 $X_1 = X_2$ の場合は上記条件を満足することが明らかであり以下の計算は行わない。

イ. 補強に必要な面積の 2 分の 1

$$A_{rD} = A_r / 2$$

ロ. X_1 又は X_2 のいずれか小さい方の断面における補強に有効な面積

(イ) 平板の部分の補強に有効な面積

・管台の一部が平板の部分となっていない場合及び WELD-8, 22 の場合

$$A_{1D} = (t_p - t_{pr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d_h/2\}$$

・管台の一部が平板の部分となっている場合

$$A_{1D} = (t_p - t_{pr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d_h/2\} \\ - (1 - S_n/S_p) \cdot (t_p - t_{pr}) \cdot t_n$$

(ロ) 管台の部分の補強に有効な面積

$$A_{2D} = A_2/2$$

(ハ) すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_{3D} = A_3/2$$

(ニ) 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_{4D} = A_4/2$$

(ホ) 補強に有効な総面積

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

c. 溶接部の強度

設計・建設規格 PVC-3320(2) (設計・建設規格 PVC-3168 及び PVC-3169 準用) を適用する。

(a) 溶接部の負うべき荷重

次の2つの計算式 (W_1 及び W_2) により求めた荷重のうちいずれか小さい方

$$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_p$$

管台の一部分が平板の部分となっていない場合及び WELD-8, 22 の場合

$$W_2 = (d_h \cdot t_{pr} - A_1) \cdot S_p$$

管台の一部分が平板の部分となっている場合

$$W_2 = (d_w \cdot t_{pr} - A_1) \cdot S_p$$

よって, $W = \text{Min}(W_1, W_2)$

ここで, $W < 0$ の場合は溶接部の強度計算は必要ない。

一方, $W \geq 0$ の場合は以下の溶接部の強度計算を行う。

(b) 溶接部の単位面積当たりの強さ

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

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

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

$$S_{w4} = \text{Min}(S_p, S_n) \cdot F_4$$

(c) 継手部の強さ

$$W_{e1} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_1 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e2} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_3 \cdot S_{w1} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-17 以外の場合})$$

$$W_{e2} = \pi \cdot (d_h - 2 \cdot L_2) \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-17 の場合})$$

$$W_{e3} = \pi \cdot B_e \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot D_{on} \cdot \left(\frac{d_w - D_{on}}{2} \right) \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e5} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d_h}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_p \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-5, 6, 14 以外の場合})$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-5, 6, 14 の場合})$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot t_p \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-6 以外の場合})$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-6 の場合})$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-14 以外の場合})$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_5 \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-14 の場合})$$

$$W_{e9} = \pi \cdot d_w \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2$$

$$W_{e10} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d_h}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w4} / 2$$

$$W_{e11} = \pi \cdot d_w \cdot \left(\frac{D_{on} - d_w}{2} + L_1 \right) \cdot S_{w1} / 2$$

(d) 予想される破断箇所の強さ

イ. WELD-1の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e5}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e5D}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e5}$$

ロ. WELD-2の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e1})(W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

ハ. WELD-3の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e1})(W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

$$W_{ebp3} = (W_{e7}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e7}$$

ニ. WELD-4の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e1})(W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

$$W_{ebp3} = (W_{e11})(W_{e7}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e11} + W_{e7}$$

ただし、 $D_{on} = d_w$ の場合は $W_{ebp1} = W_{ebp3}$ となるため W_{ebp3} を省略する。

ホ. WELD-5の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e6}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e1})(W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

ヘ. WELD-6の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e6})(W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e1})(W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

$$W_{ebp3} = (W_{e1})(W_{e7}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e7}$$

ト. WELD-8の場合

$$W_{ebp1} = (W_{e1})(W_{e2}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

$$W_{ebp2} = (W_{e1})(W_{e10}) \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}$$

チ. WELD-9 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e7}
 \end{aligned}$$

リ. WELD-11 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e2} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e4} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ヌ. WELD-12 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ル. WELD-13 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e5D}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e5}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e5}
 \end{aligned}$$

ヲ. WELD-14 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e10} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

ワ. WELD-15, 16, 22 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e7} \\
 W_{ebp6} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

カ. WELD-17 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

コ. WELD-18 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

タ. WELD-19, 19' の場合

$$\begin{aligned}
 W_{ebp1} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e8}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e8} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp2} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e7} \\
 W_{ebp3} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e6}} \textcircled{W_{e2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e6} + W_{e2} \\
 W_{ebp4} &= \textcircled{W_{e3}} \textcircled{W_{e4}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e3} + W_{e4} + W_{e10} \\
 W_{ebp5} &= \textcircled{W_{e9}} \textcircled{W_{e7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e9} + W_{e7} \\
 W_{ebp6} &= \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e10}
 \end{aligned}$$

d. 評価

平板の穴の補強は、下記の条件を満足すれば十分である。

$$A_0 > A_r / 2$$

$A_{0D} \geq A_{rD}$ (ただし、 $X_1 \neq X_2$ の場合のみ)

すべての破断箇所の強さ $\geq W$ (ただし、 W が正の場合のみ)

3.3 開放タンクの胴の穴の補強計算

重大事故等クラス2 容器については設計・建設規格 PVC-3940 及び PVC-3950 を適用する。

ただし、穴の径が 85 mm 以下の場合には計算を行わない。

ここで、最高使用圧力 P は、次の式による値とする。

$$P = 9.80665 \times 10^{-3} \cdot H \cdot \rho$$

開放タンクの胴に穴を設ける場合は、3.2 項「容器の穴の補強計算」を適用する。

3.4 2つ以上の穴が接近しているときの補強計算

重大事故等クラス2容器については、設計・建設規格 PVC-3162 を適用する。

(1) 記号の定義

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A _s	A ₁	2つの穴の間及び強め板の断面積の和	mm ²
	A ₂	2つの穴の間の胴板内に溶着された管壁の断面積	mm ²
	A _d	A ₁ とA ₂ の和	mm ²
	A _r	A _{r1} とA _{r2} の和の1/2	mm ²
	A _{r1} , A _{r2}	2つの穴のそれぞれの補強に必要な断面積	mm ²
	A _{rs}	2つの穴の間の強め材の断面積	mm ²
	A _s	2つの穴の間に必要な胴の断面積（胴板内に溶着された管壁を含む。）	mm ²
	d	2つの穴の中心間に必要な距離	mm
	d ₁ , d ₂	2つの穴のそれぞれの直径	mm
	F	F	係数
ℓ	ℓ	2つの穴の中心間の距離	mm
	L _{1i} , L _{2i}	2つの穴のそれぞれの内側溶け込み深さ	mm
t _{sr}	L _{1o} , L _{2o}	2つの穴のそれぞれの外側溶け込み深さ	mm
	t ₁ , t ₂	2つの穴のそれぞれの管壁の厚さ	mm
t _{sr}	t _{sr}	胴の継手がない場合の計算上必要な厚さ	mm
t _{sr}	t _{cr}	鏡板の継手がない場合の計算上必要な厚さ	mm
t _{sr}	t _{pr}	平板の計算上必要な厚さ	mm

(2) 算式

2つ以上の穴が接近しているためそれぞれの補強に有効な範囲が重なり合うときは次による。

$$d = 1.5 \cdot \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)$$

$$A_r = 0.5 \cdot (A_{r1} + A_{r2})$$

$$A_s = 0.7 \cdot \ell \cdot t_{sr} \cdot F \quad (\text{胴の補強計算の場合})$$

$$A_s = 0.7 \cdot \ell \cdot t_{cr} \cdot F \quad (\text{鏡板の補強計算の場合})$$

$$A_s = 0.7 \cdot \ell \cdot t_{pr} \cdot F \quad (\text{平板の補強計算の場合})$$

$$A_d = A_1 + A_2$$

(3) 評価

下記の条件を満足すれば十分である。

$$l \geq d, A_{rs} \geq A_r, A_d \geq A_s$$

ここで、各形式図（図 3-1～図 3-39）において、胴、鏡板又は平板の最小厚さ及び穴の補強計算に用いる計算上必要な厚さは、それぞれ胴の場合は t_s , t_{sr} , 鏡板の場合は t_c , t_{cr} , 平板の場合は t_p , t_{pr} と読替えを行う。

また、各形式図中の d は、平板の場合は d_h と読替えを行う。

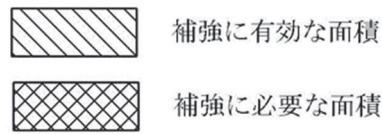
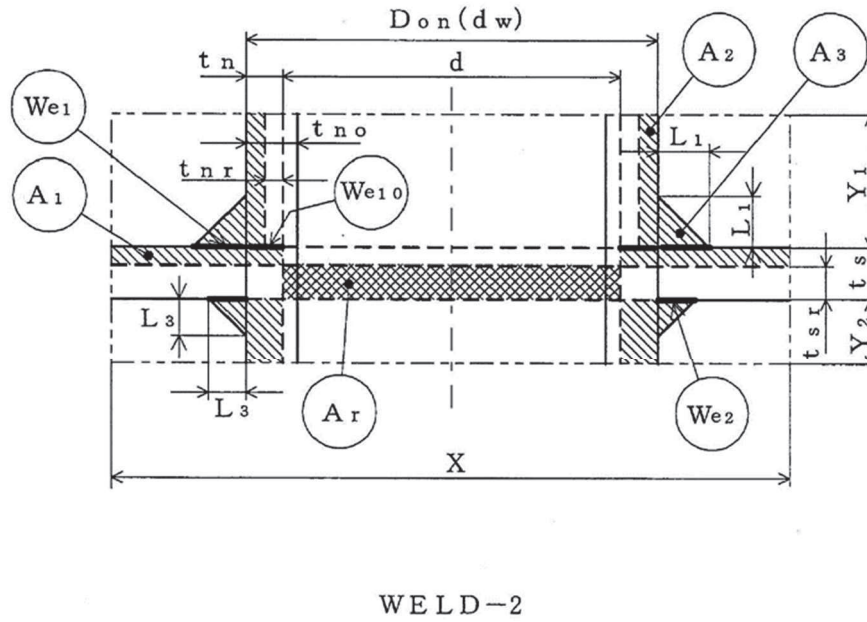
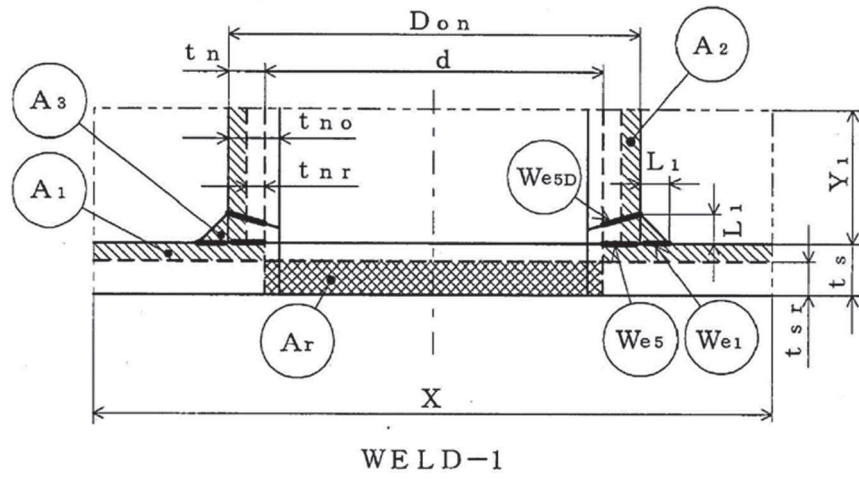
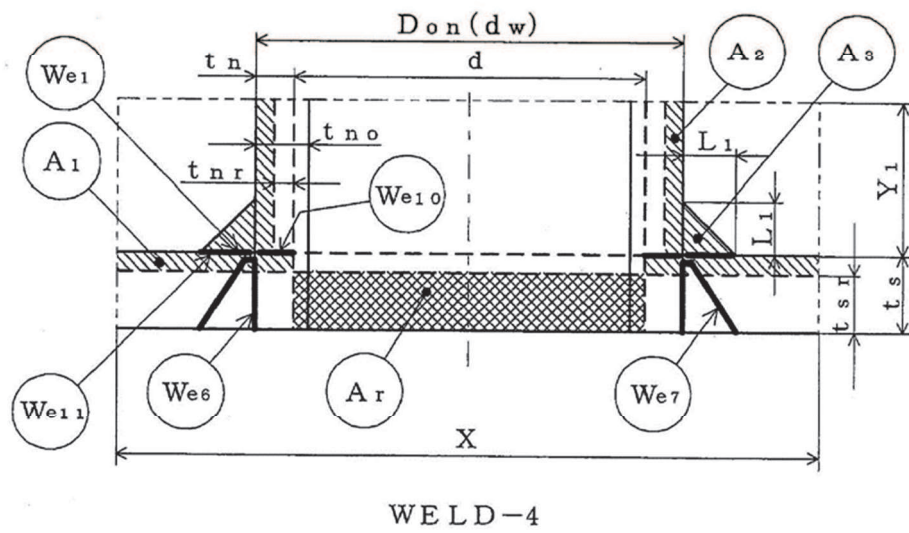
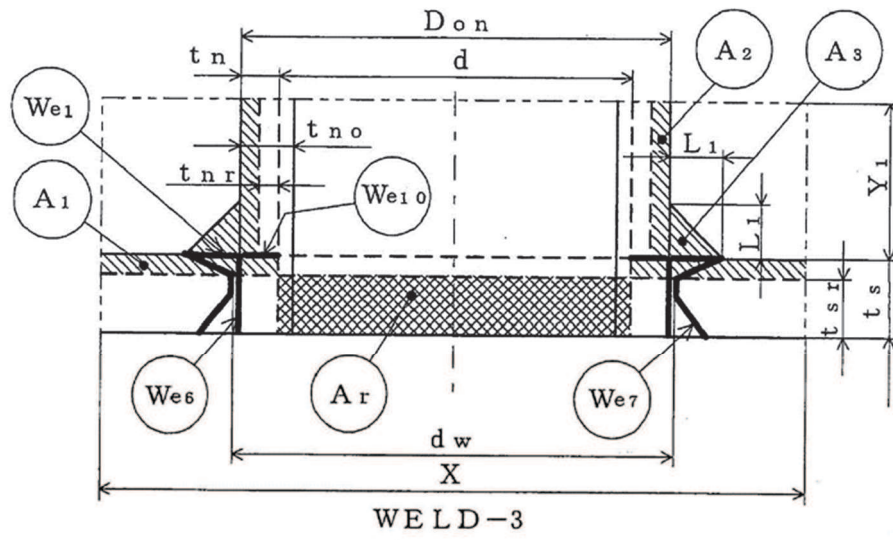


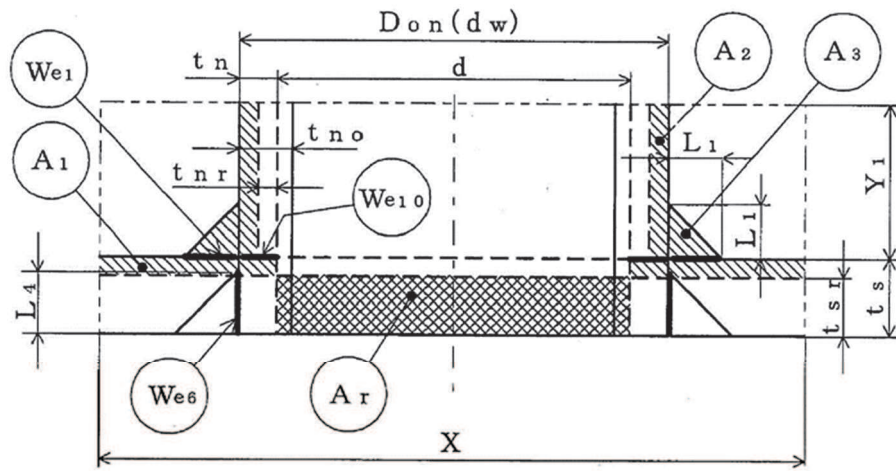
図 3-1

注 : $W_{e.1}$ 等で示される図中の太線は、予想される破断形式を示す。(以降、同様)

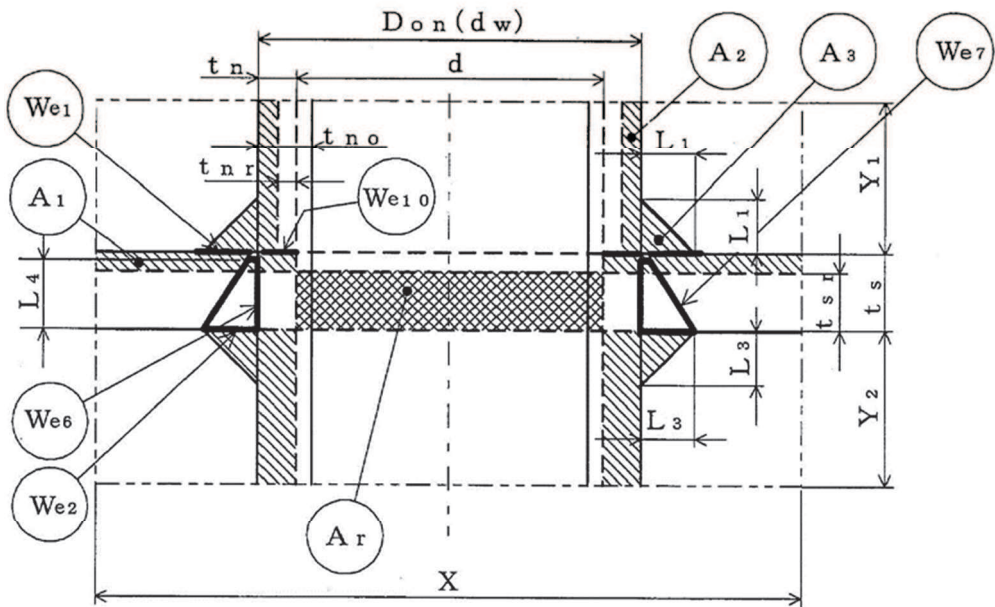


- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-2



WELD-5



WELD-6

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-3

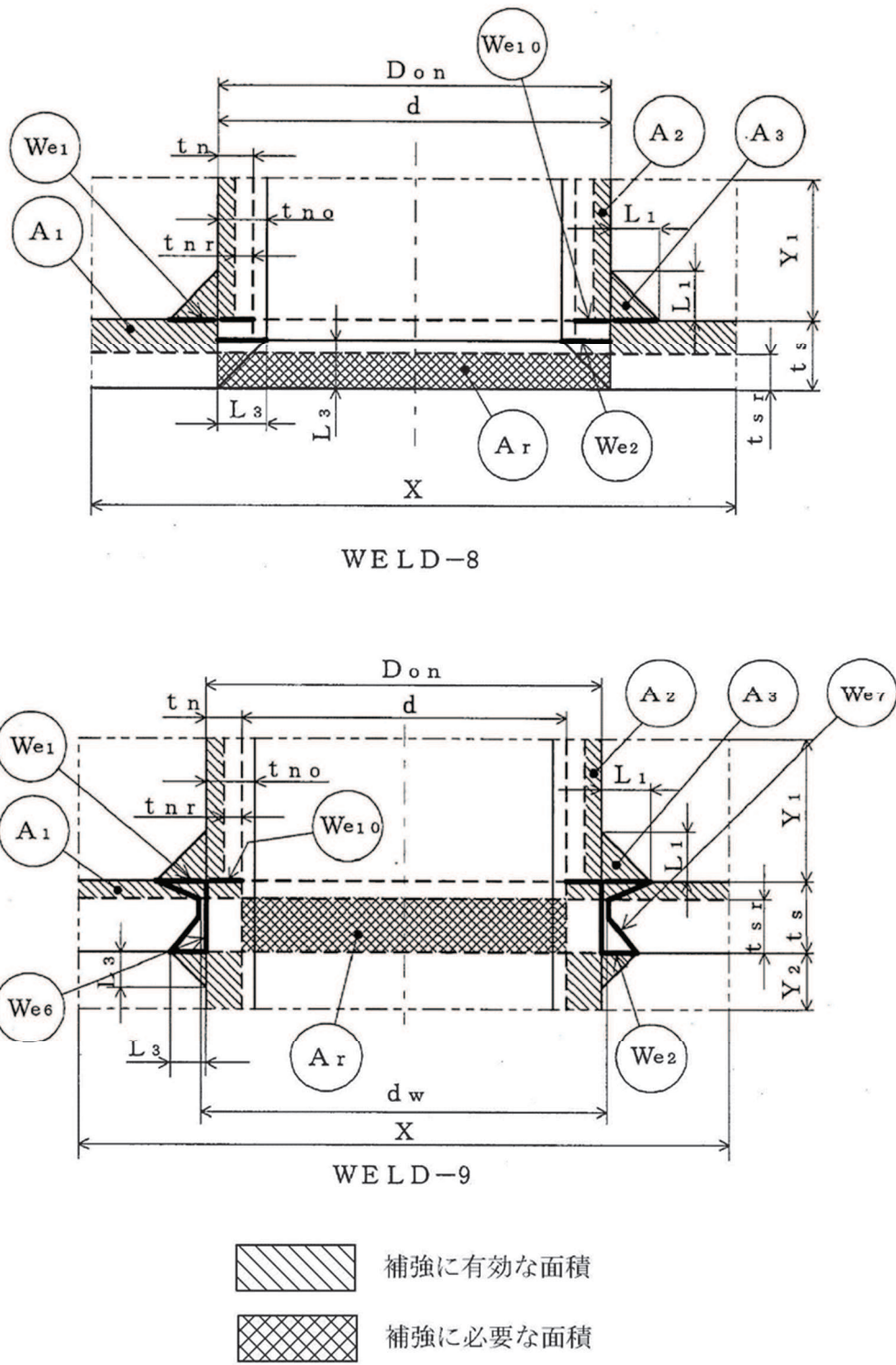
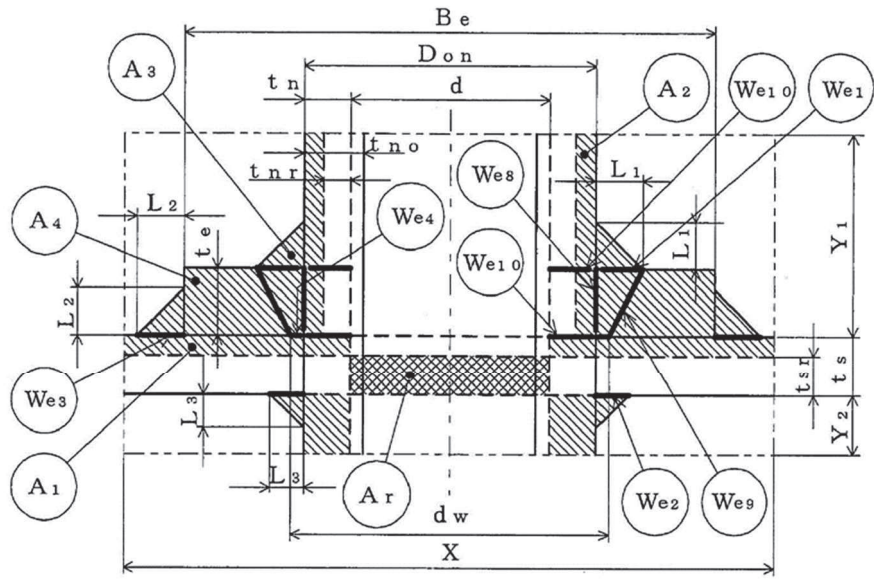
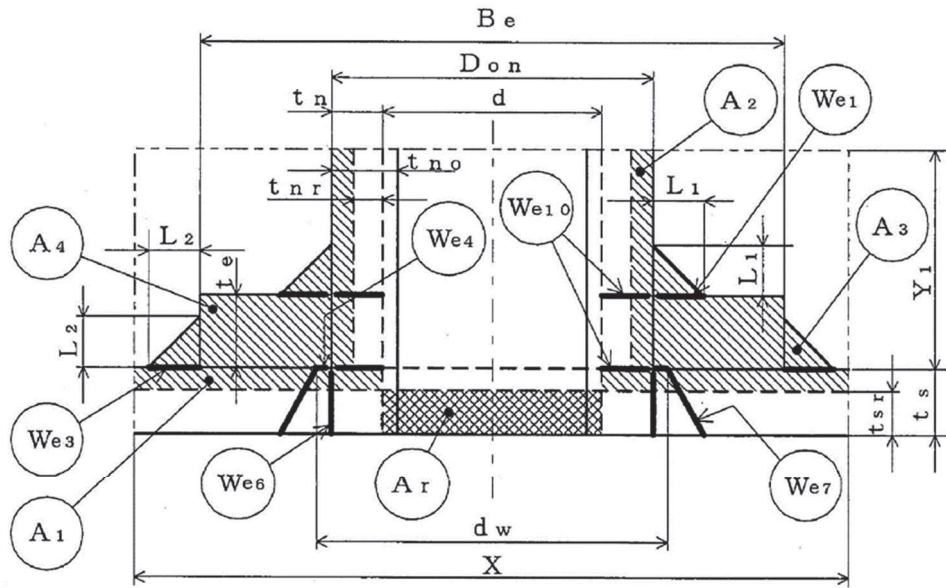


図 3-4



WELD-11



WELD-12

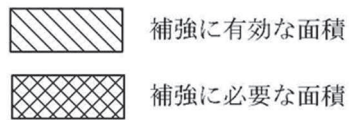
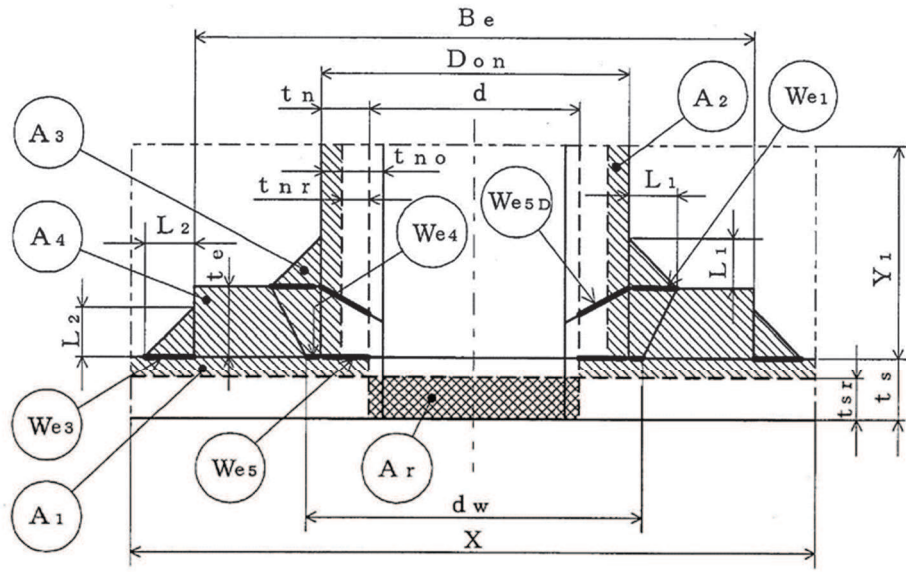
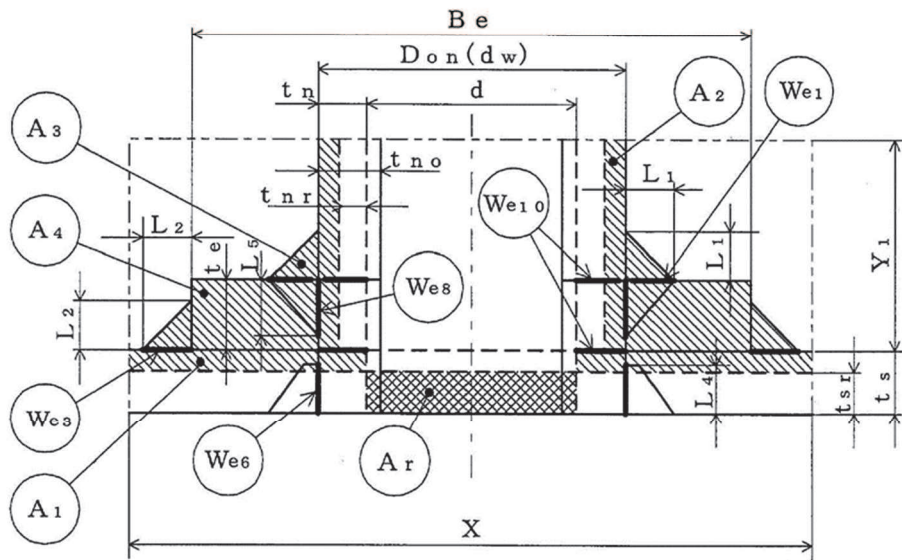


図 3-5



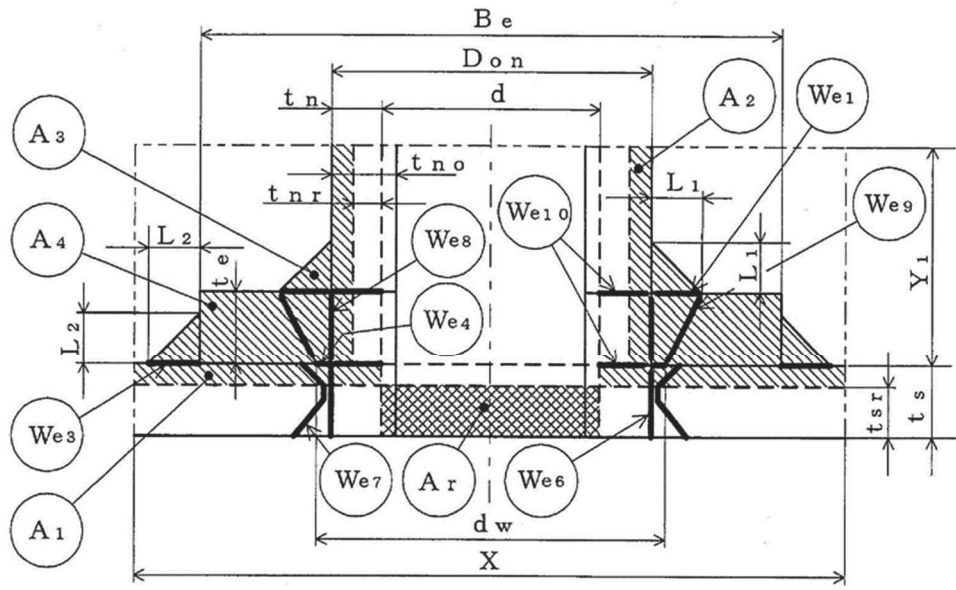
WELD-13



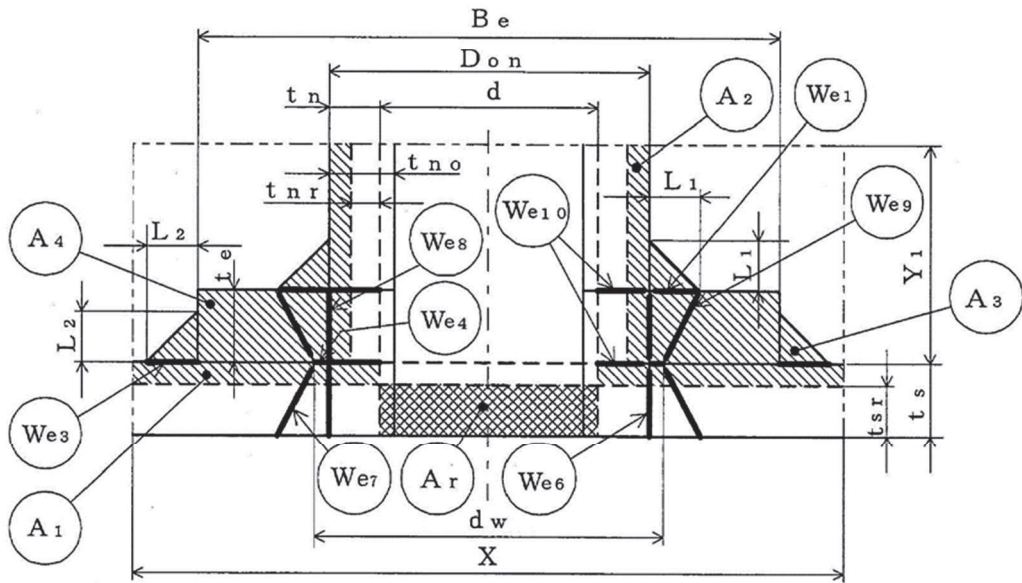
WELD-14



図 3-6



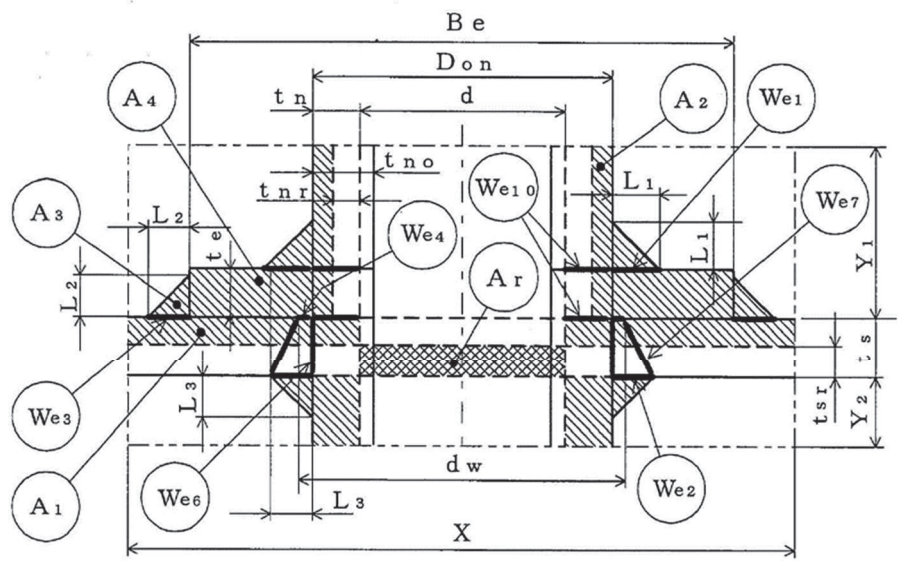
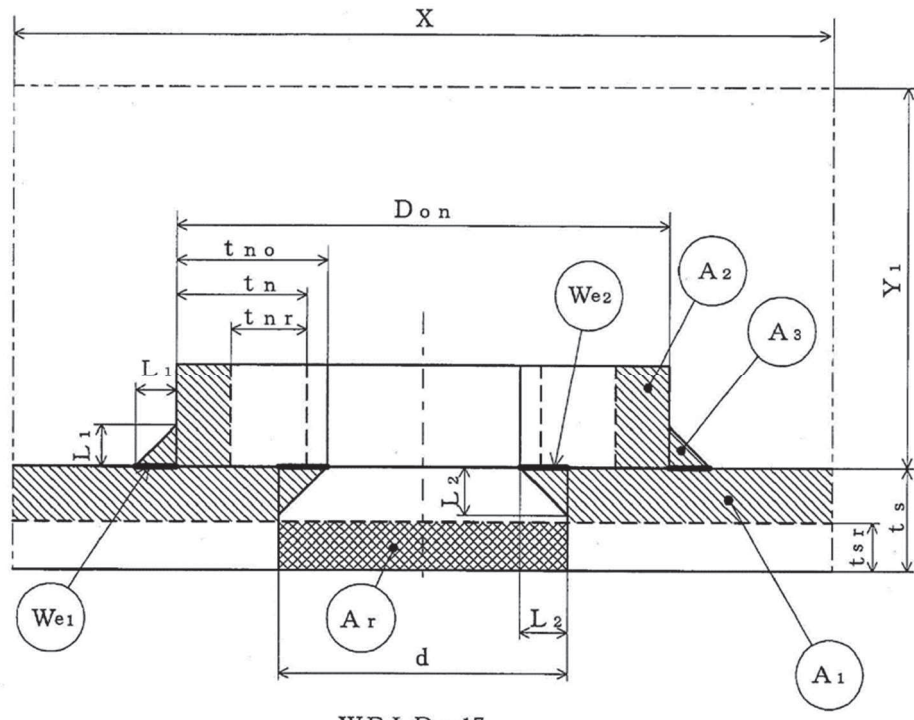
WELD-15



WELD-16

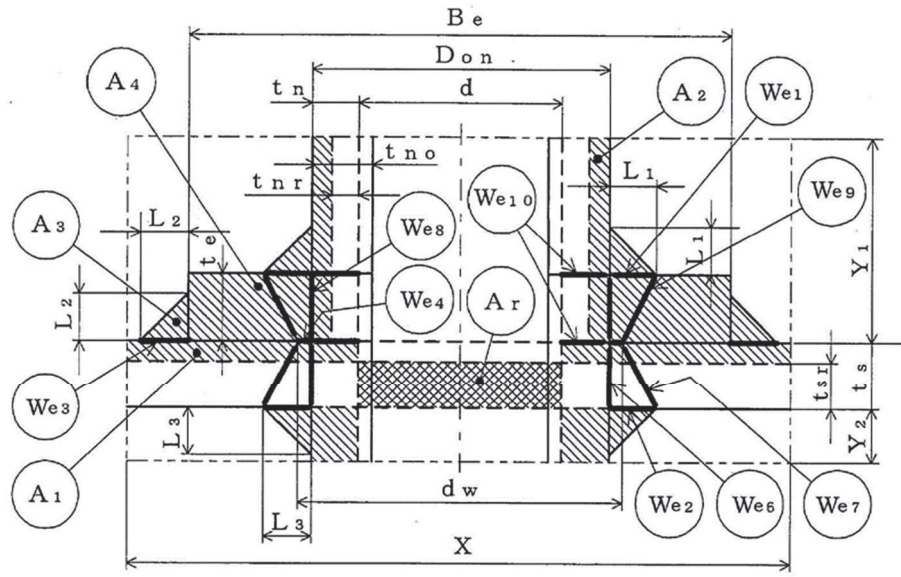
- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-7

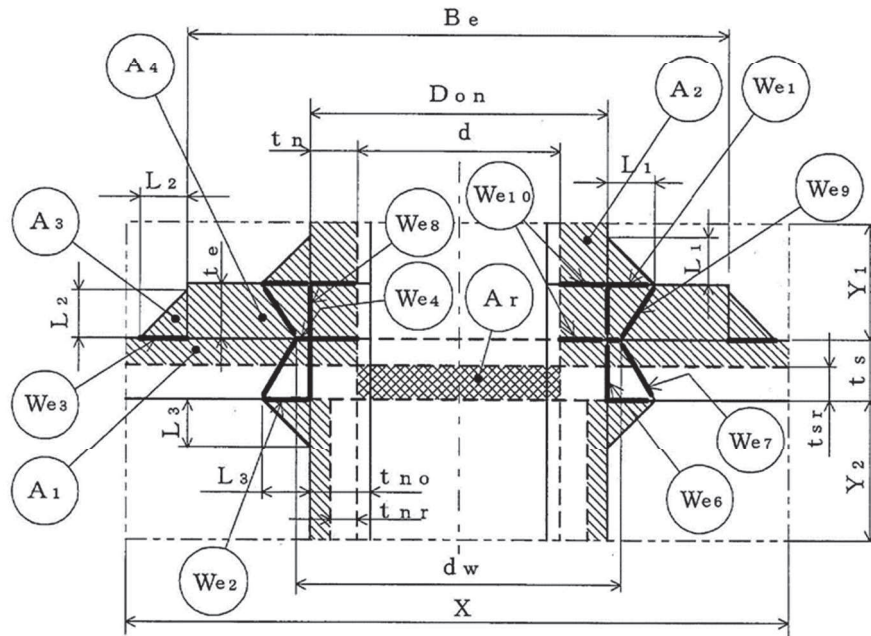


補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 3-8



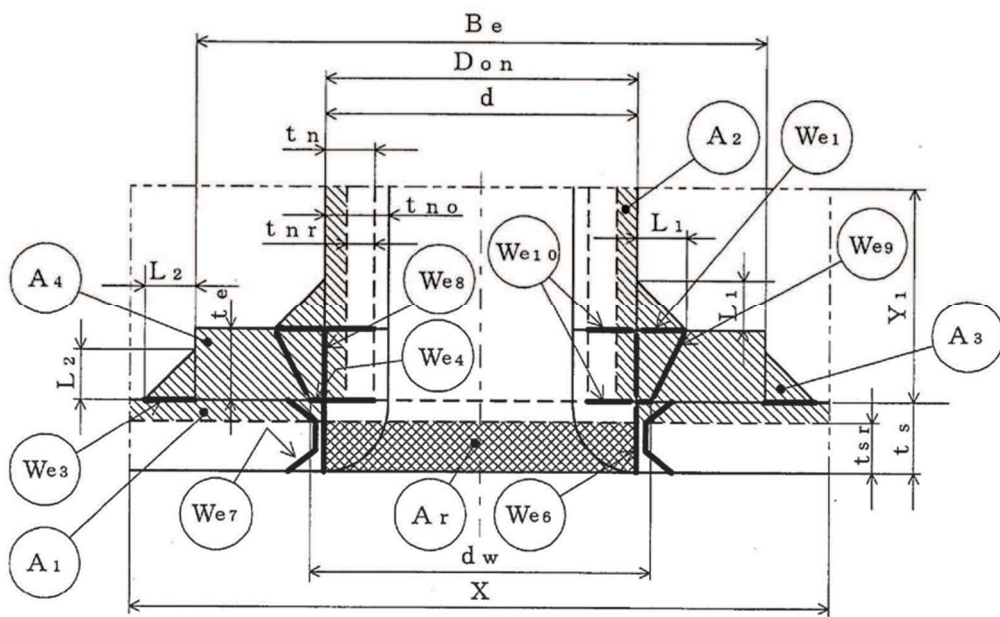
WELD-19



WELD-19'

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-9



WELD-22

-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 3-10

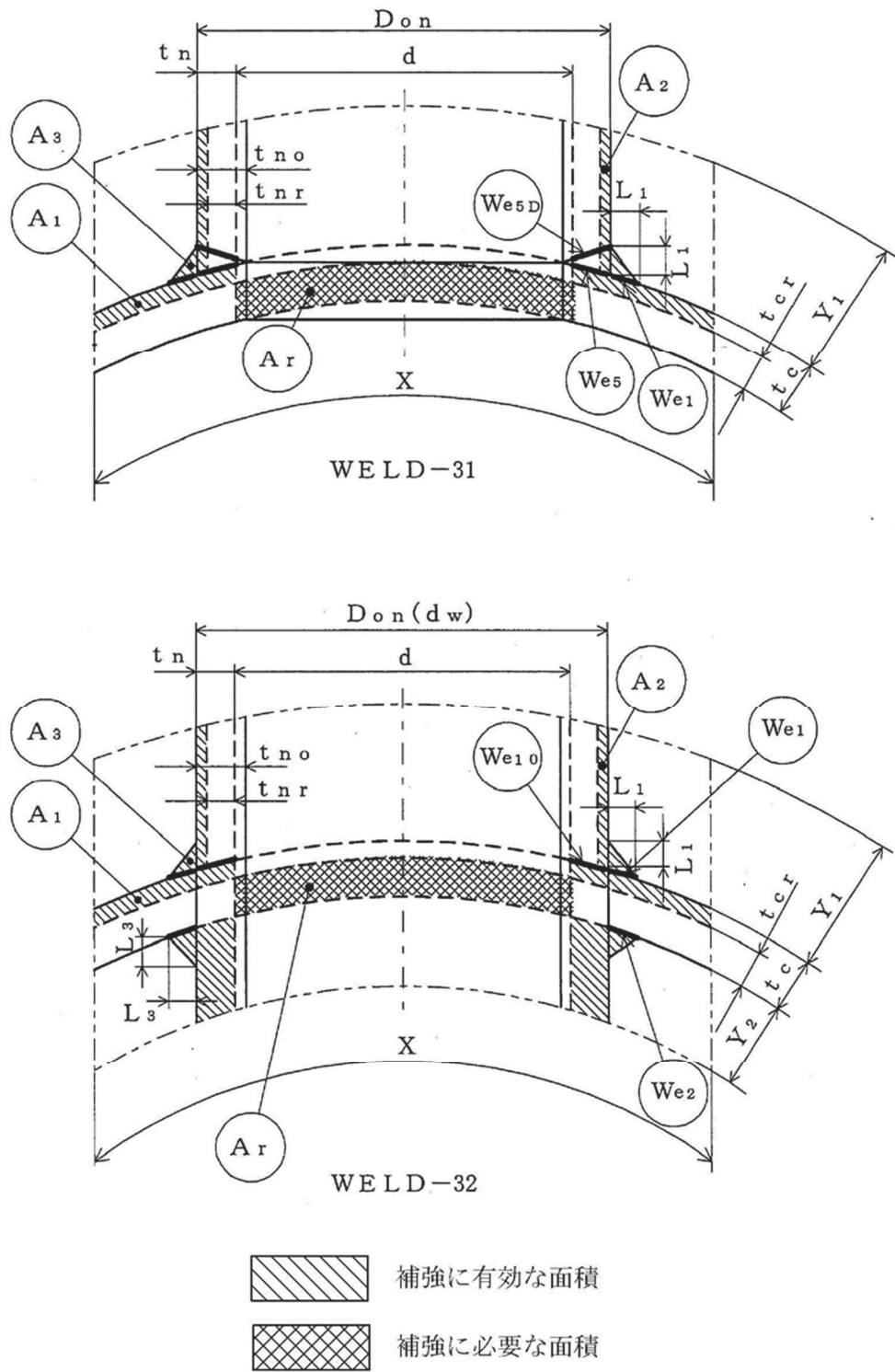
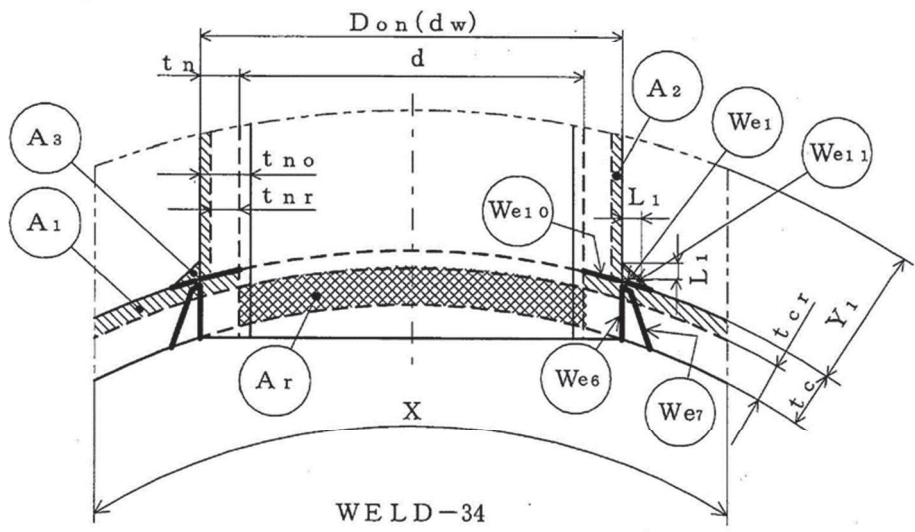
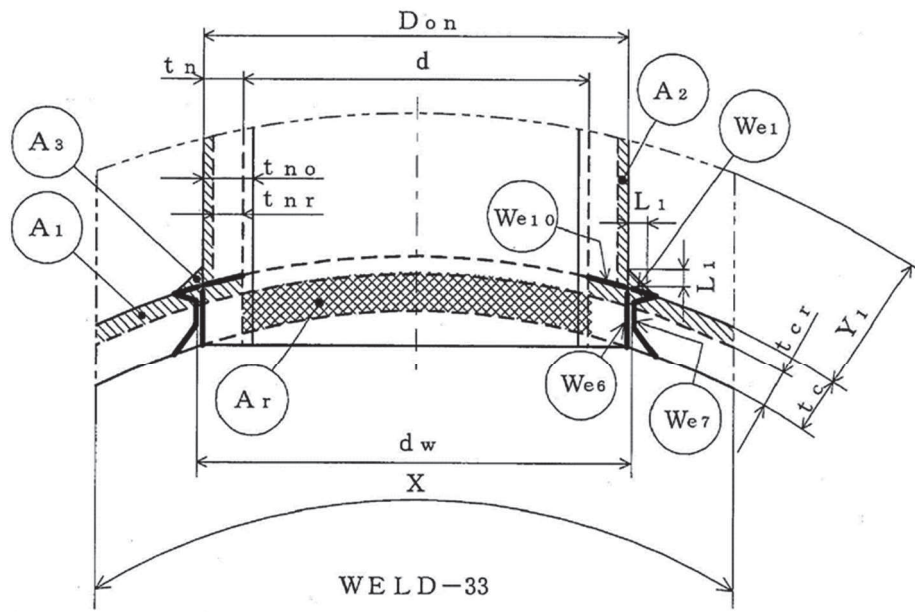


図 3-11



- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-12

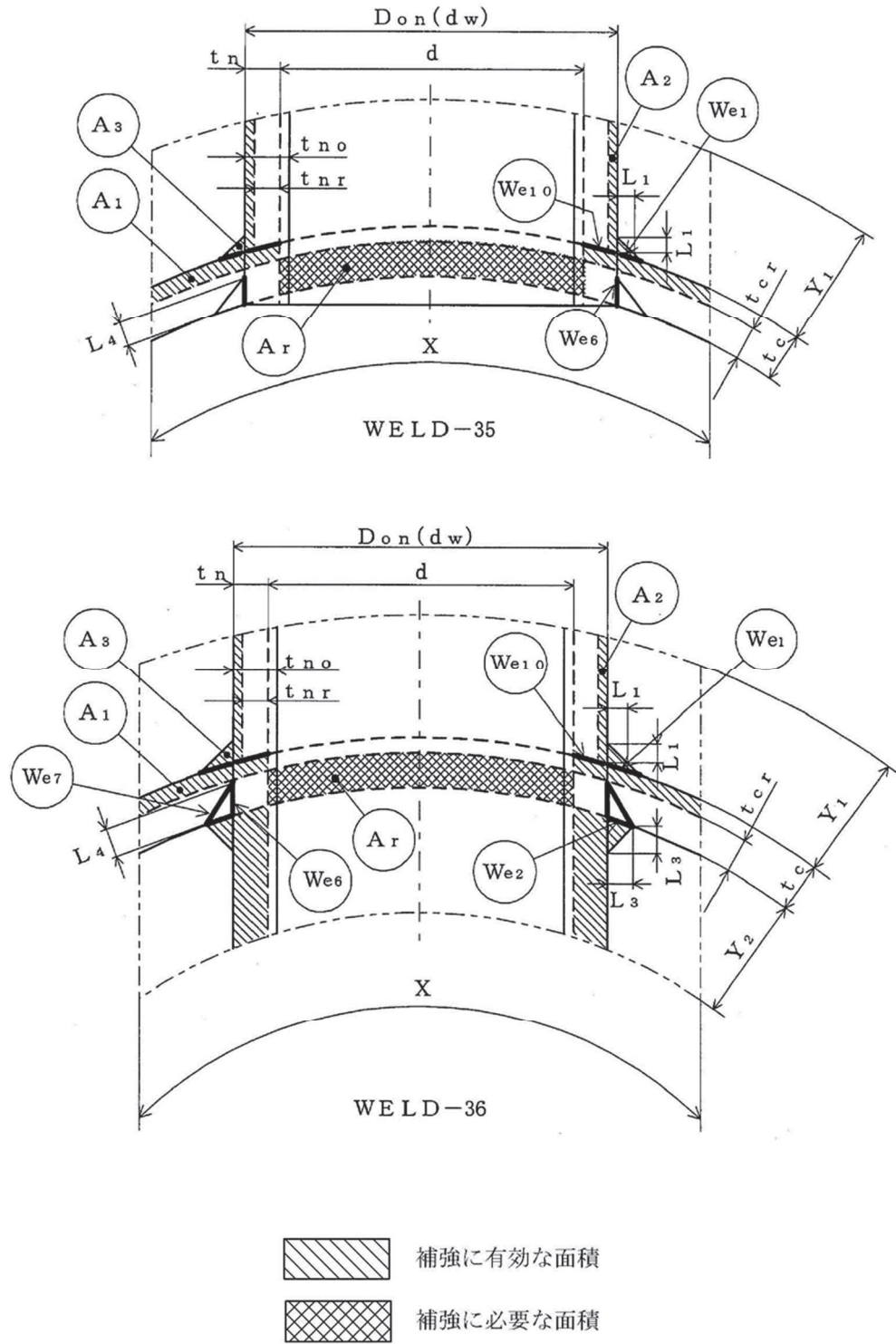


図 3-13

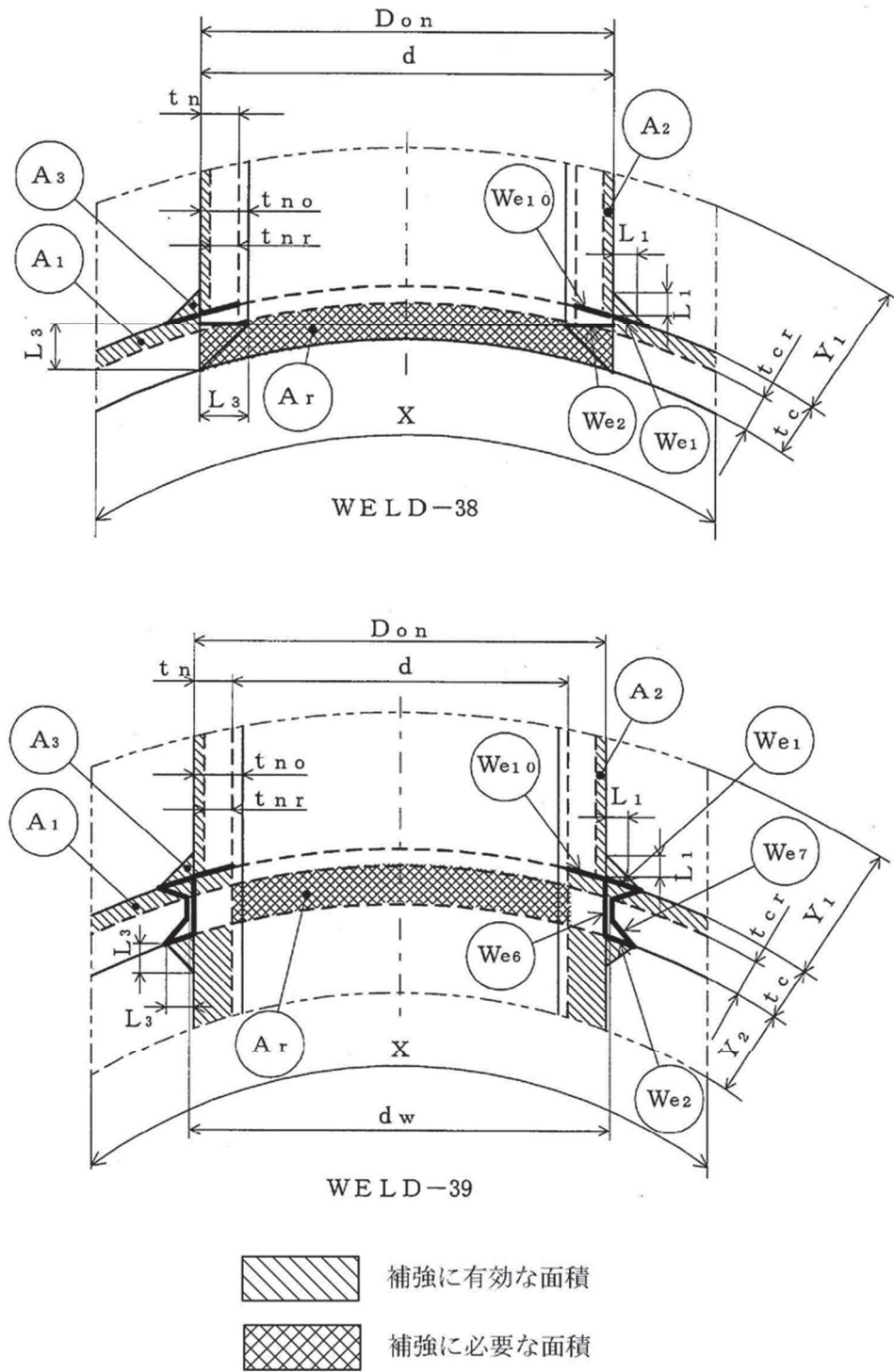


図 3-14

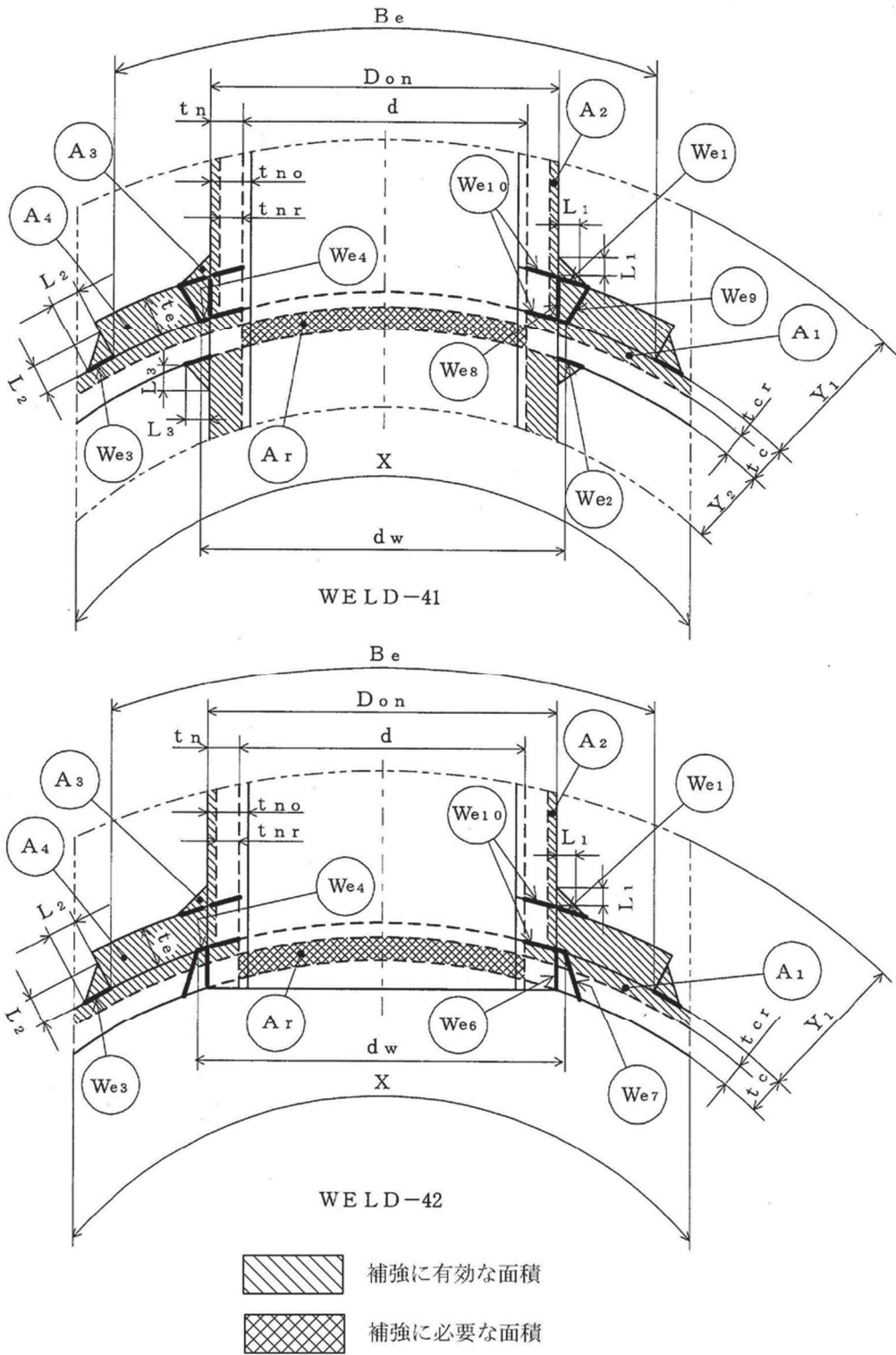


図 3-15

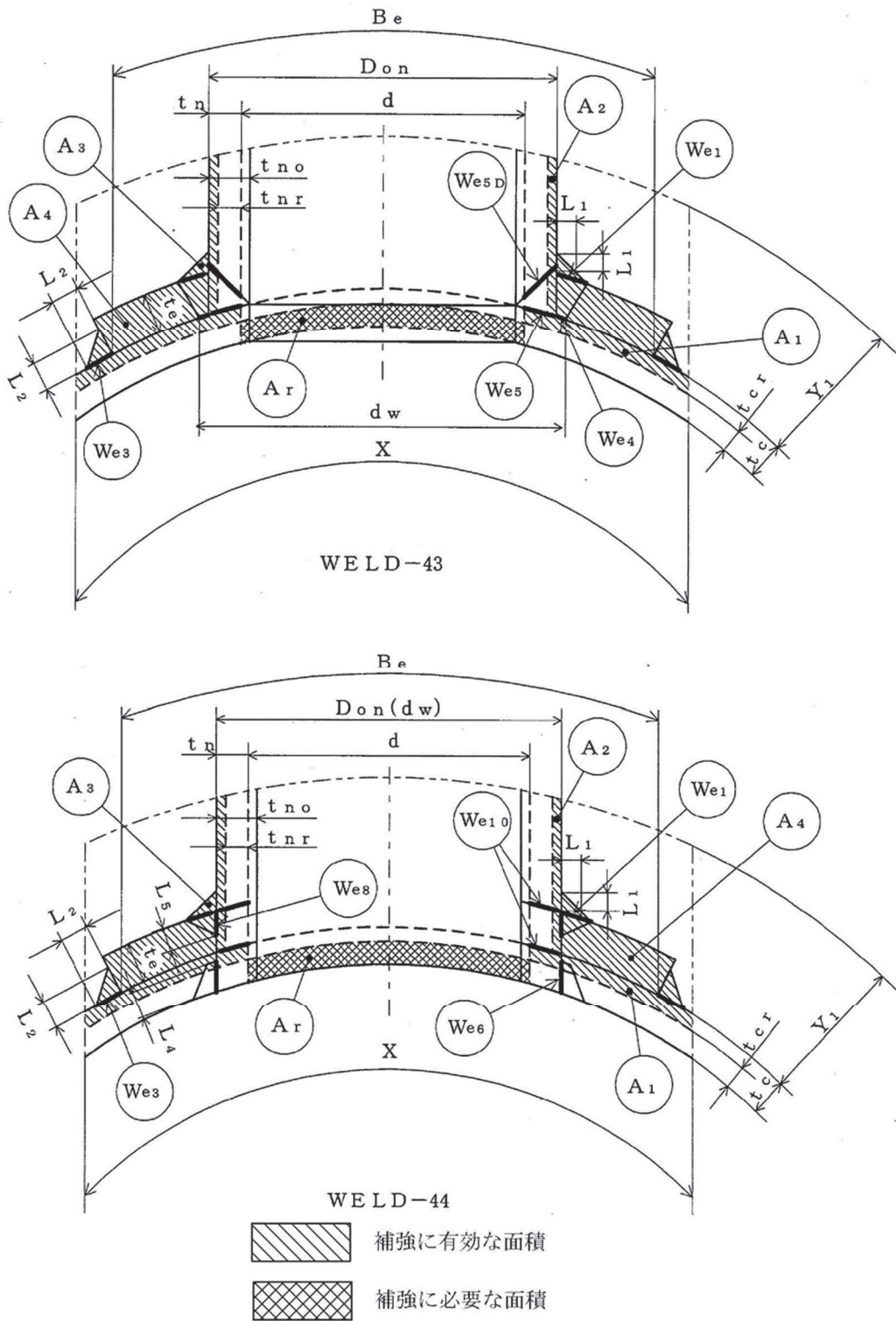
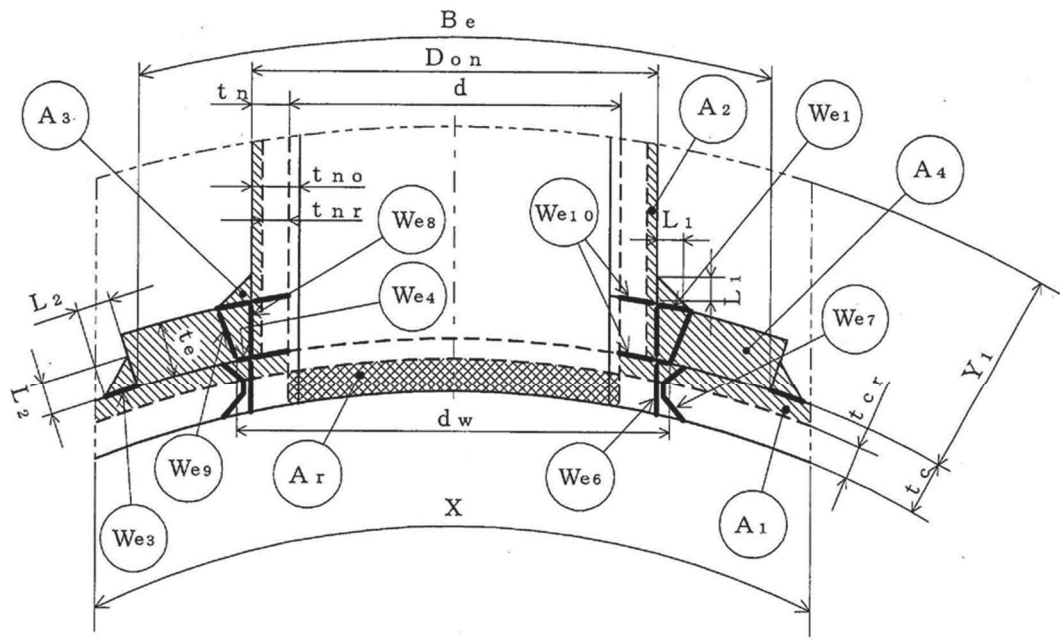
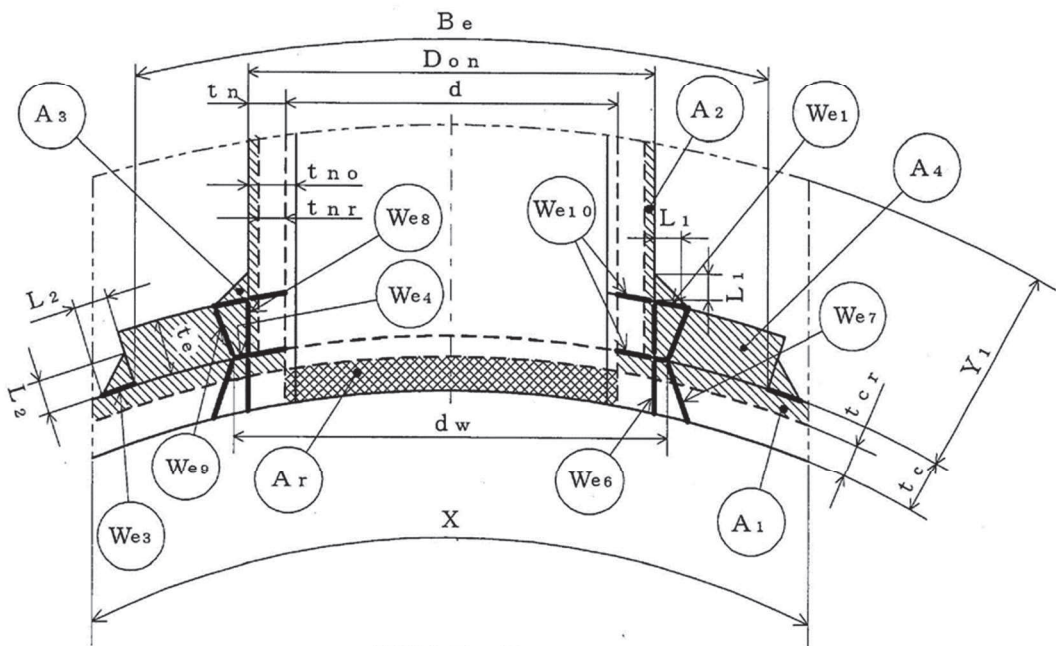


図 3-16



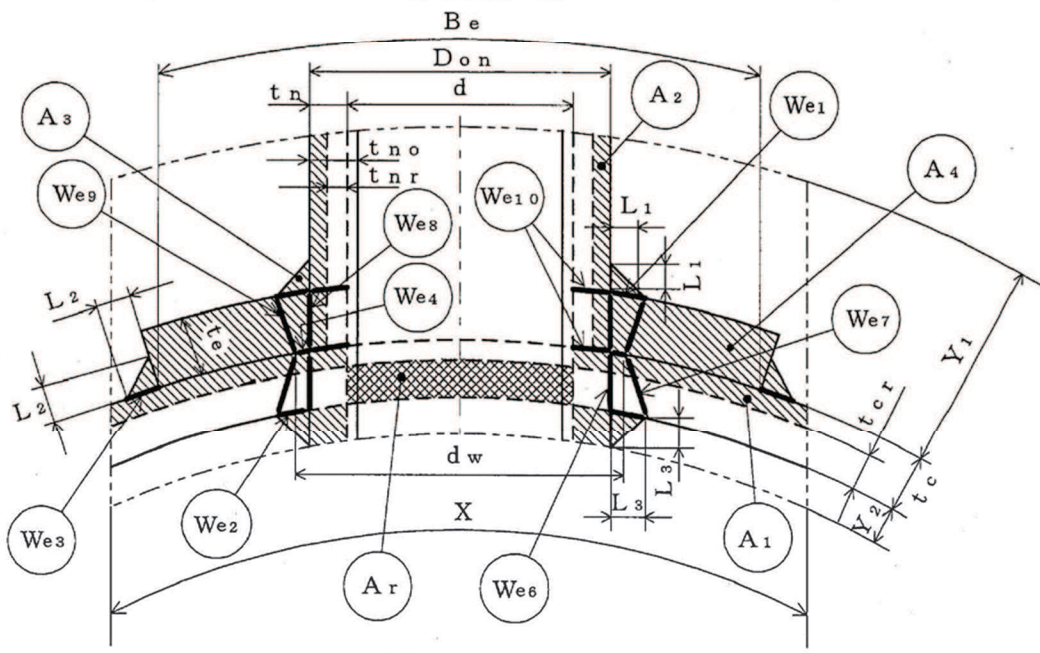
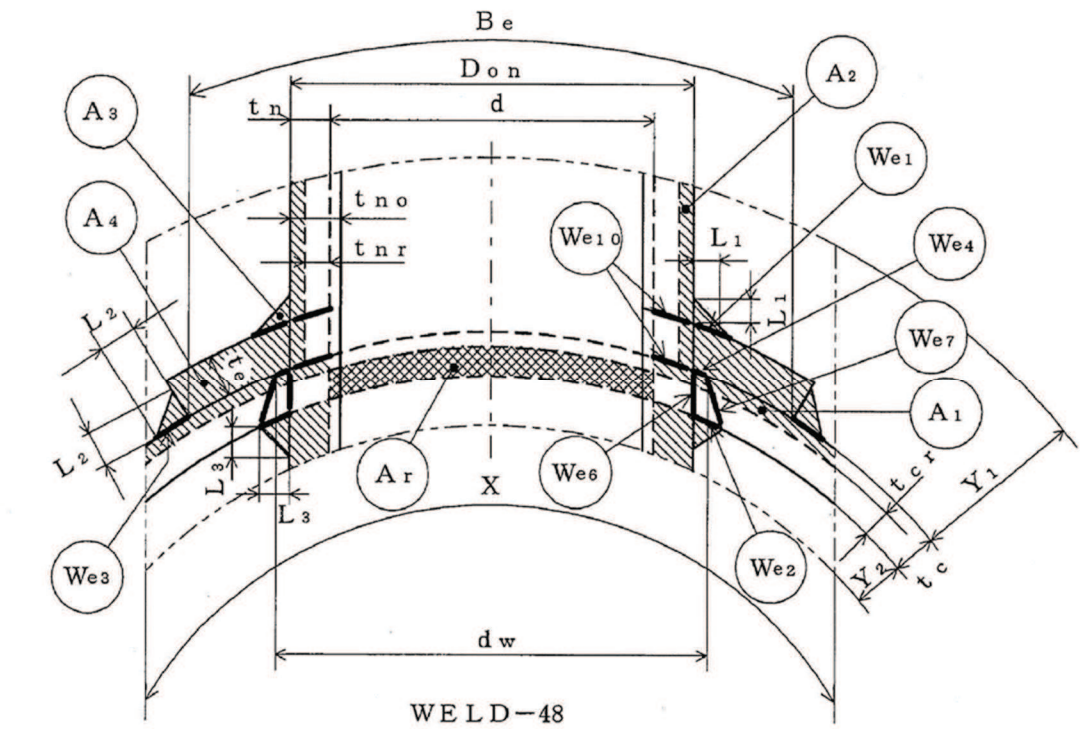
WELD-45



WELD-46



図 3-17



- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-18

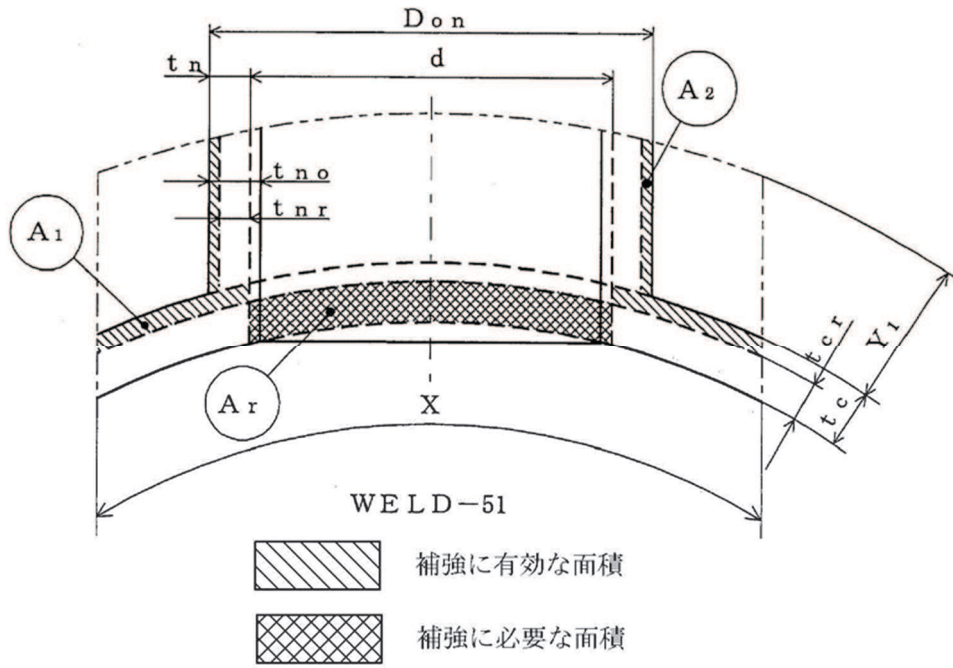


図 3-19

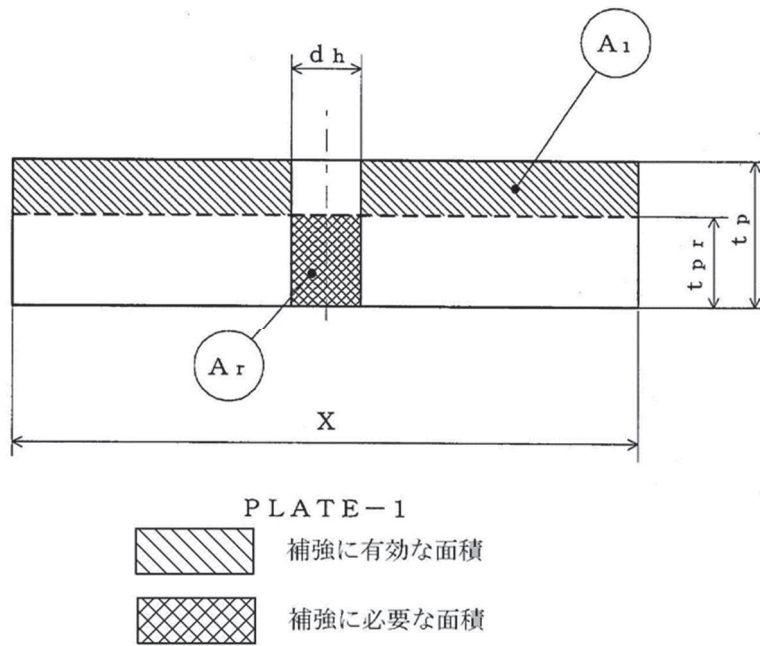
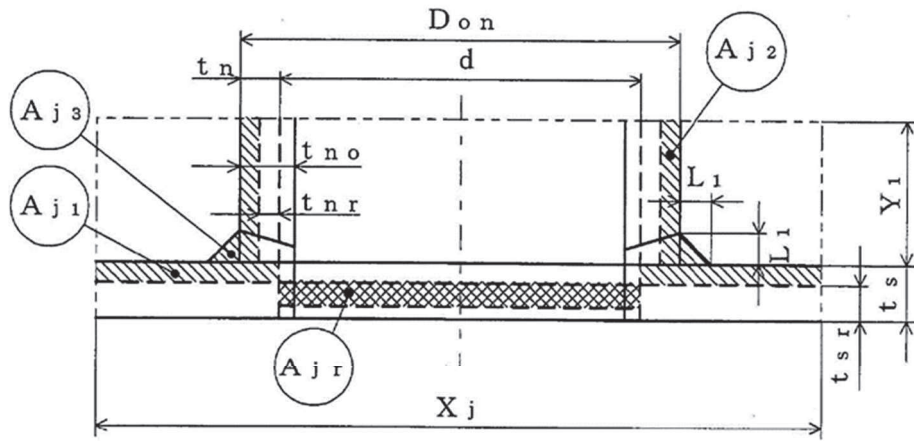
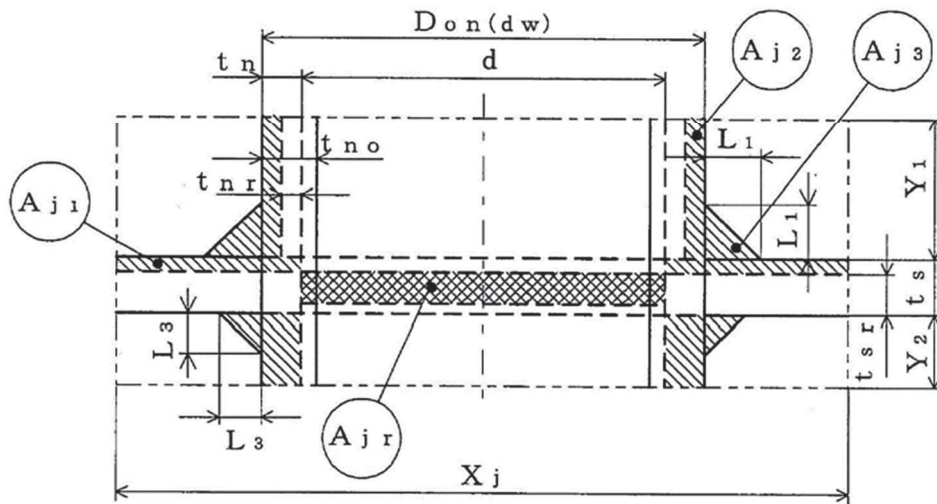


図 3-20



WELD-1



WELD-2



大きい穴の補強に有効な面積



大きい穴の補強に必要な面積

図 3-21

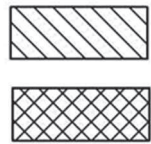
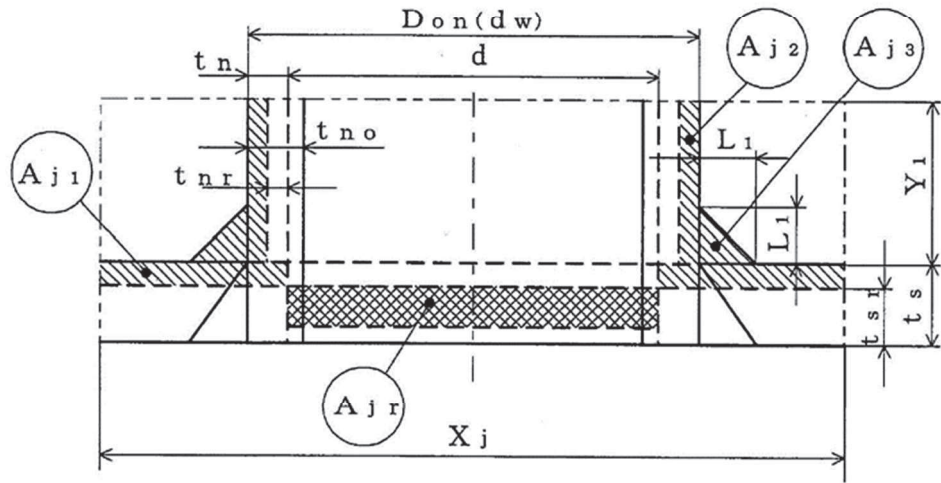
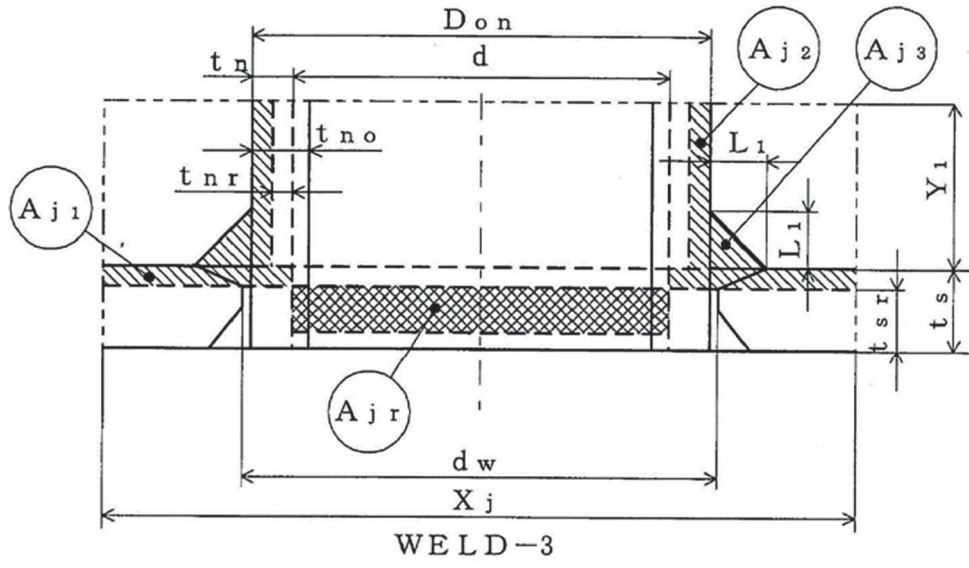
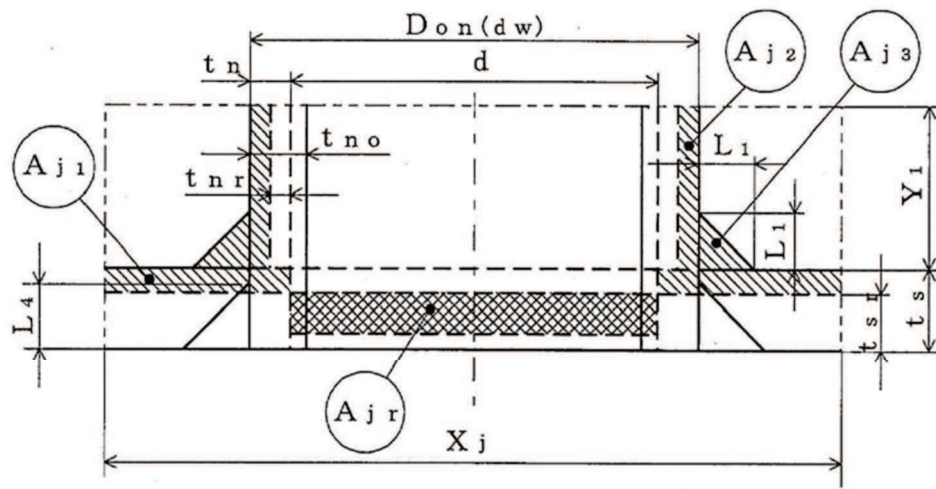
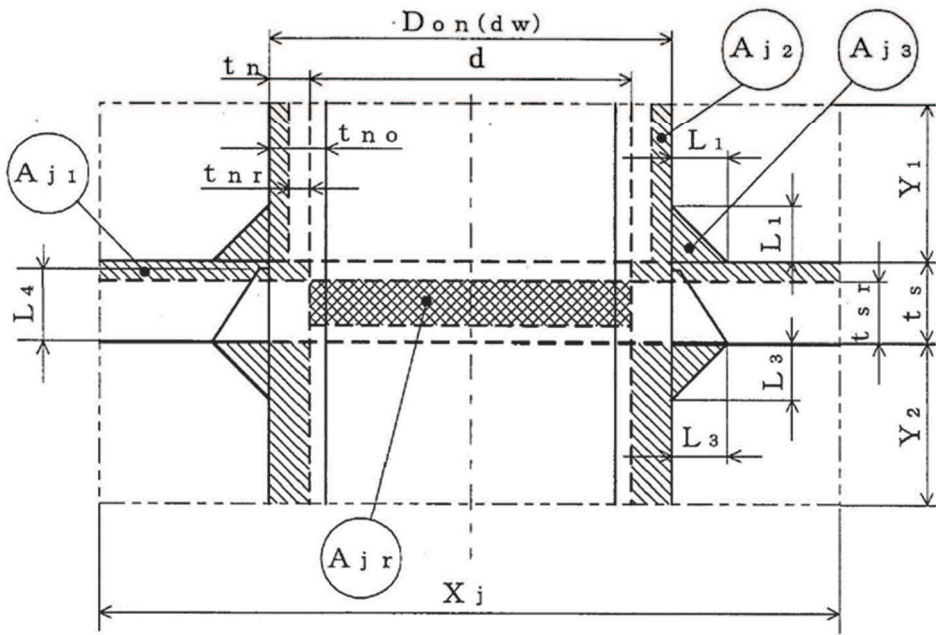


図 3-22



WELD-5



WELD-6

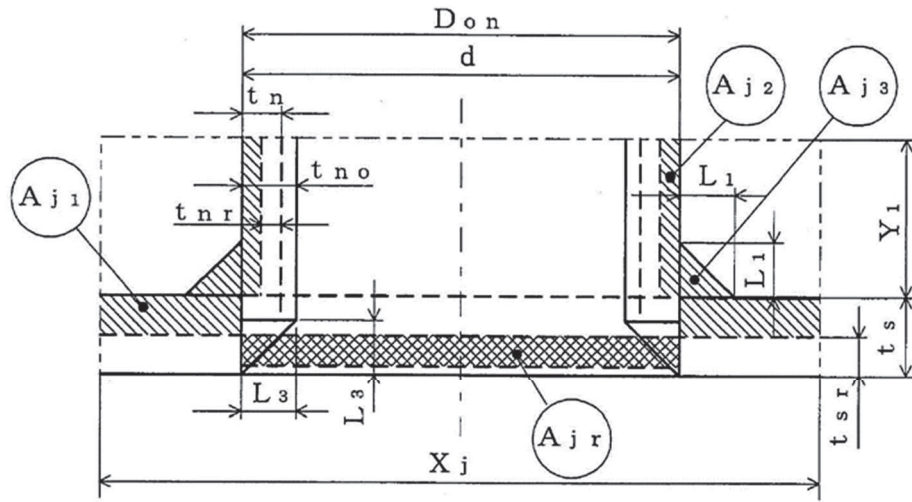


大きい穴の補強に有効な面積

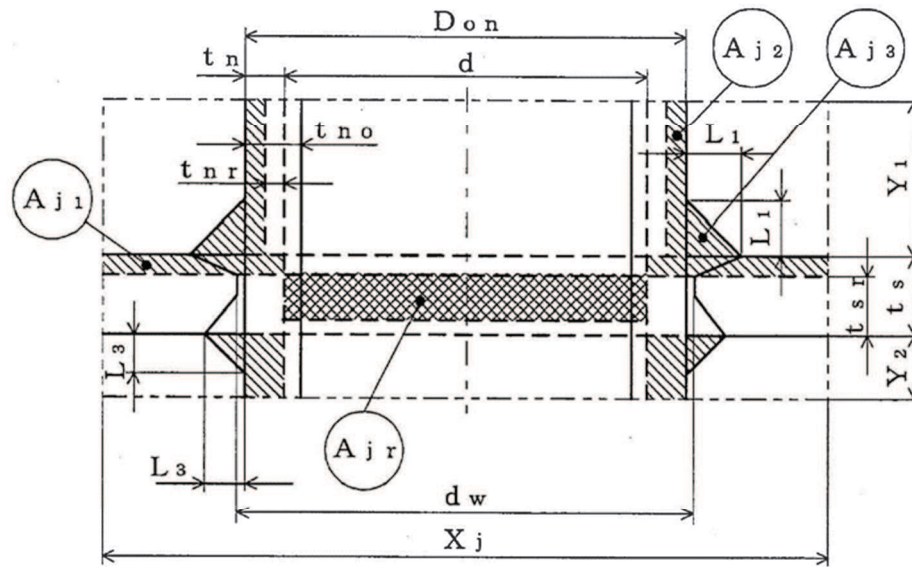


大きい穴の補強に必要な面積

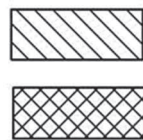
図 3-23



WELD-8



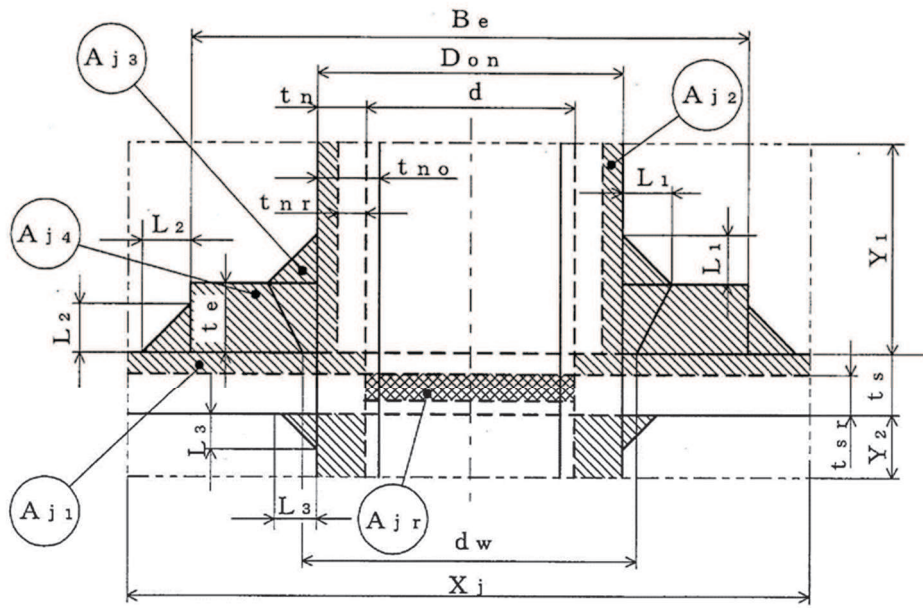
WELD-9



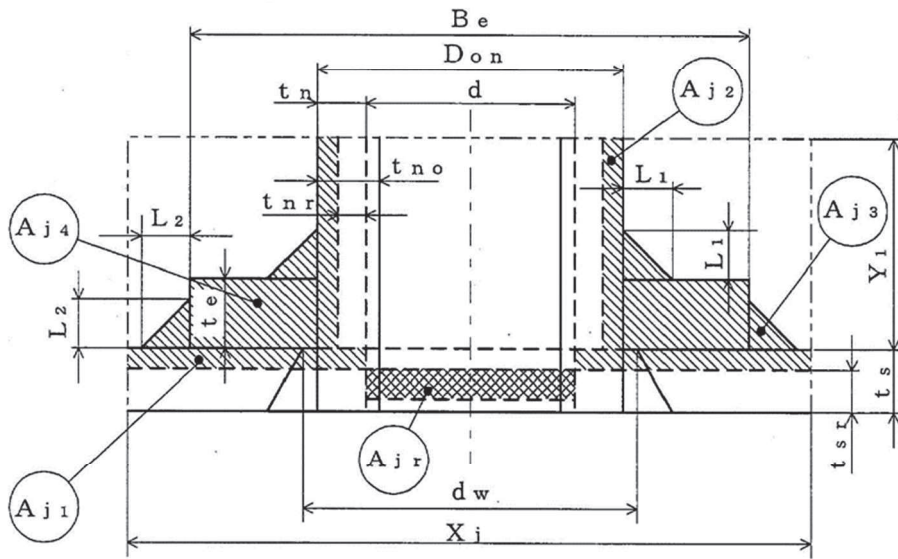
大きい穴の補強に有効な面積

大きい穴の補強に必要な面積

図 3-24



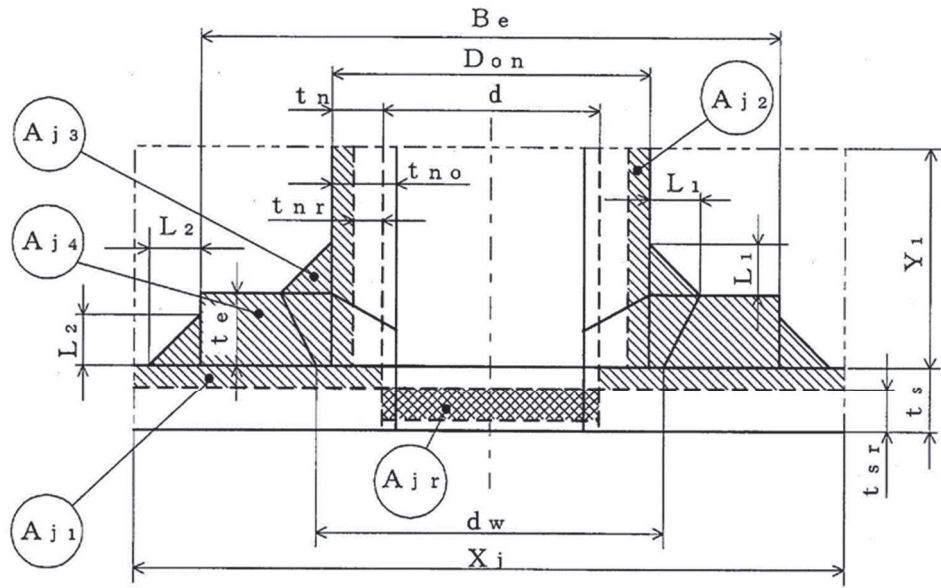
WELD-11



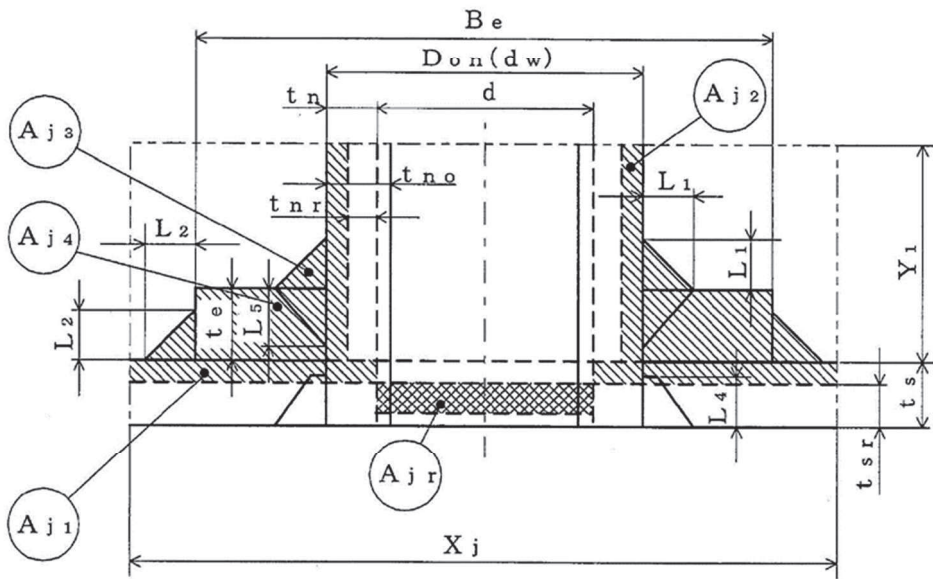
WELD-12

- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 3-25



WELD-13



WELD-14

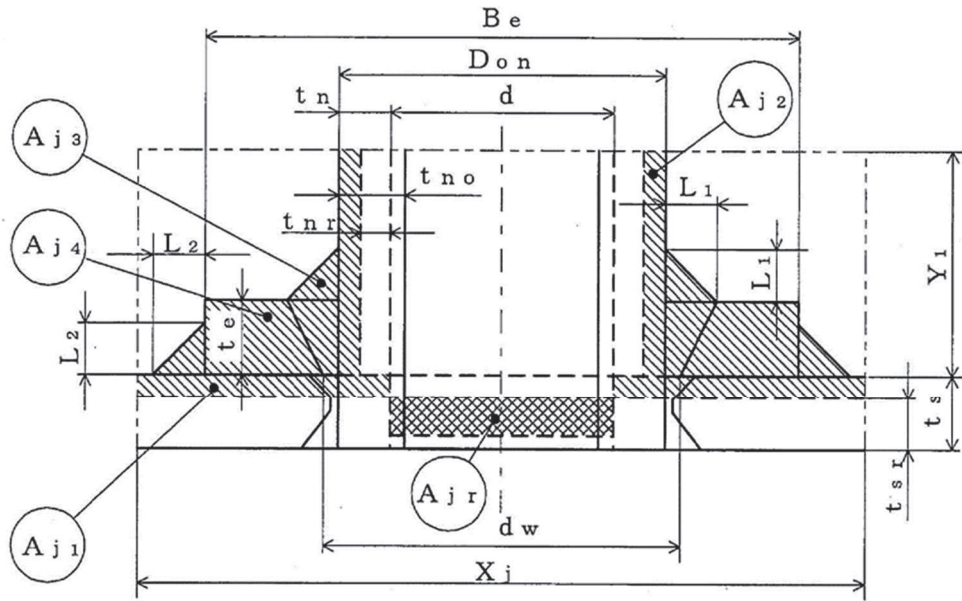


大きい穴の補強に有効な面積

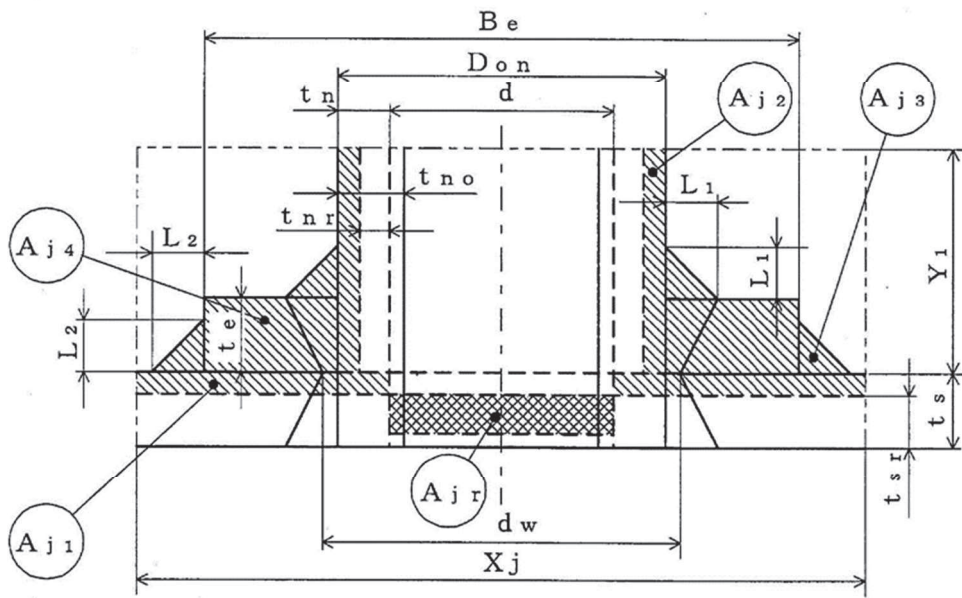


大きい穴の補強に必要な面積

図 3-26



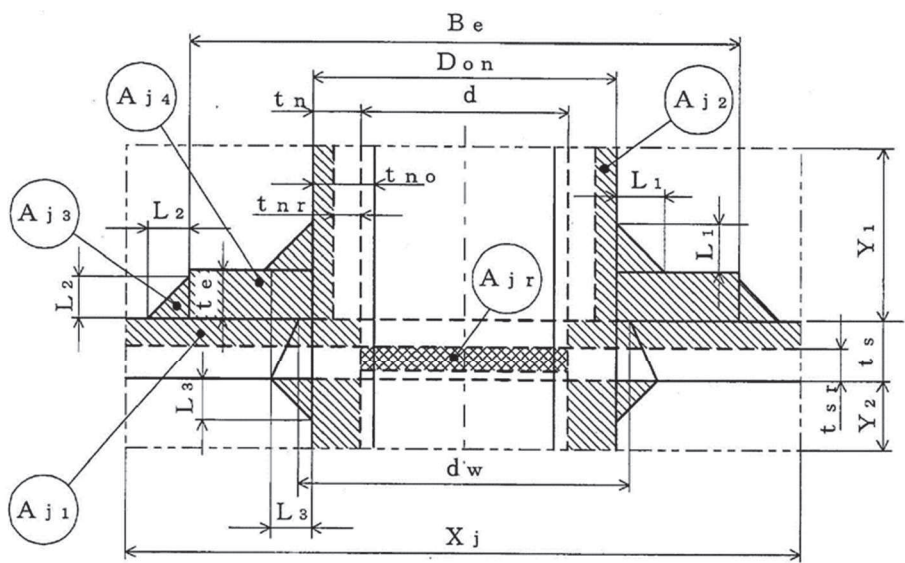
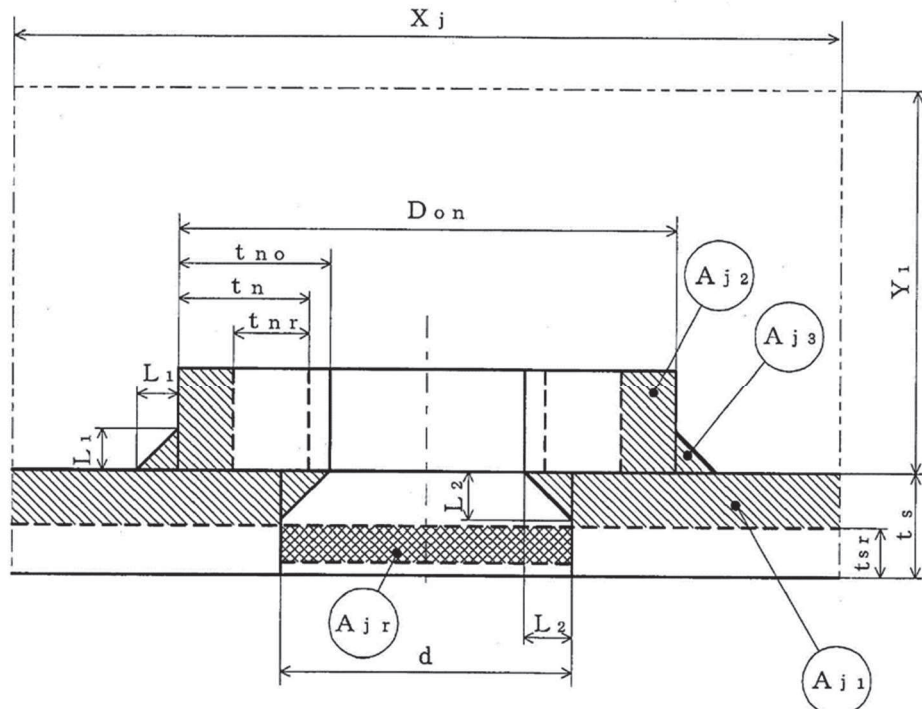
WELD-15



WELD-16

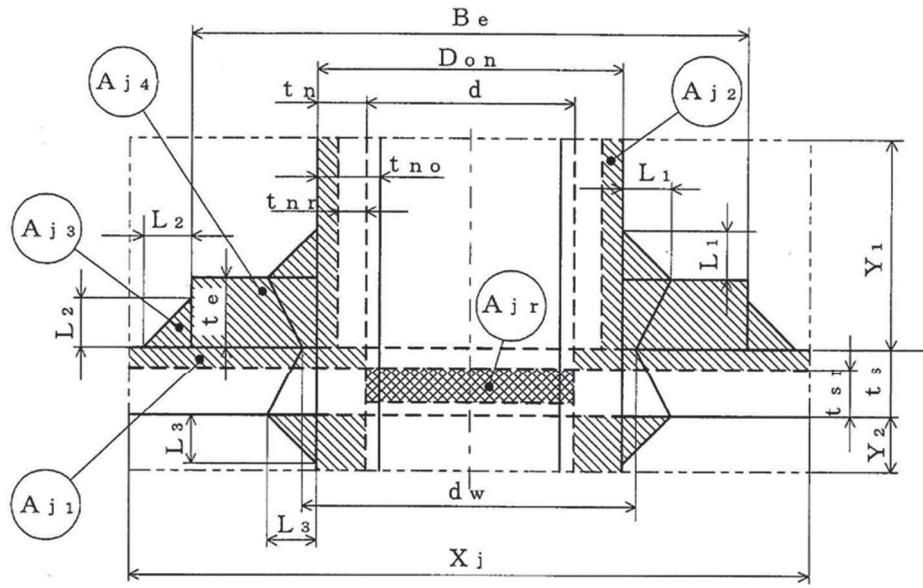
- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 3-27

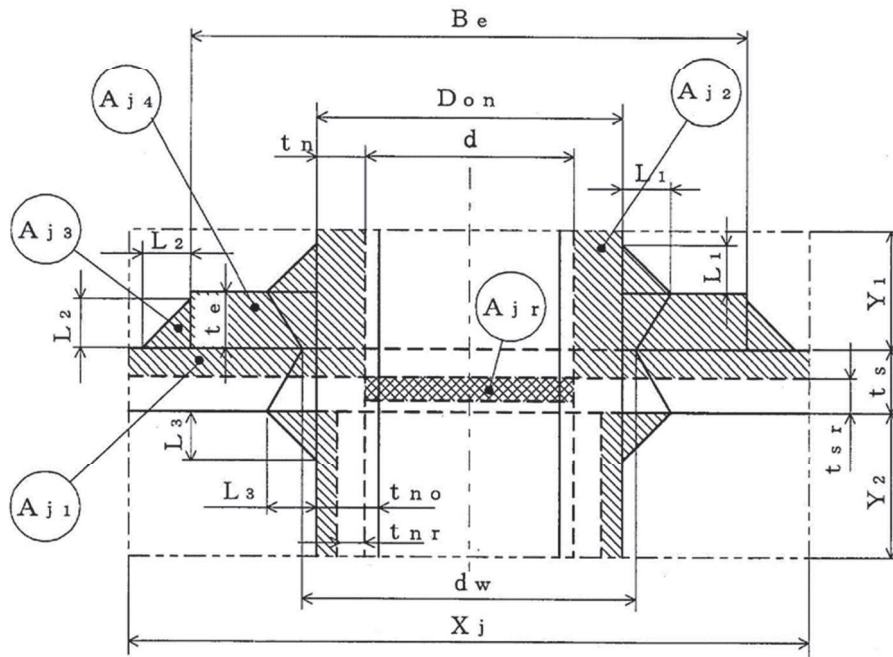


- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 3-28



WELD-19



WELD-19'

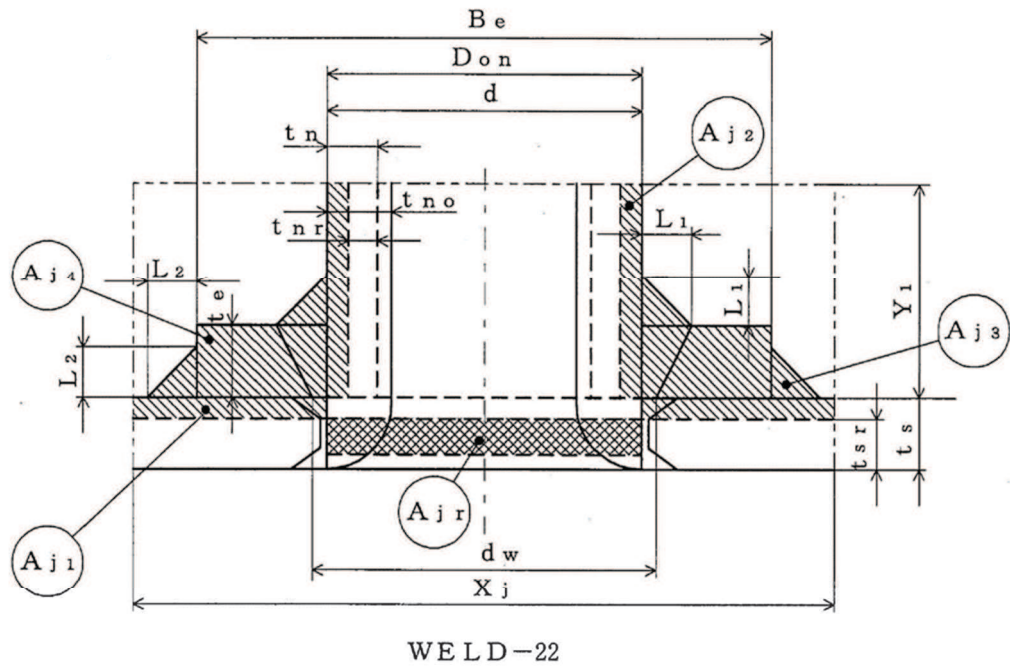


大きい穴の補強に有効な面積



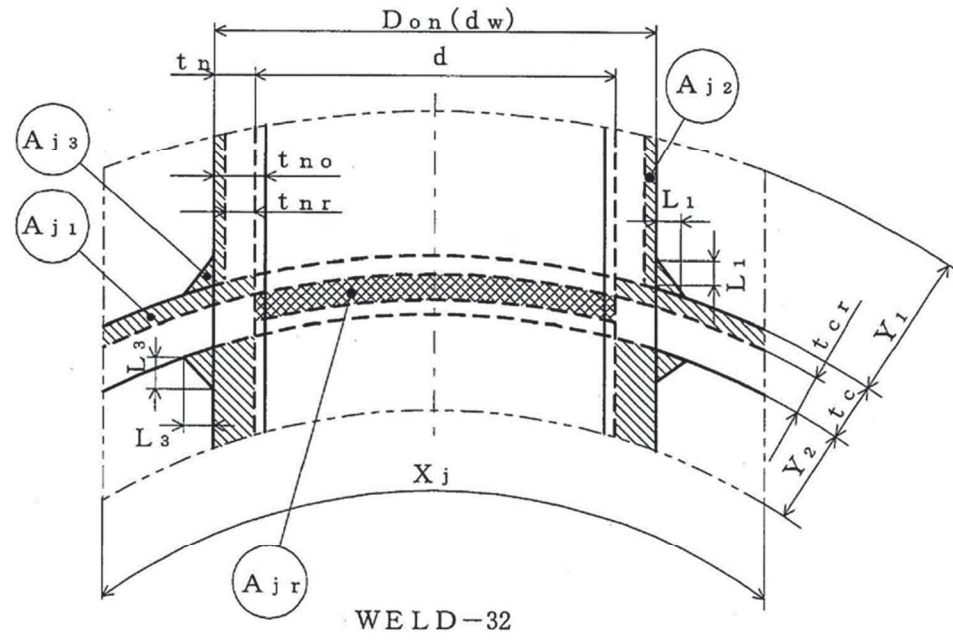
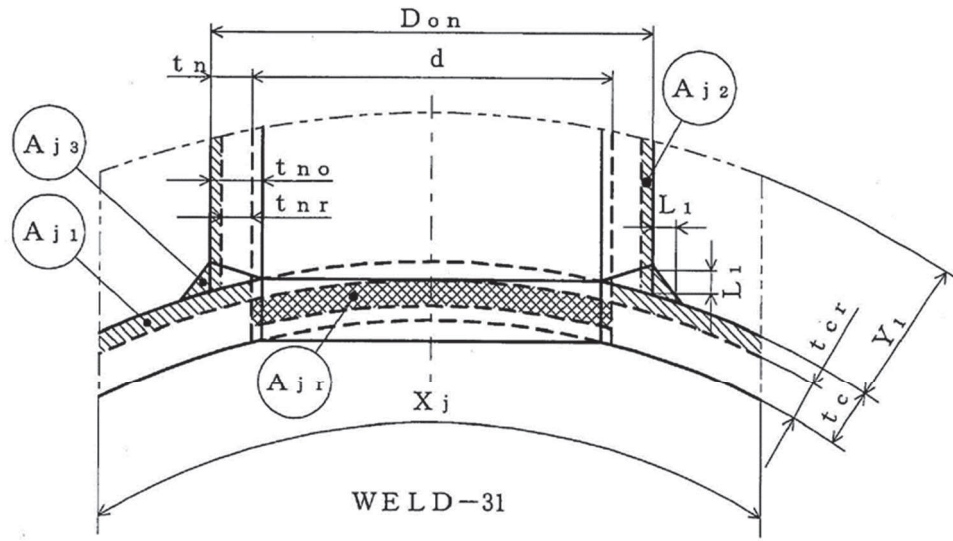
大きい穴の補強に必要な面積

図 3-29



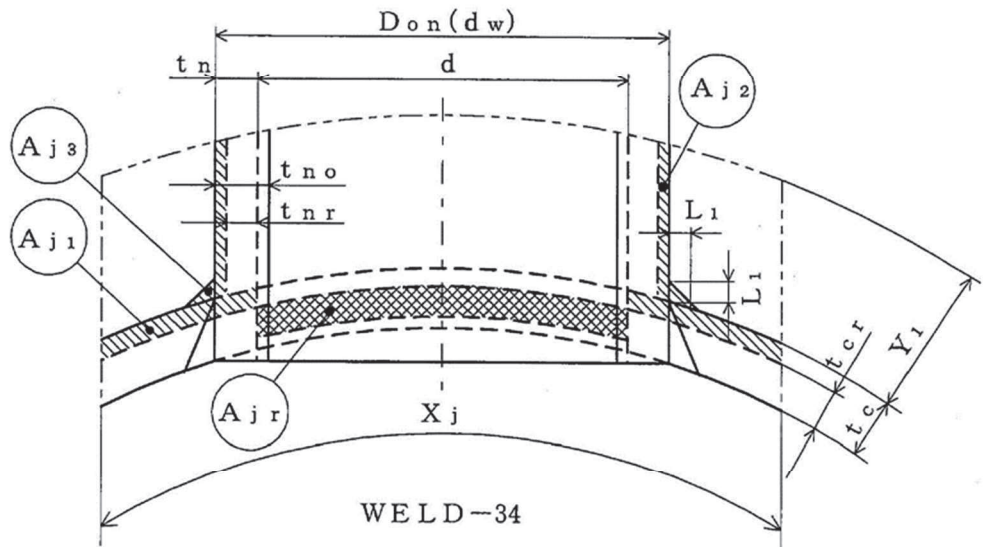
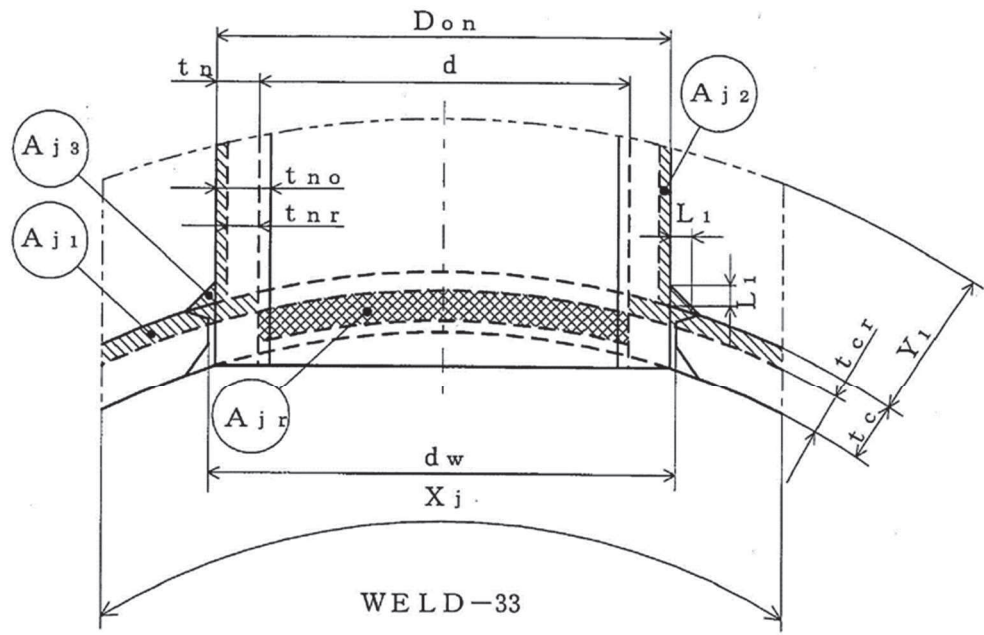
- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 3-30



- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 3-31





-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 3-32

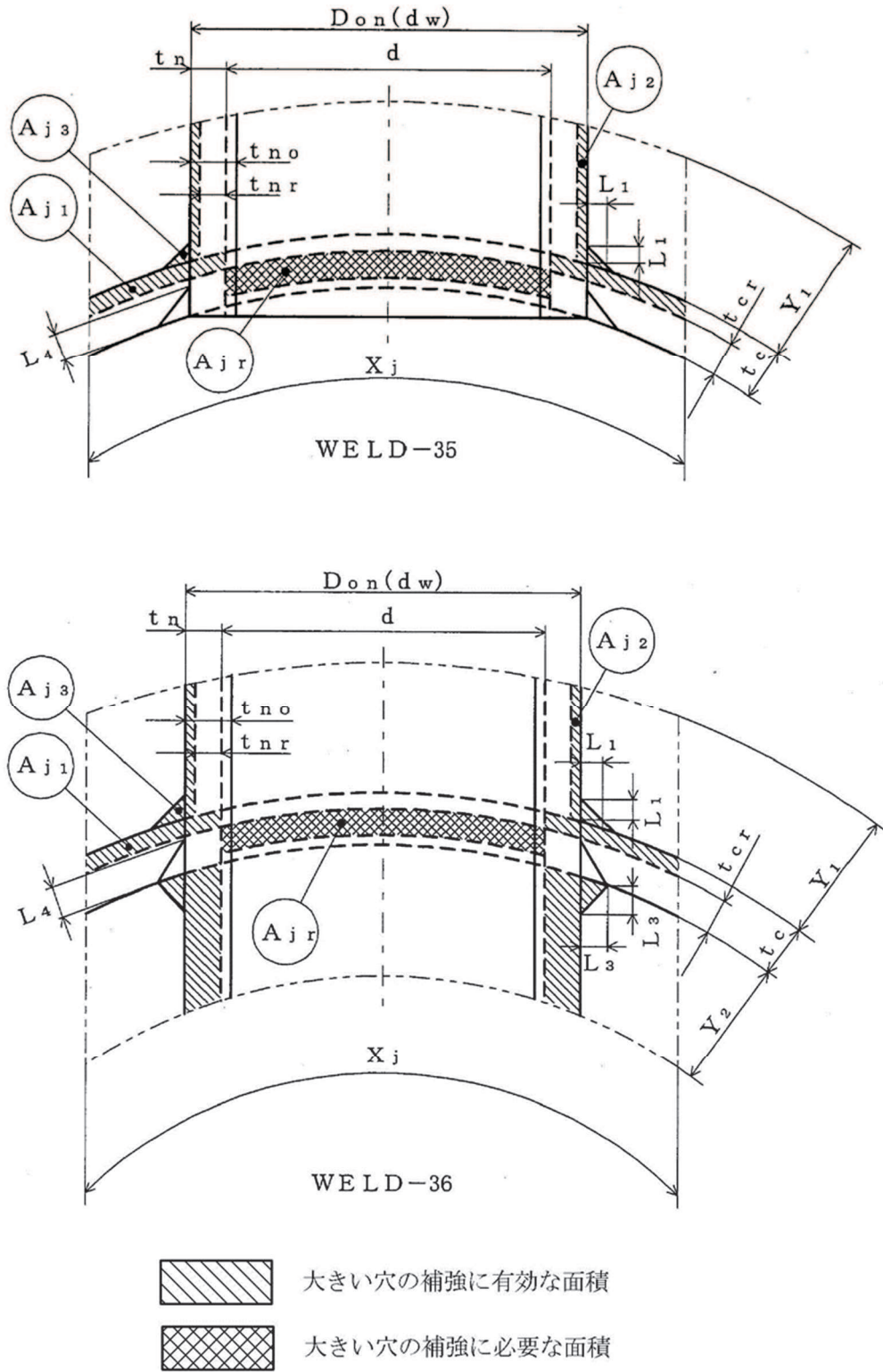
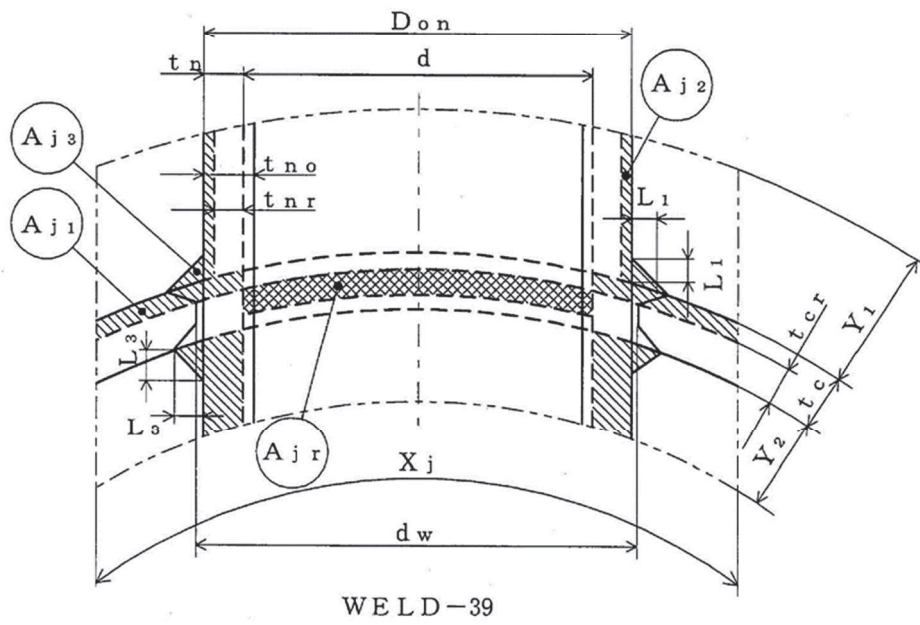
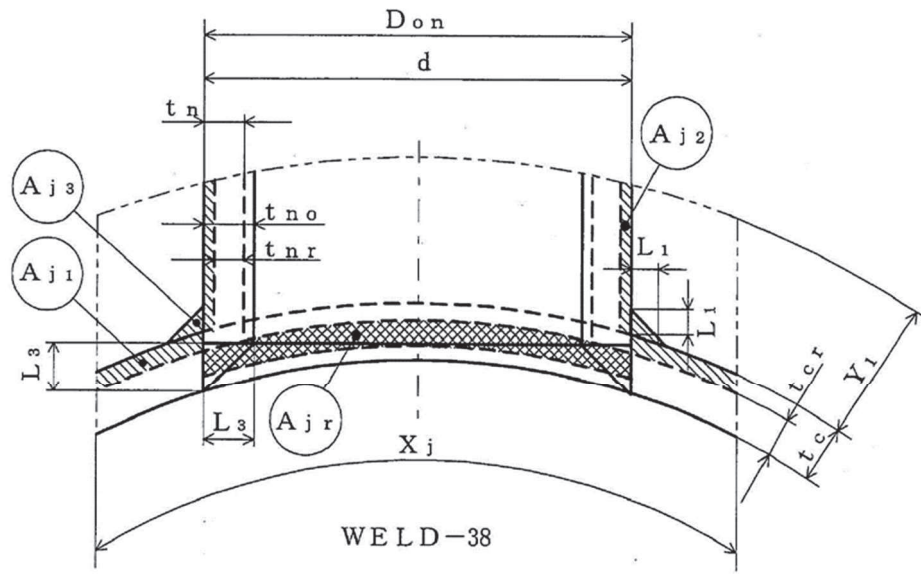


図 3-33



- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 3-34

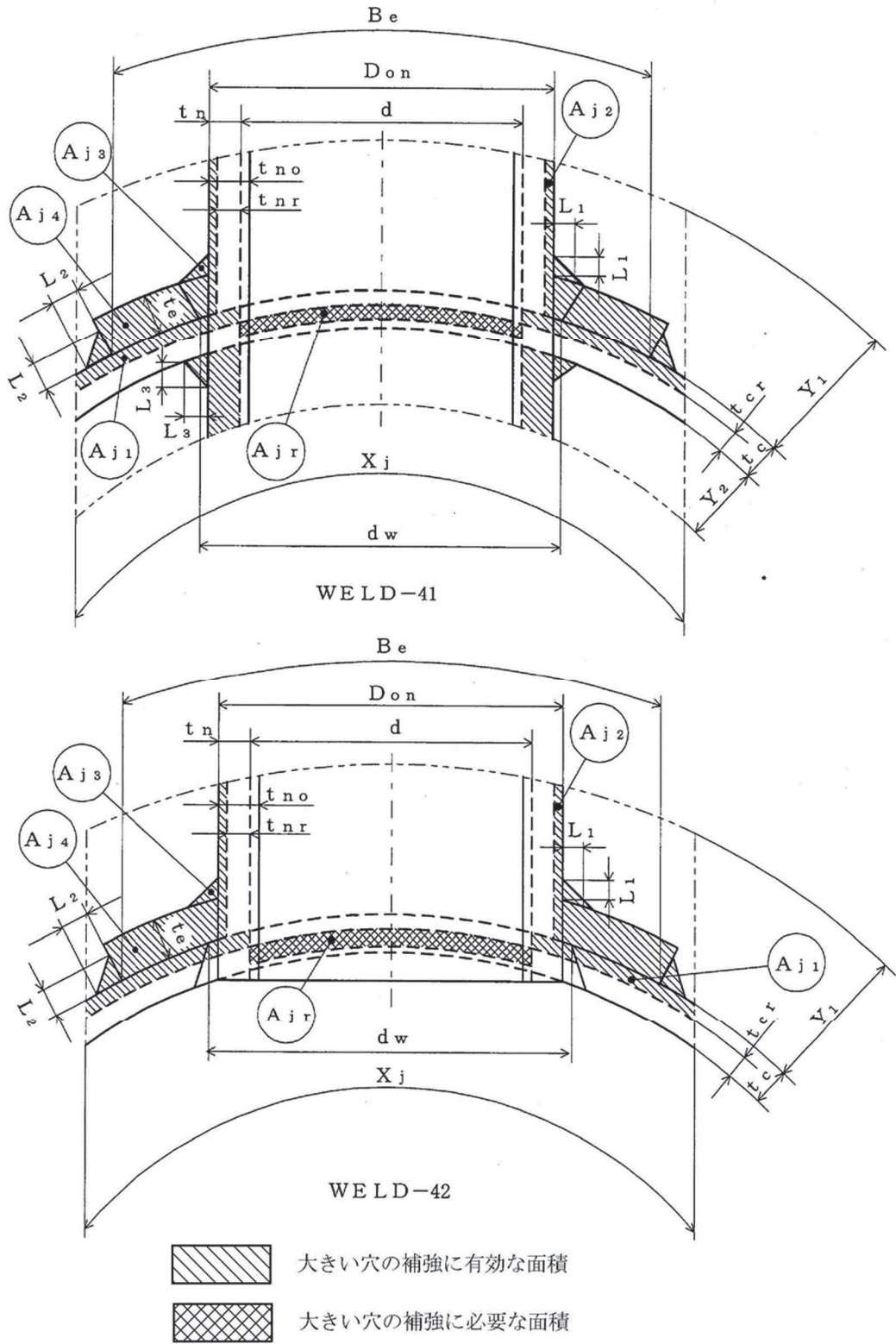


図 3-35

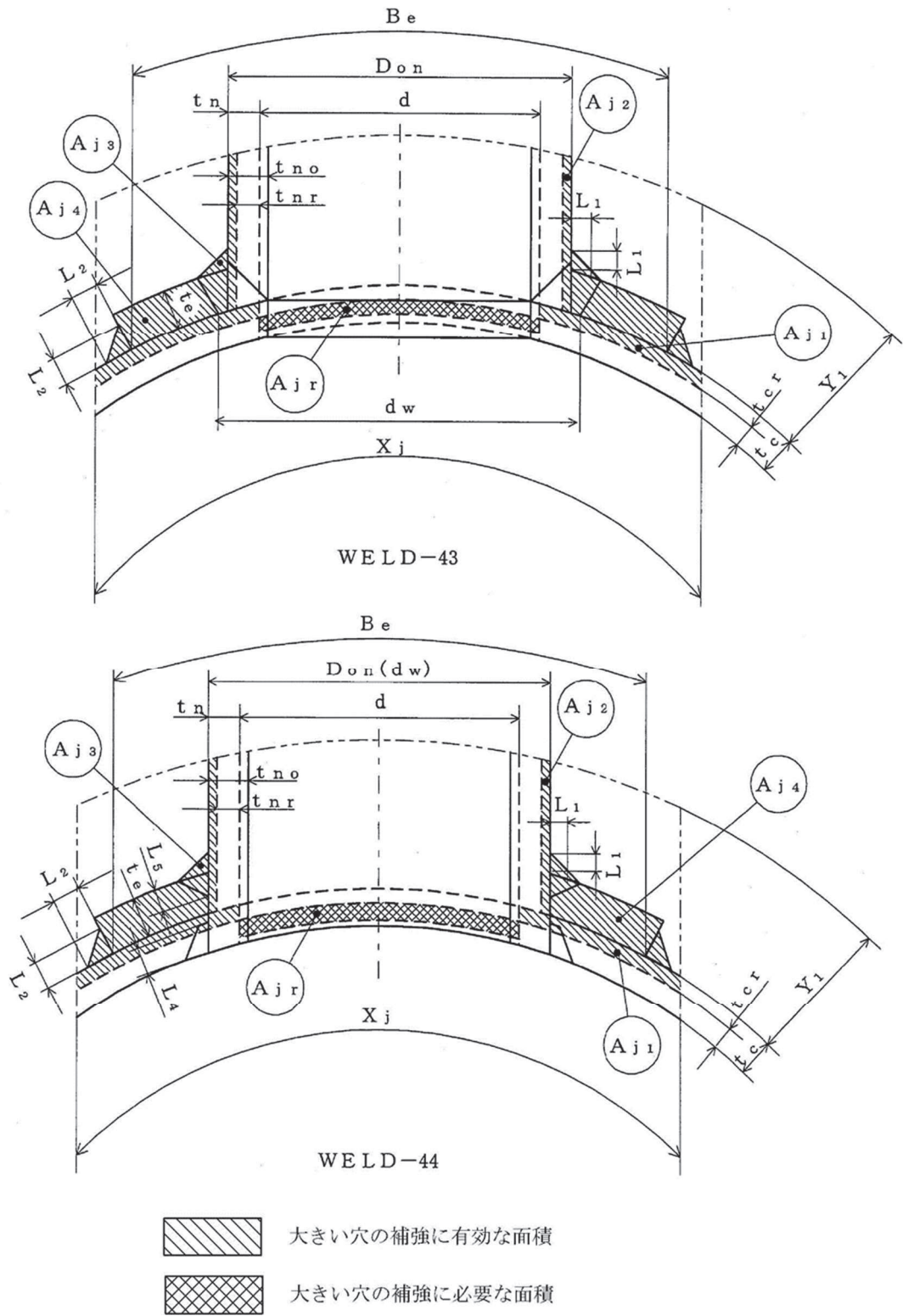


図 3-36

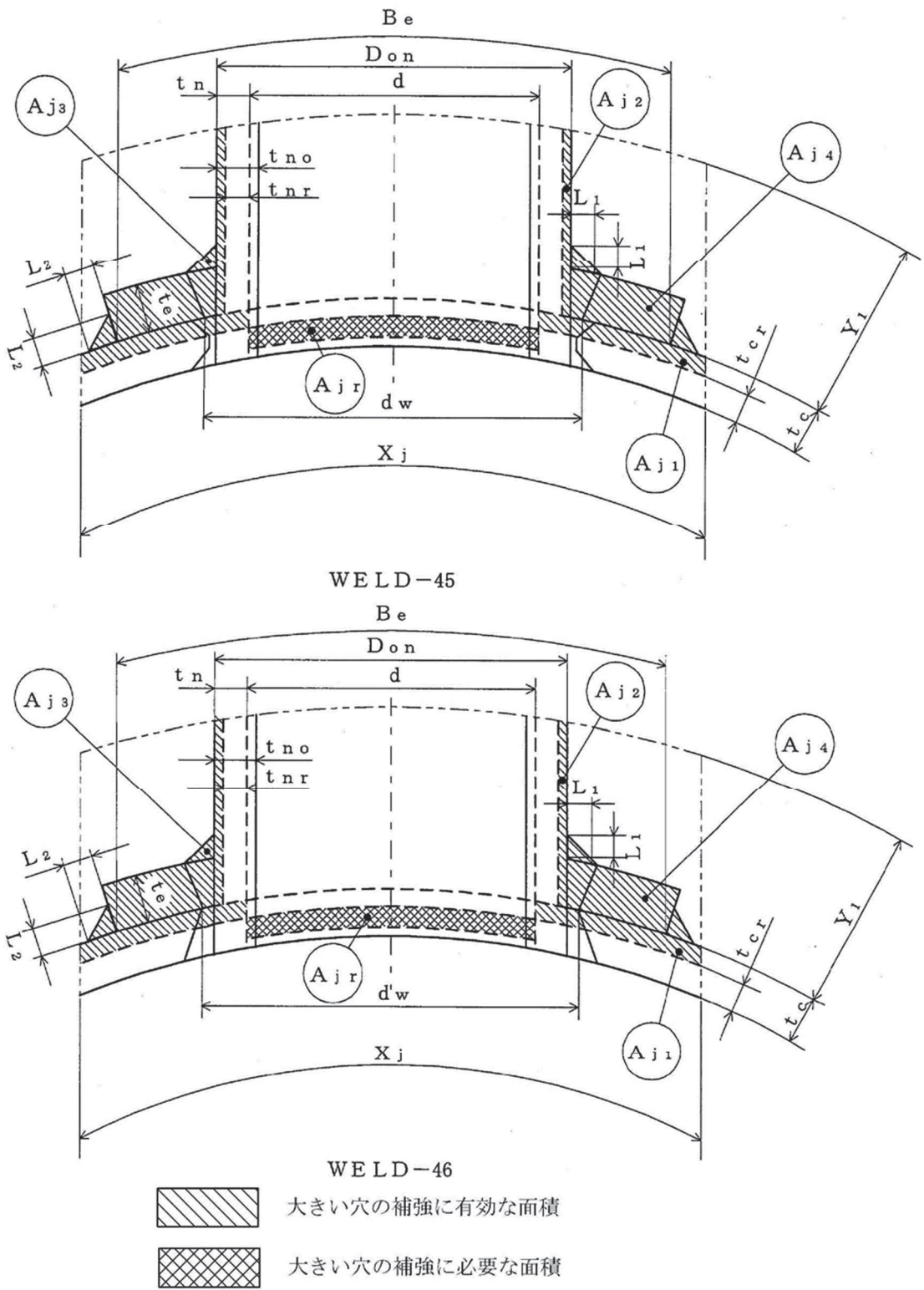


図 3-37

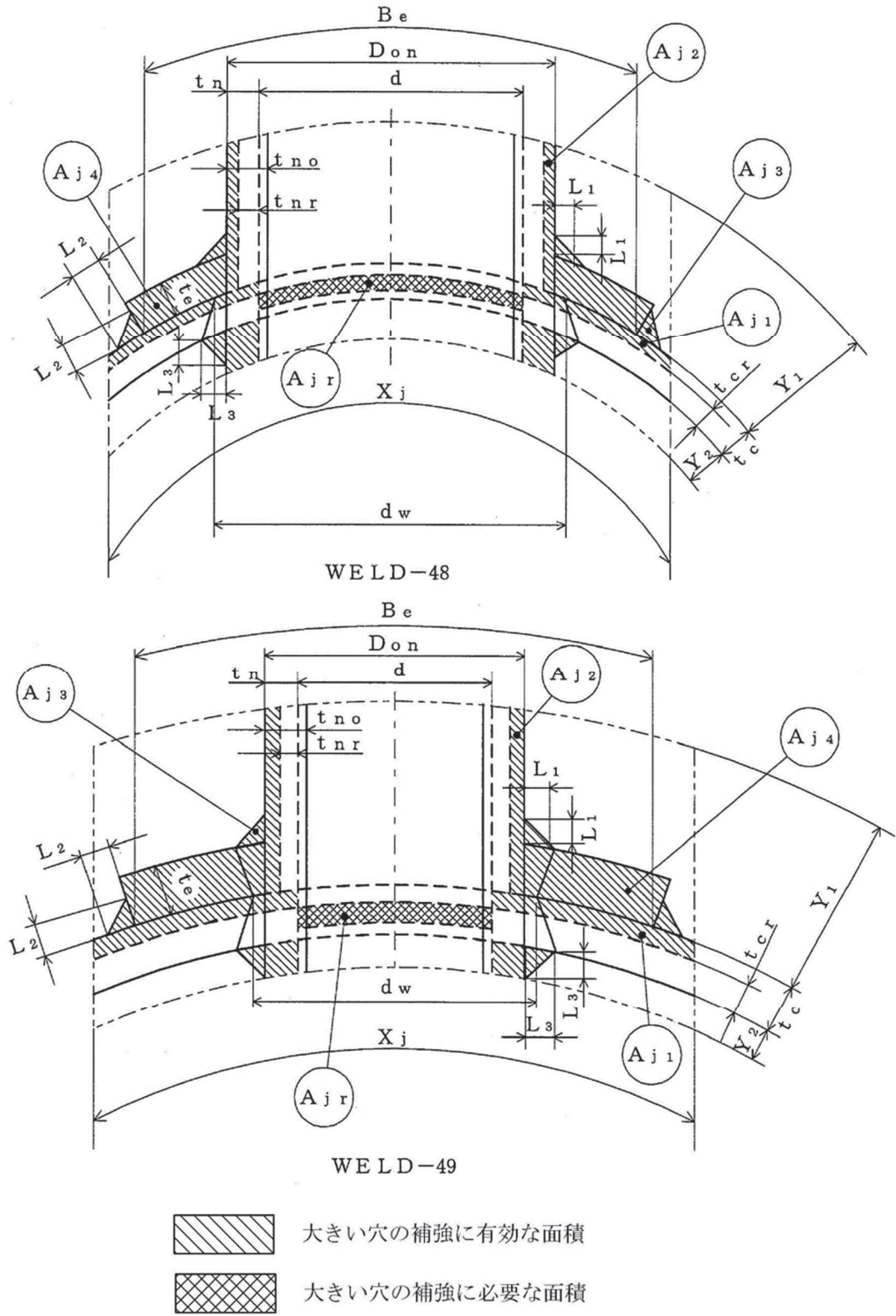


図 3-38

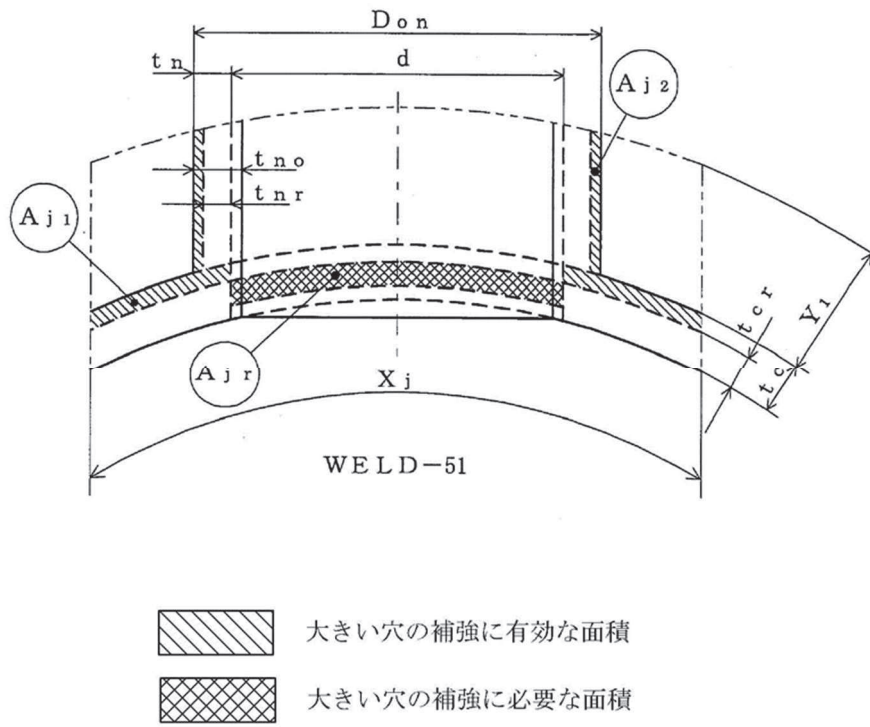


図 3-39

4. フランジの強度計算

重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3710 を適用する。

計算は、J I S B 8265を適用する。

フランジ形式及び各部の記号は図 4-1～図 4-3 による。

4.1 記号の説明

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A	A	フランジの外径	mm
A _b	A _b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm 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	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 8265 附属書3 表3による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	係数 { <ul style="list-style-type: none"> ・ 一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジの場合 $\frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2$ ・ ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの場合 $\frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0^2$ 	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 _g	D _g	セルフシールガスケットの外径	mm
e	e	係数 { <ul style="list-style-type: none"> ・ 一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジの場合 $\frac{F}{h_0}$ ・ ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの場合 $\frac{F_L}{h_0}$ 	mm ⁻¹

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
F	F	一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 5 又は附属書 3 表 4 による。)	—
F _L	F _L	ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 6 又は附属書 3 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 又は附属書 3 表 4 による。)	—
	FLANGE-	フランジの形式 (J I S B 8 2 6 5 による。図 4-1~図 4-3 参照)	—
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 _i	g _i	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	内圧によってフランジに加わる全荷重	N
h	h	ハブの長さ	mm
H _D	H _D	圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
h _D	h _D	ボルト穴の中心円から H _D 作用点までの半径方向の距離	mm
H _G	H _G	ガスケット荷重	N
h _G	h _G	ボルト穴の中心円から H _G 作用点までの半径方向の距離	mm
h ₀	h ₀	$\sqrt{B \cdot g_0}$	mm
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	圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
h _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 (= A/B)	—
L	L	係数 $\left(= \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} \right)$	—
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	—
M _D	M _D	内圧によってフランジの内径面に加わる荷重によるモーメント	N・mm
M _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 ₀	M ₀	使用状態でフランジに作用するモーメント	N・mm

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
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
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	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	$K = A/B$ 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 又は図中の算式による。)	—
t	t	フランジの厚さ	mm
U	U	$K = A/B$ 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 又は図中の算式による。)	—
V	V	一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 8 又は附属書 3 表 4 による。)	—
V_L	V_L	ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 9 又は附属書 3 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_0	W_0	使用状態でのボルト荷重	N
Y	Y	$K = A/B$ 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 又は図中の算式による。)	—
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	$K = A/B$ 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 又は図中の算式による。)	—
π	π	円周率	—
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 又は表 6 による。)	MPa
σ_f	σ_f	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 又は表 6 による。)	MPa
σ_n	σ_{na}	管台又は胴の材料の常温における許容引張応力 (設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。)	MPa

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
σ_n	σ_n	管台又は胴の材料の最高使用温度における許容引張応力（設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。）	MPa
σ_H	σ_H	ハブの軸方向応力	MPa*
σ_R	σ_R	フランジの径方向応力	MPa*
σ_T	σ_T	フランジの周方向応力	MPa*
	ガスケット 座面の形状	ガスケット座面の形状（J I S B 8 2 6 5 附 属書 3 表 3 による。）	—

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。

4.2 算式

(1) フランジの内圧計算

任意形フランジは、一体形フランジとして計算する。

ただし、下記条件をすべて満足する場合には、ハブなしルーズ形フランジとして計算する。

- $g_0 \leq 16 \text{ mm}$
- $B / g_0 \leq 300$
- $P \leq 2 \text{ MPa}$
- 最高使用温度 $\leq 370 \text{ }^\circ\text{C}$

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_0 に従い以下のように求める。

ここで、 b_0 は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

- $b_0 \leq 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$b = b_0$$

$$G = G_s - N$$

- $b_0 > 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$b = 2.52 \cdot \sqrt{b_0}$$

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

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

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

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

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

(b) ガasket縮付時に必要なボルト荷重

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

熱交換器の管板を挟む一対のフランジのように、フランジ又はガasketが同一でない場合は、 W_{m1} 及び W_{m2} の値は、それぞれのフランジ又はガasketについて計算した値のうちの大きい方とし、その値を両方のフランジの計算に用いる。

また、セルフシールガasketを用いる場合は、

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

$$W_{m2} = 0$$

とする。

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

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

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

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

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

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

- e. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

$$H_G = W_0 - H$$

$$H_T = H - H_D$$

- f. 使用状態でフランジ荷重に対するモーメントアーム

フランジの形式	h_D	h_G	h_r
一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジ	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
差込み形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジ	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$
ラップジョイント形フランジ	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{C - G}{2}$

ただし、

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

また、セルフシールガスケットを用いる場合は、 G は D_g と読み替える。

(h. においても同じ。)

- g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_0 = M_D + M_G + M_T$$

- h. ガスケット締付時にフランジに作用するモーメント

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

- i. 一体形フランジ，一体形フランジとして計算する任意形フランジ及びルーズ形フランジでハブを考慮して計算するものの応力

(a) 使用状態でのフランジ応力

$$\sigma_H = \frac{f \cdot M_0}{L \cdot g_1^2 \cdot B}$$

$$\sigma_R = \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_0}{L \cdot t^2 \cdot B}$$

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M_0}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_R$$

(b) ガスケット締付時のフランジの応力

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

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

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M_g}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_R$$

ここで，

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

$$h_0 = \sqrt{B \cdot g_0}$$

(一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形のフランジの場合)

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2$$

(ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの場合)

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0^2$$

(一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジの場合)

$$e = \frac{F}{h_0}$$

(ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの場合)

$$e = \frac{F_L}{h_0}$$

j. ルーズ形フランジでハブがないもの、ハブを無視して計算するもの及びハブなしルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの応力

(a) 使用状態でのフランジの応力

$$\sigma_H = 0$$

$$\sigma_R = 0$$

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M_0}{t \cdot B}$$

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

$$\sigma_H = 0$$

$$\sigma_R = 0$$

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M_g}{t \cdot B}$$

k. 評価

内圧を受けるフランジは、下記の条件を満足すれば十分である。

(a) 一体形フランジ、一体形フランジとして計算する任意形フランジ及びルーズ形フランジでハブを考慮するもの

イ. ボルトの総有効断面積 $A_b > A_m$

ロ. ハブの軸方向応力

- ・ 一体形フランジとして計算するものの場合

使用状態にあつては $\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_f, 1.5 \cdot \sigma_n)$

ガスケット締付時にあつては $\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_{fa}, 1.5 \cdot \sigma_{na})$

- ・ 図 4-1 FLANGE-2 に示すハブ付き一体形フランジの場合

使用状態にあつては $\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_f, 2.5 \cdot \sigma_n)$

ガスケット締付時にあつては $\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_{fa}, 2.5 \cdot \sigma_{na})$

- ・ 上記以外で鋳鉄以外の材料の場合

使用状態にあつては $\sigma_H \leq 1.5 \cdot \sigma_f$

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

ハ. フランジの径方向応力

使用状態にあつては $\sigma_R \leq \sigma_f$

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

ニ. フランジの周方向応力

使用状態にあつては $\sigma_T \leq \sigma_f$

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

ホ. 軸方向と径方向応力の平均

使用状態にあつては $\frac{\sigma_H + \sigma_R}{2} \leq \sigma_f$

ガスケット締付時にあつては $\frac{\sigma_H + \sigma_R}{2} \leq \sigma_{fa}$

ヘ. 軸方向と周方向応力の平均

使用状態にあつては $\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} \leq \sigma_f$

ガスケット締付時にあつては $\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} \leq \sigma_{fa}$

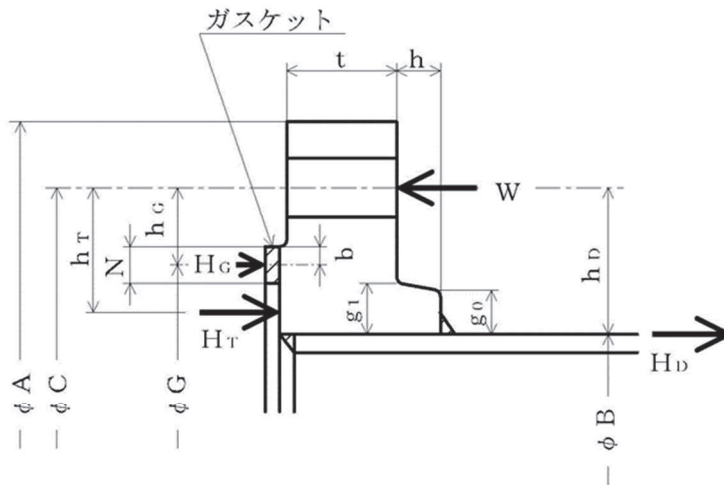
(b) ルーズ形フランジでハブがないもの、ハブを無視して計算するもの及びハブなしルーズ形フランジとして計算する任意形フランジ

イ. ボルトの総有効断面積 $A_b > A_m$

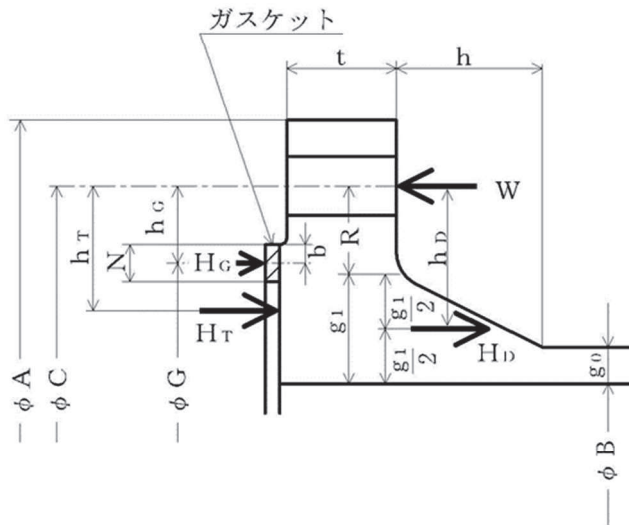
ロ. フランジの周方向応力

使用状態にあつては $\sigma_T \leq \sigma_f$

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



FLANGE-1 (JIS B 8265 附属書3 図2 3), 4), 5)
 [ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)]

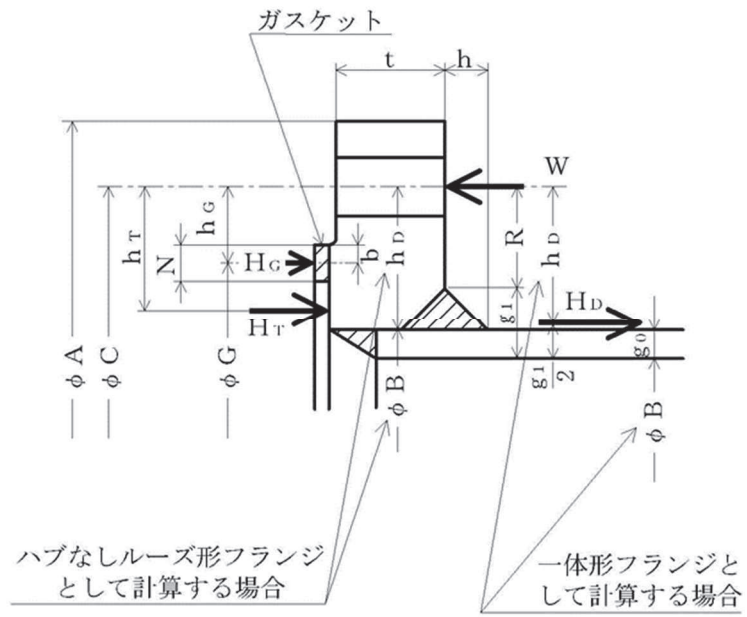


FLANGE-2 (JIS B 8265 附属書3 図2 7), 8), 9)
 [一体形フランジ]

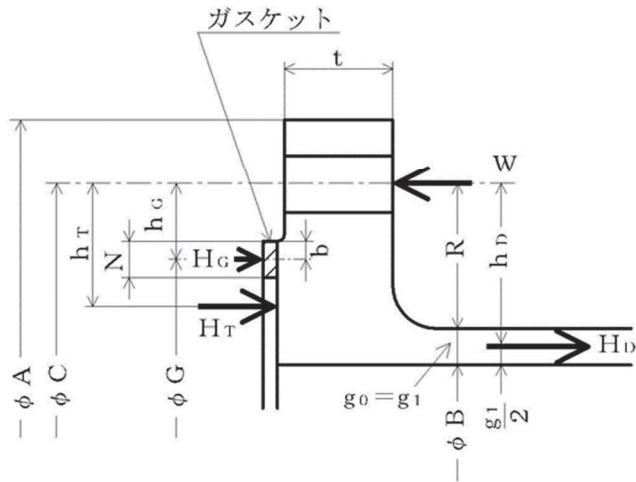
注1 : ここに示すフランジ形状は基本形式とする。

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

図 4-1



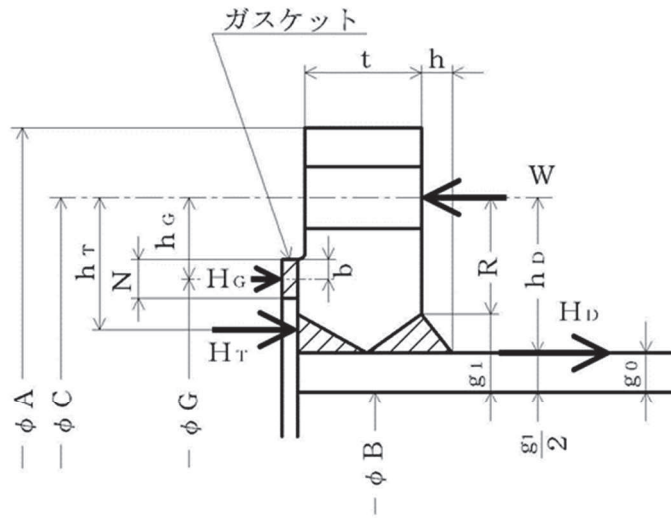
FLANGE-3 (JIS B 8265 附属書3 図2 11), 12), 13), 14), 15))
 [任意形フランジ]



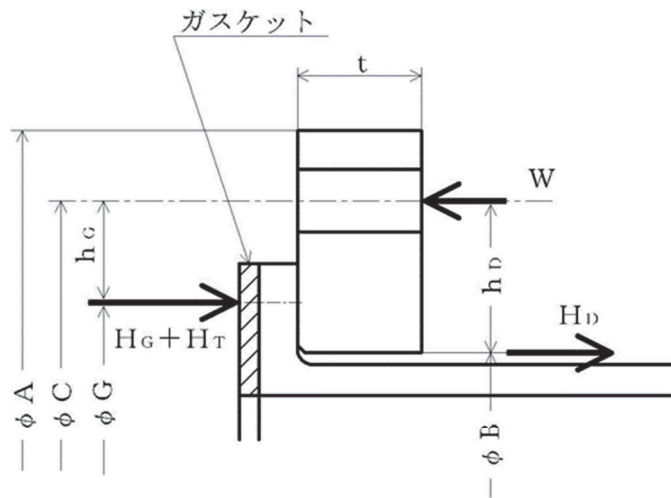
FLANGE-4 (JIS B 8265 附属書3 図2 6))
 [一体形フランジ]

注1: ここに示すフランジ形状は基本形式とする。
 注2: W は, W_g , W_{m1} , W_{m2} 及び W_o のボルト荷重を表す。

図 4-2



FLANGE-5 (JIS B 8265 附属書3 図2 10)
〔一体形フランジ〕



FLANGE-6 (JIS B 8265 附属書3 図2 1)
〔ルーズ形フランジ (ラップジョイント形フランジ) 〕

注1：ここに示すフランジ形状は基本形式とする。

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

図 4-3

5. 既工認における評価結果の確認による強度評価方法

クラス2容器を重大事故等クラス2容器として兼用する容器の強度評価について、以下の確認内容のとおり、クラス2容器の既に認可された工事計画（以下「既工認」という。）の添付書類における評価結果を用いることにより、重大事故等クラス2容器の評価ができることから、クラス2容器の既工認の確認による評価を実施する。

5.1 確認内容

- (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（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第六号）第17条において、クラス2容器の材料、構造及び強度の要求は、重大事故等クラス2容器に要求される適切な機械的強度及び化学的成分、延性破断防止等の要求と同じである。
- (2) 重大事故等時の使用圧力及び使用温度は設計基準の最高使用圧力及び最高使用温度に包絡されている。

5.2 強度評価方法

クラス2容器の既工認における評価結果にてクラス2容器としての強度が十分であることを確認することにより、重大事故等クラス2容器として要求される強度が十分であることを確認する。

6. 重大事故等クラス2容器であってクラス1容器の強度計算方法

重大事故等クラス2容器であってクラス1容器については、添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針」に記載する強度計算方法にて評価を実施する。

7. 重大事故等クラス2容器であって原子炉格納容器の強度計算方法

重大事故等クラス2容器であって原子炉格納容器の強度計算方法については、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」の記載内容に基づき、告示第501号による評価を実施する。ただし、改造箇所でも適用規格が設計・建設規格の場合は設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

対象となる添付書類を以下に示す。これら添付書類については、評価の対象となる機器の形状、設計条件により計算方法が異なることから、計算方法については各計算書に個別に示すこととする。

VI-3-3-6-1-1-1	ドライウエルの基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-1-2	ドライウエルの強度計算書
VI-3-3-6-1-1-3	ドライウエル主フランジの強度計算書
VI-3-3-6-1-1-4	ドライウエルベント開口部の強度計算書
VI-3-3-6-1-1-5	ジェットデフレクタの強度計算書
VI-3-3-6-1-1-6	サプレッションチェンバの基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-1-7	サプレッションチェンバの強度計算書
VI-3-3-6-1-1-8	ボックスサポートの強度計算書
VI-3-3-6-1-1-9	ジェット力を考慮した強度計算書
VI-3-3-6-1-2-1	機器搬出入用ハッチの基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-2-2	機器搬出入用ハッチの強度計算書
VI-3-3-6-1-2-3	逃がし安全弁搬出入口の基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-2-4	逃がし安全弁搬出入口の強度計算書
VI-3-3-6-1-2-5	制御棒駆動機構搬出入口の基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-2-6	制御棒駆動機構搬出入口の強度計算書
VI-3-3-6-1-2-7	サプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-2-8	サプレッションチェンバ出入口の強度計算書
VI-3-3-6-1-3-1	所員用エアロックの基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-3-2	所員用エアロックの強度計算書
VI-3-3-6-1-4-1	原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-4-2	原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書
VI-3-3-6-1-4-3	原子炉格納容器配管貫通部ベローズの強度計算書
VI-3-3-6-1-4-4	原子炉格納容器電気配線貫通部の基本板厚計算書
VI-3-3-6-1-4-5	原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書
VI-3-3-6-2-1	ダウンコマ及びベントヘッダの基本板厚計算書

VI-3-3-6-2-2	ダウンカマの強度計算書
VI-3-3-6-2-3	ベントヘッドの強度計算書
VI-3-3-6-2-4	ベント管の基本板厚計算書
VI-3-3-6-2-5	ベント管の強度計算書
VI-3-3-6-2-6	ベント管ベローズの強度計算書

別紙 容器の強度計算書のフォーマット

VI-3-*-*-* ○○○○○○○○○○○の強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-8 重大事故等クラス2容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

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

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス			
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件		SA 条件								

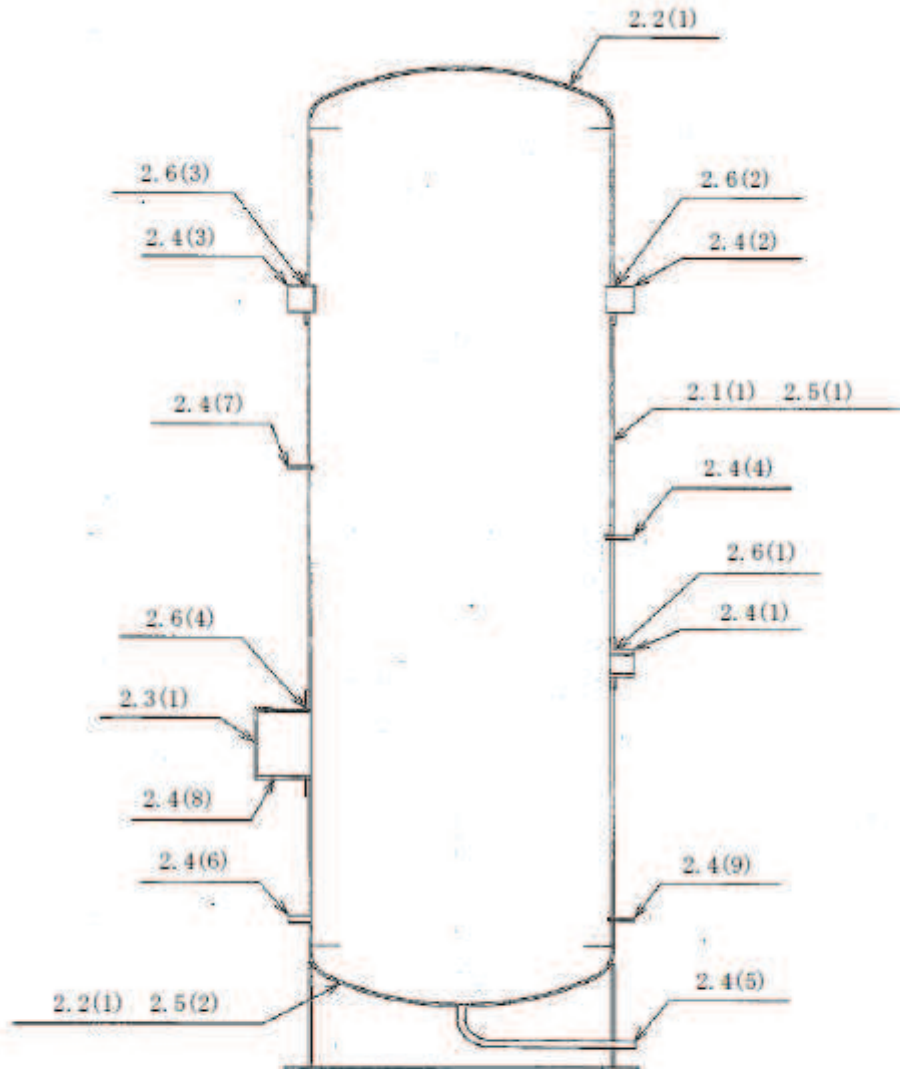
目次

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

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次ページ以降の
計算項目番号を示す。

図 1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	****
最高使用温度 (°C)	****

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

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

2.2 容器の鏡板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称		(1) 鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL} (mm)	1600.00
鏡板の内面における短径の1/2	h (mm)	400.00
長径と短径の比	$D_{iL}/(2 \cdot h)$ (mm)	2.00
評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。		

(2) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称		(1) 鏡板
材料		SGV480
最高使用圧力	P (MPa)	
最高使用温度	(°C)	
胴の内径	D_i (mm)	
半だ円形鏡板の形状による係数 K		
許容引張応力	S (MPa)	120
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		
—		
必要厚さ	t_1 (mm)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t_{co} (mm)	
最小厚さ	t_c (mm)	
評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。		

2.3 容器の平板の厚さの計算

(1) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

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

(2) 設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

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

(3) 設計・建設規格 PVC-3310 (告示第501号第34条第1項)

平板の厚さ

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

2.4 容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(1) ○○○入口
材料			SUS316LTP-S
最高使用圧力	P	(MPa)	
最高使用温度			(°C)
管台の外径	D _o	(mm)	
許容引張応力	S	(MPa)	107
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t ₁	(mm)	
必要厚さ	t ₃	(mm)	
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算
 設計・建設規格 PVC-3150(2)

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

容器の補強を要しない穴の最大径の計算
設計・建設規格 PVC-3230(2)

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

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-11

部材名称	(1) ○○○入口	
胴板材料	SUS316L	
管台材料	SUS316LTP-S	
強め板材料	SUS316L	
最高使用圧力	P (MPa)	
最高使用温度	(°C)	
胴板の許容引張応力	S_s (MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n (MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e (MPa)	107
穴の径	d (mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w (mm)	
胴板の最小厚さ	t_s (mm)	
管台の最小厚さ	t_n (mm)	
胴板の継手効率	η	1.00
係数	F	1.00
胴の内径	D_i (mm)	
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr} (mm)	
穴の補強に必要な面積	A_r (mm ²)	
補強の有効範囲	X_1 (mm)	
補強の有効範囲	X_2 (mm)	
補強の有効範囲	X (mm)	
補強の有効範囲	Y_1 (mm)	
補強の有効範囲	Y_2 (mm)	
強め板の最小厚さ	t_e (mm)	
強め板の外径	B_e (mm)	
管台の外径	D_{on} (mm)	
溶接寸法	L_1 (mm)	
溶接寸法	L_2 (mm)	
溶接寸法	L_3 (mm)	
胴板の有効補強面積	A_1 (mm ²)	
管台の有効補強面積	A_2 (mm ²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3 (mm ²)	
強め板の有効補強面積	A_4 (mm ²)	
補強に有効な総面積	A_0 (mm ²)	
補強： $A_0 > A_r$ ， よって十分である。		

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

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価の評価結果例

2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

胴側胴板（使用材料規格：J I S G ○○○○ △△△△）の評価結果

（比較材料：J I S G ○○○○ △△△△） ← (材料記号を記載)

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

(1) 機械的強度

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

(2) 化学的成分

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

(3) 評価結果

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

(材料記号を記載)

VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法

まえがき

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

本書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき以下により構成される。

第一部 重大事故等クラス2管であってクラス2管の基本板厚計算方法

第二部 重大事故等クラス2管であってクラス2管の応力計算方法

第三部 重大事故等クラス2管であってクラス2管の規定によらない場合の強度計算方法

第四部 重大事故等クラス2管であってクラス1管の基本板厚計算方法

第五部 重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算方法

第一部 重大事故等クラス2管であってクラス2管の基本板厚計算方法

目次

1. 一般事項	1-1
1.1 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	1-3
1.4 計算精度と数値の丸め方	1-4
1.5 材料の表示方法	1-5
1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法	1-5
2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法	1-6
2.1 共通記号	1-6
2.2 管の板厚計算	1-7
2.3 平板の強度計算	1-9
2.4 鏡板の強度計算	1-21
2.5 レジューサの強度計算	1-24
2.6 管の穴と補強計算	1-27
2.7 フランジの強度計算	1-52
2.8 伸縮継手の強度計算	1-69
別紙1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領	
別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット	

1. 一般事項

1.1 概要

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

1.2 適用規格及び基準との適合性

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

新設・改造設備は設計・建設規格による評価を行う。

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

- (2) 両規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。

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

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

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

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

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

- (5) 管の接続

管と管を接続する場合は、設計・建設規格より溶接継手又はフランジ継手とする。

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応
(重大事故等クラス 2 管)

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
第 58 条第 1 項 PPC-3411 (直管) PPC-3411 (1) PPC-3411 (2) PPC-3411 (3) PPC-3412 (曲げ管) PPC-3411 (直管) を準用する。	2. 2 2. 4 2. 5	管の板厚計算 鏡板の強度計算 (フランジ部) レジューサの強度計算 (フランジ部)
第 58 条第 3 項 PPC-3413 (平板)	2. 3	平板の強度計算
PPC-3414 (フランジ) PPC-3414 (1) PPC-3414 (2) PPC-3414 (3)	2. 7	フランジの強度計算 (1. 2 (4) フランジ継手)
PPC-3415 (管継手) PPC-3415 (1)		1. 2 (3) 管継手
PPC-3415. 1 (レジューサ) PPC-3415. 1 (1) PPC-3415. 1 (2) PPC-3415. 1 (3) 準用 PVC-3124. 2 (外面に圧力を受ける円 すい形の胴の厚さ)	2. 5	レジューサの強度計算 レジューサの強度計算 (円すい及 びすその丸みの部分 (外面に圧力 を受けるもの))

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
第 58 条第 2 項 PPC-3415.2 (鏡板) PPC-3415.2(1) PPC-3415.2(2)	2.4	鏡板の強度計算
PPC-3416 (伸縮継手)	2.8	伸縮継手の強度計算
第 60 条 PPC-3420 (穴と補強) PPC-3421 PPC-3422 PPC-3423 PPC-3424 PPC-3422(3)	2.6 2.3	管の穴と補強計算 平板の強度計算

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
No.	項		
J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」 附属書 3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」	2	2.7	フランジの強度計算*
	3		
	4		
	5		

注記 * : 設計・建設規格 PPC-3414(2)により J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」 (以下「J I S B 8 2 6 5」という。) の附属書 3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」を用いて計算を行う。

1.3 強度計算書の構成とその見方

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

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-3 に示すとおりとする。

表 1-3 表示する数値の丸め方

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

*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主管と分岐管とのなす角度に用いる。

1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

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

相当材記号 相当 (当該材記号)

(例 1) SM400A 相当 (SMA400AP)

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

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

(継目無管 : S, 溶接管 : W)

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

(例)

設計・建設規格の表示	計算書の表示
SCMV3 } 付録材料図表 Part5 表 5 の許容 引張応力の上段	SCMV3-1
SCMV3 } 付録材料図表 Part5 表 5 の許容 引張応力の下段	SCMV3-2

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

(例) SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)

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

(例) NON-ASBESTOS

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

1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法

- (1) 管継手の表示方法

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

- (2) 管の仕様変更点の表示方法

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

2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法

重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算に用いる計算式と記号を以下に定める。

2.1 共通記号

特定の計算に限定せず、一般的に使用する記号を共通記号として次に掲げる。

なお、以下に示す記号のうち、各計算において説明しているものはそれに従う。

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

2.2 管の板厚計算

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

(1) 記号の説明

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

(2) 算式

管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

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

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

b. 外面に圧力を受ける管

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

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

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

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

(3) 評価

t, t_{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) ≥ 管に必要な厚さ (t_r) ならば強度は十分である。

(4) 補足

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

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

2.3 平板の強度計算

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

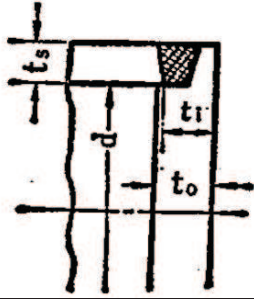
(1) 記号の説明

告示第501号 又は設計・ 建設規格又は 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 8265 附属書3 表3による。）	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	告示第501号第58条第3項の表又は設計・建設規格の表 PPC-3413-1 に規定する方法によって測った平板の径又は最小内のり	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 $\frac{2}{1}$	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 8265 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 8265 附属書3 表3による。）	mm
n	n	ボルトの本数	—
r	r	すみの丸みの内半径	mm

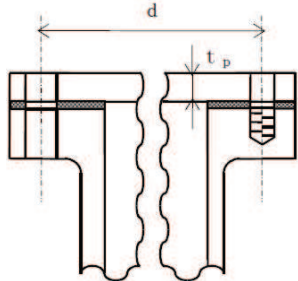
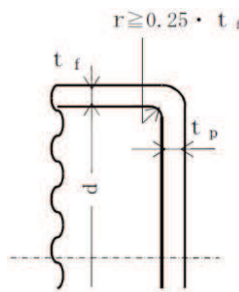
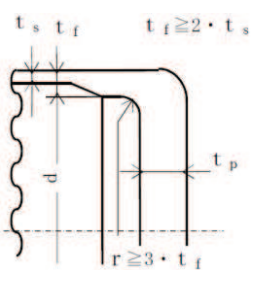
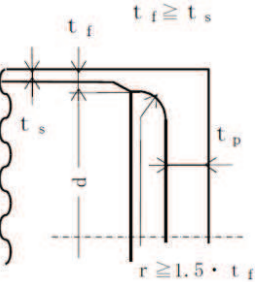
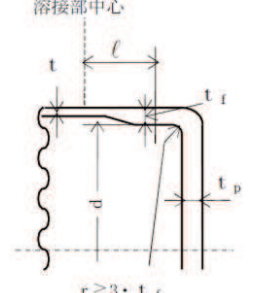
告示第501号 又は設計・ 建設規格又は J I Sの記号	計算書の表示	表示内容	単位
S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力	MPa
σ_a	S_a	告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による 常温におけるボルト材料の許容引張応力	MPa
σ_b	S_b	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による 最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力	MPa
	S_x	ボルトの許容引張応力 (S_a 又は S_b のいずれか小さい方の値)	MPa
	S_1	最高使用温度におけるねじ込み輪, 分割リング等の機械的装置の材料の許容引張応力	MPa
		設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6による	
t	t	平板の計算上必要な厚さ	mm
t_c	t_c	平板のすみ肉ののど厚	mm
t_f, t	t_f	平板のフランジ部の厚さ	mm
t_w, t_i	t_i	平板ののど厚	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_{po}	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
t_w, t_{w1}	t_w	平板の溶接部の深さ	mm
t_{w2}	t_{w2}	平板の溶接部の長さ	mm
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W_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	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

告示第501号 又は設計・ 建設規格又は JISの記号	計算書の表示	表示内容	単位
π (a)～(n)	π σ_p NON-ASBESTOS SUS-NON- ASBESTOS ガasket座 面の形状 平板の取付け 方法 2A～2N	円周率 平板に作用する力によって生じる応力 非石綿ジョイントシート 渦巻形金属ガスケット(非石綿)(ステンレス 鋼) JIS B 8265 附属書3 表2による。 平板の取付け方法で設計・建設規格 PPC- 3413 の表 PPC-3413-1 による。 取付け方法の表示区分	— MPa — — — —

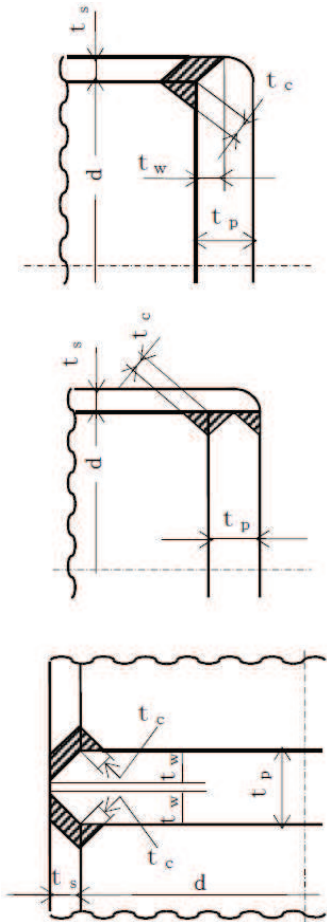
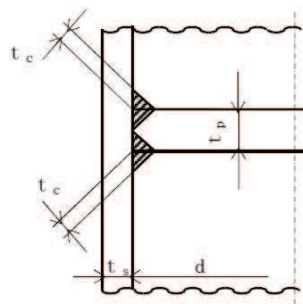
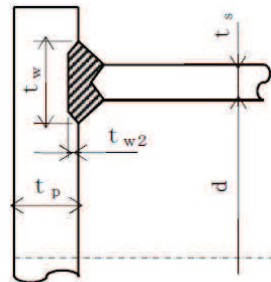
(2) 形状の制限 (告示第501号)

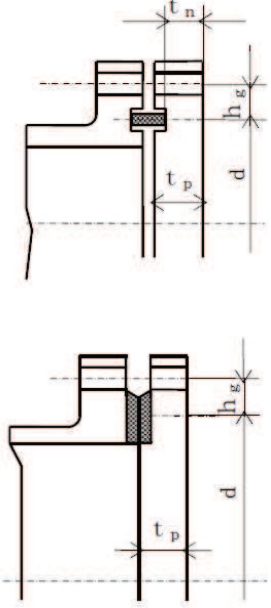
取付け方法	形状の制限
(i) 	$t_i \geq 2 \cdot t_r$ かつ, $t_i \geq 1.25 t_s$ であること。

形状の制限 (設計・建設規格)

	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)		$0.8 \cdot S_1 \geq \sigma_p$ であること。
(g)		$0.8 \cdot S_x \geq \sigma_p$ であること。
(h)		$t_i \geq 2 \cdot t_r$ かつ, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。
(i)	<p> $t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ $t_w \geq t_s$ </p>	$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$, $t_w \geq t_s$ かつ, $t_s \geq 1.25 \cdot t_r$ であること。

取付け方法	形状の制限
<p>(j)</p> 	<p>(1) 平板が鍛造品で、かつ、平板の面からの開先角度が 45° 未満の場合 $t_w \geq \text{Min} (0.5 \cdot t_s, 0.25 \cdot t_p)$ かつ、 $t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。</p> <p>(2) (1)以外の場合 $t_w \geq \text{Min} (t_s, 0.5 \cdot t_p)$ かつ、 $t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。</p>
<p>(k)</p> 	<p>$t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。</p>
<p>(ℓ)</p>  <p>$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$</p>	<p>$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ であること。</p>

取付け方法	形状の制限
<p>(m)</p> 	<p>無し</p>
<p>(n)</p> <p>その他の場合</p>	<p>無し</p>

(3) 算式

平板の計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

a. 平板に穴がない場合

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

Kの値は以下による。(告示第501号)

取付け方法	K の 値
(i)	0.50

Kの値は以下による。(設計・建設規格)

取付け方法	K の 値
(a)	0.17
(b)	0.13
(c)	0.17
(d)	Max (0.33 · m, 0.2) m = t _r / t _s
(e)	0.17* ¹ 0.10
(f)	0.20
(g)	0.20* ²
(h)	Max (0.33 · m, 0.2) m = t _r / t _s
(i)	0.33
(j)	
(k)	Max (0.33 · m, 0.2) m = t _r / t _s
(l)	
(m)	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 $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ * ³
(n)	0.50

注記 *1: 取付け方法 (e) の場合

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

(b) 管が $2 \cdot \sqrt{d \cdot t_s}$ 以上の長さにあつて

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

注記 *2: 取付け方法 (g) の場合の σ_p は以下による。

(a) ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

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

$b_o \leq 6.35$ mm の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

$b_o > 6.35$ mm の場合

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

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

ただし、 b_o は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

$$W = H$$

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

ただし、P は 2.7 項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガasket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) 平板に作用する力によって生じるボルトの応力

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

注記 *3: 取付け方法 (m) の場合の F , h_g , W 及び d は以下による。

(a) ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

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

$b_o \leq 6.35$ mm の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

$b_o > 6.35$ mm の場合

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

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

ただし、 b_o は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

$$W = H$$

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

ただし、 P は 2.7 項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガasket締付時に必要なボルト荷重

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

(c) ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

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

(e) 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

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

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

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

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

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

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

- (4) 評価

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

- (5) 補足

- a. 取付け方法は、告示第 501 号第 58 条第 3 項の表又は設計・建設規格 PPC-3413 の表 PPC-3413-1 の条件を満足するものとする。
- b. スペクタクルフランジの取付け方法 (g) タイプとする。

2.4 鏡板の強度計算

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

(1) 記号の説明

告示第501号 又は設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
B	B	中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1～図 20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に t となる。)	—
D	D	半だ円形鏡板の内面における長径	mm
D ₀	D ₀	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 _{0c}	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 PPC-3415.2(2)f. の表 PPC-3415.2-1 による。	—
R	R	さら形鏡板の中央部における内半径又は全半球形鏡板の内半径	mm
R	R _D	さら形又は全半球形鏡板の中央部の外半径 $R_D = R + (\text{最小厚さ})$	mm
R	R _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
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号別表第6 又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa
t	t	鏡板の鏡部及びフランジ部の計算上必要な厚さ	mm
	t _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 PPC-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 PPC-3415.2(2)a.の式 PPC-1.12 又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)b.の式 PPC-1.14 より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

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

ただし、

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

(b) 中高面に圧力を受けるもの

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

b. 全半球形鏡板鏡部

設計・建設規格 PPC-3415.2(2)c.の式 PPC-1.15 又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)d.の式 PPC-1.16 より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

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

(b) 中高面に圧力を受けるもの

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

c. 半だ円形鏡板鏡部

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

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

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

(a) 中低面に圧力を受けるもの

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

ただし，

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

(b) 中高面に圧力を受けるもの

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

d. 鏡板のフランジ部

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

(a) 内面に圧力を受ける管 (D)

(b) 外面に圧力を受ける管 (D')

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

(a), (b)又は(c)のいずれか大きい方の値とする。

(3) 評価

鏡板の最小厚さ (t_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 PPC-3415.1（設計・建設規格 PVC-3124.2 準用）及び設計・建設規格 PPC-3411 を適用する。

(1) 記号の説明

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

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	算式	tとして用いる値の算式（計算上必要な厚さが最大となる算式）	—
	端部記号	大径端，小径端及びフランジ部を示す名称	—

(2) 算式

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

- a. 円すいの部分（内面に圧力を受けるもの）

設計・建設規格 PPC-3415.1(1)a. の式 PPC-1.8 より求めた値

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

- b. すその丸みの部分（内面に圧力を受けるもの）

大径端側

設計・建設規格 PPC-3415.1(1)b. の式 PPC-1.9 より求めた値

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

ただし，

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

小径端側

設計・建設規格 PPC-3415.1(3)の式 PPC-1.11 より求めた値

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

ただし，Kは設計・建設規格 PPC-3415.1(3)の図 PPC-3415.1-1 より求めた値

- c. レジューサのフランジ部

設計・建設規格 PPC-3411 により求めた値

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

d. 円すい及びすその丸みの部分（外面に圧力を受けるもの）

設計・建設規格 PVC-3124.2 により求める。

(a) 円すいの頂角の2分の1が22.5°以下のもの

イ. 外面に圧力を受ける場合の計算上必要な厚さが外径の0.1倍以下の場合

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

ただし、 $D_o = D_{o\ell}$ 、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

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

(1) 記号の説明

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

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
鏡板の記号	B	B	中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1～ 図 20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に t_{br} 及び t_{cr} となる。)	—
		D	鏡板の内面における長径	mm
	D	D_o	鏡板が取り付けられる管の外径 (フランジ部の外径と同じ。)	mm
	d	d	断面に現われる穴の径	mm
	d	d_{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	—
	K_1	K_1	半だ円形鏡板の中底面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 PPC-3424(1)の表 PPC-3424-1 及び表 PPC-3424-2 による。	—
	K	K_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 PPC-3415.2(2)f.の表 PPC-3415.2-1 による。	—
	R	R	さら形鏡板の中央部における内面の半径又は全半球形鏡板の内半径	mm
	S	S	最高使用温度における鏡板の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
	t_s	t_c	鏡板の最小厚さ	mm
		t_{co}	鏡板の公称厚さ	mm
	t_{sr}, t_{rl}	t_{cr}	鏡板の計算上必要な厚さ	mm
W	W	さら形鏡板の形状による係数	—	

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
平板の記号	d	d	平板の径又は最小内のり	mm
	d	d _H	断面に現われる穴の径	mm
	K	K	平板の取付け方法による係数	—
	S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
	t	t	補強を要しない平板の計算上必要な厚さ	mm
	t _s	t _c	平板の最小厚さ	mm
		t _{c0}	平板の呼び厚さ	mm
	t _{sr} , t _{r2}	t _{cr}	平板の計算上必要な厚さ	mm
		取付け方法	平板の取付け方法で設計・建設規格 PPC-3413の表 PPC-3413-1 による。	—
	(a)~(n)	2A~2N	取付け方法の表示区分	

	告示第501号 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)	A	A 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の2分の1の面積	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
	D _i	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 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	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	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60条第2項第1号ロ又は設計・建設規格 PPC-3424(1)b.により求められる係数	—	
	F 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 又は設計・ 建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
共通記号 (管の穴と補強計算)	ℓ	L	2つの穴の径の平均値の1.5倍の値	mm	
		L _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 _e	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5による。	MPa	
	t _n	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 _{nr}	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 _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		

注記 * : 設計・建設規格の図 PPC-4010-4 による。

	告示第501号 又は設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)	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60条第1項第1号又は設計・建設規格 PPC-3421(2)により円形又はだ円形であること。

b. 管台の取付け形式

図2-1～図2-5に管台の取付け形式及び予想される破断形式を示す。

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

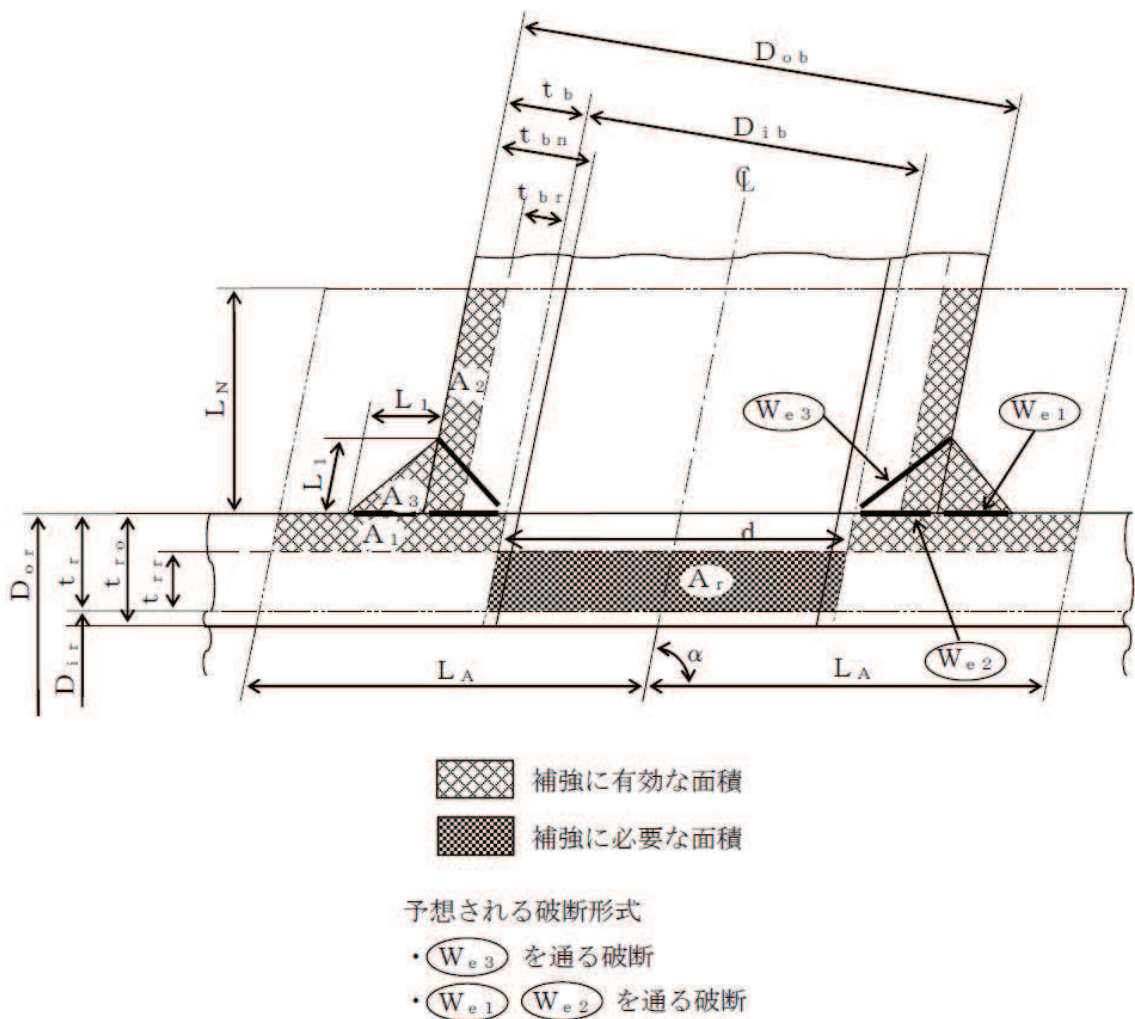
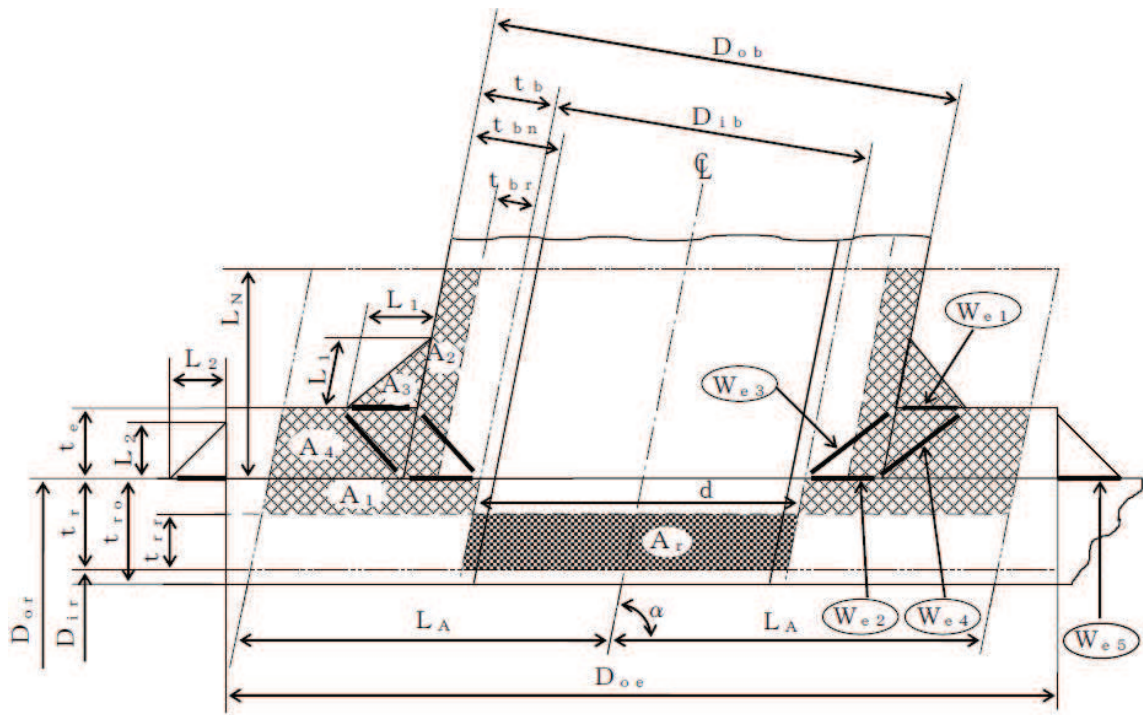


図2-1 A形（強め材のない場合）

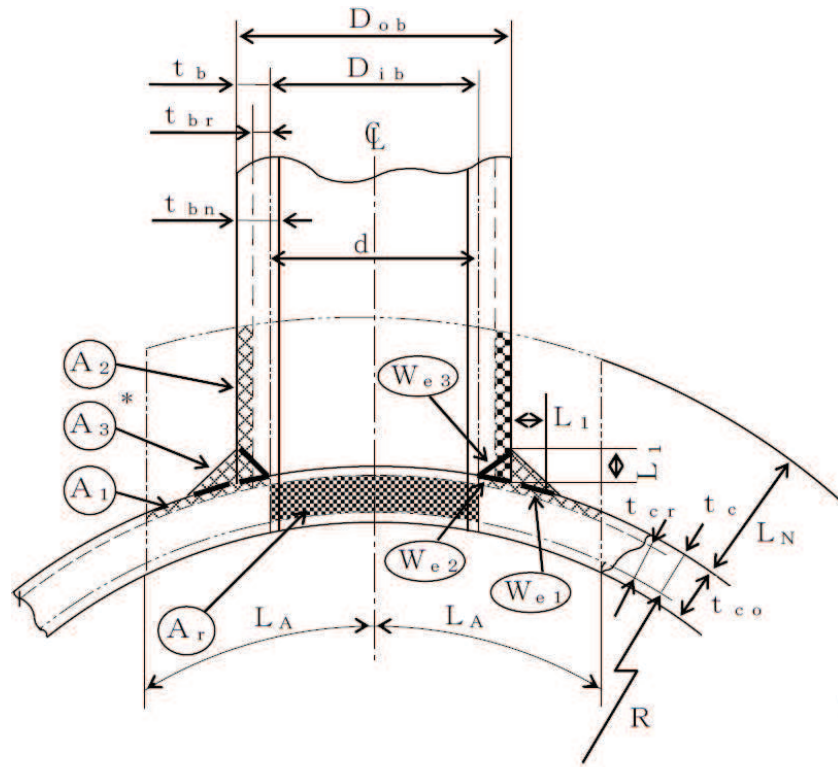


補強に有効な面積
 補強に必要な面積

予想される破断形式

- W_{e1} W_{e3} を通る破断
- W_{e2} W_{e4} を通る破断
- W_{e2} W_{e5} を通る破断

図 2-2 B形 (強め材のある場合)



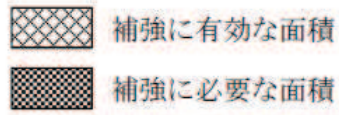
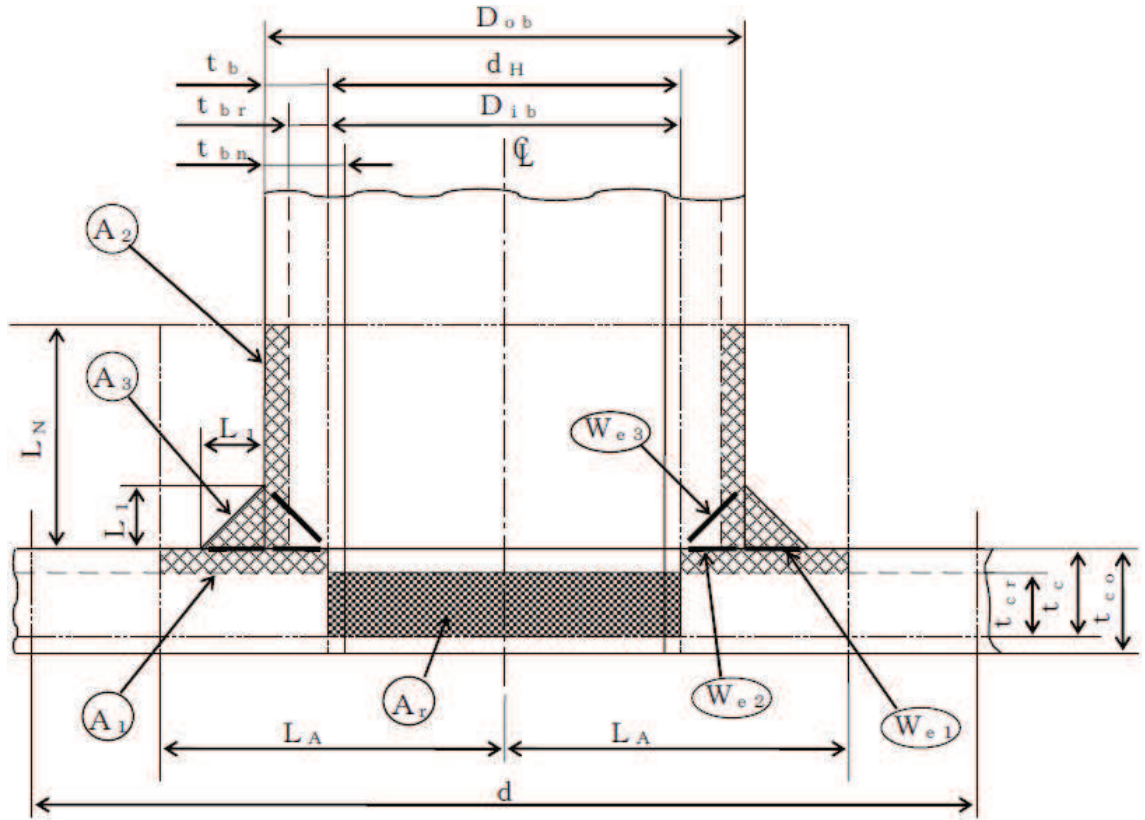
- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

予想される破断形式

- W_{e3} を通る破断
- W_{e1} W_{e2} を通る破断

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

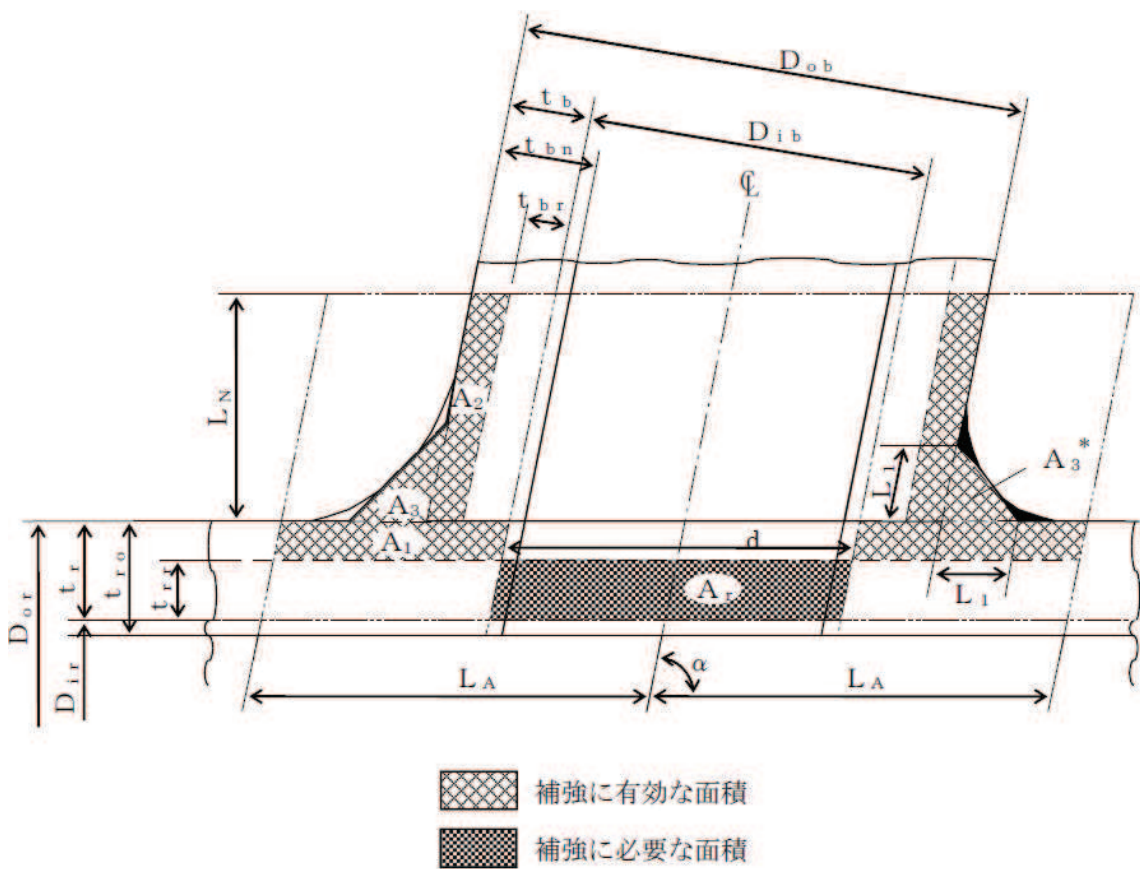
図 2-3 A形 (鏡板で強め材のない場合)



予想される破断形式

- W_{e3} を通る破断
- W_{e1} W_{e2} を通る破断

図 2-4 A形（平板で強め材のない場合）



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

図 2-5 C形 (一体形で強め材のない場合)

c. 穴の補強の要否

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

(a) 算式

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

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

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

直管又は曲げ管の場合

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

鏡板の場合

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

ただし、Kの値は次の算式による。

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) さらに形鏡板又は半だ円形鏡板の場合

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

(ハ) 全半球形鏡板の場合

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

ただし、 $K > 0.99$ の場合は $K = 0.99$ とする。

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

(イ) 穴の径が平板の径又は最小内のりである d の値の2分の1以下の場合

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

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

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

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

(b) 評価

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

必要な場合は、 d 項以降による。

d. 穴の補強に有効な範囲

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

ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 鏡板の場合

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

ハ. 平板の場合

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

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 鏡板の場合

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

ハ. 平板の場合

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

e. 主管の厚さの計算

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

(a) 直管又は曲げ管の場合

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

ただし、 $\eta = 1.00$

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

(b) 鏡板の場合

イ. さら形鏡板

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

ただし、 $W = 1.00$ 及び $\eta = 1.00$

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

ロ. 半だ円形鏡板

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

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

ハ. 全半球形鏡板

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

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

(c) 平板の場合

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

f. 管台の厚さの計算

管台の計算上必要な厚さ (t_{br}) は、設計・建設規格 PPC-3424(1)b.(b)を適用する。

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

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

g. 穴の補強計算

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

(a) 算式

イ. 補強に必要な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) 鏡板の場合

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

(ハ) 平板の場合

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

ロ. 補強に有効な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

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

(強め材が有効範囲 L_A 内にある場合)

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

(強め材が有効範囲 L_A の外までである場合)

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

(ロ) 鏡板の場合

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

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

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

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(ハ) 平板の場合

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

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

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

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(b) 評価

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

h. 大穴の補強の要否

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

(a) 算式

大穴の補強を要しない限界径 (d_{fRD})

イ. D_{ir} が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60条第2項第4号又は設計・建設規格PPC-3424(4)を適用する。

ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(a) 大穴の補強における管台の取付け形式

図2-6～図2-10に大穴の補強における管台の取付け形式を示す。

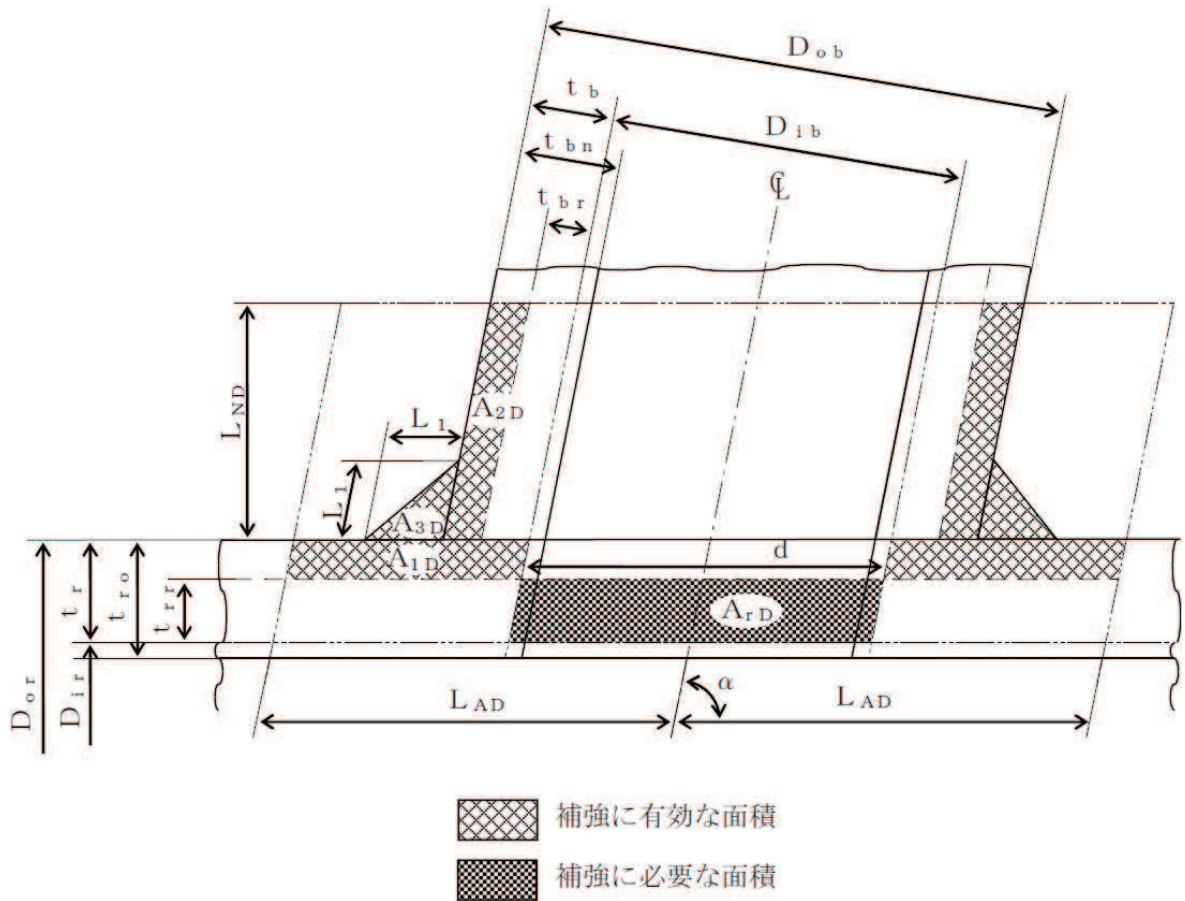


図2-6 A形（強め材のない場合）

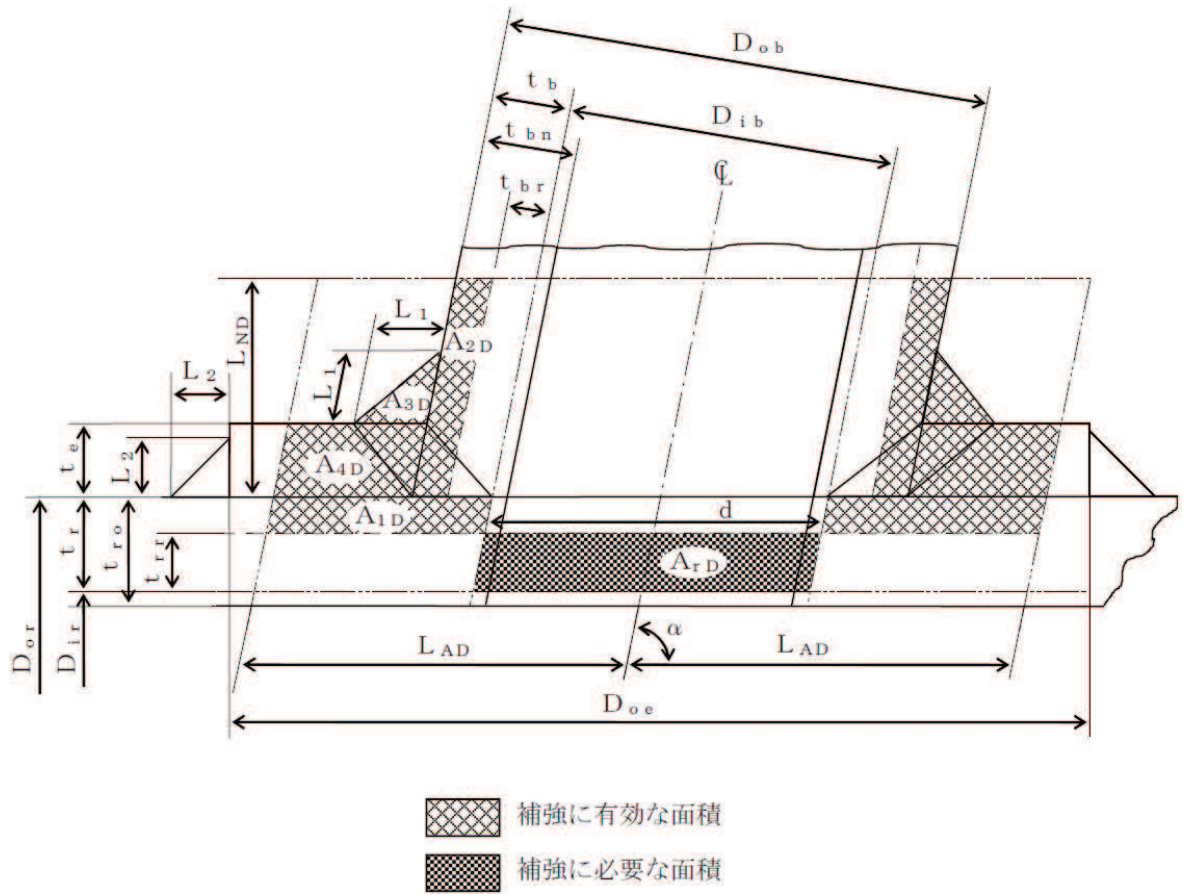
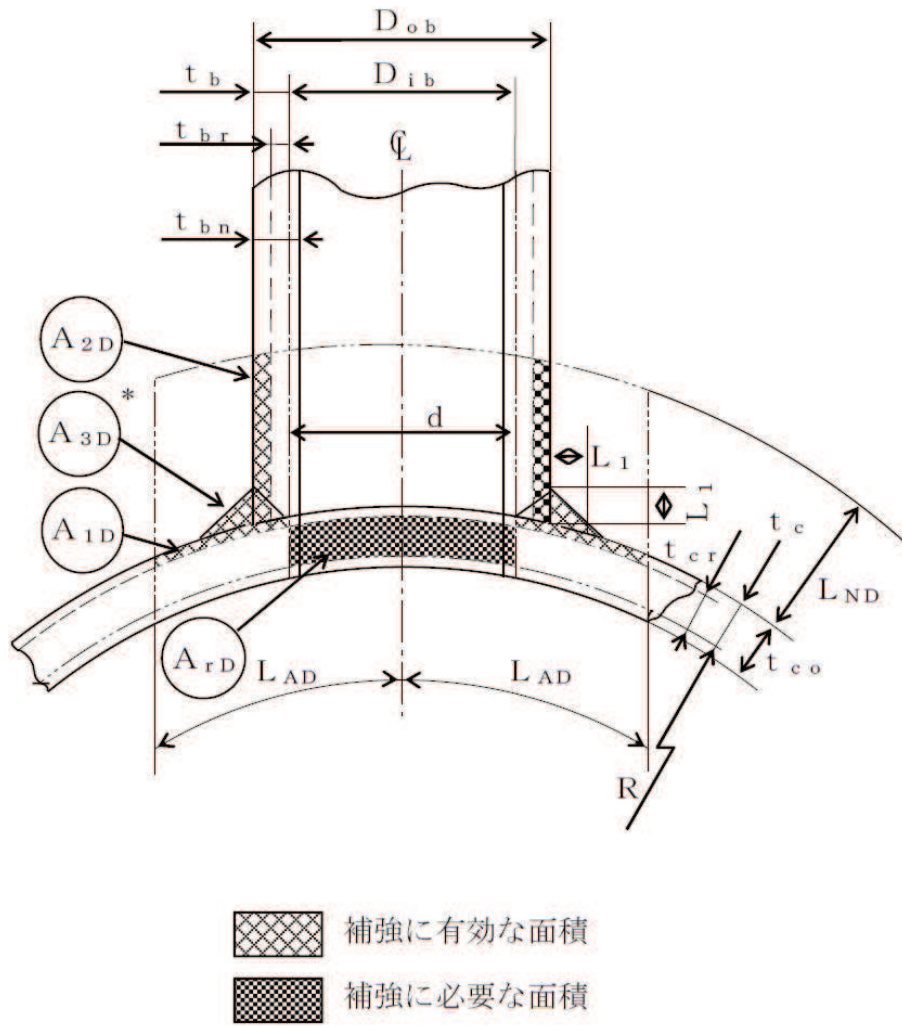


図 2-7 B形（強め材のある場合）



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

図 2-8 A形 (鏡板で強め材のない場合)

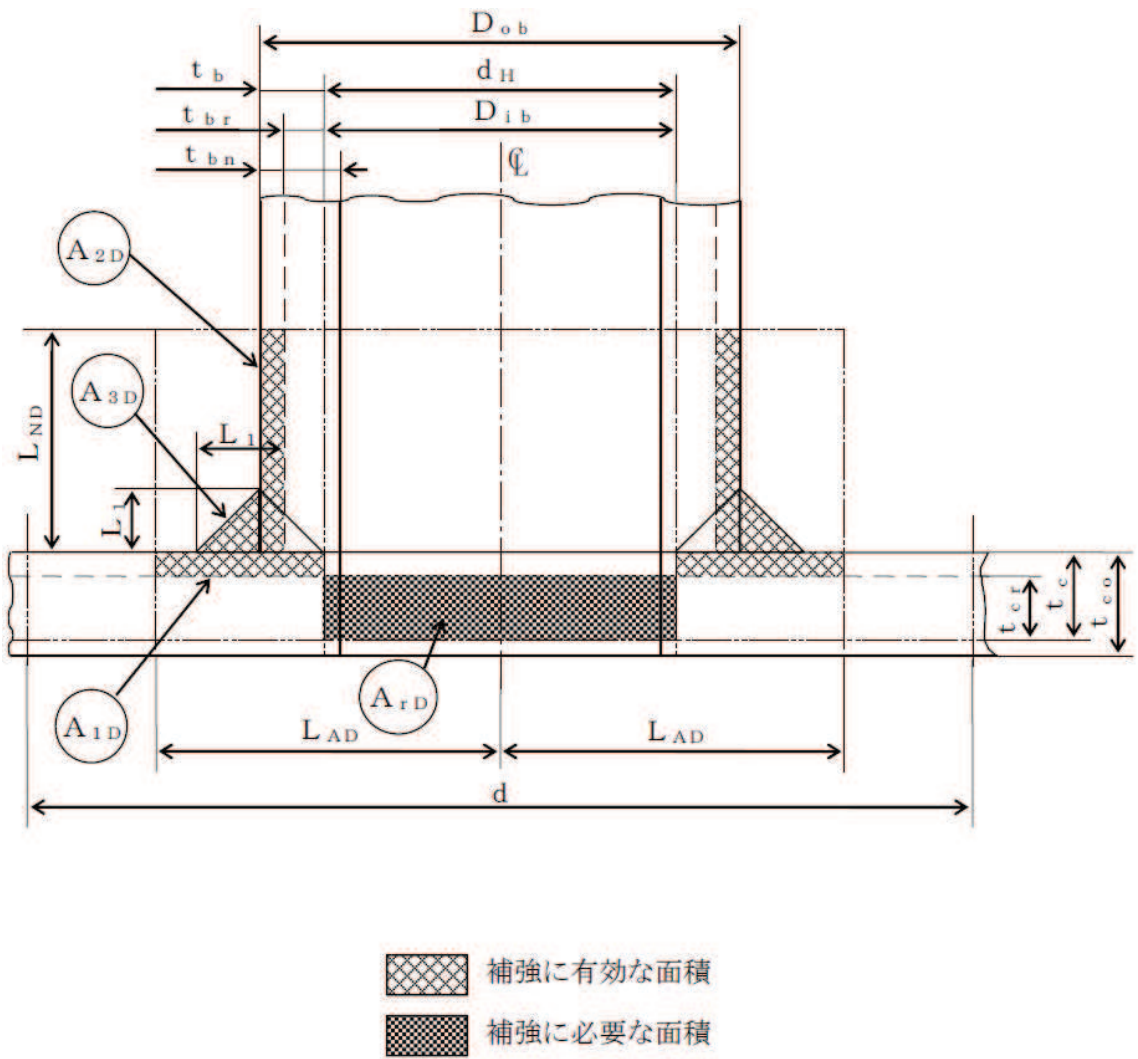
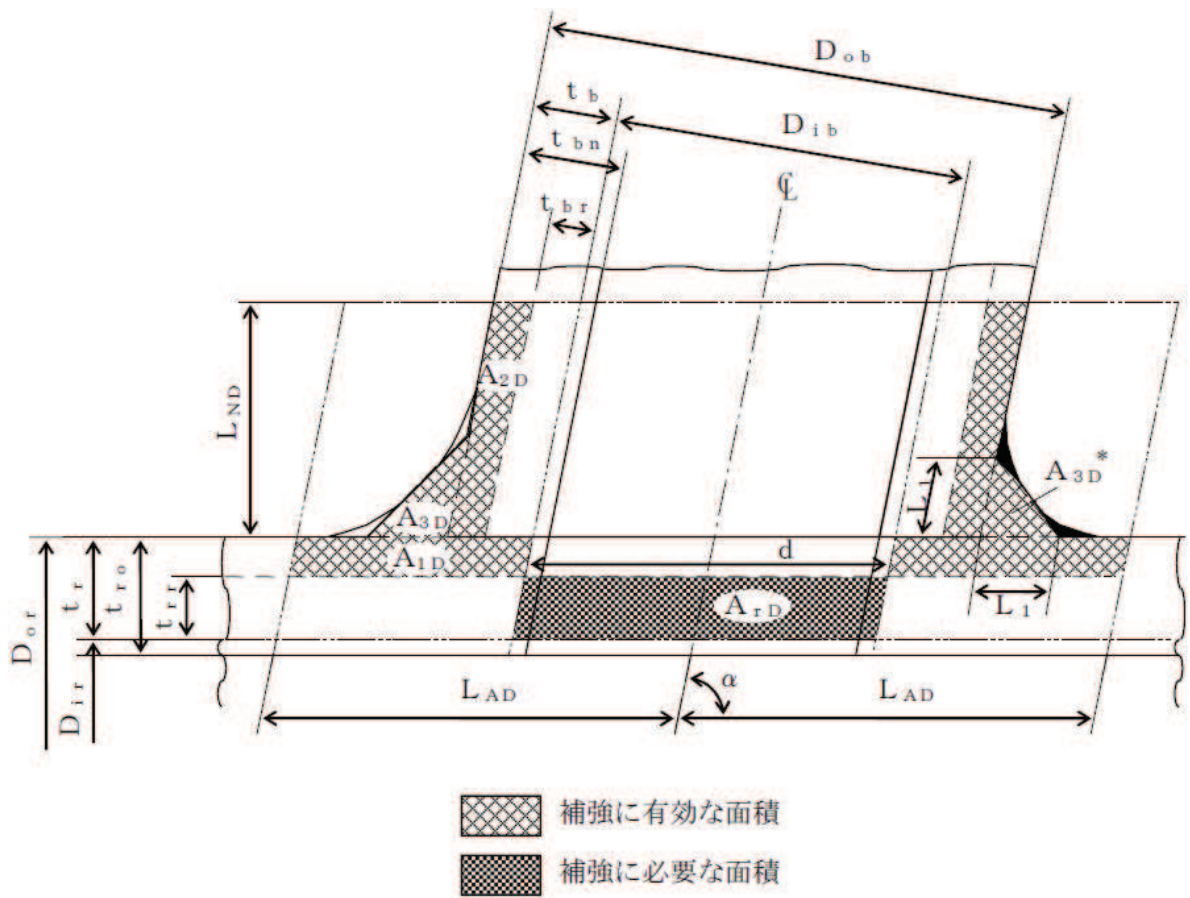


図 2-9 A形 (平板で強め材のない場合)



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

図 2-10 C形 (一体形で強め材のない場合)

(b) 穴の中心線に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

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

(c) 主管の面に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

$$L_{ND} = L_N$$

j. 大穴の補強計算

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

(a) 算式

イ. 大穴の補強に必要な面積

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

ロ. 大穴の補強に有効な面積

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

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} 内にある場合)

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

(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)

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

(強め材が有効範囲 L_{AD} の外までである場合)

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

(b) 評価

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

k. 2つ穴の補強計算

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

以下、直管の2つ穴の計算方法を示す。

(a) 算式

イ. 2つの穴の間にある主管の必要な断面積

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

ロ. 2つの穴の間にある主管の断面積

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

ハ. 2つの穴の径の平均値の1.5倍の値

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

ニ. 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1

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

A_r 及び A_{rs} は1つの穴の計算に準じる。

ホ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積

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

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

(b) 評価

穴の補強は、以下の条件を満足すれば十分である。

イ. 2つの穴の間にある主管の断面積 (A_{so}) \geq 2つの穴の間にある主管の必要な断面積 (A_{sr})

ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積 (A_{oi}) \geq 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1 (A_{ri})

ハ. 2つの穴の中心間の距離 (L_s) \geq 2つの穴の径の平均値の1.5倍 (L)

1. 溶接部の強度計算

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

ただし、C形に関しては評価すべき溶接部がないため、強度計算は行わない。

(a) 算式

イ. 溶接部の負うべき荷重

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) 鏡板の場合

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

(ハ) 平板の場合

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

ロ. 溶接部の許容応力

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

(ロ) 鏡板又は平板の場合

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

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

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

ハ. 溶接部の破断強さ

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

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

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

(ロ) 鏡板の場合

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

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

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

(ハ) 平板の場合

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

$$W_{e2} = \pi \cdot d_H \cdot t_b \cdot S_{w3} / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot d_H \cdot t_b \cdot S_{w3} / 2$$

ニ. 予想される破断箇所の強さ

(イ) A形の管台形式の場合

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

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

(ロ) B形の管台形式の場合

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

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

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

(b) 評価

イ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が 0 以下の場合

溶接部の強度は十分とみなし、溶接部の強度計算は行わない。

ロ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が 0 を超える場合

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

(3) 補足

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

$\frac{S_b}{S_r}$, $\frac{S_b}{S}$ 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。

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

2.7 フランジの強度計算

フランジの強度計算は、設計・建設規格 PPC-3414 を適用する。

計算は、J I S B 8265 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 (ルーズ形フランジ(差込み形フランジ)及び一体形フランジで f の最小採用値は 1 であるが, J I S B 8265 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 8265 附属書3 表3による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm

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
d	d	係数 $\left(= \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2 (\text{一体形フランジの場合}) \right)$ $\left(= \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_o^2 (\text{ルーズ型フランジ(差込)み形フランジの場合}) \right)$	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 $\left(= \frac{F}{h_o} (\text{一体形フランジの場合}) \right)$ $\left(= \frac{F_L}{h_o} (\text{ルーズ型フランジ(差込)み形フランジの場合}) \right)$	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 _L	F _L	ルーズ形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 6 又は表 4 による。)	—
f	f	ハブ応力修正係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 4 又は表 4 による。)	—
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G _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	圧力によってフランジに加わる全荷重	N
H _D	H _D	圧力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	圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
h	h	ハブの長さ	mm
h _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	$\sqrt{B \cdot g_0}$	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 $\left(= \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} \right)$	—

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
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	$N \cdot mm$
M_G	M_G	ガスケット荷重によるモーメント	$N \cdot mm$
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	$N \cdot mm$
M_o	M_o	使用状態でフランジに作用するモーメント	$N \cdot mm$
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	$N \cdot mm$
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	$N \cdot mm$
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又は外面に受ける最高の圧力に 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
R	P_o R	最高使用圧力 (内圧) 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	MPa 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
T	T	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
t	t	フランジの厚さ	mm
U	U	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
V	V	一体形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 8 又は表 4 による。)	—
V _L	V _L	ルーズ形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 9 又は表 4 による。)	—
W, W _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	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ 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	—
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

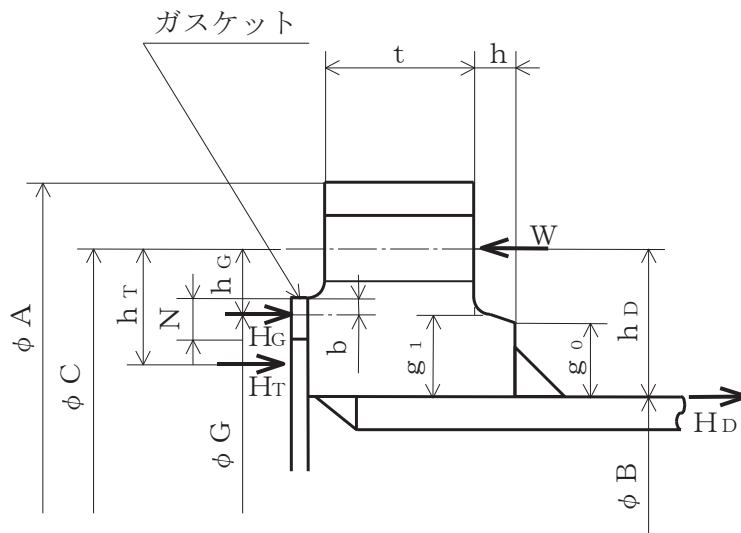
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
σ_b	σ_b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ_f	σ_{fa}	常温におけるフランジ材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
σ_f	σ_{fb}	最高使用温度におけるフランジ材料の許容引張 応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
σ_H	σ_{Hg}	ガスケット締付時のハブの軸方向応力	MPa*
σ_H	σ_{Ho}	使用状態でのハブの軸方向応力	MPa*
σ_R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

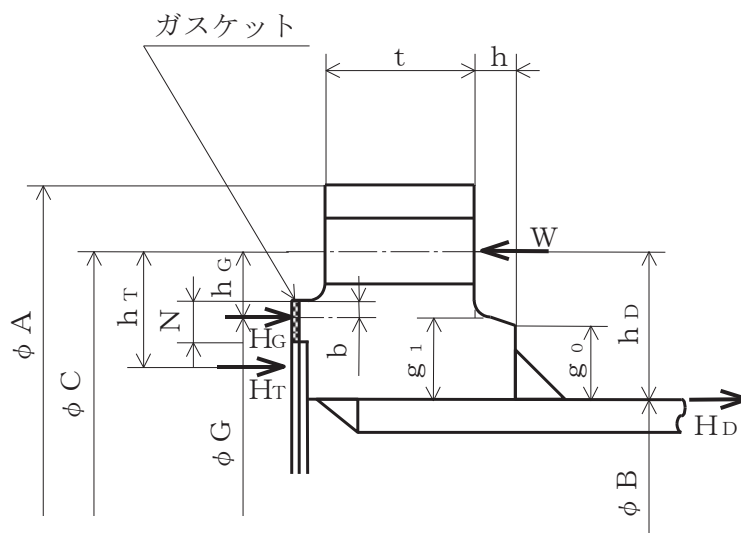
フランジの形式及び各部の記号は、図 2-11～図 2-15 による。

ただし、 W は、 W_g 、 W_{m1} 、 W_{m2} 及び W_o のボルト荷重を表す。



注：ハブのテーパが 6° 以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

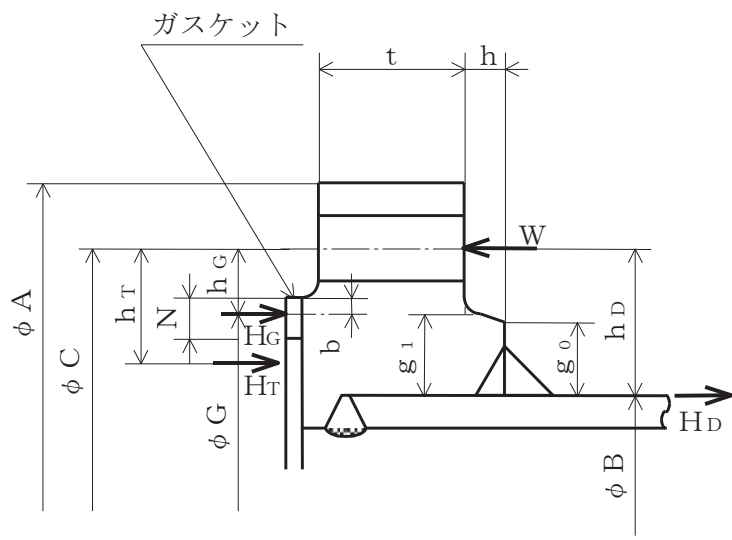
TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)



注：ハブのテーパが 6° 以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

TYPE-2 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)

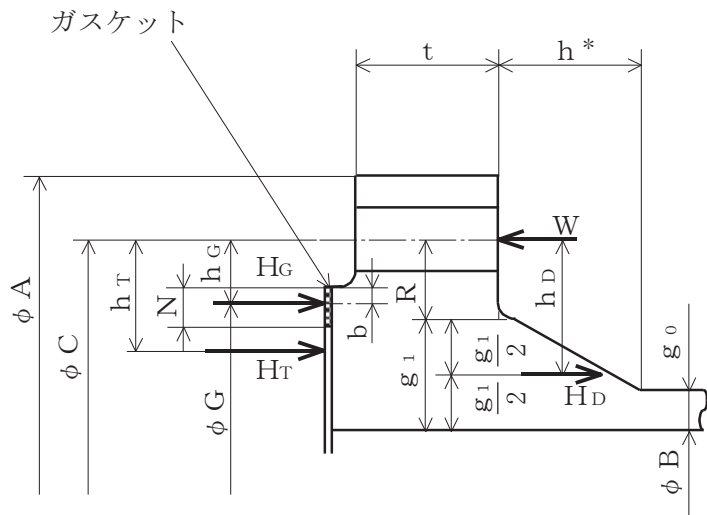
図 2-11 ルーズ形フランジ（差込み形フランジ）



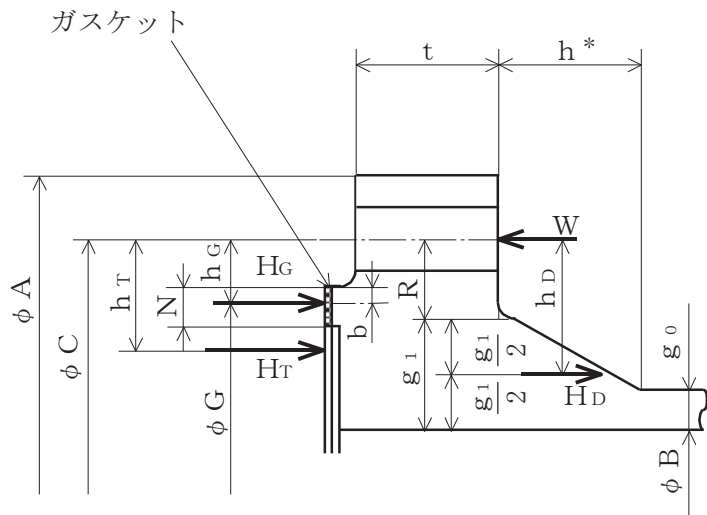
注：ハブのテーパが 6° 以下のときは、 $g_0 = g_1$ とする。

TYPE-3 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 5)

図2-12 ルーズ形フランジ（差込み形フランジ）



TYPE-4 J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 2 b) 8)



TYPE-5 J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 2 b) 8)

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

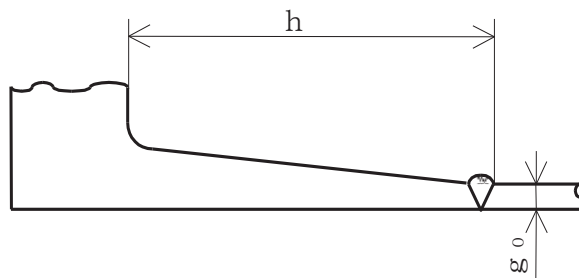
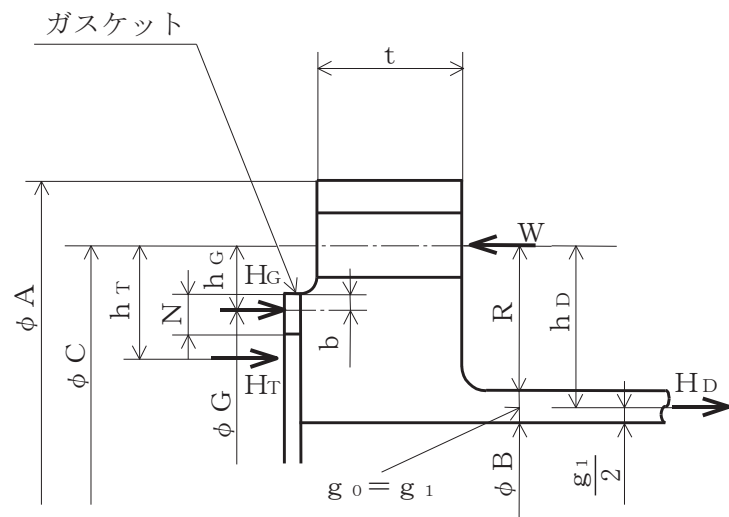
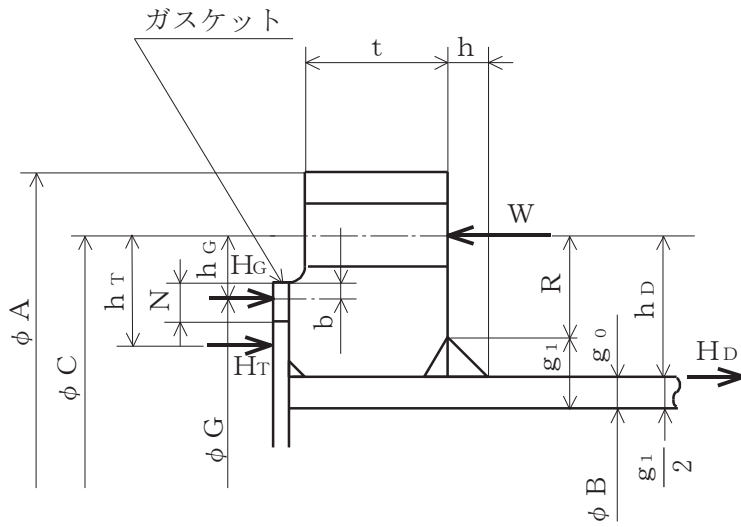


図 2-13 一体形フランジ

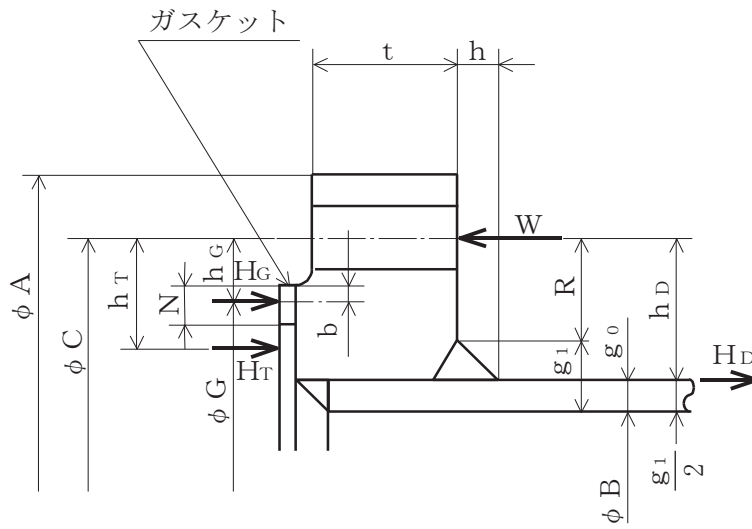


TYPE-6 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 6)

図 2-14 一体形フランジ



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



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

図 2-15 任意形フランジ

(3) 内圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b_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

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

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

ただし、b_oは J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

b. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

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

(b) ガasket締付時に必要なボルト荷重

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

c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

e. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

$$H_G = W_o - H$$

$$H_T = H - H_D$$

f. 使用状態でフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

ただし,

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

g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

h. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

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

i. 一体形フランジ及びルーズ形フランジ (差込み形フランジ) の応力

(a) 使用状態でフランジの応力

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

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

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

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

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

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

ただし、

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

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

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

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

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

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

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

j. 評価

内圧を受けるフランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

- (a) ボルトの総有効断面積 $A_m < A_b$
- (b) ハブの軸方向応力
 使用状態にあつては $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$
 ガasket縮付時にあつては $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$
- (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asket縮付時にあつては $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$
- (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asket縮付時にあつては $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

(4) 外圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b_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

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

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

ただし、b_oは J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。

b. 計算上必要なボルト荷重

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

c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

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

e. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

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

$$H_T = H - H_D$$

f. 使用状態で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	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)	$\frac{C - B}{2}$	$\frac{C - G}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$

ただし,

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

g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

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

h. ガスケット締付時にフランジに作用するモーメント

$$M_g = W_g \cdot h_G$$

i. 一体形フランジ及びルーズ形フランジ (差込み形フランジ) の応力

(a) 使用状態でのフランジの応力

$$\sigma_{Ho} = \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P_e \cdot B}{4 \cdot g_0}$$

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

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

(b) ガスケット締付時のフランジの応力

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

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

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

ただし,

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

$$h_o = \sqrt{B \cdot g_0}$$

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_0^2 \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_0^2 \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

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

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

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

j. 評価

外圧を受けるフランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

- | | |
|----------------|---|
| (a) ボルトの総有効断面積 | $A_{m2} < A_b$ |
| (b) ハブの軸方向応力 | |
| 使用状態にあつては | $\sigma_{H_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては | $\sigma_{H_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (c) フランジの径方向応力 | |
| 使用状態にあつては | $\sigma_{R_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては | $\sigma_{R_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (d) フランジの周方向応力 | |
| 使用状態にあつては | $\sigma_{T_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては | $\sigma_{T_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |

2.8 伸縮継手の強度計算

伸縮継手の強度計算は、設計・建設規格 PPC-3416 を適用する。

(1) 記号の説明

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

(2) 継手部の形状

継手部の形状を図 2-16 に示す。

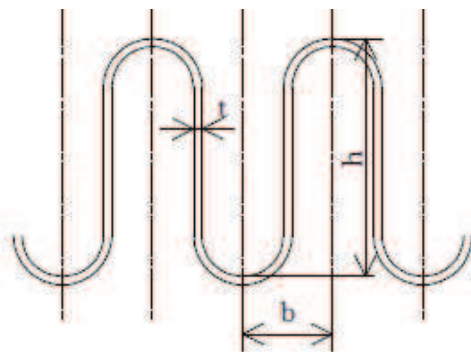


図 2-16 継手部の形状

(3) 算式

伸縮継手の許容繰返し回数は

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

ただし、材料がステンレス鋼及び高ニッケル合金のものに限る。

a. 調整リングが付いていない場合の継手部応力

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

b. 調整リングが付いている場合の継手部応力

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

(4) 評価

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

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

別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領

基本板厚計算書の概略系統図記載要領については、添付書類「VI-3-2-7 クラス 3 管の強度計算方法 別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領」による。

別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット

管の基本板厚計算書のフォーマットについては、添付書類「VI-3-2-7 クラス3管の強度計算方法 別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット」による。

第二部 重大事故等クラス2管であってクラス2管の応力計算方法

目次

1. 一般事項	2-1
1.1 概要	2-1
1.2 適用規格	2-1
2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法	2-1
2.1 計算方針	2-1
2.2 計算方法	2-1
3. 計算書の構成	2-8
3.1 管の応力計算書	2-8

1. 一般事項

1.1 概要

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

1.2 適用規格

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9月）（以下「設計・建設規格」という。）
- (4) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年通商産業省告示第501号（以下「告示第501号」という。））

2. 重大事故等クラス2管であってクラス2管の強度計算方法

2.1 計算方針

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

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

2.2 計算方法

2.2.1 解析による計算

応力計算についての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、解析は解析コード「SOLVER」，「ISAP」，「NX NASTRAN」，「NuPIAS」，「MSAP」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

2.2.1.1 解析モデルの作成

配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

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

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）
i_1	—	告示第501号第57条に規定する応力係数又は1.33のいずれか大きい方の値
D_o	mm	管の外径
M_a	N・mm	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
M_{ab}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
M_{ar}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント
M_b	N・mm	管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
M_{bb}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
M_{br}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント
P	MPa	最高使用圧力
P_m	MPa	内面に受ける最高の圧力
S_h	MPa	最高使用温度における告示第501号 別表第6及び設計・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_{prm}	MPa	一次応力
t	mm	管の厚さ
Z	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

2.2.2.2 応力計算

(1) 告示第501号第56条から第57条までの規定に基づく評価

a. 一次応力 (告示第501号第56条第1号)

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

$$S_{pr m}(1) = P \cdot D_0 / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot M_a / Z \leq S_h$$

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

$$S_{pr m}(2) = P_m \cdot D_0 / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b) / Z \leq 1.2 \cdot S_h$$

(2) 設計・建設規格 PPC-3500 による評価

a. 一次応力 (設計・建設規格 PPC-3520)

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

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

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

ロ. イ. 以外の管

$$S_{pr m}(1) = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_a / Z \leq 1.5 \cdot S_h$$

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

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

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

ロ. イ. 以外の管

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

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	荷重の組合せ	状態
重大事故等 クラス 2 管	P + D	運転状態 V 供用状態 E
	P + D + M	

表 2-2 許容応力（告示第 5 0 1 号第 56 条）

状態	荷重の組合せ	一次応力 (曲げ応力を含む。)
運転状態 V*	P + D	S_h
	P + D + M	$1.2 S_h$

注記*：重大事故等時の状態。告示第 5 0 1 号の設計条件での許容応力を用いる。

表 2-3 許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

状態	荷重の組合せ	一次応力 (曲げ応力を含む。)
供用状態 E*	P + D	$1.5 S_h$
	P + D + M	$1.8 S_h$

注記*：重大事故等時の状態。設計・建設規格の設計条件での許容応力を用いる。

表 2-1, 表 2-2, 表 2-3 中の記号

P：内圧による荷重

D：自重その他の長期的荷重

M：逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重

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 2-4 に示すとおりである。

表 2-4 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
	移動量	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	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
質量	Kg	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位	
ばね定数	N/mm	有効桁数 4 桁	四捨五入	有効桁数 3 桁	
回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数 4 桁	四捨五入	有効桁数 3 桁	
方向余弦	—	小数点以下第 5 位	四捨五入	小数点以下第 4 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応力は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。また，告示別表に記載された許容応力は，各温度の値を SI 単位に換算し，設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

3. 計算書の構成

3.1 管の応力計算書

(1) 概要

本計算方法に基づき、管の応力計算を実施した結果を示す旨を記載する。

また、評価結果の記載方法は以下とする旨を記載する。

a. 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

(2) 概略系統図及び鳥瞰図

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のうち評価結果記載の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、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名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料

鳥瞰図番号

管名称	対応する評価点

配管の質量（付加質量含む）

鳥瞰図番号

評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)

弁部の質量を下表に示す。

鳥瞰図番号

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

支持点部のばね定数を下表に示す。

鳥瞰図番号

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z

**印は斜め拘束を示しばね定数を X に示す。下段は方向余弦を示す。

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. 告示第 501 号第 56 条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{prm}(1)$ $S_{prm}(2)$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
鳥瞰図 番号		$S_{prm}(1)$	Max	S_h
		$S_{prm}(2)$	Max	$1.2 \cdot S_h$

注記 * : $S_{prm}(1)$, $S_{prm}(2)$ はそれぞれ, 告示第 501 号第 56 条第 1 号 (イ), (ロ) に基づき計算した一次応力を示す。

b. 設計・建設規格 PPC-3500 による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m} (1)$ $S_{pr m} (2)$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
鳥瞰図		$S_{pr m} (1)$	Max	$1.5 \cdot S_h$
番号		$S_{pr m} (2)$	Max	$1.8 \cdot S_h$

注記 * : $S_{pr m} (1)$, $S_{pr m} (2)$ はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2) に基づき計算した一次応力を示す。

(5) 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し, 応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載する。このため, 下表の代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を記載する。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (重大事故等クラス2であってクラス2範囲)

No	配管 モデル	運転状態 (V) * ¹					運転状態 (V) * ²				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*, **	—	9	**	***	*, **	—
2	***-2	2	**	***	*, **	○	10	**	***	*, **	○
3	***-3	3	**	***	*, **	—	11	**	***	*, **	—
4	***-4	4	**	***	*, **	—	12	**	***	*, **	—
5	***-5	5	**	***	*, **	—	13	**	***	*, **	—
6	***-6	6	**	***	*, **	—	14	**	***	*, **	—
7	***-7	7	**	***	*, **	—	15	**	***	*, **	—
8	***-8	8	**	***	*, **	—	16	**	***	*, **	—

注記 *1 : 告示第501号第56条第1号(イ)に基づき計算した一次応力を示す。

*2 : 告示第501号第56条第1号(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2であってクラス2範囲）

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

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

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

第三部 重大事故等クラス2管であってクラス2管の規定によらない場合
の強度計算方法

目次

1. 一般事項	3-1
1.1 概要	3-1
1.2 計算精度と数値の丸め方	3-2
2. ダクトの強度計算方法	3-3
2.1 記号の定義	3-3
2.2 強度計算方法	3-9
3. ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価	3-19
3.1 記号の定義	3-19
3.2 強度計算方法	3-19

1. 一般事項

1.1 概要

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

重大事故等クラス2管の強度計算方法及び計算式については、設計・建設規格クラス2管の規定を準用するものとする。

設計・建設規格クラス2管の規定によらない場合の評価方法として、機械工学便覧の規定を用いる。ただし、設計・建設規格に「日本産業規格」（以下「J I S」という。）により算出すると規定のあるフランジの応力計算についてはJ I Sを準用する。

応力解析による評価を用いる場合は、一次応力強さを許容引張応力の1.5倍以下とすることで、設備の全体的な変形が弾性域内であることを確認する。

1.2 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-1 に示すとおりとする。

表 1-1 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧 力	下記以外 の圧力	MPa	小数点以下第 3 位	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*1
最高使用温度		℃	—	—	整数位
単位面積当たり の質量		kg/mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*3
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*3
許容応力*2		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長 さ	下記以外 の長さ	mm	—	—	整数位*4
	計算上必 要な厚さ	mm	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
	最小厚さ	mm	小数点以下第 3 位	切捨て	小数点以下第 2 位
	ねじの有 効径	mm	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
	ねじの内 径	mm	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
ねじ山の数		—	小数点以下第 3 位	切捨て	小数点以下第 2 位
変位量		mm	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
面積		mm 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	四捨五入	小数点以下第 1 位

注記 *1：必要に応じて小数点以下第 3 位を用いる。

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

*3：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

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

2. ダクトの強度計算方法

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

2.1 記号の定義

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

(1) ダクトの厚さ計算に使用するもの

a. 円形ダクト

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

注記 *：継手の効率については，設計・建設規格 PVC-3130 の値を用いる。

b. 矩形のダクト

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

(2) フランジの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

記号	単位	定義
A_b	mm^2	ボルトの総有効断面積
B	mm	フランジの内径 (図 2-1 による)
C	mm	ボルト穴の中心円の直径 (図 2-1 による)
G	mm	ガスケット反力円直径
G_0	mm	ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい値 (図 2-1 による)
H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
H_D	N	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重 (図 2-1 による)
H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力 (図 2-1 による)
H_R	N	平衡反力 (図 2-1 による)
H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差 (図 2-1 による)
M	$\text{N} \cdot \text{mm}$	自重によりフランジに作用する全モーメント
M_0	$\text{N} \cdot \text{mm}$	使用状態でフランジに作用する全モーメント
P	MPa	最高使用圧力
P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
W_m	N	使用状態のボルト荷重 (図 2-1 による。)
b''	mm	使用状態でのガスケット座の有効幅 $2b'' = 5$
d_b	mm	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
d_h	mm	ボルト穴直径
h_D	mm	ボルト穴中心円から H_D 作用点までの半径方向の距離 (図 2-1 による)
h_P	mm	ボルト穴中心円から H_P 作用点までの半径方向の距離 (図 2-1 による)
h_R	mm	ボルト穴中心円から H_R 作用点までの半径方向の距離 (図 2-1 による)
h_T	mm	ボルト穴中心円から H_T 作用点までの半径方向の距離 (図 2-1 による)
m	—	ガスケット係数
n	—	ボルトの本数
t	mm	フランジの厚さ (図 2-1 による)
σ_b	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に規定するボルト材料の許容引張応力
σ_f	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定するフランジ材料の許容引張応力
σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの

b. 矩形のダクト

記号	単位	定義
A_b	mm^2	ボルトの有効断面積
B_1	mm	フランジの内面幅（長辺側）（図 2-2 による）
B_2	mm	フランジの内面幅（短辺側）（図 2-2 による）
C_1	mm	ボルト穴間の距離（長辺側）（図 2-2 による）
C_2	mm	ボルト穴間の距離（短辺側）（図 2-2 による）
G_0	mm	ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値（図 2-2 による）
G_1	mm	ガスケット反力距離（長辺側）
G_2	mm	ガスケット反力距離（短辺側）
H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
H_D	N	内圧力によってフランジの内面に加わる荷重（図 2-2 による）
H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力（図 2-2 による）
H_R	N	平衡反力（図 2-2 による）
H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内面に加わる荷重との差（図 2-2 による）
M	$\text{N} \cdot \text{mm}$	自重によりフランジに作用する全モーメント
M_0	$\text{N} \cdot \text{mm}$	使用状態でフランジに作用する全モーメント
P	MPa	最高使用圧力
P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
W_m	N	使用状態のボルト荷重（図 2-2 による）
b''	mm	使用状態でのガスケット座の有効幅 $2b'' = 5$
d_b	mm	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
d_h	mm	ボルト穴の直径
h_D	mm	ボルト穴中心から H_D 作用点までの距離（図 2-2 による）
h_P	mm	ボルト穴中心から H_P 作用点までの距離（図 2-2 による）
h_R	mm	ボルト穴中心から H_R 作用点までの距離（図 2-2 による）
h_T	mm	ボルト穴中心から H_T 作用点までの距離（図 2-2 による）
m	—	ガスケット係数
n	本	ボルト本数
t	mm	フランジの厚さ（図 2-2 による）
σ_b	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に規定するボルト材料の許容引張応力

ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの

記号	単位	定義
σ_f	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定するフランジ材料の許容引張応力
σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

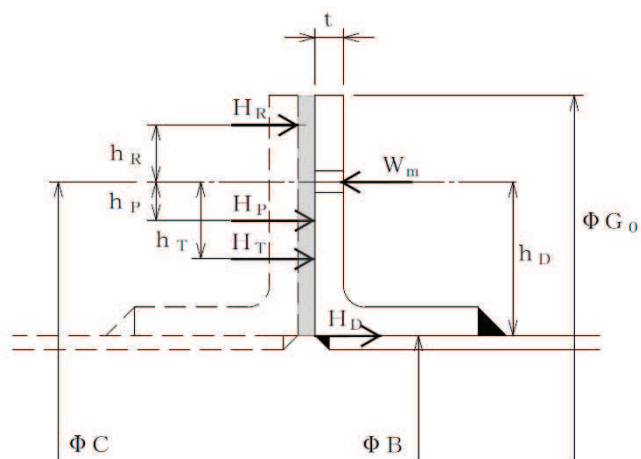


図 2-1 フランジの寸法 (円形ダクト)

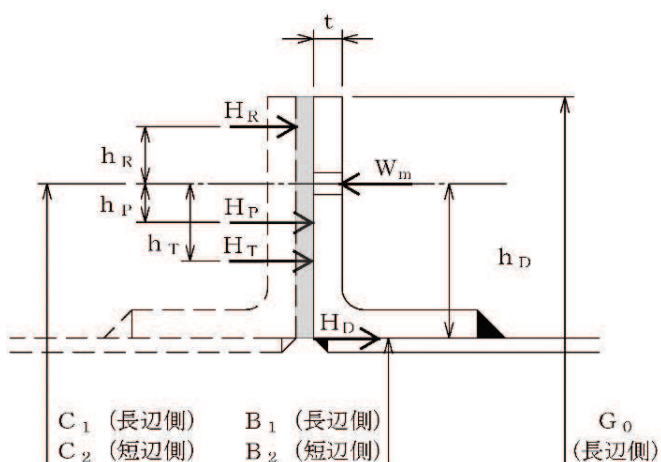


図 2-2 フランジの寸法 (矩形ダクト)

(3) ダクトの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

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

b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの 応力計算に 使用するもの	a	mm	ダクト幅（長辺）
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D _P	kg/mm ²	単位面積当たりのダクト板の質量
	E	MPa	縦弾性係数
	g	mm/s ²	重力加速度
	P	MPa	最高使用圧力
	S _h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する許容引張応力
	S _{p r m}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	ν	—	ポアソン比
	δ _{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

2.2 強度計算方法

円形のダクト，矩形のダクトの計算方法並びに計算式を示す。

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

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

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

(1) 応力の制限（設計・建設規格 PPC-3111 準用）

ダクトの耐圧設計は設計・建設規格 PPC-3400 の規定に従って行う。

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

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

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

a. 円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり，設計・建設規格 PPC-3411 に規定されている下式を用いて，計算上必要な厚さを求める。なお，ダクトの外面に圧力を受けるものにあつては，外面圧に対する厚さ計算を行う。

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

b. 矩形ダクト

矩形ダクトの任意のダクト板面に着目すると、ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で、軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板とみなすことができる。ここで、両サイドの2つの側面のダクト板は支持しているダクト板面（評価対象面）に作用する圧力及び自重（面外荷重）を面内で受けている。また、接続部材（及び補強部材）は支持しているダクト板面（評価対象面）に取り付けられており、本部位は評価対象面本体よりも面外荷重に対する剛性が增強されている。したがって、評価対象面は、面外に等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板とみなせ、長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧）を用いて、計算上必要な厚さを求めることができる。（図2-3参照）

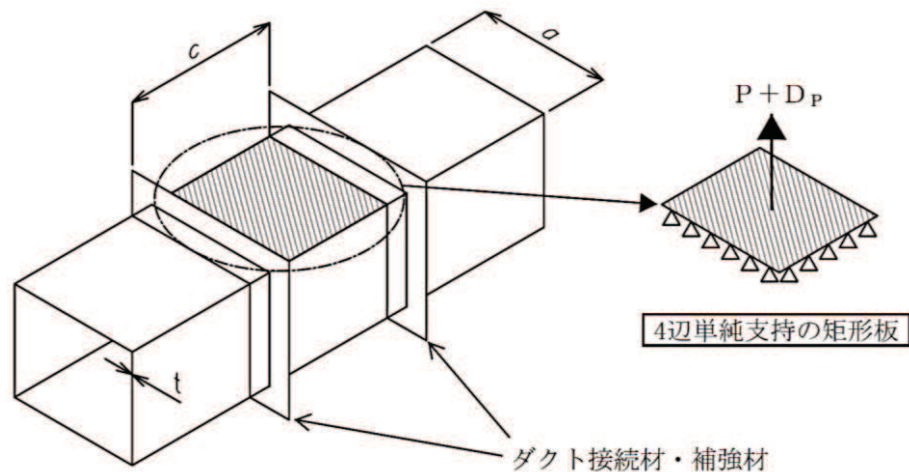


図2-3 板材の面外荷重に対する評価モデル

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

(2.1)式及び(2.2)式を解いて、両式を満足する δ_{max} 及び t を求める。このときの t を矩形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお、縦弾性係数は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 の値を用いて算出し、ポアソン比を 0.3 として計算を行う。

(3) フランジ (設計・建設規格 PPC-3414 準用)

a. 円形のダクト

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

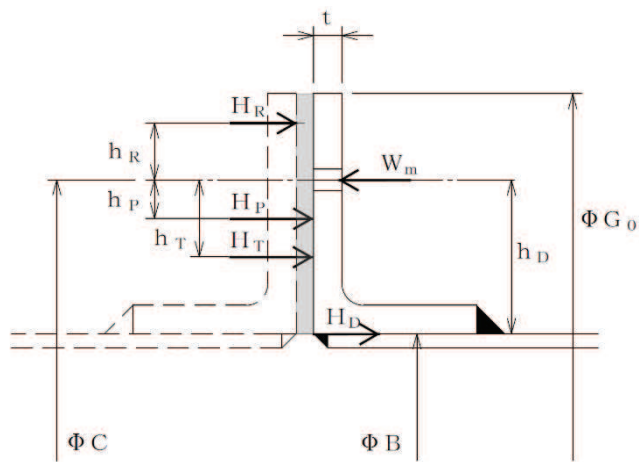


図 2-4 フランジ型式 (円形アンゲルフランジ)

	項 目	計 算 式
計算上必要なボルト荷重	ダクトの自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{16 \cdot M}{\pi \cdot G^3}$
	フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
	ガスケット反力円直径	$G = C - (d_h + 2 \cdot b'')$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重	$H = \frac{\pi}{4} (C - d_h)^2 \cdot P_{FD}$
	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b'' \cdot G \cdot m \cdot P_{FD}$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
	使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$
ボルトの発生応力	ボルトの総有効断面積	$A_b = n \cdot \frac{\pi}{4} d_b^2$
	使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評 価	σ'_{max} が σ_b 以下となることを確認する。

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

b. 矩形のダクト

矩形のアンゲルフランジ構造であり、JIS B 8265 (2003)「圧力容器の構造一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており、矩形と円形の形状の違いを考慮することにより、同様な寸法の取り方が可能であるため、図2-5「フランジ型式」に示すルーズ形フランジに準じた形状にモデル化し、JIS B 8265 (2003)「圧力容器の構造一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じてボルトに発生する応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

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

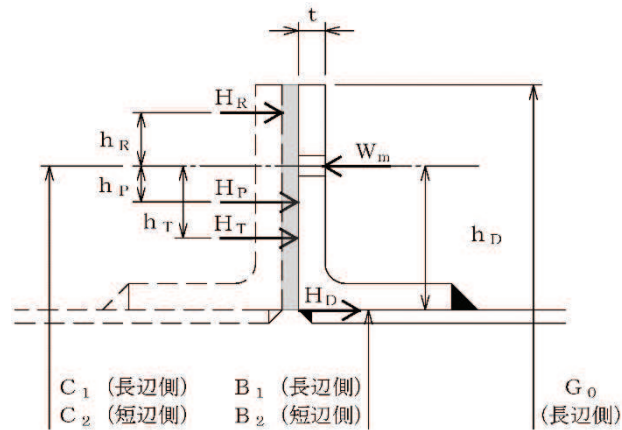


図2-5 フランジ型式 (矩形アンゲルフランジ)

項 目	計 算 式
ダクトの自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{e q} = \frac{3 \cdot M}{G_1 \cdot G_2}$
フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{e q}$
使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
ガスケット圧縮力 H_P が作用する位置の距離（長辺側）	$G_1 = C_1 - (d_h + 2 \cdot b'')$
ガスケット圧縮力 H_P が作用する位置の距離（短辺側）	$G_2 = C_2 - (d_h + 2 \cdot b'')$
内圧力によってフランジに加わる全圧力	$H = (C_1 - d_h)(C_2 - d_h) \cdot P_{FD}$
内圧力によってフランジの内面に加わる荷重	$H_D = B_1 \cdot B_2 \cdot P_{FD}$
気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 4 \cdot (G_1 + G_2) \cdot b'' \cdot m \cdot P_{FD}$
平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内面に加わる荷重の差	$H_T = H - H_D$
ボルト穴中心から H_D 作用点までの距離	$h_D = \frac{C_1 - B_1}{2}$
ボルト穴中心から H_P 作用点までの距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
ボルト穴中心から H_R 作用点までの距離	$h_R = \frac{G_0 - (C_1 + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$
ボルト穴中心から H_T 作用点までの距離	$h_T = \frac{(C_1 + d_h + 2 \cdot b'') - B_1}{4}$
使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$

計算上必要なボルト荷重

項 目		計 算 式
ボルトの発生応力	ボルト総有効断面積	$A_b = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2$
	使用状態でのボルト荷重により生じる平均引張応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評 価	σ'_{max} が σ_b 以下となることを確認する。

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

(4) 穴の補強計算（設計・建設規格 PPC-3420 準用）

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

中央制御室換気空調系ダクトの圧力は最も高くなる箇所でも $3.92 \times 10^{-3} \text{MPa}$ と微圧であり、一般に、前述する(2)項にて定義する計算上必要な厚さは、小さい値となる。このため、補強に必要な面積も小さい値となり、補強に有効な面積を上回ることはない。したがって、ダクトの厚さが計算上必要な厚さに比べて、余裕があることを確認することによって、補強に有効な面積が補強に必要な面積よりも大きくなることを確認できるので、穴の補強計算は省略する。

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

縦弾性係数は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 の値を用いて算出し、ポアソン比を 0.3 として以下の応力計算を行う。

a. 一次応力（設計・建設規格 PPC-3510 準用）

(a) 円形のダクト

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

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

(b) 矩形のダクト

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

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

(2.3)式及び(2.4)式を解いて、両式を満足する δ_{max} 及び S_{prm} を求める。このときの S_{prm} を矩形の一次応力と定義する。

3. ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価

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

3.1 記号の定義

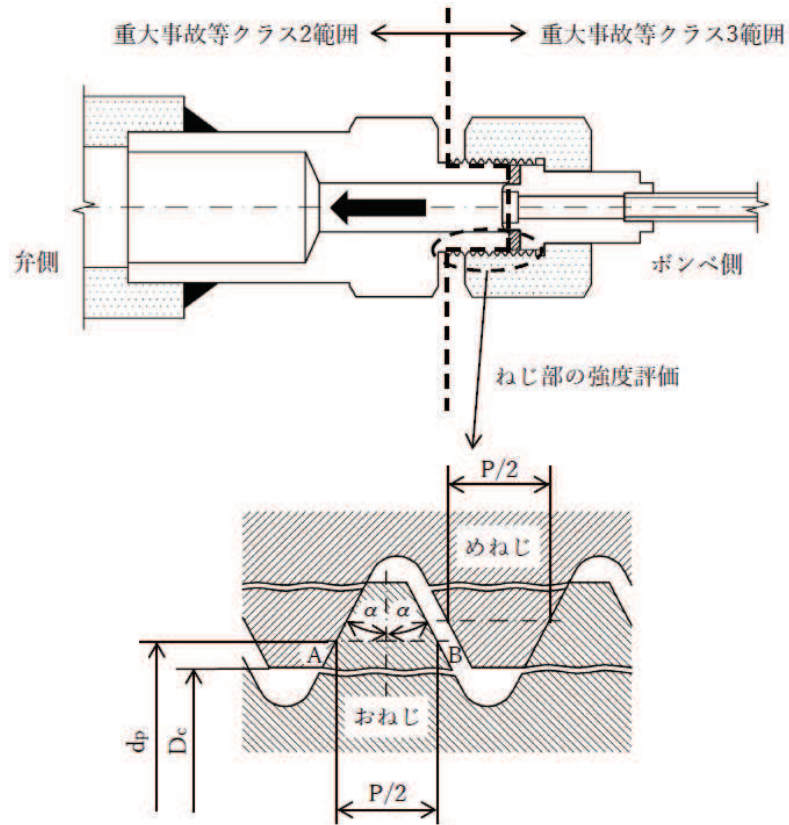
ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価に用いる記号については、次のとおりである。

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

3.2 強度計算方法

(1) 評価式

クラス2管の評価式を適用できないねじ部のせん断応力評価について、使用するねじはJIS B 8246 (2004)「高圧ガス容器用弁」におけるガス充てん口ねじに適合したものをを使用することから、ねじ部の強度評価に用いられる機械工学便覧記載のねじ山のせん断破壊式を用い評価する。また、継手部の厚さ計算については、設計・建設規格に規定されている計算上必要な厚さの規定を用いる。



計算式

$$AB = (P/2) + (d_p - D_c) \tan \alpha$$

$$WB = \pi D_c (AB) z \tau B$$

$$FB = (WB - F t) / A$$

(2) 許容値

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

第四部 重大事故等クラス2管であってクラス1管の基本板厚計算方法

目次

1. 一般事項	4-1
1.1 概要	4-1
1.2 適用規格及び基準との適合性	4-1
1.3 強度計算書の構成とその見方	4-4
1.4 計算精度と数値の丸め方	4-5
1.5 材料の表示方法	4-6
1.6 概略系統図の管継手及び仕様変更点の表示方法	4-6
2. 重大事故等クラス2管でクラス1管の強度計算方法	4-7
2.1 共通記号	4-7
2.2 管の板厚計算	4-8
2.3 平板の強度計算	4-10
2.4 鏡板の強度計算	4-16
2.5 レジューサの強度計算	4-20
2.6 管の穴と補強計算	4-24
2.7 フランジの強度計算	4-35
別紙1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領	
別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット	

1. 一般事項

1.1 概要

本書は、発電用原子力設備のうち重大事故等クラス2管であってクラス1管の基本板厚計算書（以下「基本板厚計算書」のことを「強度計算書」という。）について説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) 強度計算は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）又は 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7）（日本機械学会2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

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

- (2) 両規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。

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

- (3) 強度計算書で計算するもの以外の管継手は、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 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応
(重大事故等クラス 2 管)

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
第 49 条 1 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. 4 2. 5	管の板厚計算 鏡板の強度計算 (フランジ部) レジューサの強度計算 (フランジ部)
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 (レジューサ) 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	レジューサの強度計算 レジューサの強度計算 (円すい及 びすその丸みの部分 (外面に圧力 を受けるもの))

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
PPB-3415. 2 (鏡板) PPB-3415. 2(1) PPB-3415. 2(2)	2. 4	鏡板の強度計算
PPB-3420 (穴と補強) PPB-3421 PPB-3422 PPB-3423 PPB-3424 PPB-3422 (3)	2. 6 2. 3	管の穴と補強計算 平板の強度計算
第 49 条 4 項を準用する。 PPB-3561 (許容圧力) を準用する。	2. 2. 1	管の強度計算 (管の許容圧力)

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

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-3 に示すとおりとする。

表 1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類		単 位	処理桁	処理方法	表示桁
圧 力	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
	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。また，告示第501号別表に記載された許容引張応力及び設計降伏点は，各温度の値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して，整数位までの値とする。その後，設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*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. 重大事故等クラス2管でクラス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。

告示 第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	NO.	管, 平板, 鏡板, レジューサ, 管の穴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	—
P	P	最高使用圧力 (内圧)	MPa
P _e	P _e	外面に受ける最高の圧力	MPa
	Q	厚さの負の許容差	%, mm
η	η	継手の効率 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。	—

2.2 管の板厚計算

管の板厚計算は、告示第501号第49条第1項又は設計・建設規格 PPB-3411 を適用及び告示第501号第49条第4項又は設計・建設規格 PPB-3561 を準用する。

2.2.1 管の板厚計算（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_E	重大事故等時の使用圧力	MPa
	P_{aE}	重大事故等時の許容圧力（供用状態 D の許容圧力を準用）	MPa
S_m	S_m	最高使用温度における材料の設計応力強さ 告示第501号別表第2又は設計・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	炭素鋼鋼管の告示第501号上又は設計・建設規格上必要な最小厚さ	mm
	算式	t_r として用いる値の算式	—
	製法		—
	S	継目無管	
	W	溶接管	

(2) 算式

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49条第1項第1号の式又は設計・建設規格 PPB-3411(1)の式
PPB-1.1より求めた値：t

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

(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}

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

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

告示第501号第49条第1項第3号の表又は設計・建設規格 PPB-3411(3)の表
PPB-3411-1より求めた値 …… (C)

b. 供用状態E

供用状態E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。

(告示第501号第49条第4項第2号又は設計・建設規格 PPB-3561を準用)

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

(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) ≥ 管に必要な厚さ(t_r)であり、かつ、供用状態Eの許容圧力(P_{aE}) ≥ 供用状態Eの使用圧力(P_E)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。
- c. (2)算式で使用するPは設計基準対象施設としての最高使用圧力、S_mは設計基準対象施設としての最高使用温度における材料の設計応力強さとする。

2.3 平板の強度計算

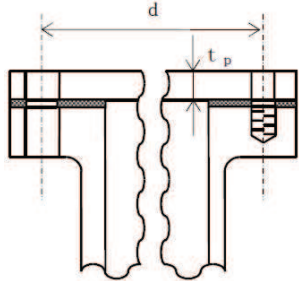
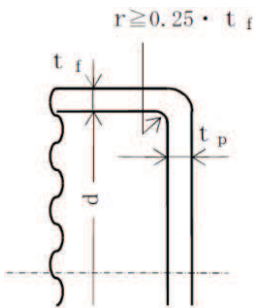
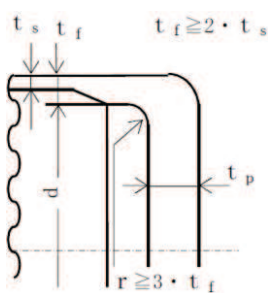
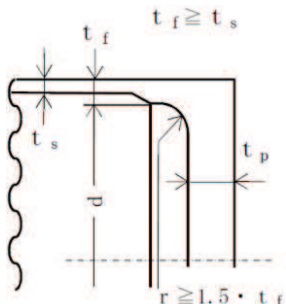
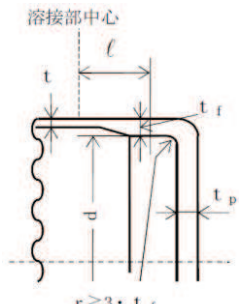
平板の強度計算は、設計・建設規格 PPB-3413 及び設計・建設規格 PPB-3422(3)を適用する。

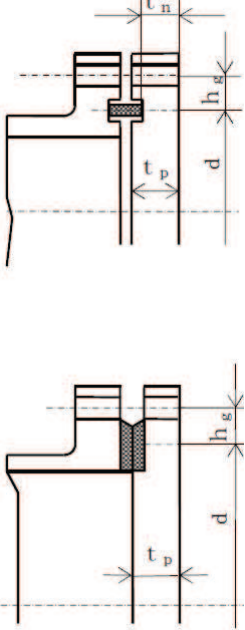
(1) 記号の説明

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 PPC-3413-1 に規定する方法によって測った平板の径又は最小内のり	mm
d_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 _o	W _o	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
<p>(f)</p> 	<p>無し</p>
<p>(g) その他の場合</p>	<p>無し</p>

(3) 算式

平板の計算上必要な厚さは、次の式による値とする。

a. 平板に穴がない場合

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

Kの値は以下による。

取付け方法	Kの値
(a)	0.17
(b)	0.13
(c)	0.17
(d)	Max (0.33 · m, 0.2) m = t _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) $\ell \geq \left(1.1 - 0.8 \cdot \frac{t_s^2}{t_f^2}\right) \cdot \sqrt{d \cdot t_f}$ の場合

(b) 管が $2 \cdot \sqrt{d \cdot t_s}$ 以上の長さにならって

$$t_s \geq 1.12 \cdot t_f \cdot \sqrt{1.1 - \ell / \sqrt{d \cdot t_f}}$$

*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 ≤ 6.35 mm の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

b_o > 6.35 mm の場合

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

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

ただし、b_oはJIS B 8265 附属書3 表3による。

$$d = G$$

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

$$W = H$$

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

ただし、Pは2.7項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガasket締付時に必要なボルト荷重

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

(c) ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

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

(e) 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

b. 平板に穴を設ける場合は、設計・建設規格 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径 (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径 (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
	$t_{c.o.}$	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

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_{ir}	主管の内径	mm
d_0	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 $\left(= \frac{D_{or} - t_r}{2} \right)$	mm
r	r	穴の半径 $\left(= \frac{d}{2} \right)$	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 $\left(= r_{ib} + \frac{t_b}{2} \right)$	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。

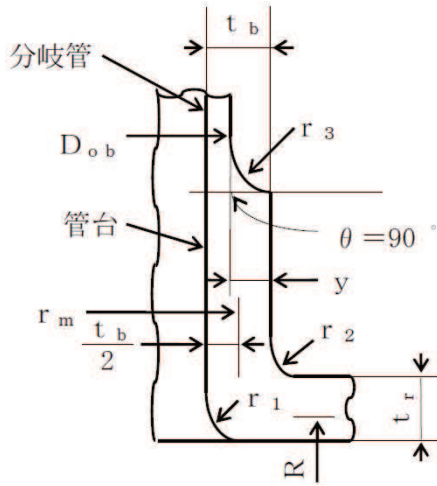


図 2-1

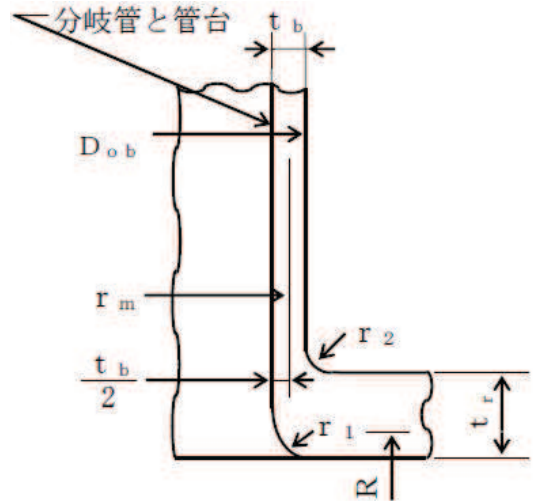


図 2-2

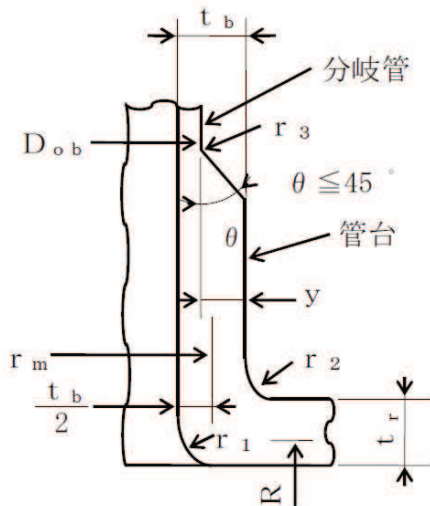


図 2-3

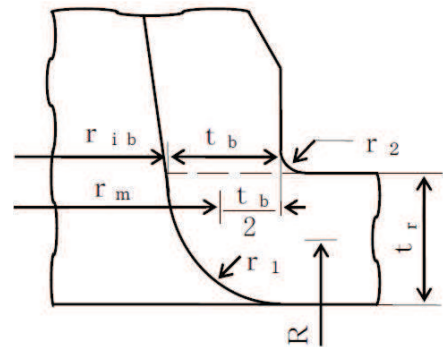


図 2-4

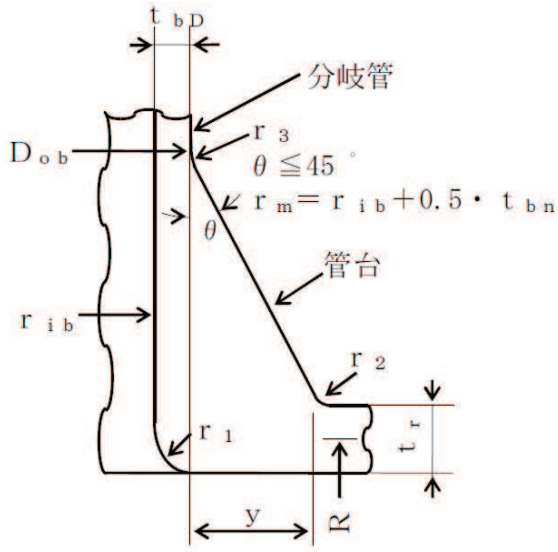


図 2-5

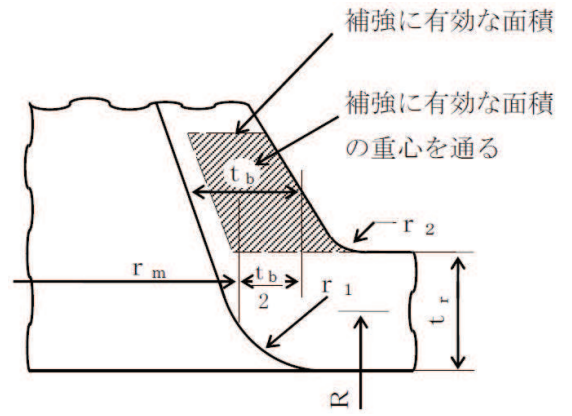


図 2-6

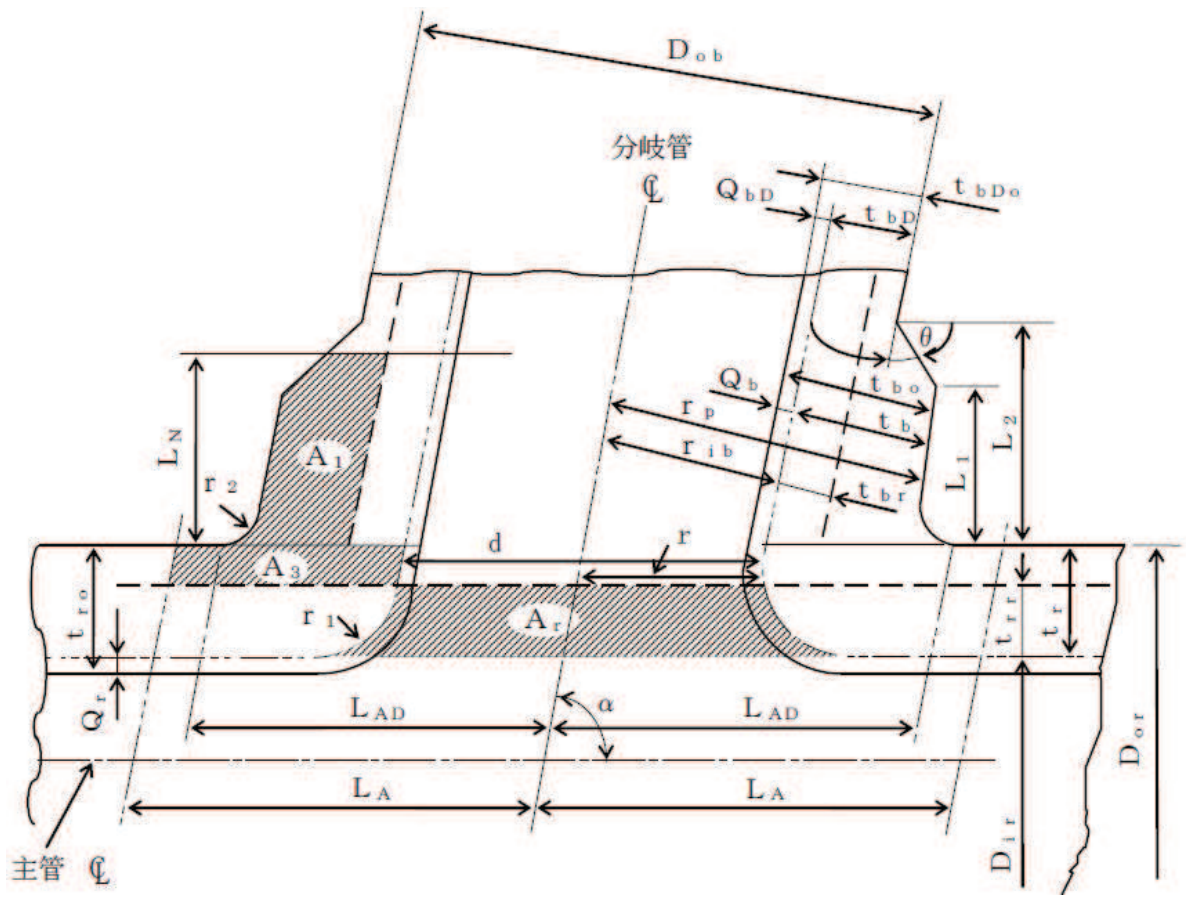
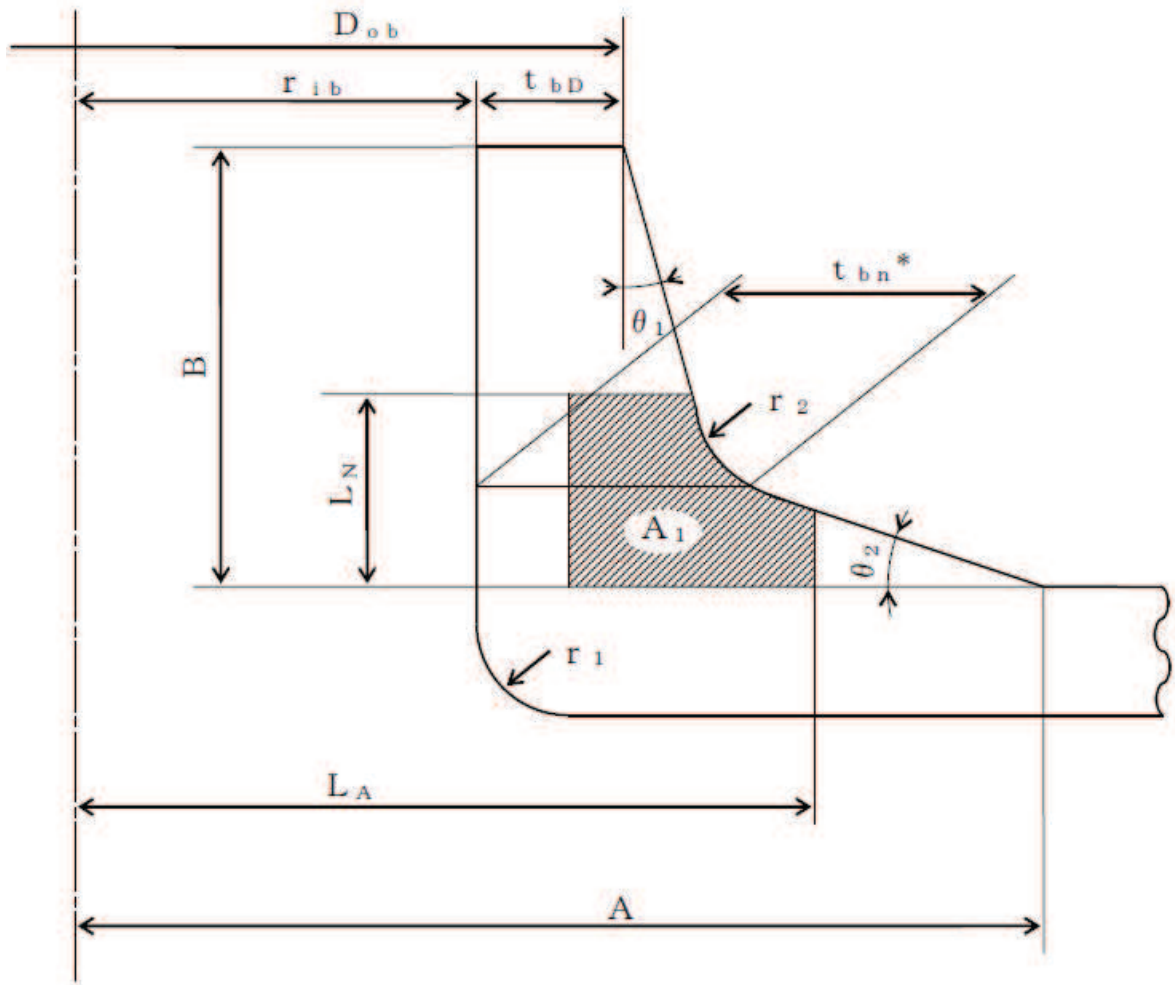


图 2-7



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

$$A_{R2}^* = r_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

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

$$A_4 = 0$$

$$A_5 = 0$$

$L_1 < L_N \leq L_2$ の場合

$$A_{R2}^* = r_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

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

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

$$A_5 = 0$$

$L_N > L_2$ の場合

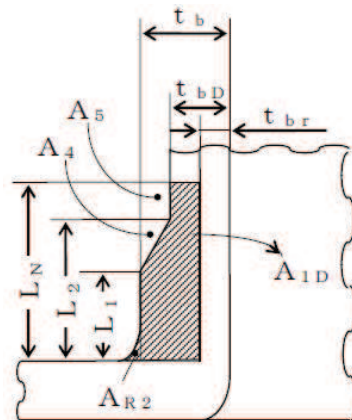
$$A_{R2}^* = r_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

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

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

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

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 $\left(= \frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2 \text{ (一本形フランジの場合) } \right)$	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 $\left(= \frac{F}{h_0} \text{ (一本形フランジの場合) } \right)$	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	$\sqrt{B \cdot g_0}$	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 $\left(= \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} \right)$	—
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

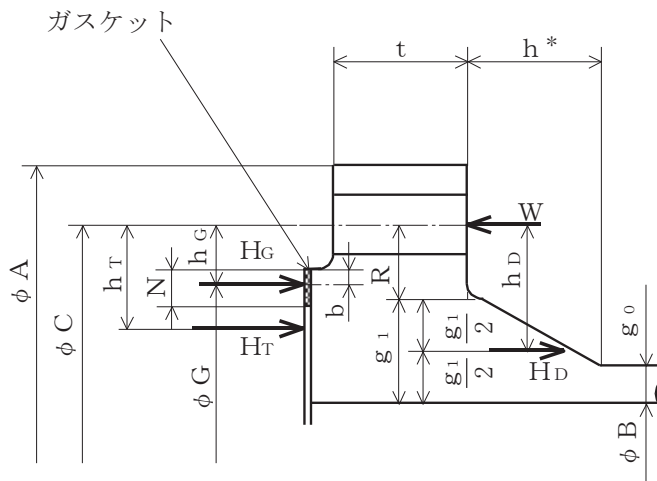
設計・建設 規格又は J I Sの記号	計算書の表示	表示内容	単位
P_{FD}	P	設計圧力 応力計算に用いる設計圧力は最高使用圧力に P_{eq} を加えたものである。	MPa
P_{eq}	P_{eq}	管の自重及びその他の機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した値 $P_{eq} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G^3}$	MPa
R	P_o R	最高使用圧力 ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径方向の距離	MPa mm
T	T	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (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)	—

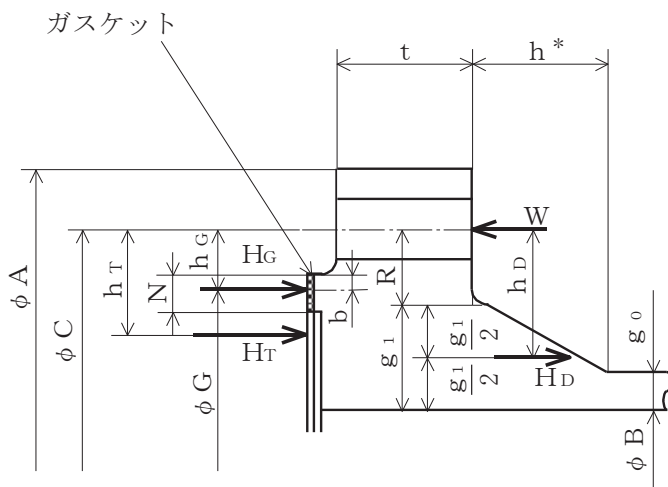
注記 * : J I S B 8 2 6 5 は「N/mm²」を使用しているが、設計・建設規格に合わせ「MPa」に読み替えるものとする。

(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。

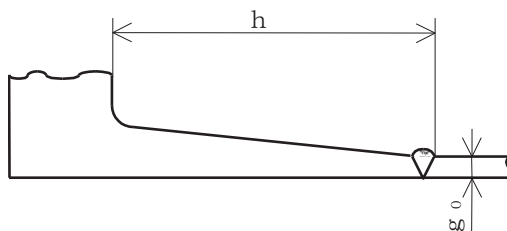
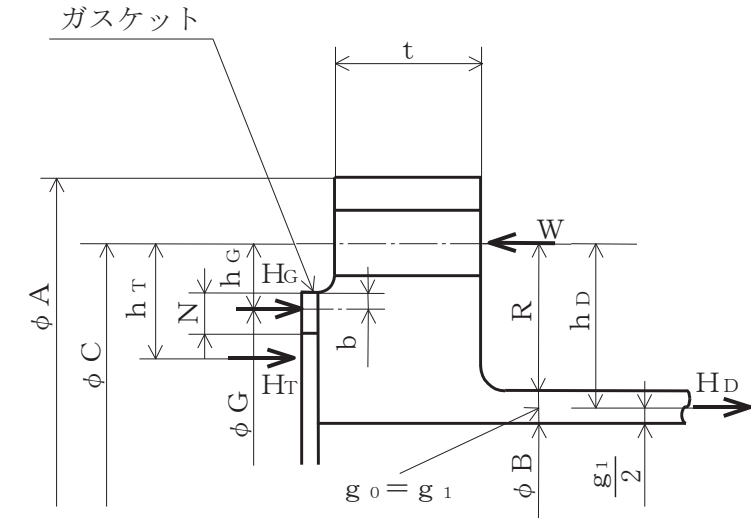


図 2-10 一体形フランジ



TYPE-3 J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 2 b) 6)

図 2-11 一体形フランジ

O 2 ⑥ VI-3-2-9 R 6

(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J I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。

b. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

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

(b) ガasket締付時に必要なボルト荷重

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

c. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

d. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

- e. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

$$H_G = W_o - H$$

$$H_T = H - H_D$$

- f. 使用状態でフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

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. ガスケット締付時にフランジに作用するモーメント

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

- i. 一体形フランジの応力

- (a) 使用状態でフランジの応力

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

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

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

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

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

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

ただし,

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

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

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

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

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asket縮付時にあつては | $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| 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asket縮付時にあつては | $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| 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asket縮付時にあつては | $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |

別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領

基本板厚計算書の概略系統図記載要領については、添付書類「VI-3-2-7 クラス 3 管の強度計算方法 別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領」による。

別紙2 管の基本板厚計算書のフォーマット

管の基本板厚計算書のフォーマットについては、添付書類「VI-3-2-7 クラス 3 管の強度計算方法 別紙 2 管の基本板厚計算書のフォーマット」による。

第五部 重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算方法

目次

1. 一般事項	5-1
1.1 概要	5-1
1.2 適用規格	5-1
2. 重大事故等クラス2管であってクラス1管の強度計算方法	5-1
2.1 計算方針	5-1
2.2 計算方法	5-2
3. 計算書の構成	5-8
3.1 管の応力計算書	5-8

1. 一般事項

1.1 概要

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

1.2 適用規格

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9月）（以下「設計・建設規格」という。）
- (4) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年通商産業省告示第501号（以下「告示第501号」という。）

2. 重大事故等クラス2管であってクラス1管の強度計算方法

2.1 計算方針

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

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

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

2.2 計算方法

2.2.1 解析による計算

応力計算についての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、解析は解析コード「ISAP」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

2.2.1.1 解析モデルの作成

配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

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

(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）

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}	—	告示第501号第48条及び設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数（一次応力の計算に使用するもの）
D_o	mm	管の外径
M_{bp}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重により生ずるモーメント
M_{br}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
M_{ip}	N・mm	管の機械的荷重により生ずるモーメント
M_{rp}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重により生ずるモーメント
P	MPa	最高使用圧力
S_m	MPa	告示第501号別表第2及び設計・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_y	MPa	告示第501号別表第9及び設計・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
S_{prm}	MPa	一次応力
t	mm	管の厚さ
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

2.2.2.2 応力計算

(1) 告示第501号 第46条による評価

a. 一次応力 (告示第501号 第46条 第3号)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_{pr m}(1) = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{bp} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{rp} / Z_r \\ \leq 3 \cdot S_m$$

(b) (a)以外の管

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

(2) 設計・建設規格 PPB-3500 による評価

a. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3562)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

(b) (a)以外の管

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

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	設備	荷重の組合せ	状態
重大事故等クラス2管であって クラス1管	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	P + M + D	運転状態 V* 供用状態 E*

注記 * : 重大事故等時の状態。

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

表 2-2 許容応力(告示第501号第46条)

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
運転状態 V* ¹	$3 \cdot S_m^{*2}$	—	—

注記 *1 : 重大事故等時の状態。

*2 : 告示第501号の運転状態IVの許容値を用いる。

表 2-3 許容応力 (設計・建設規格 PPB-3562)

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
供用状態 E* ¹	$\text{Min} (3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)^{*2}$	—	—

注記 *1 : 重大事故等時の状態。

*2 : 設計・建設規格の供用状態Dの許容値を用いる。

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2-4に示すとおりである。

表 2-4 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
	移動量	mm	小数点以下第2位	四捨五入	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
質量	Kg	小数点以下第1位	四捨五入	整数位	
ばね定数	N/mm	有効桁数4桁	四捨五入	有効桁数3桁	
回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数4桁	四捨五入	有効桁数3桁	
方向余弦	—	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4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応力は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。また，告示別表に記載された許容応力は，各温度の値を SI 単位に換算し，設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

3. 計算書の構成

3.1 管の応力計算書

(1) 概要

本計算方法に基づき、管の応力計算を実施した結果を示す旨を記載する。

また、評価結果の記載方法は以下とする旨を記載する。

a. 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

(2) 概略系統図及び鳥瞰図

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のうち評価結果記載の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、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名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料

鳥瞰図番号

管名称	対応する評価点

配管の質量（付加質量含む）

鳥瞰図番号

評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)	評価点	質量 (kg)

弁部の質量を下表に示す。

鳥瞰図番号

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

支持点部のばね定数を下表に示す。

鳥瞰図番号

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z

**印は斜め拘束を示しばね定数を X に示す。下段は方向余弦を示す。

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. 告示第 501 号第 46 条第 3 号による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S_{prm}	許容応力 $3 \cdot S_m$
鳥瞰図 番号		S_{prm}	Max	$3 \cdot S_m$

b. 設計・建設規格 PPB-3500 による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
鳥瞰図 番号		$S_{pr m}$	Max	$\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$

(5) 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。このため、下表の代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を記載する。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2であってクラス1範囲）

No	配管 モデル	運転状態 (V) *				
		一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*.**	—
2	***-2	2	**	***	*.**	○
3	***-3	3	**	***	*.**	—
4	***-4	4	**	***	*.**	—
5	***-5	5	**	***	*.**	—

注記 *：告示第501号第46条第1号及び第3号に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2であってクラス1範囲）

No	配管 モデル	供用状態 (E) *				
		一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*, **	—
2	***-2	2	**	***	*, **	○
3	***-3	3	**	***	*, **	—
4	***-4	4	**	***	*, **	—
5	***-5	5	**	***	*, **	—

注記 *：設計・建設規格 PPB-3520 及び PPB-3562 に基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-2-10 重大事故等クラス 2 ポンプの強度計算方法

目次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1
1.3 強度計算書の構成とその見方	3
1.4 計算精度と数値の丸め方	4
1.5 材料の表示方法	5
2. 計算条件	6
2.1 ポンプの形式判別	6
2.2 計算部位	6
2.3 設計条件	7
3. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定に基づく評価	8
3.1 共通記号	8
3.2 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ	9
3.3 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	10
3.4 ケーシング各部形状の規定	11
3.5 往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ	15
3.6 うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ	16
3.7 ボルトの平均引張応力	19
3.8 耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ	23
3.9 吸込及び吐出フランジ	23
4. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定によらない場合の評価	24
4.1 立形ポンプの強度計算方法	24

別紙 ポンプの強度計算書のフォーマット

1. 一般事項

1.1 概要

本資料は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス2ポンプが十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) 強度計算は、昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示第501号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7）（日本機械学会2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。なお、設計基準対象施設のクラス3ポンプで重大事故等対処設備兼用となるポンプのうち、設計・建設規格のクラス2ポンプに規定がないものについては、クラス3ポンプの規定を準用する。

（例）軸垂直割りケーシングを持った1段あるいは多段の立形ポンプ

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

- (2) 両規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。
日本産業規格（以下「J I S」という。）と強度計算書との対応は、表1-2に示すとおりである。
- (3) 強度計算書で計算するもの以外のフランジは、以下に掲げる規格（材料に係る部分を除く。）又は設計・建設規格 別表2に掲げるものを使用する。（設計・建設規格 PMC-3710）
 - a. J I S B 2 2 3 8 (1996)「鋼製管フランジ通則」

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応
(重大事故等クラス 2 ポンプ)

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
PMC-3110	2. 1	ポンプの形式判別
PMC-3320	3. 2	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの 厚さ
PMC-3330	3. 3	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの 吸込み及び吐出口部分の厚さ
第 77 条第 7 項 PMC-3340	3. 4	ケーシング各部形状の規定
PMC-3350	3. 5	往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホー ルドに関するものの厚さ
第 77 条第 5 項 PMC-3410	3. 6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプの ケーシングカバーの厚さ
PMC-3510	3. 7	ボルトの平均引張応力
PMC-3610	3. 8	耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシング の吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ
PMC-3710	3. 9	吸込及び吐出フランジ

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考
No.	項		
J I S B 8 2 6 5 (2003)* 「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」	3	3.7	ボルトの平均引張応力 吸込及び吐出フランジ*
	4	3.9	

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

1.3 強度計算書の構成とその見方

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

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 1-3 に示すとおりとする。

表 1-3 表示する数値の丸め方

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

注記 *1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。
また、告示第 5 0 1 号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値を SI 単位に換算し、SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。

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

	相当材記号	相当 (当該材記号)
(例 1)	SM400A	相当 (SMA400AP)
(例 2)	SCS14	相当 (ASME SA351 Gr. CF8M)

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

(例) SNB7 (径 \leq 63 mm)

- (3) ガasket材料で非石綿の場合の表示は以下とする。

(例) 非石綿ジョイントシート

渦巻形金属ガasket (非石綿) (ステンレス鋼)

平形金属被覆ガasket (非石綿板) (ステンレス鋼)

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

2. 計算条件

2.1 ポンプの形式判別

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

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

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

2.2 計算部位

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

2.3 設計条件

ポンプの強度計算は、最高使用圧力及び最高使用温度に対して行う。

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

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

3. 重大事故等クラス2ポンプのうちクラス2ポンプの規定に基づく評価

3.1 共通記号

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

告示第501号又は設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
P	P	最高使用圧力	MPa
S	S	最高使用温度における告示第501号別表第6又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	MPa
t	t	ケーシングの計算上必要な厚さ	mm
	t_s	最小厚さ	mm
	t_{s0}	呼び厚さ	mm
η	η	長手継手の効率で、設計・建設規格 PVC-3130を適用する。	—

3.2 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ

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

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
A	A	図 3-1～2 (設計・建設規格 図 PMC-3320-1, 4, 5) に示す寸法	mm

(2) 算式

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

ただし、片吸込み1重うず巻ポンプについては、

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

(3) 評価

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

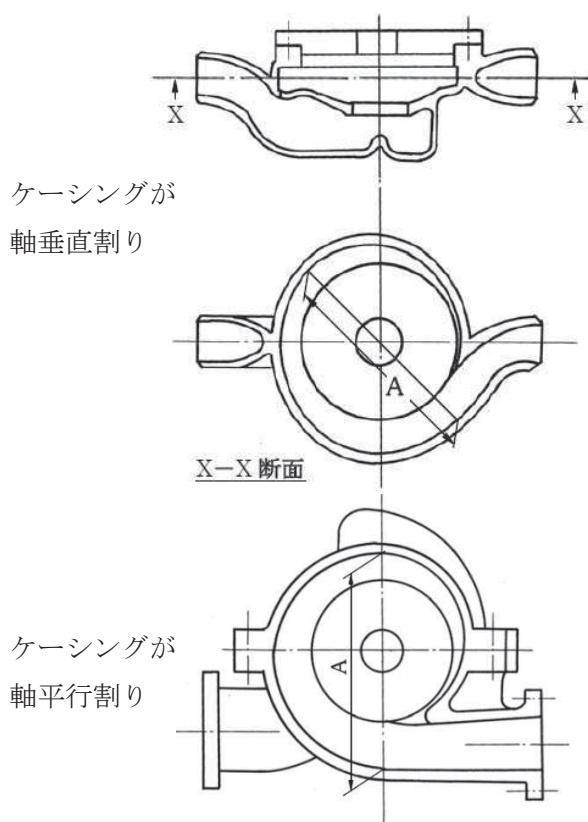


図 3-1 1重うず巻ポンプの例
(設計・建設規格 図 PMC-3320-1, 4)

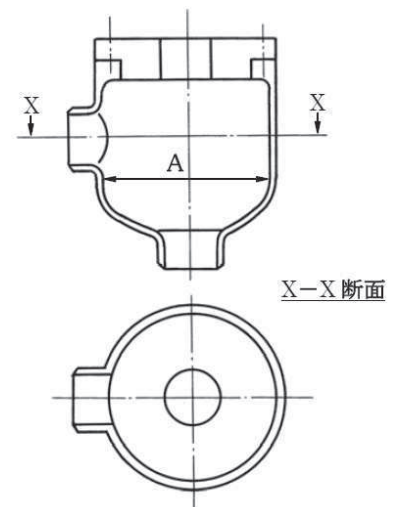


図 3-2 ターボポンプの例
(設計・建設規格 図 PMC-3320-5)

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

(1) 記号の説明

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

(2) 算式

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

ただし、 $r_m = r_i + 0.5 \cdot t$

(3) 評価

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

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

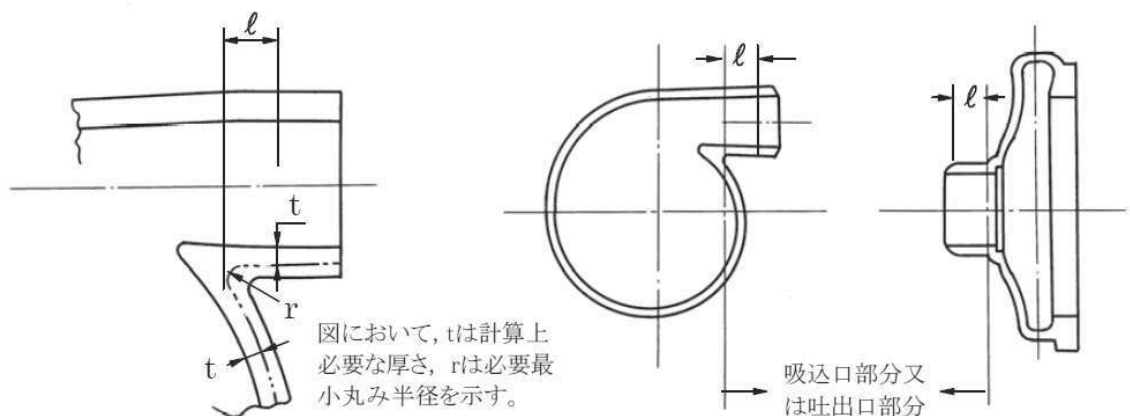


図 3-3 吸込み及び吐出口部分の厚さの規定範囲の例
 (設計・建設規格 図 PMC-3330-1)

3.4 ケーシング各部形状の規定

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

2.1項の(1)に掲げるポンプの形状は、告示第501号第77条第7項第4号から第6号又は、設計・建設規格 PMC-3340 (4) から (6) によるものとする。

(1) 記号の説明

告示第501号又は設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
	r_1	図3-4-1（設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すポリユート巻始めの丸みの計算上必要な半径	mm
	r_{1s}	図3-4-1（設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すポリユート巻始めの丸みの最小半径	mm
	r_{1so}	図3-4-1（設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すポリユート巻始めの丸みの呼び半径	mm
	r_2	図3-4-1（設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すクロッチの丸みの計算上必要な半径	mm
	r_{2s}	図3-4-1（設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すクロッチの丸みの最小半径	mm
	r_{2so}	図3-4-1（設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すクロッチの丸みの呼び半径	mm
	r_3	図3-4-1（告示第501号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すポリユート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの計算上必要な半径	mm
	r_{3s}	図3-4-1（告示第501号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すポリユート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの最小半径	mm
	r_{3so}	図3-4-1（告示第501号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b)）に示すポリユート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの呼び半径	mm

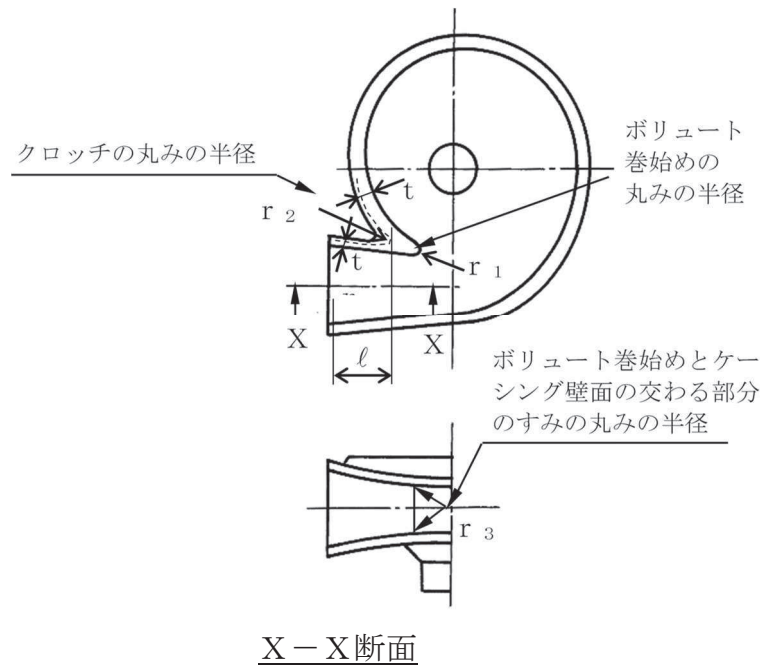


図 3-4-1 うず巻ポンプのケーシング各部形状

(告示第 5 0 1 号第 77 条第 7 項図 2 又は設計・建設規格 図 PMC-3340-1(b))

(2) 算式

- | | | |
|---|---|---------|
| <p>a. $r_1 = 0.05 \cdot t$</p> <p>b. $r_2 = 0.3 \cdot t$</p> <p>c. $r_3 = 0.1 \cdot t$ 又は 7 mm のうちいずれか大きい値
(告示第 5 0 1 号の場合)</p> <p>$r_3 = 0.1 \cdot t$ 又は 6 mm のうちいずれか大きい値
(設計・建設規格の場合)</p> | } | 図 3-4-1 |
|---|---|---------|

(3) 評価

- a. 最小半径 (r_{1s}) \geq 計算上必要な半径 (r_1) ならば十分である。
- b. 最小半径 (r_{2s}) \geq 計算上必要な半径 (r_2) ならば十分である。
- c. 最小半径 (r_{3s}) \geq 計算上必要な半径 (r_3) ならば十分である。

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

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

(1) 記号の説明

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

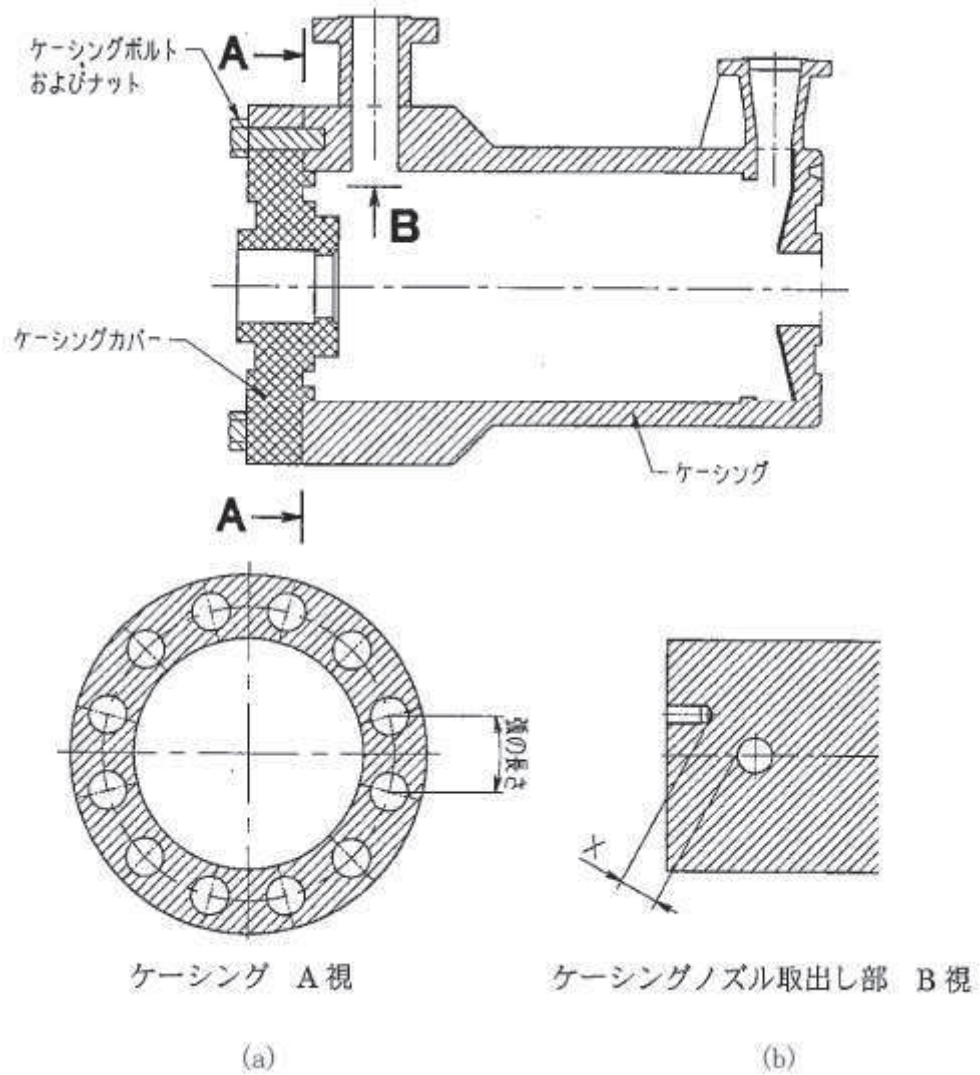


図 3-4-2 横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段のターボポンプのケーシングのボルト穴回りの形状
(設計・建設規格 図 PMC-3340-3)

(2) 算式

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

(3) 評価

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

3.5 往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ

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

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	リキッドシリンダー又はマニホールドの内径	mm
R_i	R_i	リキッドシリンダー又はマニホールドの内半径	mm
Z	Z	次式により計算された値	—
	継手の種類		
	継手有り	同左	—
	継手無し	同左	—

(2) 算式

厚さが内半径の2分の1以下のもの

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

厚さが内半径の2分の1を超えるもの

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

ただし、

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

(3) 評価

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

3.6 うず巻ポンプ，ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ

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

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

(1) 記号の説明

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

(2) 算式

平板形の場合

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

(3) 評価

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

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

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

(1) 記号の説明

告示第501号 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
d	d	告示第501号第77条第5項第1号に示すケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー）の取付け方法に応じたケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー）の径又は最小内のり	mm
F	F	全体のボルトに作用する力（セルフシールガスケットを用いる場合、Fはボルト等に加わる平均引張応力の計算におけるWと等しい。）	N
h_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	告示第501号第77条第5項第1号に規定するケーシングカバー（リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー）の取付け方法による係数で、本プラントにおいては、取付け方法が（k）の場合のみであるので、以下に（k）の場合の取付け方法による係数の求め方を示す。 $K = 0.30 + \frac{1.4 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$	—
W	W	パッキンの外径又はケーシングカバーの接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N

(2) 算式

平板形の場合

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

ただし, $K = 0.30 + \frac{1.4 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$

(3) 評価

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

3.7 ボルトの平均引張応力

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

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
A_G	A_G	有効ガスケット面積で、通常のフランジにあっては、実際のガスケット面積の0.5倍 内周においてガスケットの締付応力が最大になるよう加工されたフランジにあっては、実際のガスケット面積の0.2倍とする。	mm^2
	A_v	ポンプ中心線の片側において内圧が加わる面積でセルフシールガスケット外周の線とポンプ中心線とで囲まれた部分の面積	mm^2
A_w	A_w	ポンプ中心線の片側において内圧が加わる部分の面積で、ガスケットの内周の線と、フランジに平行な平面上への投影図においてケーシング内面を示す線とのいずれか外側の線の外側にケーシングの厚さの0.5倍の幅をとって引いた線とポンプ中心線とで囲まれた部分の面積	mm^2
A_b	A_b	ボルト1本当たりの最小軸断面積 $A_b = (\pi/4) \cdot d_b^2$	mm^2

設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
	b	ガスケット座の有効幅	mm
	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
	d _b	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部のいずれか小さい方の径	mm
	D _g	セルフシールガスケットの外径	mm
	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G _s	ガスケット接触面の外径	mm
	H	圧力によってフランジに加わる全荷重	N
	H _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
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	—
	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	ボルトの本数	—
n	n _i	ポンプ中心線の片側にあるボルトの本数	—
	S _b	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に規定する材料の許容引張応力	MPa
W	W	ボルトに作用する引張荷重 (注：立形ポンプで評価対象ボルトに部品の自重が掛かる場合はその自重を荷重として加える)	N
W _{m1}	W _{m1}	使用状態における必要な最小ボルト荷重	N
W _{m2}	W _{m2}	ガスケット締付けに必要な最小ボルト荷重	N
y	y	ガスケット又は継手接触面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。)	MPa
	π	円周率	—
S _b	σ	耐圧部分等のうちボルト等に係るものの最高使用圧力又はガスケット締付け時のボルト荷重と釣り合う場合に生じる平均引張応力	MPa

(2) 算式

a. 円形フランジをボルト等により締め付ける場合

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

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

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

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

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

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

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

$b_o \leq 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

$b_o > 6.35 \text{ mm}$ の場合

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

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

なお、セルフシールガスケットを使用する場合は、次式を用いる。

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

$$W_{m2} = 0$$

b. うず巻ポンプであって、軸平行割りケーシングの場合上下ケーシングの締め付けボルト

の平均引張応力は、ガスケットの取付け方法に応じ、次の (a) 又は (b) の方法により計算する。

(a) 合わせ面に、平パッキンを用いる場合

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

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

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

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

(b) 合わせ面に，平面座でセルフシールガスケットを使用する場合

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

ただし，Wは次式により求める。

$$W = A_v \cdot P$$

(3) 評価

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

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

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

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
D _o	D _o	管台の外径	mm
	継手の種類		
	継手有り	同左	—
	継手無し	同左	—

(2) 算式

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

(3) 評価

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

3.9 吸込及び吐出フランジ

重大事故等クラス2ポンプについては設計・建設規格 PMC-3710 に規定されるフランジ（JIS規格（材料に係る部分を除く。）又は、設計・建設規格 別表2のいずれか）を用いる。これ以外のフランジを用いる場合は、JIS B8265 附属書3により応力計算を行い、必要な強度を有することを確認する。

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

4.1 立形ポンプの強度計算方法

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

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

(1) 記号の説明

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

(2) 算式

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

(3) 評価

最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

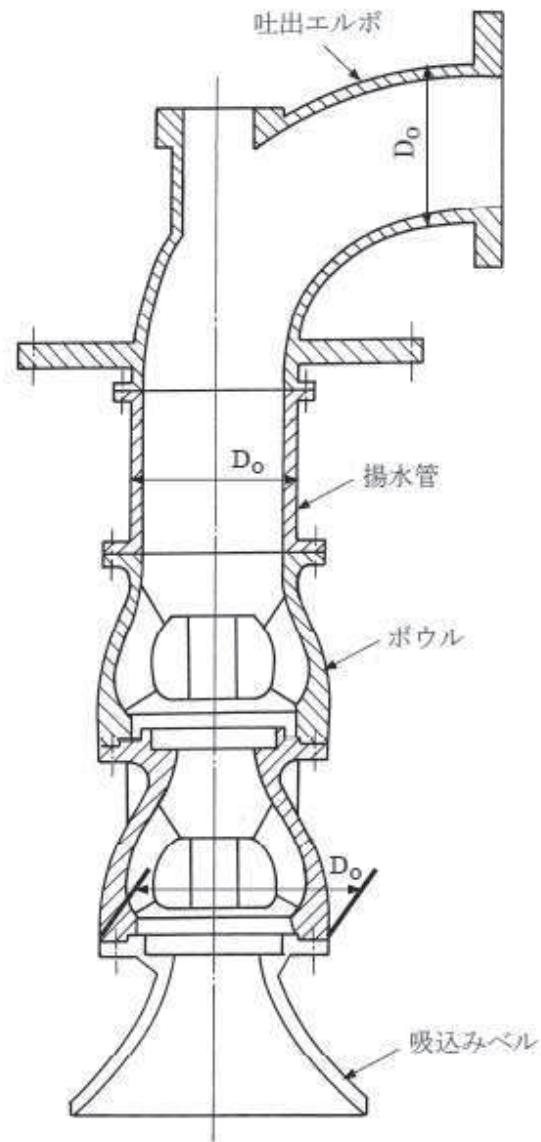


図 4-1 軸垂直割りケーシングをもった多段の立形ポンプの例
(設計・建設規格 図 PMD-3310-7)

別紙 ポンプの強度計算書のフォーマット

VI-○-○-○-○ ○○○ポンプの強度計算書

○ 2 ⑥ VI-3-2-10 R 1

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-10 重大事故等クラス2 ポンプの強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお、適用規格の選定結果について以下に示す。適用規格の選定に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

• 評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか		クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス		
		クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件		SA 条件									

目次

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

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

ターボポンプであって、ケーシングが軸垂直割りで軸対称であるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

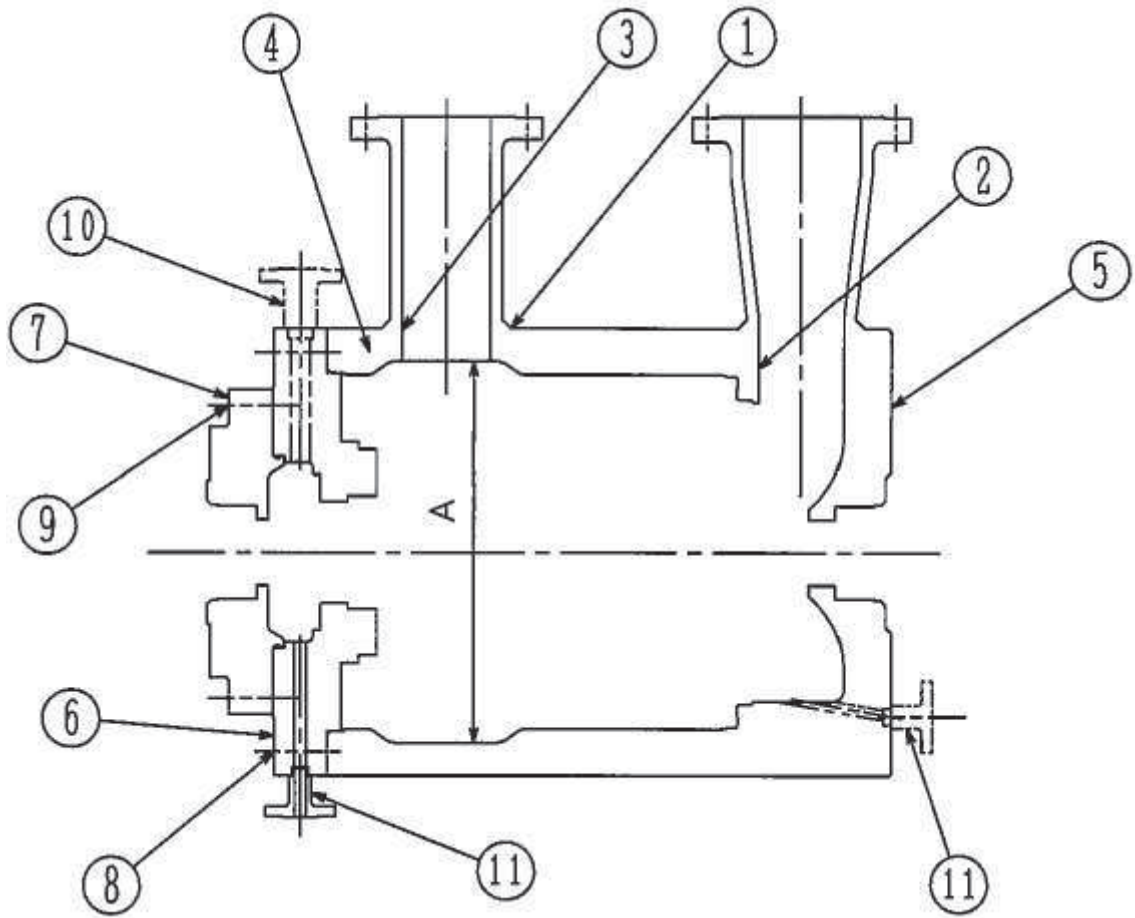


図 1-1 概要図

1.3 設計条件

設計条件	
最高使用圧力 (MPa)	
最高使用温度 (°C)	

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3320

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
①				

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格 PMC-3330

(単位：mm)

計算部位	r _i	r _m	ℓ	t	t _{ℓo}	t _ℓ
②						
③						

評価： $t_{\ell} \geq t$ ， よって十分である。

2.3 ケーシングのボルト穴

設計・建設規格 PMC-3340

(単位：mm)

計算部位	d_{bm}	a	a_{so}	a_s	X	X_{so}	X_s
④							

評価： $a_s \geq a$ ，よって十分である。

評価： $X_s \geq X$ ，よって十分である。

2.4 ケーシングカバーの厚さ

設計・建設規格 PMC-3410 (告示第501号第77条第5項第1号)

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

t (mm)	t_{so} (mm)	t_s (mm)

評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。

2.5 ボルトの平均引張応力

設計・建設規格 PMC-3510

計算部位	材料	P (MPa)	S _b (MPa)	d _b (mm)	n	A _b (mm ²)
⑧						
⑨						

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G _s (mm)	G (mm)	D _g (mm)

H (N)	H _p (N)	W _{m1} (N)	W _{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)

評価：σ ≦ S_b， よって十分である。

2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ

設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D _o (mm)
⑩				
⑪				

継手の種類	放射線透過試験の有無	η

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価の評価結果例

2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

(材料記号を記載)

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

(比較材料: J I S G ○○○○ △△△△)

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

(1) 機械的強度

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

(2) 化学的成分

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

(3) 評価結果

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

(材料記号を記載)

VI-3-2-11 重大事故等クラス 2 弁の強度計算方法

目次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準との適合性	1
1.3 強度計算書の構成とその見方	2
1.4 計算精度と数値の丸め方	3
1.5 材料の表示方法	4
2. 重大事故等クラス2弁の強度計算方法	5
2.1 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	5
2.2 フランジの強度計算	8
3. 添付図	20

別紙 重大事故等クラス2弁の強度計算書のフォーマット

1. 一般事項

1.1 概要

本資料は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス2弁が十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

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

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

(2) 設計・建設規格に計算式の規定がないフランジについては日本産業規格(以下「J I S」という。)を適用して行う。本資料との対比は、表1-2に示すとおりである。

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

a. J I S B 2238 (1996) 「鋼製管フランジ通則」

表1-1 告示第501号各条項及び設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応
(重大事故等クラス2弁)

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

注記 * : 設計・建設規格 VVC-3310 による計算は、接続管の外径が115 mmを超える弁について適用する。

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
No.	項		
J I S B 8 2 6 5 (2003)		2.2	フランジの強度計算*
「圧力容器の構造—一般事項」			
附属書 3 (規定)	3		
「圧力容器のボルト締めフランジ」			
附属書 4 (規定)	3		
「全面形非金属ガスケットを用いる			
全面座フランジ」	4		

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

1.3 強度計算書の構成とその見方

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

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 1-3 に示すとおりとする。

表 1-3 表示する数値の丸め方

	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第 2 位
	告示第 5 0 1 号別表 第 13 又は設計・建設規格別表 1-1 に規定する許容圧力	MPa	—*1 (小数点以下第 3 位)	—*1 (四捨五入)	小数点以下第 2 位
	上記以外の圧力	MPa	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
	温度	℃	—	—	整数位
応力	許容応力*2	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
	算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
	実際の長さ	mm	—	—	小数点以下第 1 位
	ボルト谷径	mm	—	—	小数点以下第 3 位
	上記以外の長さ	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位
面積	総断面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*3
	実際の断面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*3
力	弁操作力による反力	N	—	—	整数位
	上記以外の力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*3
	モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*3
	角度	°	—	—	小数点以下第 1 位

注記 *1：設計・建設規格 別表に定められる温度区分の中間の温度における許容圧力を比例法により補間して求める場合は、() 内を適用する。また、告示第 5 0 1 号別表に記載された許容圧力は、各温度の値を SI 単位に換算し、SI 単位に換算した値の小数点以下第 3 位を四捨五入して、小数点以下第 2 位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示第 5 0 1 号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値を SI 単位に換算し、SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*3：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

1.5 材料の表示方法

材料は次に従い表示するものとする。

- (1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。

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

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

相当材記号 相当 (当該材記号)

(例 1) SM400A 相当 (SMA400AP)

(例 2) SCS14A 相当 (ASME SA351 Gr. CF8M)

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

(例) SNB7 (径 \leq 63 mm)

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

(例) NON-ASBESTOS

SUS-NON-ASBESTOS

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

2. 重大事故等クラス2弁の強度計算方法

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

2.1 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算

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

(1) 記号の説明

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

告示第501号又は設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t_m	t_{m1}	ℓ の範囲内のネック部の計算上必要な厚さ	mm
t_m	t_{m2}	ℓ の範囲外及び $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$ の場合、ネック部の計算上必要な厚さ	mm
	t_{ma1}	t_{m1} に対応するネック部の最小厚さ	mm
	t_{ma2}	t_{m2} に対応するネック部の最小厚さ	mm

(2) 算式

- a. 弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの計算上必要な厚さ

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

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

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

- b. ネック部の計算上必要な厚さ

- (a) $\frac{d_n}{d_m} \leq 1.5$ の場合

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

$$t_{m1} = t$$

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

- ロ. イ. 以外のネック部の必要な厚さ

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

(b) $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$ の場合

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

(3) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

a. 弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの最小厚さ

$$t_{ab} \geq t$$

$$t_{af} \geq t$$

b. ネック部の最小厚さ

(a) $\frac{d_n}{d_m} \leq 1.5$ の場合

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

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

(b) $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$ の場合

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

2.2 フランジの強度計算

2.2.1 ボルト締めフランジ

設計・建設規格 VVC-3310 を適用する。

(1) 記号の説明

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A	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}	ガスケット締め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 (f < 1 のときの一体形フランジの場合)	mm
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b ₀	b ₀	ガスケット座の基本幅	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	係数 (= $\frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2$ (一体形フランジの場合))	mm 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
e	e	係数 (= $\frac{F}{h_0}$ (一体形フランジの場合))	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 _e	フランジに作用する機械的鉛直荷重 (弁操作力による反力)	N
f	f	ハブ応力修正係数 (J I S B 8 2 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

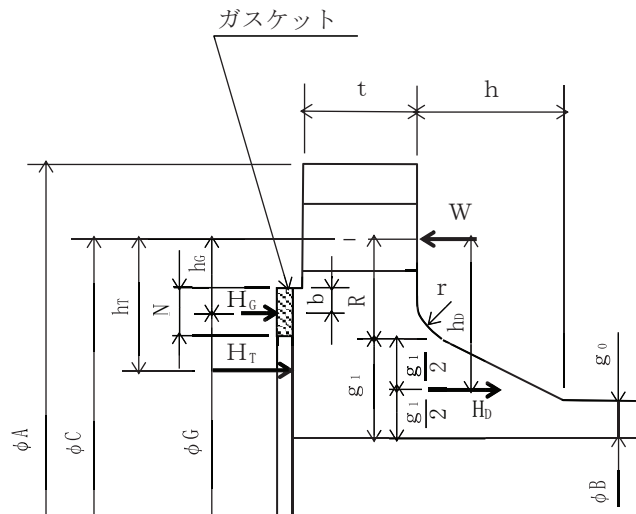
J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
g_0	g_0	ハブ先端の厚さ	mm
g_1	g_1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
h	h	ハブの長さ	mm
H_D	H_D	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
h_D	h_D	ボルト穴の中心円から H_D 作用点までの半径方向の距離	mm
H_G	H_G	ガスケット荷重	N
h_G	h_G	ボルト穴の中心円から H_G 作用点までの半径方向の距離	mm
h_o	h_o	$\sqrt{B \cdot g_o}$	mm
H_P	H_P	気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力	N
H_T	H_T	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
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 $\left(= \frac{t \cdot e + 1}{T} + \frac{t^3}{d} \right)$	—
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	—
M_D	M_D	内圧力によってフランジの内径面に加わるモーメント	N・mm
	M_e	フランジ部に作用するモーメント (駆動部の偏心荷重によるモーメント)	N・mm
M_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	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差によるモーメント	N・mm
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。)	mm

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
n	n	ボルトの本数	—
	P	最高使用圧力	MPa
	$P_{e q}$	機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	MPa
P	P_{FD}	フランジの設計圧力	MPa
R	R	ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径方向の距離	mm
T	T	$K = \left(\frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 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	—

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設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7に定める許容引張応力	MPa
σ_b	σ_b	最高使用温度におけるボルト材料の設計・建設規格付録材料図表 Part5 表7に定める許容引張応力	MPa
σ_f	σ_{fa}	常温におけるフランジ材料の設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める許容引張応力	MPa
σ_f	σ_{fb}	最高使用温度におけるフランジ材料の設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める許容引張応力	MPa
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半径方向応力	MPa*
σ_R	σ_{Ro}	使用状態でのフランジの半径方向応力	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*
	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) 算式



(JIS B 8265 附属書3 図2 b) 7)

注1:ここに示すフランジ形式は基本形式とする。

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

図2-1 一体形フランジ

a. ガスケット座の有効幅及びガスケット反力円の直径

(a) $b_o \leq 6.35$ mm の場合

$$G = G_s - N$$

$$b = b_o$$

(b) $b_o > 6.35$ mm の場合

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

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

ここで、

$$b_o = N/2$$

b. フランジ設計圧力

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

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

c. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

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

(b) ガasket縮付時に必要なボルト荷重

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

d. ボルトの総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

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

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

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

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

e. フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

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

f. 使用状態でフランジに加わる荷重

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

$$H_G = W_o - H$$

$$H_T = H - H_D$$

g. 使用状態でのフランジ荷重に対するモーメントアーム

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

ただし、 $R = \frac{C-B}{2} - g_1$

注記 * : 重大事故等クラス2弁には、一体形フランジを採用する。

h. 使用状態でフランジに作用するモーメント

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

i. ガasket縮付時にフランジに作用するモーメント

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

j. 一体形フランジの応力

(a) 使用状態でのフランジの応力

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

$$\begin{aligned} \sigma_{Hg} &= \frac{f \cdot M_g}{L \cdot g_1^2 \cdot B} \\ \sigma_{Rg} &= \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_g}{L \cdot t^2 \cdot B} \\ \sigma_{Tg} &= \frac{Y \cdot M_g}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{Rg} \end{aligned}$$

ここで,

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

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

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2$$

$$e = \frac{F}{h_o}$$

注記 *1: 設計・建設規格 VVB-3390 式(VVB-19)による。J I S B 8 2 6 5 の計算式に一次膜応力を加えたものである。

*2: $B < 20 \cdot g_1$ のときは, 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

一体形フランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

a. ボルトの総有効断面積

$$A_b > A_m$$

b. ハブの軸方向応力

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

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

c. フランジの半径方向応力

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

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

d. フランジの周方向応力

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

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

2.2.2 全面座フランジ

設計・建設規格 VVC-3310 を適用する。

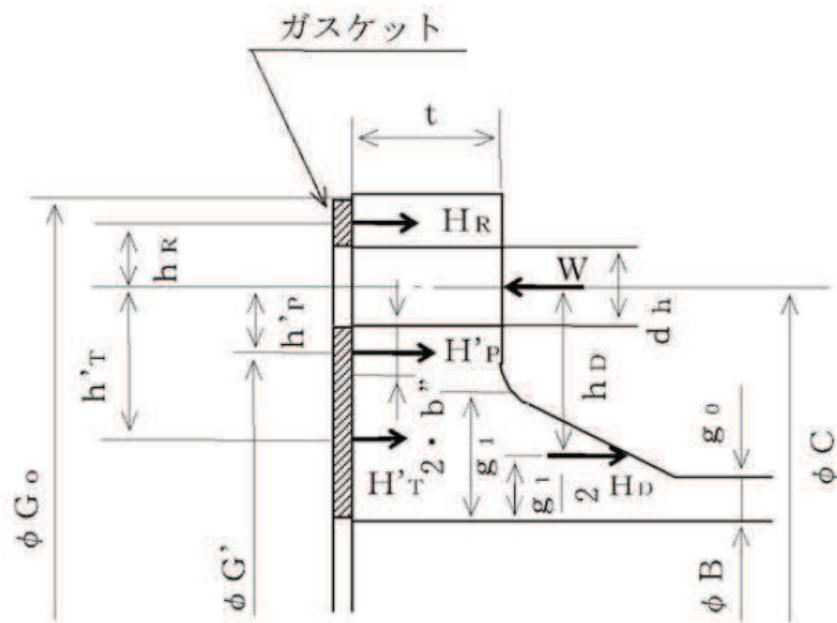
(1) 記号の説明

J I Sの記号	計算書の表示	表示内容	単位
A_b	A_b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm^2
A_m	A_m	ボルトの所要総有効断面積	mm^2
A_{m1}	A_{m1}	使用状態でのボルトの所要総有効断面積	mm^2
A_{m2}	A_{m2}	ガスケット締付時のボルトの所要総有効断面積	mm^2
B	B	フランジの内径	mm
b'_o	b'_o	$G_o - C$, ガスケット締付時におけるガスケット座の基本幅	mm
b'	b'	$4 \cdot \sqrt{b'_o}$, ガスケット締付時におけるガスケット座の有効幅	mm
$2b''$	$2 \cdot b''$	使用状態におけるガスケット座の有効幅 $2 \cdot b'' = 5 \text{ mm}$	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d_h	d_h	ボルト穴の直径	mm
d_b	d_b	ボルトのねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
G'	G'	$C - (d_h + 2 \cdot b'')$, ガスケット圧縮力 H'_P の位置の直径	mm
G_o	G_o	ガスケット外径とフランジ外径の小さい方の値	mm
g_1	g_1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H_D	H_D	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
H'	H'	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
H'_P	H'_P	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	N
H'_T	H'_T	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差	N
H_R	H_R	平衡反力	N
h_D	h_D	ボルト穴の中心円から H_D 作用点までの半径方向の距離	mm
h'_P	h'_P	ボルト穴の中心円から H'_P 作用点までの半径方向の距離	mm

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
h'_T	h'_T	ボルトの中心円から H'_T 作用点までの半径方向の距離	mm
h_R	h_R	ボルトの中心円から H_R 作用点までの半径方向の距離	mm
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	—
M_o	M_o	$H_R \cdot h_R$, 使用状態でフランジに作用する全モーメント	N・mm
n	n	ボルトの本数	—
P	P_{FD}	フランジの設計圧力	MPa
t	$t_{f\ell}$	フランジの厚さ	mm
t	t	フランジの計算厚さ	mm
W_{m1}	W_{m1}	使用状態における必要な最小ボルト荷重	N
W_{m2}	W_{m2}	ガスケット締付けに必要な最小ボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	N/mm ²
π	π	円周率	—
σ_a	σ_a	常温におけるボルト材料の設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に定める許容引張応力	MPa*
σ_b	σ_b	最高使用温度におけるボルト材料の設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に定める許容引張応力	MPa*
σ_f	σ_{fb}	最高使用温度におけるフランジ材料の設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める許容引張応力	MPa*

注記 * : J I S B 8 2 6 5 は「N/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) 算式



(J I S B 8 2 6 5 附属書 4 図 1)

注 1 : ここに示すフランジ形式は基本形式とする。

注 2 : Wは, W_{m1} 及び W_{m2} のボルト荷重を表す。

図 2-2 全面座フランジ

a. 計算上必要なボルト荷重

(a) 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

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

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

$$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P_{FD}$$

$$h_D = \frac{(C - B)}{2} - 0.5 \cdot g_1$$

$$H'_T = H' - H_D$$

$$h'_T = \frac{(C + d_h + 2 \cdot b'') - B}{4}$$

$$h'_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$$

$$h_R = \frac{G_0 - (C + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$$

(b) ガasket縮付時に必要なボルト荷重

$$W_{m2} = \pi \cdot b' \cdot C \cdot y$$

b. ボルトの所要総有効断面積及び実際に使用するボルトの総有効断面積

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{\sigma_b} \quad (\text{使用状態})$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{\sigma_a} \quad (\text{ガasket縮付時})$$

$$A_m = \text{Max} (A_{m1}, A_{m2})$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 \cdot n$$

c. フランジの計算厚さ

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_o}{\sigma_{fb} \cdot (\pi \cdot C - n \cdot d_h)}}$$

(3) 評価

全面座フランジは、以下の条件を満足すれば十分である。

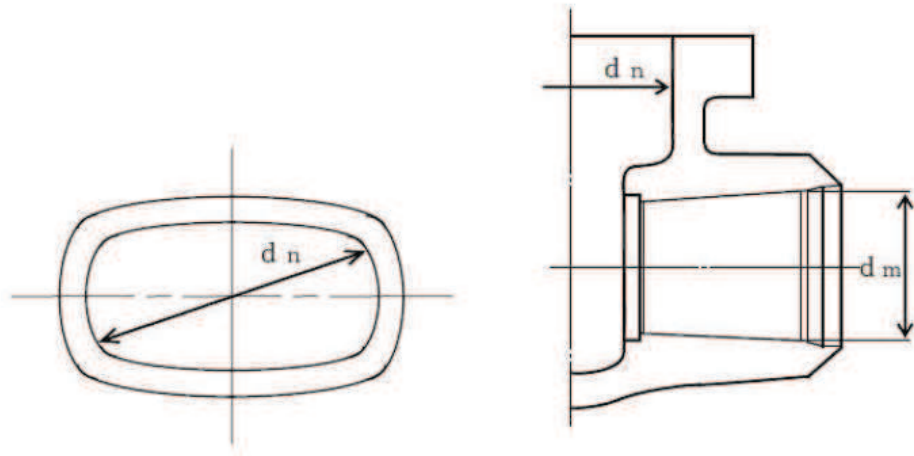
a. ボルトの総有効断面積

$$A_b > A_m$$

b. フランジの厚さ

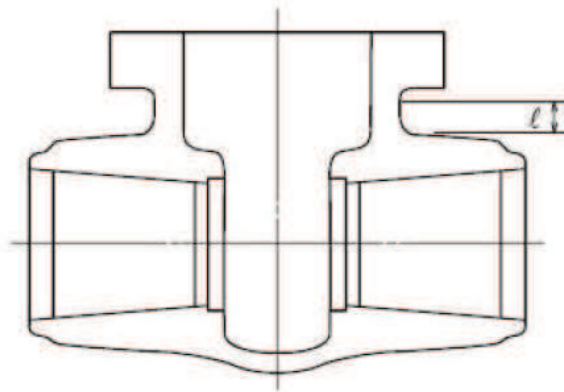
$$t_{fl} \geq t$$

3. 添付図



注：本図は設計・建設規格 VVB-3210 の解説図 VVB-3210-3 と同じ。

図 3-1 d_m 及び d_n を明示した図



l の範囲は、ネック部と流路部の交わる部分を基点として
ネック部方向にとるものとする。

注：本図は設計・建設規格 VVC-3210 の図 VVC-3210-1 と同じ。

図 3-2 ネック部の l の範囲

別紙 重大事故等クラス 2 弁の強度計算書のフォーマット

VI-*-*-*-* ○○○○○○○○○○○の強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-11 重大事故等クラス2 弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件		SA 条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)

目次

1. 重大事故等クラス2弁
1.1 設計仕様
1.2 強度計算書
1.3 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価.....

1. 重大事故等クラス2 弁

1.1 設計仕様

系統：

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト

1.2 強度計算書

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

	設計・建設規格	告示 第501号		設計・建設規格
設計条件			ネック部の厚さ	
最高使用圧力 P (MPa)			d_n (mm)	
最高使用温度 T_m (°C)			d_n / d_m	
弁箱又は弁ふたの厚さ			\varnothing (mm)	
弁箱材料			t_{m1} (mm)	
弁ふた材料			t_{m2} (mm)	
P_1 (MPa)			t_{ma1} (mm)	
P_2 (MPa)			t_{ma2} (mm)	
d_m (mm)			評価： $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。	
t_1 (mm)				
t_2 (mm)				
t (mm)				
t_{ab} (mm)				
t_{af} (mm)				
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。				

O 2 ⑥ VI-3-2-11 R 3

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

O 2 ⑥ VI-3-2-11 R 3

フランジ及びフランジボルトの応力解析			
設計条件		モーメントの計算	
P_{FD} (MPa)		H_D (N)	$\times 10^5$
P_{eq} (MPa)		h_D (mm)	
T_m (°C)		M_D (N・mm)	$\times 10^7$
M_e (N・mm)	$\times 10^6$	H_G (N)	$\times 10^5$
F_e (N)		h_G (mm)	
フランジの形式		M_G (N・mm)	$\times 10^7$
フランジ		H_T (N)	$\times 10^5$
材料		h_T (mm)	
σ_{fa} (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C)		M_T (N・mm)	$\times 10^7$
		M_o (N・mm)	$\times 10^7$
σ_{fb} (MPa) 最高使用温度 (使用状態)		M_g (N・mm)	$\times 10^8$
		フランジの厚さと係数	
A (mm)		t (mm)	
B (mm)		K	
C (mm)		h_o (mm)	
g_o (mm)		f	
g_1 (mm)		F	
h (mm)		V	
ボルト		e (mm ⁻¹)	
材料		d (mm ³)	
σ_a (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C)		L	
		T	
σ_b (MPa) 最高使用温度 (使用状態)		U	
		Y	
n		Z	
d_b (mm)		応力の計算	
ガスケット		σ_{Ho} (MPa)	
材料		σ_{Ro} (MPa)	
ガスケット厚さ (mm)		σ_{To} (MPa)	
G (mm)		σ_{Hg} (MPa)	
m		σ_{Rg} (MPa)	
y (N/mm ²)		σ_{Tg} (MPa)	
b_o (mm)		応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。	
b (mm)			
N (mm)			
G_s (mm)			
ボルトの計算			
H (N)	$\times 10^6$		
H_p (N)	$\times 10^5$		
W_{m1} (N)	$\times 10^6$		
W_{m2} (N)	$\times 10^5$		
A_{m1} (mm ²)	$\times 10^3$		
A_{m2} (mm ²)	$\times 10^3$		
A_m (mm ²)	$\times 10^3$		
A_b (mm ²)	$\times 10^4$		
W_o (N)	$\times 10^6$		
W_g (N)	$\times 10^6$		
評価： $A_m < A_b$		よって十分である。	

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価結果例

1.3 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

弁番号 F001 (使用材料規格：J I S G ○○○○ △△△△) の評価結果

(比較材料：J I S G ○○○○ △△△△)

弁番号 F001 に使用している△△△△は、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学的成分を比較し、同等であることを示す。

(材料記号を記載)

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370 N/mm ² 以上	215 N/mm ² 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370 N/mm ² 以上	215 N/mm ² 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ～ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ～ 0.35	0.30 ～ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>Si, P, S の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないと考ええる。</p> <p>Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。</p> <p>P：冷間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉(16 mm 未満)であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>S：熱間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉(16 mm 未満)であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊脆性試験が要求されない範囲であること。</p>									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により、機械的強度、化学的成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、△△△△を重大事故等クラス2弁の材料として使用することに問題ない。

(材料記号を記載)

VI-3-2-12 重大事故等クラス 2 支持構造物（容器）の強度計算方法

目 次

1. 概要	1
2. 重大事故等クラス2支持構造物（容器）の強度計算方法	2
2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法	2
2.1.1 記号の定義	2
2.1.2 強度計算方法	4
3. 強度計算書のフォーマット	10
3.1 強度計算書のフォーマットの概要	10
3.2 記載する数値に関する注意事項	10
3.3 強度計算書のフォーマット	10

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス2 容器を支持する支持構造物であって、重大事故等クラス2 容器に溶接により取り付けられ、その損壊により重大事故等クラス2 容器に損壊を生じさせるおそれがある重大事故等クラス2 支持構造物（容器）（以下「重大事故等クラス2 支持構造物（容器）」という。）が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する規格の規定に基づく強度計算方法について説明するものであり、重大事故等クラス2 支持構造物（容器）の強度計算方法及び強度計算書のフォーマットにより構成する。

適用する規格は、昭和 55 年通商産業省告示第 5 0 1 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 5 0 1 号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7 ）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

なお、告示第 5 0 1 号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の 2 つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認した。そのため、設計・建設規格による評価を行う。

2. 重大事故等クラス2支持構造物（容器）の強度計算方法

2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法

2.1.1 記号の定義

重大事故等クラス2支持構造物（容器）の一次応力計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
一次応力計算に使用するもの	A	mm ²	支持構造物の断面積
	A _f	mm ²	圧縮フランジの断面積
	A _s	mm ²	支持構造物のせん断断面積
	A _{s f}	mm ²	圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面の断面積
	b	mm	支持脚フランジ幅
	C	—	許容曲げ応力算出の際に用いる係数
	D _i	mm	スカートの内径
	D _j	mm	スカートに設けられた開口部の穴径 (j=1, 2, 3, …)
	E	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定される材料の縦弾性係数
	F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値
	F _c	N	鉛直荷重
	F _s	N	せん断荷重
	f _b	MPa	許容曲げ応力
	f _c	MPa	許容圧縮応力
	f _s	MPa	許容せん断応力
	f _t	MPa	許容引張応力
	g	m/s ²	重力加速度
	h	mm	はりのせい
	I	mm ⁴	座屈軸まわりの断面二次モーメント
	i	mm	座屈軸についての断面二次半径
	i _f	mm	圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの断面二次半径
	I _{s f}	mm ⁴	圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの断面二次モーメント
	ℓ	mm	支持構造物の長さ
ℓ _c *	mm	支持脚中立軸間距離	
ℓ _k	mm	座屈長さ	

	記号	単位	定義
一次応力計算に使用するもの	l_1	mm	フレームから胴の中心までの長さ又は支持構造物の長さ
	M	N・mm	曲げモーメント
	M ₁	N・mm	座屈端部における曲げモーメント (大きい方, $M_1 \geq M_2$)
	M ₂	N・mm	座屈端部における曲げモーメント (小さい方, $M_1 \geq M_2$)
	m ₀	kg	容器の有効運転質量
	N	—	スカート開口部個数, 支持脚本数又はラグ本数
	t	mm	スカート厚さ
	t ₁	mm	支持構造物のフランジ厚さ
	t ₂	mm	支持構造物のウェブ厚さ
	Y	mm	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ
	Z	mm ³	支持構造物の断面係数
	Λ	—	限界細長比
	λ	—	圧縮材の有効細長比
	ν	—	許容圧縮応力算出の際に用いる係数
	τ	MPa	一次せん断応力
σ_b	MPa	一次曲げ応力	
σ_c	MPa	一次圧縮応力	

注記* : 長手方向及び横方向の区別がある機器の場合は, 長手方向 l_{c1} , 横方向 l_{c2} とする。

2.1.2 強度計算方法

ここでは、重大事故等クラス2支持構造物（容器）のスカート部、脚部及びラグ部の評価に必要な一次応力及びその計算方法を示す。

材料の設計降伏点は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8及び設計引張強さは設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9により容器の最高使用温度に応じた値を用いる。設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8及び表9記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算し、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は、設計・建設規格に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1) 評価応力（設計・建設規格 SSC-3010）

項目	適用規格番号	評価	
一次応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	引張応力	支持構造物に引張応力が作用しないので評価を省略する。
		せん断応力	ラグ支持のみ評価を行う。 脚支持及びスカート支持にはせん断応力が作用しないので評価を省略する。
		圧縮応力	脚支持及びスカート支持について評価を行う。 ラグ支持には圧縮応力が作用しないので評価を省略する。
		曲げ応力	脚支持及びラグ支持について評価を行う。 スカート支持には曲げモーメントが作用しないので評価を省略する。
		支圧応力	構造上支圧応力が発生するものはないので評価を省略する。
		組合せ応力	脚支持のみ評価を行う。 スカート支持には、圧縮応力しか作用しない。またラグ支持には、せん断応力と曲げ応力しか作用しないので評価を省略する。

(2) スカート部の応力計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次圧縮応力は、以下の計算式により求められる許容圧縮応力以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次圧縮応力	—	$F_c = m_0 \cdot g$ $\sigma_c = \frac{F_c}{A}$
許容圧縮応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>(1) 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 ($\lambda \leq \Lambda$の場合)</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \quad *1, *2, *3$ <p>(2) 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 ($\lambda > \Lambda$の場合)</p> $f_c = 0.277 \cdot F \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \quad *1, *2$ <p>(3) 圧延形鋼又は溶接 I 型鋼の断面形状を用いるものはないので記載を省略する。</p>

注記*1： λ は、圧縮材の有効細長比で、 $\lambda = \frac{l_k}{i}$ より求める。

l_k は、座屈長さで、設計・建設規格 解説表 SSB-3121-1 座屈長さ l_k より求める。

i は、座屈軸についての断面二次半径で、 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ より求める。

I は、支持構造物の断面二次モーメントで、次式により求める。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t - \frac{1}{4} \cdot (D_i + t)^2 \cdot t \cdot Y$$

A は、支持構造物の断面積で、次式により求める。

$$A = \{ \pi \cdot (D_i + t) - Y \} \cdot t$$

Y は、スカート開口部の水平断面における最大円周長さで、次式により求める。

$$Y = \sum_{j=1}^N \left\{ (D_i + t) \cdot \sin^{-1} \left(\frac{D_j}{D_i + t} \right) \right\}$$

*2： Λ は、限界細長比で、 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}}$ より求める。

*3： ν は、許容圧縮応力算出の際に用いる係数で、 $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ より求める。

(3) 脚部の応力計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価は、以下の計算式により求められる許容値以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次圧縮応力	—	$F_c = \frac{m_0}{N} \cdot g$ $\sigma_c = \frac{F_c}{A}$
一次曲げ応力	—	$M = \frac{m_0 \cdot g \cdot \ell_c}{2 \cdot N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$
許容圧縮応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>(1) 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 ($\lambda \leq \Lambda$ の場合)</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \quad *1, *2, *3$ <p>(2) 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 ($\lambda > \Lambda$ の場合)</p> $f_c = 0.277 \cdot F \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \quad *1, *2$ <p>(3) 圧延形鋼又は溶接 I 型鋼の断面形状を用いるものはないので記載を省略する。</p>
許容曲げ応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>(1) $f_t = \frac{F}{1.5}$</p> <p>(2) 荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼であって強軸まわりに曲げを受けるものは以下の 2 つの計算式により計算した値のうちいずれか大きい方の値又は(1)に定める値のいずれか小さい方の値</p> $f_b = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{\ell^2}{C \cdot \Lambda^2 \cdot i f^2} \right\} \cdot f_t \quad *2, *4$ $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell \cdot h}$ <p>(3) みぞ形断面のもの、荷重面内に対称軸を有しない圧延形鋼及び溶接組立鋼の場合は以下の計算した値又は(1)に定める値のいずれか小さい方の値</p> $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell \cdot h}$
組合せ評価	設計・建設規格 SSC-3121.1	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$

注記*1： λ は、圧縮材の有効細長比で、 $\lambda = \frac{\ell_k}{i}$ より求める。

l_k は、座屈長さで、設計・建設規格 解説表 SSB-3121-1 座屈長さ l_k より求める。

i は、座屈軸についての断面二次半径で、 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ より求める。

I は、支持構造物の断面二次モーメントで、H型鋼の場合は次式により求める。

$$I = \frac{1}{12} \cdot \left\{ b \cdot h^3 - (h - 2 \cdot t_1)^3 \cdot (b - t_2) \right\}$$

A は、支持構造物の断面積で、H型鋼の場合は次式により求める。

$$A = 2 \cdot t_1 \cdot (b - t_2) + h \cdot t_2$$

*2: Λ は、限界細長比で、 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}}$ より求める。

*3: ν は、許容圧縮応力算出の際に用いる係数で、 $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$ より求める。

*4: i_{sf} は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわり

の断面二次半径で、 $i_{sf} = \sqrt{\frac{I_{sf}}{A_{sf}}}$ より求める。

I_{sf} は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの断面二次モーメントで、次式により求める。

$$I_{sf} = \frac{1}{12} \cdot \left\{ b^3 \cdot t_1 + \left(\frac{h}{6} - t_1\right) \cdot t_2^3 \right\}$$

A_{sf} は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面の断面積で、次式により求める。

$$A_{sf} = b \cdot t_1 + \left(\frac{h}{6} - t_1\right) \cdot t_2$$

C は、次の計算式により計算した値又は2.3のうちいずれか小さい値。(座屈区間中間の強軸まわりの曲げモーメントが M_1 より大きい場合は、1とする。)

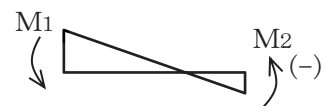
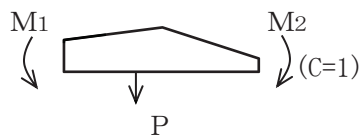
$$C = 1.75 - 1.05 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1}\right) + 0.3 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^2$$

ここで、 $M_1 \geq M_2$ であり、 $(M_2/M_1) \leq 1$ とする。

① 座屈区間内に最大曲げあり

② 単曲率

③ 複曲率



(4) ラグ部の応力計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次せん断応力及び一次曲げ応力は、以下の計算式により求められる許容値以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次せん断 応力	—	$F_s = \frac{m_0}{N} \cdot g$ $\tau = \frac{F_s}{A_s}$
一次曲げ応力	—	$M = \frac{m_0 \cdot g \cdot \ell_1}{N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$
許容せん断 応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$
許容曲げ応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>(1) $f_t = \frac{F}{1.5}$</p> <p>(2) 荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼であって強軸まわりに曲げを受けるものは以下の2つの計算式により計算した値のうちいずれか大きい方の値又は(1)に定める値のいずれか小さい方の値</p> $f_b = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{\ell^2}{C \cdot \Lambda^2 \cdot i_f^2} \right\} \cdot f_t \quad *1, *2$ $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell \cdot h}$ <p>(3) みぞ形断面のもの、荷重面内に対称軸を有しない圧延形鋼及び溶接組立鋼の場合は以下の計算した値又は(1)に定める値のいずれか小さい方の値</p> $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell \cdot h}$

注記*1: Λ は、限界細長比で、 $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}}$ より求める。

*2: i_f は、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわり

の断面二次半径で、 $i_f = \sqrt{\frac{I_{sf}}{A_{sf}}}$ より求める。

I_{sf} は、支持構造物の断面二次モーメントで、圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸まわりの場合は次式により求める。

$$I_{sf} = \frac{1}{12} \cdot \left\{ b^3 \cdot t_1 + \left(\frac{h}{6} - t_1 \right) \cdot t_2^3 \right\}$$

A_{sf} は、圧縮フランジとほりのせいの6分の1とからなるT型断面の断面積で、次式により求める。

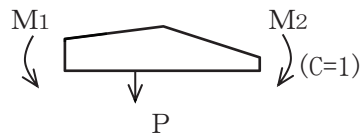
$$A_{sf} = b \cdot t_1 + \left(\frac{h}{6} - t_1 \right) \cdot t_2$$

C は、次の計算式により計算した値又は2.3のうちいずれか小さい値。(座屈区間中間の強軸まわりの曲げモーメントが M_1 より大きい場合は、1とする。)

$$C = 1.75 - 1.05 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^2$$

ここで、 $M_1 \geq M_2$ であり、 $(M_2/M_1) \leq 1$ とする。

① 座屈区間内に最大曲げあり



② 単曲率



③ 複曲率



3. 強度計算書のフォーマット

3.1 強度計算書のフォーマットの概要

強度計算書のフォーマットは、重大事故等クラス2支持構造物（容器）を構成する部材について下記3.3項のフォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

3.2 記載する数値に関する注意事項

計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の記入欄には として記載する。

3.3 強度計算書のフォーマット

強度計算書のフォーマットは、以下のとおりである。

FORMAT-1 一次圧縮応力評価

FORMAT-2 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

FORMAT-3 一次せん断応力及び一次曲げ応力評価

(1) クラス2支持構造物（容器）の規定に基づく強度計算

FORMAT-1

〇〇の強度計算書

(1) 一次圧縮応力評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F _c (N)	断面積 A (mm ²)	一次圧縮応力 σ _c (MPa)	許容圧縮応力 f _c (MPa)	評価

〇〇 支持構造物の強度計算説明図

FORMAT-2

〇〇の強度計算書

(1) 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F _c (N)	断面積 A (mm ²)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)

一次圧縮応力 σ _c (MPa)	許容圧縮応力 f _c (MPa)	一次曲げ応力 σ _b (MPa)	許容曲げ応力 f _b (MPa)	組合せ評価 $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$	評価

〇〇 支持構造物の強度計算説明図

〇〇の強度計算書

(1) 一次せん断応力評価

種類	ラグ本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	せん断荷重 F_s (N)	せん断断面積 A_s (mm ²)	一次せん断応力 τ (MPa)	許容せん断応力 f_s (MPa)	評価

(2) 一次曲げ応力評価

種類	ラグ本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)	一次曲げ応力 σ_b (MPa)	許容曲げ応力 f_b (MPa)	評価

〇〇 支持構造物の強度計算説明図

VI-3-2-13 重大事故等クラス2 支持構造物（ポンプ）の強度計算方法

目次

1. 概要	1
2. 重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の強度計算方法	2
2.1 クラス2支持構造物の規定に基づく強度計算方法	2
2.1.1 記号の定義	2
2.1.2 強度計算方法	3
3. 強度計算書のフォーマット	7
3.1 強度計算書のフォーマットの概要	7
3.2 記載する数値に関する注意事項	7
3.3 強度計算書のフォーマット	7

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス 2 ポンプを支持する支持構造物であって、重大事故等クラス 2 ポンプに溶接により取り付けられ、その損壊により重大事故等クラス 2 ポンプに損壊を生じさせるおそれがある重大事故等クラス 2 支持構造物（ポンプ）（以下「重大事故等クラス 2 支持構造物（ポンプ）」という。）が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する規格の規定に基づく強度計算方法について説明するものであり、重大事故等クラス 2 支持構造物（ポンプ）の強度計算方法及び強度計算書のフォーマットにより構成する。

適用する規格は、昭和 55 年通商産業省告示第 5 0 1 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 5 0 1 号」という。）又は発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

なお、告示第 5 0 1 号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の 2 つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認した。そのため、設計・建設規格による評価を行う。

2. 重大事故等クラス2 支持構造物（ポンプ）の強度計算方法

2.1 クラス2 支持構造物の規定に基づく強度計算方法

2.1.1 記号の定義

重大事故等クラス2 支持構造物（ポンプ）の一次応力計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
一次応力計算に使用するもの	A_f	mm^2	圧縮フランジの断面積
	A_s	mm^2	取付ラグの断面積
	b	mm	取付ラグの幅
	E	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定する材料の縦弾性係数
	F	MPa	設計・建設規格 SSB-3121.1により規定される値
	f_b	MPa	許容曲げ応力
	f_t	MPa	許容引張応力
	F_c	N	取付ラグ1個にかかる最大の鉛直荷重
	f_s	MPa	許容せん断応力
	h	mm	はりのせい
	I	mm^4	断面二次モーメント
	Λ	—	限界細長比
	C	—	許容曲げ応力算定に用いる係数
	i	mm	圧縮フランジとはりのせいの1/6とからなるT型断面のウェッジ軸まわりの断面二次半径
	ℓ_b	mm	圧縮フランジの支点間距離
	M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	取付ラグにかかる曲げモーメント
	t_1	mm	取付ラグの厚さ（側板）
	t_2	mm	取付ラグの厚さ（底板）
	W	kg	内部流体質量を含むポンプ質量
	Z	mm^3	取付ラグの断面係数
σ_b	MPa	一次曲げ応力	
σ_s	MPa	一次せん断応力	

2.1.2 強度計算方法

ここでは、重大事故等クラス 2 支持構造物（ポンプ）の取付ラグ部について評価が必要な一次応力及びその計算方法を示す。

材料の設計降伏点は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 及び設計引張強さは設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 によりポンプの最高使用温度に応じた値を用いる。設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は設計・建設規格に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1) 評価応力（設計・建設規格 SSC-3010）

今回申請する支持構造物（ポンプ）については、以下のとおり評価する。

項目		適用規格番号	評価
一次応力	引張応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	支持構造物に引張力が作用しないので評価を省略する。
	せん断応力		評価を行う。
	圧縮応力		支持構造物に圧縮力が作用しないので評価を省略する。
	曲げ応力		評価を行う。
	支圧応力		構造上支圧応力が発生するものはないので評価を省略する。
	組合せ応力		支持構造物に引張応力が生じないことから、せん断応力、曲げ応力との組合せは省略する。

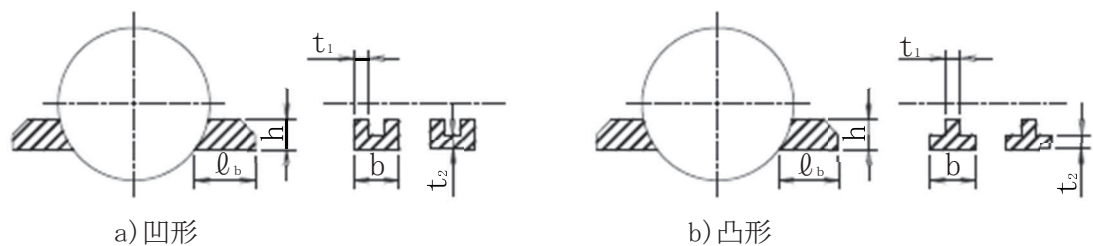


図 2-1 支持構造物の形状例

(2) 一次応力及び許容応力の計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次応力は、下記計算式により求められる許容応力以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次せん断応力	—	$\sigma_s = \frac{F_c}{A_s} \quad *1, *2$
許容せん断応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_s = \frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$
一次曲げ応力	—	$M = F_c \cdot \ell_b$ $\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad *3, *4$
許容曲げ応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	<p>荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼および溶接組立鋼であって強軸まわりに曲げを受けるもの（箱形断面のものを除く）については、下記の f_b 算出式で大きい方の値、または f_t と比較して小さい方の値</p> $f_b = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{\ell_b^2}{C \cdot \Lambda^2 \cdot i^2} \right\} \cdot f_t \quad *5, *6$ $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell_b \cdot h} \quad *7$ $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼および溶接組立鋼であって弱軸まわりに曲げを受けるもの</p> $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>みぞ形断面のもの、荷重面内に対称軸を有しない圧延形鋼および溶接組立鋼の場合には、下記の f_b 算出式による値または f_t と比較して小さい方の値</p> $f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell_b \cdot h} \quad *7$ $f_t = \frac{F}{1.5}$

注記 *1: F_c は、各支持構造物にかかる荷重で最も大きい値を用いる。支持構造物にかかる荷重は、 W をポンプの重心位置及び支持構造物の間隔により比例配分することにより算出する。

*2: A_s は、取付ラグの断面積で、凹形は $A_s = 2 \cdot t_1 \cdot (h - t_2) + b \cdot t_2$

凸形は $A_s = t_1 \cdot (h - t_2) + b \cdot t_2$ より求める。

*3: 【凹形】 Z は、取付ラグの断面係数で、 $Z_1 = \frac{I}{e_1}$ と $Z_2 = \frac{I}{e_2}$ のうち小さい方の値を用いる。

e_1 、 e_2 は、中立軸までの距離で、次式により求まる。

$$e_1 = h - e_2$$

$$e_2 = \frac{2 \cdot h^2 \cdot t_1 + t_2^2 \cdot (b - 2 \cdot t_1)}{2 \cdot \{b \cdot t_2 + (h - t_2) \cdot 2 \cdot t_1\}}$$

I は、断面二次モーメントで、次式により求まる。

$$I = \frac{1}{3} \cdot \{2 \cdot t_1 \cdot e_1^3 + b \cdot e_2^3 - (b - 2 \cdot t_1) \cdot (e_2 - t_2)^3\}$$

*4: 【凸形】 Z は、取付ラグの断面係数で、 $Z_1 = \frac{I}{e_1}$ と $Z_2 = \frac{I}{e_2}$ のうち小さい方の値を用いる。

e_1 、 e_2 は、中立軸までの距離で、次式により求まる。

$$e_1 = h - e_2$$

$$e_2 = \frac{h^2 \cdot t_1 + t_2^2 \cdot (b - t_1)}{2 \cdot \{b \cdot t_2 + (h - t_2) \cdot t_1\}}$$

I は、断面二次モーメントで、次式により求まる。

$$I = \frac{1}{3} \cdot \{t_1 \cdot e_1^3 + b \cdot e_2^3 - (b - t_1) \cdot (e_2 - t_2)^3\}$$

*5: C は、許容曲げ応力算定に用いる係数で、次式により計算した値または2.3のうちいずれか小さい値(座屈区間中間の強軸まわりの曲げモーメントが M_1 より大きい場合は1とする)。 M_2 および M_1 は、それぞれの座屈区間端部における強軸まわりの曲げモーメント。この場合において、 M_2 と M_1 の比は、1より小さいものとし、単曲率の場合を正に、複曲率の場合を負とする。

$$C = 1.75 - 1.05 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^2$$

*6: i は、圧縮フランジとほりのせいの $1/6$ とからなる T 型断面のウェブ軸まわりの断面二次半径。

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I は、断面二次モーメントで、次式により求まる。

$$I = \frac{1}{12} \cdot t_2 \cdot b^3 + \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{h}{6} - t_2 \right) \cdot t_1^3$$

A は、断面積で、次式により求まる。

$$A = t_2 \cdot (b - t_1) + \frac{h}{6} \cdot t_1$$

*7: A_f は、圧縮フランジの断面積で、 $A_f = t_2 \cdot b$ より求める。

3. 強度計算書のフォーマット

3.1 強度計算書のフォーマットの概要

強度計算書のフォーマットは、重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）を構成する部材について以下の3.3項のフォーマットを用い、フォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

3.2 記載する数値に関する注意事項

計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄には

—

 として記載する。

3.3 強度計算書のフォーマット

強度計算書のフォーマットは、次のとおりである。

FORMAT-1 支持構造物（ポンプ）の強度計算書

〇〇の強度計算書

〇〇ポンプ 支持構造物 (△△形)

(1) 一次せん断応力評価

種類	脚本数	材料	最 高 使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F _c (N)	断面積 A _s (mm ²)	一次せん断応力 σ _s (MPa)	許容せん断応力 f _s (MPa)	評価

(2) 一次曲げ応力評価

種類	脚本数	材料	最 高 使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F _c (N)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)	一次曲げ応力 σ _b (MPa)	許容曲げ応力 f _b (MPa)	評価

VI-3-2-14 重大事故等クラス 3 機器の強度評価方法

目次

1. 概要	1
2. 重大事故等クラス3機器の強度評価方法	2
2.1 完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評価方法	2
2.2 重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評価方法	29
3. 強度評価書のフォーマット	31
3.1 強度評価書のフォーマットの概要	31
3.2 強度評価書のフォーマット	31
別紙1 設計・建設規格に定められたクラス3管の規定を準用した強度計算結果の概略系統図記載要領	

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-1-6 重大事故等クラス3機器の強度評価の基本方針」に基づき、完成品を除く重大事故等クラス3機器が十分な強度を有すことを確認するための方法として参考にする「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1 - 2005/2007（日本機械学会）」（以下「設計・建設規格」という。）のクラス3機器の規定に基づく強度計算方法及び重大事故等クラス3機器のうち完成品が一般産業品の規格及び基準に適合していることを確認するための強度評価方法について説明するものであり、重大事故等クラス3機器の強度評価方法及び強度評価書のフォーマットにより構成する。

2. 重大事故等クラス 3 機器の強度評価方法

2.1 完成品を除く重大事故等クラス 3 機器の強度評価方法

対象となる重大事故等クラス 3 機器のうち、設計・建設規格に定められたクラス 3 管の規定を準用して強度計算を実施する管については、設計・建設規格 PPD-1000 クラス 3 管に準拠した重大事故等クラス 3 管の強度計算を実施する。ここでは、その方法及び計算式について説明する。

耐圧試験による強度評価を実施する管継手については、設計・建設規格で考慮されている裕度を参考にしつつ、実条件を踏まえた耐圧試験を実施し、その結果の確認により強度評価を実施する。

2.1.1 基本板厚計算方法

2.1.1.1 一般事項

2.1.1.1.1 概要

本評価方法は、発電用原子力設備のうち重大事故等クラス 3 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。

2.1.1.1.2 適用規格及び基準との適合性

(1) 強度計算は、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表 1-1 に示すとおりである。

(2) 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 PPD-3415）

- a. J I S B 2 3 0 1 (2001) 「ねじ込み式可鍛鉄製管継手」
- b. J I S B 2 3 0 2 (1998) 「ねじ込み式鋼管製管継手」
- c. J I S B 2 3 0 3 (1995) 「ねじ込み式排水管継手」
- d. J I S B 2 3 1 1 (2001) 「一般配管用鋼製突合せ溶接式管継手」
- e. J I S B 2 3 1 2 (2001) 「配管用鋼製突合せ溶接式管継手」
- f. J I S B 2 3 1 3 (2001) 「配管用鋼板製突合せ溶接式管継手」
- g. J I S B 2 3 1 6 (1997) 「配管用鋼製差込み溶接式管継手」
- h. J I S G 3 4 5 1 (1987) 「水輸送用塗覆装鋼管の異形管」
- i. J I S G 5 5 2 7 (1998) 「ダクタイル鉄異形管」

(3) 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 PPD-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」

(4) 管の接続

管と管を接続する場合は、設計・建設規格 PPD-3430 により溶接継手、フランジ継手、ねじ込み継手又は機械的継手（メカニカルジョイント、ピクトリックジョイント等であって当該継手が十分な強度を有する機械的な締付けにより行われ、かつ、漏えいを防止する方法によるものに限る。）とする。ただし、継手部に著しい配管反力が生じる場合は、ねじ込み継手又は機械的継手としない。

表 1-1 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
PPD-3411 (直管) PPD-3411(1) PPD-3411(3) PPD-3412 (曲げ管) PPD-3411 (直管) を準用する。	2.1.1.2.2	管の板厚計算
PPD-3420 (穴と補強) PPD-3421 PPD-3422 PPD-3423 PPD-3424	2.1.1.2.3	管の穴と補強計算

2.1.1.1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本計算方法の 2.1.1 項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、本計算方法の 2.1.1.2 項によるものとする。
- (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。

2.1.1.1.4 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 1-2 に示すとおりとする。

表 1-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	下記以外の圧力	MPa	小数点以下第 3 位	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
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
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
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
角度		°	小数点以下第 2 位 (小数点以下第 1 位) ^{*3}	四捨五入	小数点以下第 1 位 (整数位) ^{*3}

注記 *1: 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。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3: 管の穴と補強計算の主管と分岐管とのなす角度に用いる。

2.1.1.1.5 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 SA-387 Gr. 11C1.1)

- (2) 管の強度計算書において管の製造方法の区別を表示するので、材料表示としては、製造方法の区別を特に表示しない。

(継目無管：S，溶接管：W)

- (3) 強度区分により許容引張応力の値が異なる場合、材料記号の後に J I S で定める強度区分を付記する。

(例)

設計・建設規格の表示	計算書の表示
SCMV3 (付録材料図表 Part5 表 5 の許容引張応力の上段)	SCMV3-1
SCMV3 (付録材料図表 Part5 表 5 の許容引張応力の下段)	SCMV3-2

- (4) 使用する厚さ又は径等によって許容引張応力の値が異なる場合、材料記号の後に該当する厚さ又は径等の範囲を付記して表示する。

(例) SS400 (16 mm < 径 ≤ 40 mm)

- (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。

2.1.1.1.6 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。

2.1.1.2 重大事故等クラス3管の強度計算方法

2.1.1.2.1 共通記号

特定の計算に限定せず、一般的に使用する記号を共通記号として次に掲げる。

なお、以下に示す記号のうち、各計算において説明しているものはそれに従う。

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	NO.	管及び管の穴の番号 数字のみ：管 T：管の穴	—
P	P	最高使用圧力（内圧）	MPa
	Q	厚さの負の許容値	%, mm
η	η	継手の効率 管は設計・建設規格 PVD-3110 による。	—

2.1.1.2.2 管の板厚計算

管の板厚計算は、設計・建設規格 PPD-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
D_o	D_o	管の外径	mm
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
t	t	管の計算上必要な厚さ	mm
	t_r	管に必要な厚さ	mm
	t_s	管の最小厚さ	mm
	t_t	炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ	mm
	算式	t_r として用いる値の算式	—
	製法		—
	S	継目無管	
	W	溶接管	

(2) 算式

管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPD-3411(1)の式より求めた値：t

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \dots\dots\dots (A)$$

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な厚さ：t_t

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値……(B)

(3) 評価

t 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) ≥ 管に必要な厚さ (t_r) 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 項及び b 項の文字 A 及び B 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。

2.1.1.2.3 管の穴と補強計算

管の穴と補強計算は、設計・建設規格 PPD-3420 を適用する。

(1) 記号の説明

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
直管 又は 曲げ管 の記号	D	D_{or}	主管の外径	mm
	d	d	断面に現れる穴の径	mm
	d	d_{fr}	補強を要しない穴の最大径	mm
	K	K	穴の補強計算の係数 $\left(= \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r} \right)$	—
		Q_r	主管の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S_r	最高使用温度における主管の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
	t_s	t_r	主管の最小厚さ	mm
		t_{ro}	主管の公称厚さ	mm
	t_{sr}, t_{r3}	t_{rr}	主管の計算上必要な厚さ	mm
	η	η	継手の効率 穴が管の長手継手を通る場合 設計・建設規格 PVD-3110 に規定する効率 その他の場合は 1.00 とする。	—

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
共通記号 (管の穴と補強計算)	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 _{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	A _{s r}	2つの穴の間の主管に必要な断面積	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の2分の1の面積	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	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	d _{r 2}	補強を要しない穴の最大径	mm	
	F	F	設計・建設規格 PPD-3424(1)b.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	—		

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
共通記号 (管の穴と補強計算)		L	2つの穴の径の平均値の1.5倍の値	mm	
		L _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	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	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa	
	S	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa	
		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 _{nr}	t _{br}	管台の計算上必要な厚さ	mm	
		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		

注記 * : 設計・建設規格の図 PPD-4000-4 による。

	設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)	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，設計・建設規格 PPD-3421(2)により円形又はだ円形であること。

b. 管台の取付け形式

図 2-1～図 2-3 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。

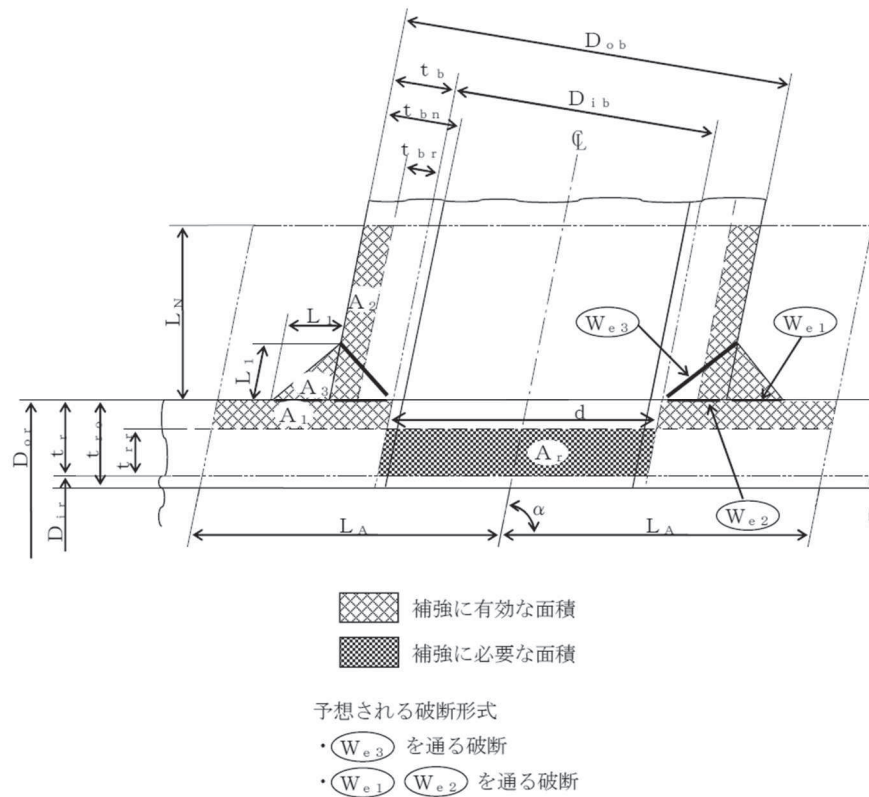


図 2-1 A形（強め材のない場合）

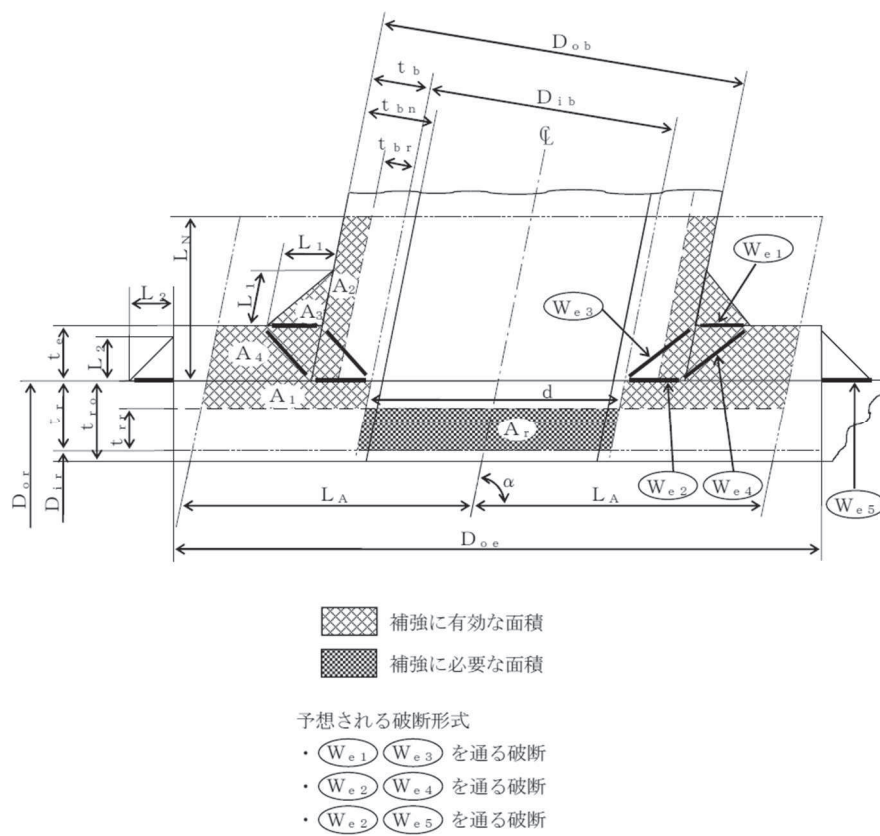
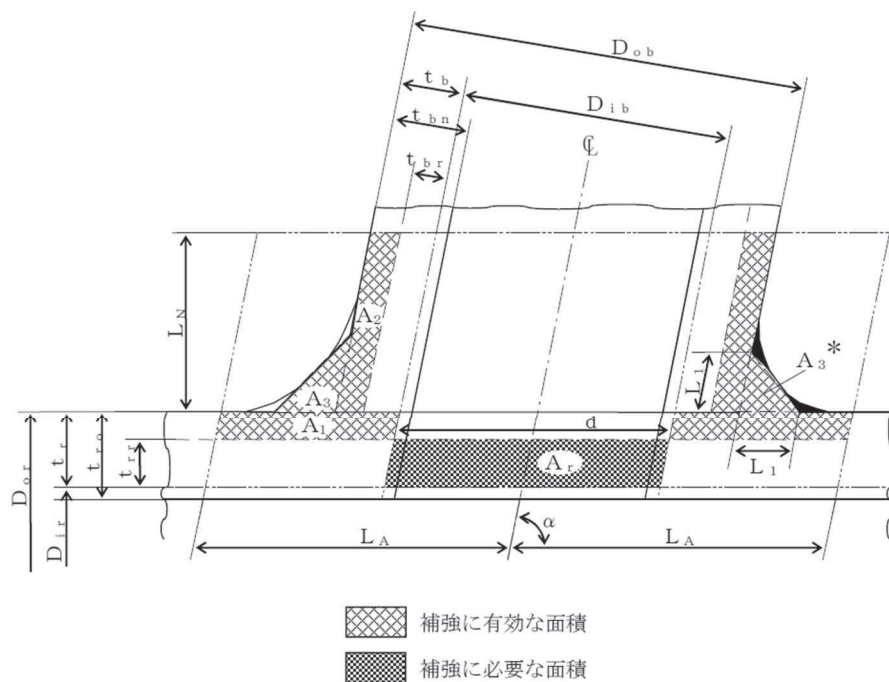


図 2-2 B形 (強め材のある場合)



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，設計・建設規格 PPD-3422 を適用する。

(a) 算式

補強を要しない穴の最大径は，次のイ項又はロ項で計算した値のいずれか大きい値 (d_{fr}) とする。

イ. 平板以外の管に設ける穴であって，穴の径が 61 mm 以下で，かつ，管の内径の 4 分の 1 以下の穴 (d_{r1})

ロ. 平板以外の管に設ける穴であって，イ項に掲げるものを除き，穴の径が 200 mm 以下で，かつ，設計・建設規格の図 PPD-3422-1 及び図 PPD-3422-2 により求めた値以下の穴 (d_{r2})

直管又は曲げ管の場合

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D_{or} \cdot t_r \cdot (1 - K)}$$

ただし，K の値は次の算式による。

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$K = \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r}$$

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，設計・建設規格 PPD-3424(1)a. を適用する。

ただし，構造上計算した有効範囲が取れない場合は，構造上取り得る範囲とする。

(a) 穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲 (L_A) は，次の 2 つの式より計算したいずれか大きい方の値

イ. 直管又は曲げ管の場合

$$L_A = d \quad \text{又は} \quad L_A = \frac{d}{2} + t_r + t_b$$

(b) 主管の面に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲 (L_N) は，次の 2 つの式より計算したいずれか小さい方の値

イ. 直管又は曲げ管の場合

$$L_N = 2.5 \cdot t_r \quad \text{又は} \quad L_N = 2.5 \cdot t_b + t_e$$

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 PPD-3424(1)b.(a)を適用する。

(a) 直管又は曲げ管の場合

$$t_{rr} = \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \quad \dots\dots\dots \text{(内圧)}$$

ただし、 $\eta = 1.00$

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 PPD-3424(1)b.(b)を適用する。

$$t_{br} = \frac{P \cdot D_{ib}}{2 \cdot S_b - 1.2 \cdot P} \quad \dots\dots\dots \text{(内圧)}$$

g. 穴の補強計算

穴の補強計算は、設計・建設規格 PPD-3424(1)を適用する。

(a) 算式

イ. 補強に必要な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha)$$

ロ. 補強に有効な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d)$$

$$A_2 = 2 \cdot (t_b - t_{br}) \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot L_N \cdot \frac{S_b}{S_r}$$

$$A_3 = (L_1)^2 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S_b}{S_r}$$

$$A_4 = (D_{oe} - D_{ob} \cdot \operatorname{cosec} \alpha) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_r} + (L_2)^2 \cdot \frac{S_e}{S_r}$$

(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，設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

(a) 算式

大穴の補強を要しない限界径 ($d_{f r D}$)

イ. $D_{i r}$ が 1500 mm 以下の場合

$$d_{f r D} = D_{i r} / 2$$

ただし，500 mm を超える場合 500 mm とする。

ロ. $D_{i r}$ が 1500 mm を超える場合

$$d_{f r D} = D_{i r} / 3$$

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 ($d_{f r D}$) \geq 断面に現われる穴の径 (d)
ならば大穴の補強計算は必要ない。

必要な場合は， i 項以降による。

i. 大穴の補強に有効な範囲

大穴の補強に有効な範囲は、設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。
 ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(a) 大穴の補強における管台の取付け形式

図 2-4～図 2-6 に大穴の補強における管台の取付け形式を示す。

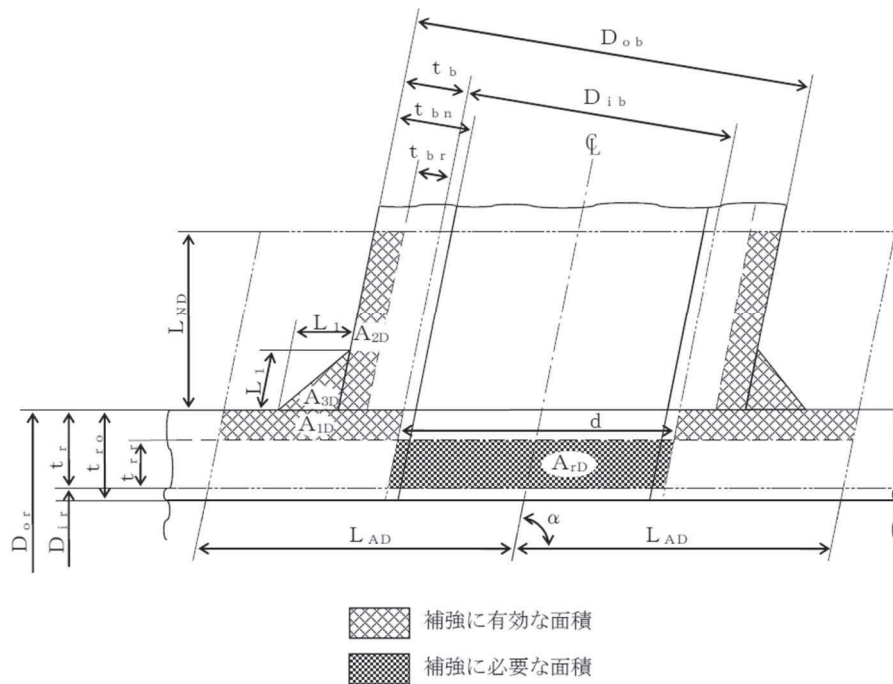


図 2-4 A形（強め材のない場合）

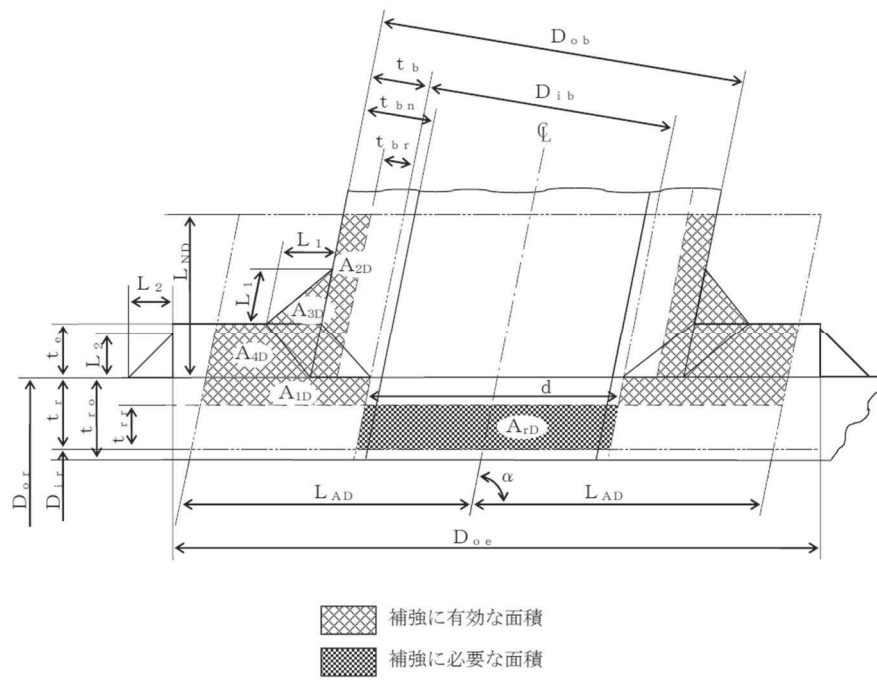
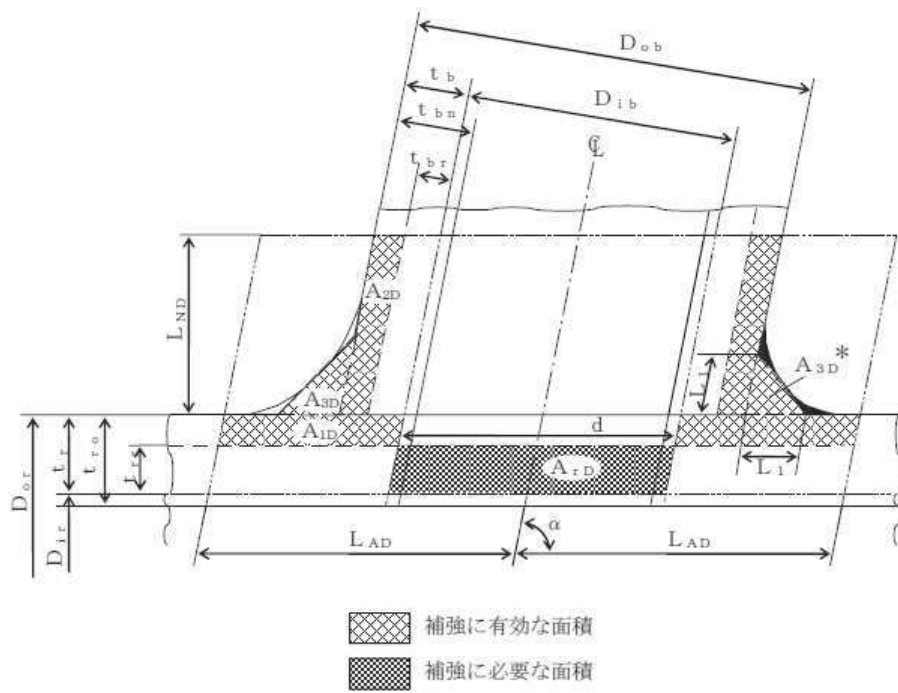


図 2-5 B形（強め材のある場合）



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 $A_{3D}=(L_1)^2 \cdot \sin \alpha \cdot S_b / S_z$ (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、設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

(a) 算式

イ. 大穴の補強に必要な面積

$$A_{rD} = \frac{2}{3} \cdot A_r$$

ロ. 大穴の補強に有効な面積

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_{AD} - d)$$

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} 内にある場合)

$$A_{2D} = 2 \cdot \left(\frac{d}{4} - t_{br} \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot L_{ND} \cdot \frac{S_b}{S_r}$$

(管台の外径が有効範囲 L_{AD} の外にまである場合)

$$A_{3D} = A_3$$

(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} の外にまである場合)

$$A_{4D} = A_4$$

(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} の外まである場合)

$$A_{0D} = A_{1D} + A_{2D} + A_{3D} + A_{4D}$$

(b) 評価

大穴の補強に有効な面積 (A_{0D}) \geq 大穴の補強に必要な面積 (A_{rD}) ならば大穴の補強は十分である。

k. 2つ穴の補強計算

2つ以上の穴の補強に有効な範囲が重なり合う場合の補強計算は、設計・建設規格 PPD-3424(2)a., b. 及び c. を適用する。

以下、直管の2つ穴の計算方法を示す。

(a) 算式

イ. 2つの穴の間にある主管の必要な断面積

$$A_{sr} = 0.7 \cdot L_s \cdot t_{rr} \cdot F$$

ロ. 2つの穴の間にある主管の断面積

$$A_{so} = \left(L_s - \frac{d + d_D}{2} \right) \cdot t_r$$

(b) 算式

2つの穴の径の平均値の1.5倍の値

$$L = 1.5 \cdot \left(\frac{d + d_D}{2} \right)$$

(c) 算式

イ. 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1

$$A_{ri} = \frac{A_r + A_{rs}}{2}$$

A_r 及び A_{rs} は1つの穴の計算に準じる。

ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積

$$A_{oi} = \left(L_s - \frac{d + d_D}{2} \right) \cdot (t_r - t_{rr}) + \frac{A_2 + A_{2s}}{2} + \frac{A_3 + A_{3s}}{2} + \frac{A_4 + A_{4s}}{2}$$

$A_2, A_{2s}, A_3, A_{3s}, A_4$ 及び A_{4s} は、1つの穴の計算に準じる。

(d) 評価

穴の補強は、以下の条件を満足すれば十分である。

イ. 2つの穴の間にある主管の断面積 (A_{so}) \geq 2つの穴の間にある主管の必要な断面積 (A_{sr})

ロ. 2つの穴の間にある補強に有効な面積 (A_{oi}) \geq 2つの穴の補強に必要な面積の2分の1 (A_{ri})

ハ. 2つの穴の中心間の距離 (L_s) \geq 2つの穴の径の平均値の1.5倍 (L)

1. 溶接部の強度計算

溶接部の強度計算は、設計・建設規格 PPD-3424(8)及び(9)を適用する。

ただし、C形に関しては評価すべき溶接部がないため、強度計算は行わない。

(a) 算式

イ. 溶接部の負うべき荷重

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$W = d \cdot t_{rr} \cdot S_r - (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \cdot S_r$$

ロ. 溶接部の許容応力

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$S_{w1} = S_r \cdot F_1$$

$$S_{w2} = S_r \cdot F_2$$

$$S_{w3} = S_r \cdot F_3$$

ハ. 溶接部の破断強さ

(イ) 直管又は曲げ管の場合

$$W_{e1} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} + t_b \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot L_1 \cdot S_{w1}$$

$$W_{e2} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{w3} \cdot \operatorname{cosec} \alpha / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot d \cdot t_b \cdot S_{w3} \cdot \operatorname{cosec} \alpha / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} + t_b \cdot \operatorname{cosec} \alpha \right) \cdot t_e \cdot S_{w2}$$

$$W_{e5} = \pi \cdot D_{oe} \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2$$

ニ. 予想される破断箇所の強さ

(イ) A形の管台形式の場合

$$W_{ebp1} = W_{e3} \quad \text{を通る強さ} = W_{e3}$$

$$W_{ebp2} = W_{e1} + W_{e2} \quad \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e2}$$

(ロ) B形の管台形式の場合

$$W_{ebp1} = W_{e1} + W_{e3} \quad \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e3}$$

$$W_{ebp2} = W_{e2} + W_{e4} \quad \text{を通る強さ} = W_{e2} + W_{e4}$$

$$W_{ebp3} = W_{e2} + W_{e5} \quad \text{を通る強さ} = W_{e2} + W_{e5}$$

(b) 評価

イ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が 0 以下の場合

溶接部の強度は十分とみなし、溶接部の強度計算は行わない。

ロ. 溶接部の負うべき荷重 (W) が 0 を超える場合

溶接部の負うべき荷重 (W) \leq 予想される破断箇所の強さ (W_{eb})

p_1, W_{ebp2}, W_{ebp3}) ならば溶接部の強度は十分である。

(3) 補足

- a. 穴の補強計算，大穴の補強計算及び2つ穴の補強計算において面積の計算をする際， $\frac{S_b}{S_r}$ ， $\frac{S_b}{S}$ 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。

2.1.2 耐圧試験による強度評価方法

2.1.2.1 管継手

耐圧試験による強度評価を実施する管継手については，実条件を踏まえた耐圧試験圧力まで昇圧したとき，これに耐え，著しい漏えいがないことを確認する。

2.2 重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評価方法

重大事故等クラス3機器のうち完成品の材料、構造及び強度が、一般産業品の規格及び基準に適合していることの確認については、以下のとおり、適用される規格及び基準が妥当であること、対象とする機器の材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認により行う。

内燃機関を有する可搬型ポンプに附属する燃料タンク、非常用発電装置（可搬型）に附属する燃料タンク及び冷却水ポンプについては、可搬型ポンプ及び非常用発電装置（可搬型）が燃料タンク等を含む一体構造品の完成品として一般産業品の規格及び基準に適合していることを確認する。また、非常用発電装置（可搬型）の一般産業品の規格及び基準への適合性の確認については、対象とする完成品が発電装置であり、「可搬形発電設備技術基準（NEGA C 331：2005）」を準用していることを添付書類「VI-1-9-1-1 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」において確認していることを踏まえ、発電装置として使用条件に対する強度の確認を実施する。

(1) 法令又は公的な規格への適合性確認

- (a) 対象とする機器の使用目的、使用環境と法令又は公的な規格の使用目的、想定している使用環境を比較し、適用される規格及び基準が妥当であることを確認する。
- (b-1) 法令又は公的な規格に基づく機器に適切な材料が使用され、十分な強度を有する設計であることを、以下の項目により確認する。
 - イ. 対象とする機器の材料が、適用される法令又は公的な規格に基づいた材料であること。
 - ロ. 対象とする機器の最高使用圧力及び最高使用温度がメーカー仕様の範囲内であること。
 - ハ. 適用される法令又は公的な規格で定められている試験に合格していること。

(2) メーカー規格及び基準への適合性確認

- (a) 対象とする機器の使用目的，使用環境とメーカー規格及び基準の使用目的，想定している使用環境を比較し，適用される規格及び基準が妥当であることを確認する。
- (b-2) 非常用発電装置（可搬型）を除くメーカー規格及び基準に基づく機器に適切な材料が使用され，十分な強度を有する設計であることを，以下の項目により確認する。
- イ. 対象とする機器の材料が，以下のいずれかに該当すること。
- ・設計・建設規格のクラス 3 機器に使用可能とされている材料と同種類であること。
 - ・機器と同様の用途の機器について規定している法令又は公的な規格で使用可能とされている材料と同種類であること。
 - ・日本産業規格等に規定されている材料と同種類であって，対象とする機器の使用環境を踏まえた強度が確保できる材料であること。
- ロ. 対象とする機器の最高使用圧力及び最高使用温度がメーカー仕様の範囲内であること。
- ハ. 法令又は公的な規格，設計・建設規格等で定められている試験と，試験条件が同等である試験に合格していること。
- (b-3) 非常用発電装置（可搬型）が使用条件に対して十分な強度を有する設計であることを，以下の項目により確認する。
- イ. 「日本電機工業会規格 J E M - 1 4 3 5」（以下「J E M - 1 4 3 5」という。）等に基づいた温度試験により，対象とする非常用発電装置（可搬型）の定格負荷状態における最高使用温度が，メーカー許容値の範囲内であること。
- ロ. 対象とする非常用発電装置（可搬型）の容量がメーカー仕様の範囲内であること。

3. 強度評価書のフォーマット

3.1 強度評価書のフォーマットの概要

重大事故等クラス3機器のうち、設計・建設規格に基づく強度計算を実施した機器については、耐圧部分を構成する部材について計算に必要な条件及び結果を記載したフォーマットとする。

一方、完成品として一般産業品の規格及び基準に基づく強度評価を実施した機器については、適用した規格及び基準への適合性を確認するために必要な条件及びその結果を記載したフォーマットとする。

3.2 強度評価書のフォーマット

強度評価書のフォーマットは、以下のとおりである。

(1) 設計・建設規格に定められたクラス3管の規定を準用した強度計算結果

FORMAT-I 管の強度計算書

FORMAT-II 管の穴と補強計算書

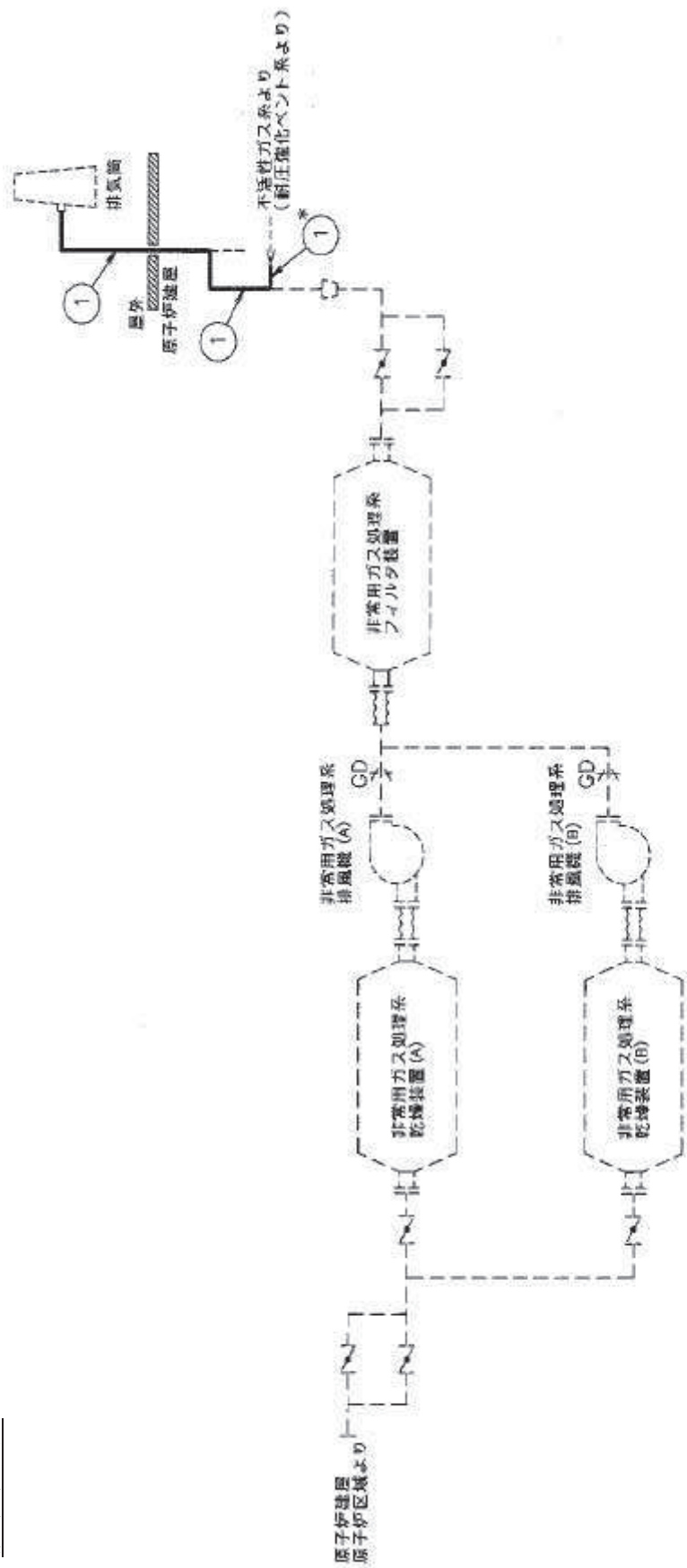
(2) 完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

FORMAT-III 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果(法令又は公的な規格)

FORMAT-IV 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果(メーカー規格及び基準)

FORMAT-V 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果(非常用発電装置(可搬型))

(1) 設計・建設規格に定められたクラス3管の規定を準用した強度計算結果
概略系統図



注記*：管継手
非常用ガス処理系概略系統図

FORMAT - I

管の強度計算書 (重大事故等クラス 3 管)

設計・建設規格 PPD-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

FORMAT - II

管の穴と補強計算書 (重大事故等クラス 3 管)

設計・建設規格 PPD-3420 準用

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 ($^{\circ}\text{C}$)		A_2	(mm^2)	
主管と管台の角度 ($^{\circ}$)		A_3	(mm^2)	
		A_4	(mm^2)	
主管材料		詳細 : $A_0 > A_r$ 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)		詳細 : $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。		
t_{bn} (mm)				
Q_b		W	(N)	
t_b (mm)		F_1		---
t_{br} (mm)		F_2		---
		F_3		---
強め材材料		S_{w1}	(MPa)	---
S_e (MPa)		S_{w2}	(MPa)	---
D_{oe} (mm)		S_{w3}	(MPa)	---
t_e (mm)		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)	---
		詳細 : $W \leq 0$ 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。		

(2) 完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

FORMAT-III

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（法令又は公的な規格）

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)

II. 法令又は公的な規格に規定されている事項

規格及び基準					
機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

III. メーカー仕様

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

IV. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認 (IとIIの使用目的及び使用環境の比較)

(b-1) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認 (IIとIIIの材料及び試験条件の比較, IとIIIの使用条件の比較)

V. 評価結果

FORMAT-IV

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

(b-2) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，IとIIの使用条件の比較）

IV. 評価結果

FORMAT-V

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（非常用発電装置（可搬型））

I. 非常用発電装置（可搬型）の使用目的及び使用環境，使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量（kVA/個）

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	容量（kVA/個）	メーカー許容値（℃）	規格及び基準に基づく試験

III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

(b-3) : 使用条件に対する強度の確認（IIとJEM-1435に規定される温度試験との比較，IとIIの使用条件の比較）

IV. 評価結果

別紙 1 設計・建設規格に定められたクラス 3 管の規定を準用した
強度計算結果の概略系統図記載要領

設計・建設規格に定められたクラス 3 管の規定を準用した強度計算結果の概略系統図については、添付書類「VI-3-2-7 クラス 3 管の強度計算方法 別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領」による。

VI-3-3 強度計算書

目 次

- VI-3-3-1 原子炉本体の強度に関する説明書
- VI-3-3-2 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の強度に関する説明書
- VI-3-3-3 原子炉冷却系統施設の強度に関する説明書
- VI-3-3-4 計測制御系統施設の強度に関する説明書
- VI-3-3-5 放射線管理施設の強度に関する説明書
- VI-3-3-6 原子炉格納施設の強度に関する説明書
- VI-3-3-7 その他発電用原子炉の附属施設の強度に関する説明書

VI-3-3-1 原子炉本体の強度に関する説明書

目 次

VI-3-3-1-1 原子炉圧力容器の強度計算書

VI-3-3-1-1 原子炉压力容器の強度計算書

目 次

VI-3-3-1-1-1 原子炉压力容器本体の強度計算書

VI-3-3-1-1-2 原子炉压力容器附属構造物の強度計算書

VI-3-3-1-1-1 原子炉压力容器本体の強度計算書

目次

1.	概要	1-1
2.	胴板の強度計算	2-1
3.	上部鏡板，鏡板フランジ及び胴板フランジの強度計算	3-1
4.	下部鏡板の強度計算	4-1
5.	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の強度計算	5-1
6.	中性子束計測ハウジング貫通孔の強度計算	6-1
7.	再循環水出口ノズル（N1）の強度計算	7-1
8.	再循環水入口ノズル（N2）の強度計算	8-1
9.	主蒸気出口ノズル（N3）の強度計算	9-1
10.	給水ノズル（N4）の強度計算	10-1
11.	低圧炉心スプレイノズル（N5）の強度計算	11-1
12.	低圧注水ノズル（N6）の強度計算	12-1
13.	上蓋スプレイノズル（N7）の強度計算	13-1
14.	ベントノズル（N8）の強度計算	14-1
15.	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル（N9）の強度計算	15-1
16.	差圧検出・ほう酸水注入ノズル（N11）の強度計算	16-1
17.	計装ノズル（N12, N13, N14）の強度計算	17-1
18.	ドレンノズル（N15）の強度計算	18-1
19.	高圧炉心スプレイノズル（N16）の強度計算	19-1

目次
(胴板)

2.	胴板の強度計算	2-1
2.1	一般事項	2-1
2.1.1	形状・寸法・材料	2-1
2.1.2	解析範囲	2-1
2.1.3	計算結果の概要	2-1
2.2	計算条件	2-4
2.2.1	重大事故等時の条件	2-4
2.2.2	材料	2-4
2.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	2-4
2.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	2-4
2.2.5	許容応力	2-4
2.3	応力計算	2-4
2.3.1	応力評価点	2-4
2.3.2	内圧による応力	2-4
2.3.3	外荷重による応力	2-5
2.3.4	応力の評価	2-5
2.4	応力強さの評価	2-5
2.4.1	一次一般膜応力強さの評価	2-5
2.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-5

図表目次
(胴板)

図2-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2-2
表2-1	計算結果の概要	2-3
表2-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	2-6
表2-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	2-7

目次

(上部鏡板, 鏡板フランジ及び胴板フランジ)

3.	上部鏡板, 鏡板フランジ及び胴板フランジの強度計算	3-1
3.1	一般事項	3-1
3.1.1	形状・寸法・材料	3-1
3.1.2	解析範囲	3-1
3.1.3	計算結果の概要	3-1
3.2	計算条件	3-4
3.2.1	重大事故等時の条件	3-4
3.2.2	材料	3-4
3.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	3-4
3.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	3-4
3.2.5	許容応力	3-4
3.3	応力計算	3-4
3.3.1	応力評価点	3-4
3.3.2	内圧による応力	3-4
3.3.3	ボルト荷重による応力	3-5
3.3.4	応力の評価	3-5
3.4	応力強さの評価	3-5
3.4.1	一次一般膜応力強さの評価	3-5
3.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	3-5
3.4.3	スタッドボルトの平均引張応力の評価	3-5
3.4.4	スタッドボルトの平均引張+曲げ応力の評価	3-5

図表目次
(上部鏡板, 鏡板フランジ及び胴板フランジ)

図3-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3-2
表3-1	計算結果の概要	3-3
表3-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	3-6
表3-3	一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	3-7
表3-4	スタッドボルトの平均引張応力の評価のまとめ	3-8
表3-5	スタッドボルトの平均引張+曲げ応力の評価のまとめ	3-9

目次
(下部鏡板)

4.	下部鏡板の強度計算	4-1
4.1	一般事項	4-1
4.1.1	形状・寸法・材料	4-1
4.1.2	解析範囲	4-1
4.1.3	計算結果の概要	4-1
4.2	計算条件	4-4
4.2.1	重大事故等時の条件	4-4
4.2.2	材料	4-4
4.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	4-4
4.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	4-4
4.2.5	許容応力	4-4
4.3	応力計算	4-4
4.3.1	応力評価点	4-4
4.3.2	内圧による応力	4-4
4.3.3	外荷重による応力	4-5
4.3.4	応力の評価	4-5
4.4	応力強さの評価	4-5
4.4.1	一次一般膜応力強さの評価	4-5
4.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	4-5

図表目次
(下部鏡板)

図4-1	形状・寸法・材料・応力評価点	4-2
表4-1	計算結果の概要	4-3
表4-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	4-6
表4-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	4-7

目次
(制御棒駆動機構ハウジング貫通孔)

5.	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の強度計算	5-1
5.1	一般事項	5-1
5.1.1	記号の説明	5-1
5.1.2	形状・寸法・材料	5-1
5.1.3	解析範囲	5-1
5.1.4	計算結果の概要	5-1
5.2	計算条件	5-4
5.2.1	重大事故等時の条件	5-4
5.2.2	材料	5-4
5.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	5-4
5.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	5-4
5.2.5	許容応力	5-4
5.3	応力計算	5-4
5.3.1	応力評価点	5-4
5.3.2	内圧による応力	5-4
5.3.3	外荷重による応力	5-5
5.3.4	応力の評価	5-5
5.4	応力強さの評価	5-5
5.4.1	一次一般膜応力強さの評価	5-5
5.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	5-5
5.5	特別な評価	5-6
5.5.1	外圧による座屈に対する評価	5-6
5.5.2	軸圧縮荷重による座屈に対する評価	5-7

図表目次
(制御棒駆動機構ハウジング貫通孔)

図5-1	形状・寸法・材料・応力評価点	5-2
表5-1	計算結果の概要	5-3
表5-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	5-9
表5-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	5-10
表5-4	座屈に対する評価に用いる荷重	5-11
表5-5	外圧による座屈に対する評価	5-11
表5-6	軸圧縮荷重による座屈に対する評価	5-11

目次
(中性子束計測ハウジング貫通孔)

6.	中性子束計測ハウジング貫通孔の強度計算	6-1
6.1	一般事項	6-1
6.1.1	形状・寸法・材料	6-1
6.1.2	解析範囲	6-1
6.1.3	計算結果の概要	6-1
6.2	計算条件	6-4
6.2.1	重大事故等時の条件	6-4
6.2.2	材料	6-4
6.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	6-4
6.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	6-4
6.2.5	許容応力	6-4
6.3	応力計算	6-4
6.3.1	応力評価点	6-4
6.3.2	内圧による応力	6-4
6.3.3	応力の評価	6-5
6.4	応力強さの評価	6-5
6.4.1	一次一般膜応力強さの評価	6-5
6.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	6-5

図表目次
(中性子束計測ハウジング貫通孔)

図6-1	形状・寸法・材料・応力評価点	6-2
表6-1	計算結果の概要	6-3
表6-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	6-6
表6-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	6-7

目次
(再循環水出口ノズル (N1))

7.	再循環水出口ノズル (N1) の強度計算	7-1
7.1	一般事項	7-1
7.1.1	形状・寸法・材料	7-1
7.1.2	解析範囲	7-1
7.1.3	計算結果の概要	7-1
7.2	計算条件	7-4
7.2.1	重大事故等時の条件	7-4
7.2.2	材料	7-4
7.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	7-4
7.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	7-4
7.2.5	許容応力	7-4
7.3	応力計算	7-4
7.3.1	応力評価点	7-4
7.3.2	内圧による応力	7-4
7.3.3	外荷重による応力	7-5
7.3.4	応力の評価	7-5
7.4	応力強さの評価	7-5
7.4.1	一次一般膜応力強さの評価	7-5
7.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	7-5

図表目次
(再循環水出口ノズル (N1))

図7-1	形状・寸法・材料・応力評価点	7-2
表7-1	計算結果の概要	7-3
表7-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	7-6
表7-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	7-7

目次
(再循環水入口ノズル (N2))

8.	再循環水入口ノズル (N2) の強度計算	8-1
8.1	一般事項	8-1
8.1.1	形状・寸法・材料	8-1
8.1.2	解析範囲	8-1
8.1.3	計算結果の概要	8-1
8.2	計算条件	8-4
8.2.1	重大事故等時の条件	8-4
8.2.2	材料	8-4
8.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	8-4
8.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	8-4
8.2.5	許容応力	8-4
8.3	応力計算	8-4
8.3.1	応力評価点	8-4
8.3.2	内圧及び差圧による応力	8-4
8.3.3	外荷重による応力	8-5
8.3.4	応力の評価	8-5
8.4	応力強さの評価	8-5
8.4.1	一次一般膜応力強さの評価	8-5
8.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	8-5

図表目次
(再循環水入口ノズル (N2))

図8-1	形状・寸法・材料・応力評価点	8-2
表8-1	計算結果の概要	8-3
表8-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	8-6
表8-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	8-7

目次
(主蒸気出口ノズル (N3))

9.	主蒸気出口ノズル (N3) の強度計算	9-1
9.1	一般事項	9-1
9.1.1	形状・寸法・材料	9-1
9.1.2	解析範囲	9-1
9.1.3	計算結果の概要	9-1
9.2	計算条件	9-4
9.2.1	重大事故等時の条件	9-4
9.2.2	材料	9-4
9.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	9-4
9.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	9-4
9.2.5	許容応力	9-4
9.3	応力計算	9-4
9.3.1	応力評価点	9-4
9.3.2	内圧による応力	9-4
9.3.3	外荷重による応力	9-5
9.3.4	応力の評価	9-5
9.4	応力強さの評価	9-5
9.4.1	一次一般膜応力強さの評価	9-5
9.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	9-5

図表目次
(主蒸気出口ノズル (N3))

図9-1	形状・寸法・材料・応力評価点	9-2
表9-1	計算結果の概要	9-3
表9-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	9-6
表9-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	9-7

目次
(給水ノズル (N4))

10.	給水ノズル (N4) の強度計算	10-1
10.1	一般事項	10-1
10.1.1	形状・寸法・材料	10-1
10.1.2	解析範囲	10-1
10.1.3	計算結果の概要	10-1
10.2	計算条件	10-4
10.2.1	重大事故等時の条件	10-4
10.2.2	材料	10-4
10.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	10-4
10.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	10-4
10.2.5	許容応力	10-4
10.3	応力計算	10-4
10.3.1	応力評価点	10-4
10.3.2	内圧及び差圧による応力	10-4
10.3.3	外荷重による応力	10-5
10.3.4	応力の評価	10-5
10.4	応力強さの評価	10-5
10.4.1	一次一般膜応力強さの評価	10-5
10.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	10-5

図表目次
(給水ノズル (N4))

図10-1	形状・寸法・材料・応力評価点	10-2
表10-1	計算結果の概要	10-3
表10-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	10-6
表10-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	10-7

目次
(低圧炉心スプレイングル (N5))

11.	低圧炉心スプレイングル (N5) の強度計算	11-1
11.1	一般事項	11-1
11.1.1	形状・寸法・材料	11-1
11.1.2	解析範囲	11-1
11.1.3	計算結果の概要	11-1
11.2	計算条件	11-4
11.2.1	重大事故等時の条件	11-4
11.2.2	材料	11-4
11.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	11-4
11.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	11-4
11.2.5	許容応力	11-4
11.3	応力計算	11-4
11.3.1	応力評価点	11-4
11.3.2	内圧及び差圧による応力	11-4
11.3.3	外荷重による応力	11-5
11.3.4	応力の評価	11-5
11.4	応力強さの評価	11-5
11.4.1	一次一般膜応力強さの評価	11-5
11.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	11-5

図表目次
(低圧炉心スプレイングル (N5))

図11-1	形状・寸法・材料・応力評価点	11-2
表11-1	計算結果の概要	11-3
表11-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	11-6
表11-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	11-7

目次
(低圧注水ノズル (N6))

12.	低圧注水ノズル (N6) の強度計算	12-1
12.1	一般事項	12-1
12.1.1	形状・寸法・材料	12-1
12.1.2	解析範囲	12-1
12.1.3	計算結果の概要	12-1
12.2	計算条件	12-4
12.2.1	重大事故等時の条件	12-4
12.2.2	材料	12-4
12.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	12-4
12.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	12-4
12.2.5	許容応力	12-4
12.3	応力計算	12-4
12.3.1	応力評価点	12-4
12.3.2	内圧及び差圧による応力	12-4
12.3.3	外荷重による応力	12-5
12.3.4	応力の評価	12-5
12.4	応力強さの評価	12-5
12.4.1	一次一般膜応力強さの評価	12-5
12.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	12-5

図表目次
(低圧注水ノズル (N6))

図12-1	形状・寸法・材料・応力評価点	12-2
表12-1	計算結果の概要	12-3
表12-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	12-6
表12-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	12-7

目次
(上蓋スプレインズル (N7))

13.	上蓋スプレインズル (N7) の強度計算	13-1
13.1	一般事項	13-1
13.1.1	形状・寸法・材料	13-1
13.1.2	解析範囲	13-1
13.1.3	計算結果の概要	13-1
13.2	計算条件	13-4
13.2.1	重大事故等時の条件	13-4
13.2.2	材料	13-4
13.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	13-4
13.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	13-4
13.2.5	許容応力	13-4
13.3	応力計算	13-4
13.3.1	応力評価点	13-4
13.3.2	内圧による応力	13-4
13.3.3	外荷重による応力	13-5
13.3.4	ボルト荷重による応力	13-5
13.3.5	応力の評価	13-5
13.4	応力強さの評価	13-5
13.4.1	一次一般膜応力強さの評価	13-5
13.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	13-5

図表目次
(上蓋スプレインズル (N7))

図13-1	形状・寸法・材料・応力評価点	13-2
表13-1	計算結果の概要	13-3
表13-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	13-6
表13-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	13-7

目次
(ベントノズル (N8))

14.	ベントノズル (N8) の強度計算	14-1
14.1	一般事項	14-1
14.1.1	形状・寸法・材料	14-1
14.1.2	解析範囲	14-1
14.1.3	計算結果の概要	14-1
14.2	計算条件	14-4
14.2.1	重大事故等時の条件	14-4
14.2.2	材料	14-4
14.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	14-4
14.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	14-4
14.2.5	許容応力	14-4
14.3	応力計算	14-4
14.3.1	応力評価点	14-4
14.3.2	内圧による応力	14-4
14.3.3	外荷重による応力	14-5
14.3.4	ボルト荷重による応力	14-5
14.3.5	応力の評価	14-5
14.4	応力強さの評価	14-5
14.4.1	一次一般膜応力強さの評価	14-5
14.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	14-5

図表目次
(ベントノズル (N8))

図14-1	形状・寸法・材料・応力評価点	14-2
表14-1	計算結果の概要	14-3
表14-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	14-6
表14-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	14-7

目次

(ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9))

15.	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) の強度計算	15-1
15.1	一般事項	15-1
15.1.1	形状・寸法・材料	15-1
15.1.2	解析範囲	15-1
15.1.3	計算結果の概要	15-1
15.2	計算条件	15-4
15.2.1	重大事故等時の条件	15-4
15.2.2	材料	15-4
15.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	15-4
15.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	15-4
15.2.5	許容応力	15-4
15.3	応力計算	15-4
15.3.1	応力評価点	15-4
15.3.2	内圧による応力	15-4
15.3.3	外荷重による応力	15-5
15.3.4	応力の評価	15-5
15.4	応力強さの評価	15-5
15.4.1	一次一般膜応力強さの評価	15-5
15.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	15-5

図表目次
(ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9))

図15-1	形状・寸法・材料・応力評価点	15-2
表15-1	計算結果の概要	15-3
表15-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	15-6
表15-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	15-7

目次
(差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11))

16.	差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11) の強度計算	16-1
16.1	一般事項	16-1
16.1.1	形状・寸法・材料	16-1
16.1.2	解析範囲	16-1
16.1.3	計算結果の概要	16-1
16.2	計算条件	16-4
16.2.1	重大事故等時の条件	16-4
16.2.2	材料	16-4
16.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	16-4
16.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	16-4
16.2.5	許容応力	16-4
16.3	応力計算	16-4
16.3.1	応力評価点	16-4
16.3.2	内圧による応力	16-4
16.3.3	外荷重による応力	16-5
16.3.4	応力の評価	16-5
16.4	応力強さの評価	16-5
16.4.1	一次一般膜応力強さの評価	16-5
16.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	16-5

図表目次
(差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11))

図16-1	形状・寸法・材料・応力評価点	16-2
表16-1	計算結果の概要	16-3
表16-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	16-6
表16-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	16-7

目次
(計装ノズル (N12, N13, N14))

17.	計装ノズル (N12, N13, N14) の強度計算	17-1
17.1	一般事項	17-1
17.1.1	形状・寸法・材料	17-1
17.1.2	解析範囲	17-1
17.1.3	計算結果の概要	17-1
17.2	計算条件	17-7
17.2.1	重大事故等時の条件	17-7
17.2.2	材料	17-7
17.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	17-7
17.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	17-7
17.2.5	許容応力	17-7
17.3	応力計算	17-7
17.3.1	応力評価点	17-7
17.3.2	内圧による応力	17-7
17.3.3	外荷重による応力	17-8
17.3.4	応力の評価	17-8
17.4	応力強さの評価	17-8
17.4.1	一次一般膜応力強さの評価	17-8
17.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	17-8

図表目次

(計装ノズル (N12, N13, N14))

図17-1	形状・寸法・材料・応力評価点	17-2
表17-1	計装ノズルの計算結果の概要	17-4
表17-2	計装ノズルの一次一般膜応力強さの評価のまとめ	17-9
表17-3	計装ノズルの一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	17-12

目次
(ドレンノズル (N15))

18.	ドレンノズル (N15) の強度計算	18-1
18.1	一般事項	18-1
18.1.1	形状・寸法・材料	18-1
18.1.2	解析範囲	18-1
18.1.3	計算結果の概要	18-1
18.2	計算条件	18-4
18.2.1	重大事故等時の条件	18-4
18.2.2	材料	18-4
18.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	18-4
18.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	18-4
18.2.5	許容応力	18-4
18.3	応力計算	18-4
18.3.1	応力評価点	18-4
18.3.2	内圧による応力	18-4
18.3.3	外荷重による応力	18-5
18.3.4	応力の評価	18-5
18.4	応力強さの評価	18-5
18.4.1	一次一般膜応力強さの評価	18-5
18.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	18-5

図表目次
(ドレンノズル (N15))

図18-1	形状・寸法・材料・応力評価点	18-2
表18-1	計算結果の概要	18-3
表18-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	18-6
表18-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	18-7

目次
(高圧炉心スプレイングル (N16))

19.	高圧炉心スプレイングル (N16) の強度計算	19-1
19.1	一般事項	19-1
19.1.1	形状・寸法・材料	19-1
19.1.2	解析範囲	19-1
19.1.3	計算結果の概要	19-1
19.2	計算条件	19-4
19.2.1	重大事故等時の条件	19-4
19.2.2	材料	19-4
19.2.3	荷重の組合せ及び運転状態	19-4
19.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	19-4
19.2.5	許容応力	19-4
19.3	応力計算	19-4
19.3.1	応力評価点	19-4
19.3.2	内圧及び差圧による応力	19-4
19.3.3	外荷重による応力	19-5
19.3.4	応力の評価	19-5
19.4	応力強さの評価	19-5
19.4.1	一次一般膜応力強さの評価	19-5
19.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	19-5

図表目次
(高圧炉心スプレイングル (N16))

図19-1	形状・寸法・材料・応力評価点	19-2
表19-1	計算結果の概要	19-3
表19-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	19-6
表19-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	19-7

1. 概要

本計算書は、原子炉圧力容器の強度計算結果を示すものである。

本計算書の各機器は、添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針」
(以下「応力解析の方針」という。)に基づき評価する。

注：本計算書においては、平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事
計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）は以下「既工認」という。

2. 胴板の強度計算

2.1 一般事項

本章は、胴板の強度計算である。

2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図2-1に示す。

2.1.2 解析範囲

解析範囲を図2-1に示す。

2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表2-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

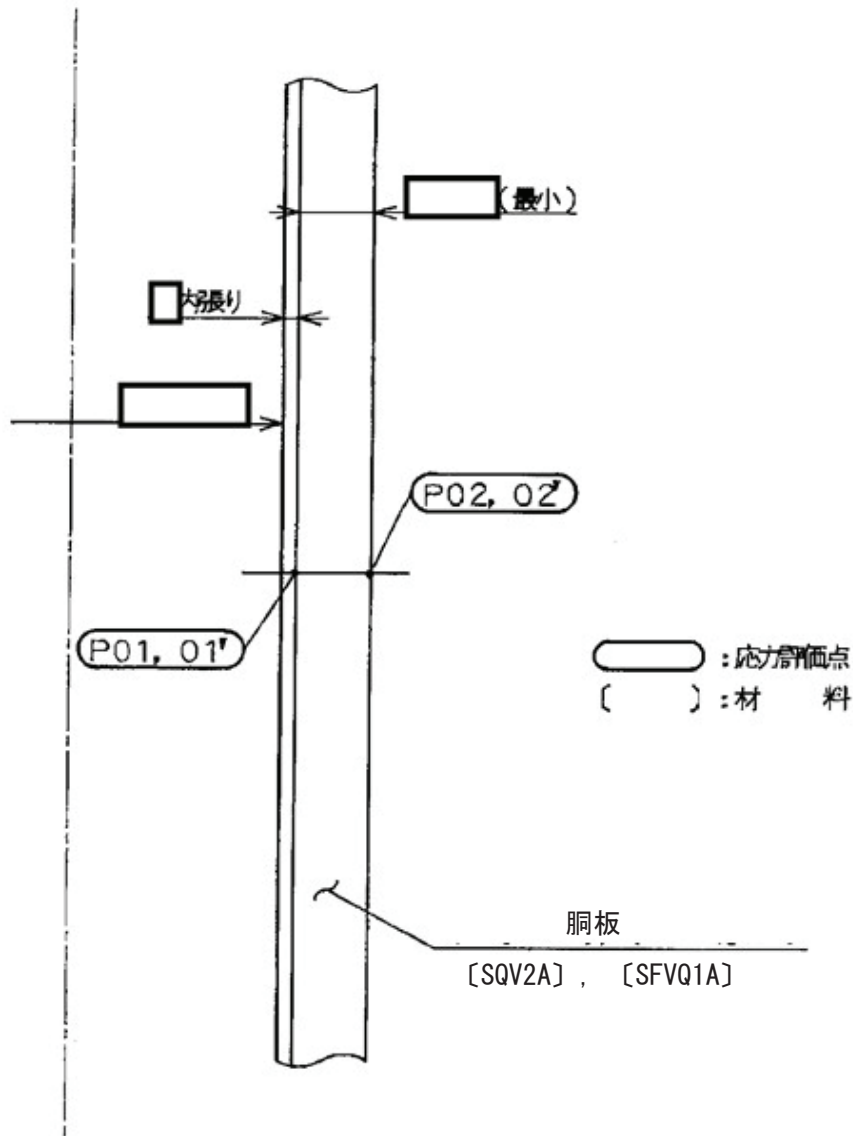


図 2-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 2-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ		一次膜＋一次曲げ応力強さ	
		応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
胴板 SQV2A SFVQ1A	V	216	317	216	476
			P01 - P02		P01 - P02

2.2 計算条件

2.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

2.2.2 材料

各部の材料を図2-1に示す。

2.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

2.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

2.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

2.3 応力計算

2.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図2-1に示す。

2.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

2.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L21)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

2.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

2.4 応力強さの評価

2.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表2-2に示す。

表2-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

2.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表2-3に示す。

表2-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 2-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	216	317
P01' P02'	216	317

表 2-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	216	476
P01' P02'	216	476

3. 上部鏡板，鏡板フランジ及び胴板フランジの強度計算

3.1 一般事項

本章は，上部鏡板，鏡板フランジ及び胴板フランジの強度計算である。

3.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3-1に示す。

3.1.2 解析範囲

解析範囲を図3-1に示す。

3.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表3-1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，応力が厳しくなる評価点を記載する。

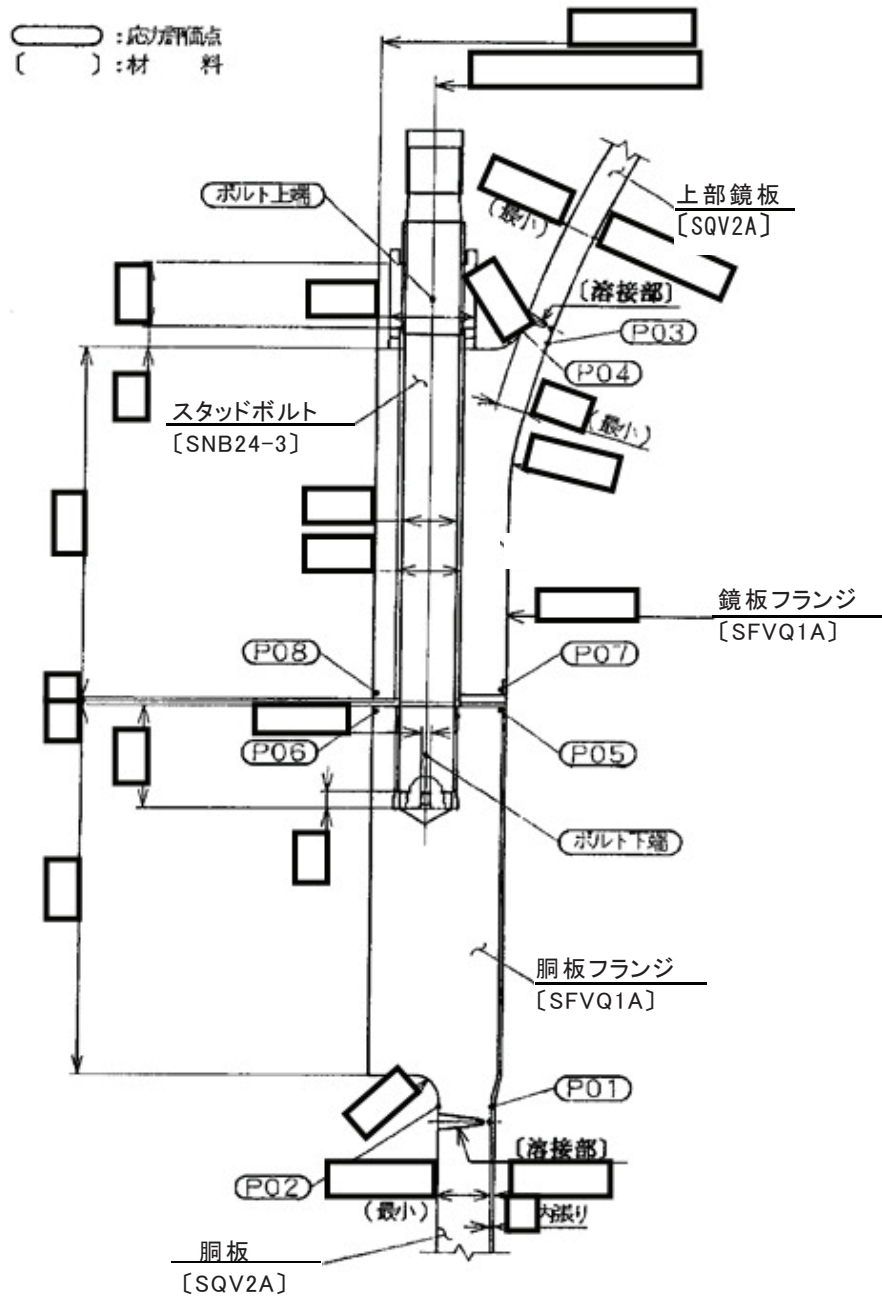


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 3-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ*1			一次膜＋一次曲げ応力強さ*2		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
胴板フランジ 胴板接続部 SFVQ1A	V	217	317	P01 - P02	209	476	P01 - P02
鏡板フランジ 上部鏡板接続部 SFVQ1A	V	209	317	P03 - P04	200	476	P03 - P04
胴板フランジ SFVQ1A	V	122	317	P05 - P06	114	476	P05 - P06
鏡板フランジ SFVQ1A	V	122	317	P07 - P08	114	476	P07 - P08
スタッドボルト SNB24-3	V	247	569	ボルト上端 ボルト下端	401	854	ボルト下端

注記*1：スタッドボルトに対しては平均引張応力の評価を示す。

*2：スタッドボルトに対しては平均引張＋曲げ応力の評価を示す。

3.2 計算条件

3.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

3.2.2 材料

各部の材料を図3-1に示す。

3.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

3.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

3.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

3.3 応力計算

3.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図3-1に示す。

3.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

3.3.3 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

ボルト荷重は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

ボルト荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

3.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

3.4 応力強さの評価

3.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表3-2に示す。

表3-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

3.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表3-3に示す。

表3-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

3.4.3 スタッドボルトの平均引張応力の評価

運転状態Vにおける評価を表3-4に示す。

表3-4より、運転状態Vの平均引張応力は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

3.4.4 スタッドボルトの平均引張＋曲げ応力の評価

運転状態Vにおける評価を表3-5に示す。

表3-5より、運転状態Vの平均引張＋曲げ応力は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 3-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	217	317
P03 P04	209	317
P05 P06	122	317
P07 P08	122	317

表 3-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	209	476
P03 P04	200	476
P05 P06	114	476
P07 P08	114	476

表 3-4 スタッドボルトの平均引張応力の評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	平均引張応力	許容応力
ボルト上端	247	569
ボルト下端	247	569

表 3-5 スタッドボルトの平均引張+曲げ応力の評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	運転状態 V	
	平均引張+曲げ応力	許容応力
ボルト上端	265	854
ボルト下端	401	854

4. 下部鏡板の強度計算

4.1 一般事項

本章は、下部鏡板の強度計算である。

4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図4-1に示す。

4.1.2 解析範囲

解析範囲を図4-1に示す。

4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表4-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

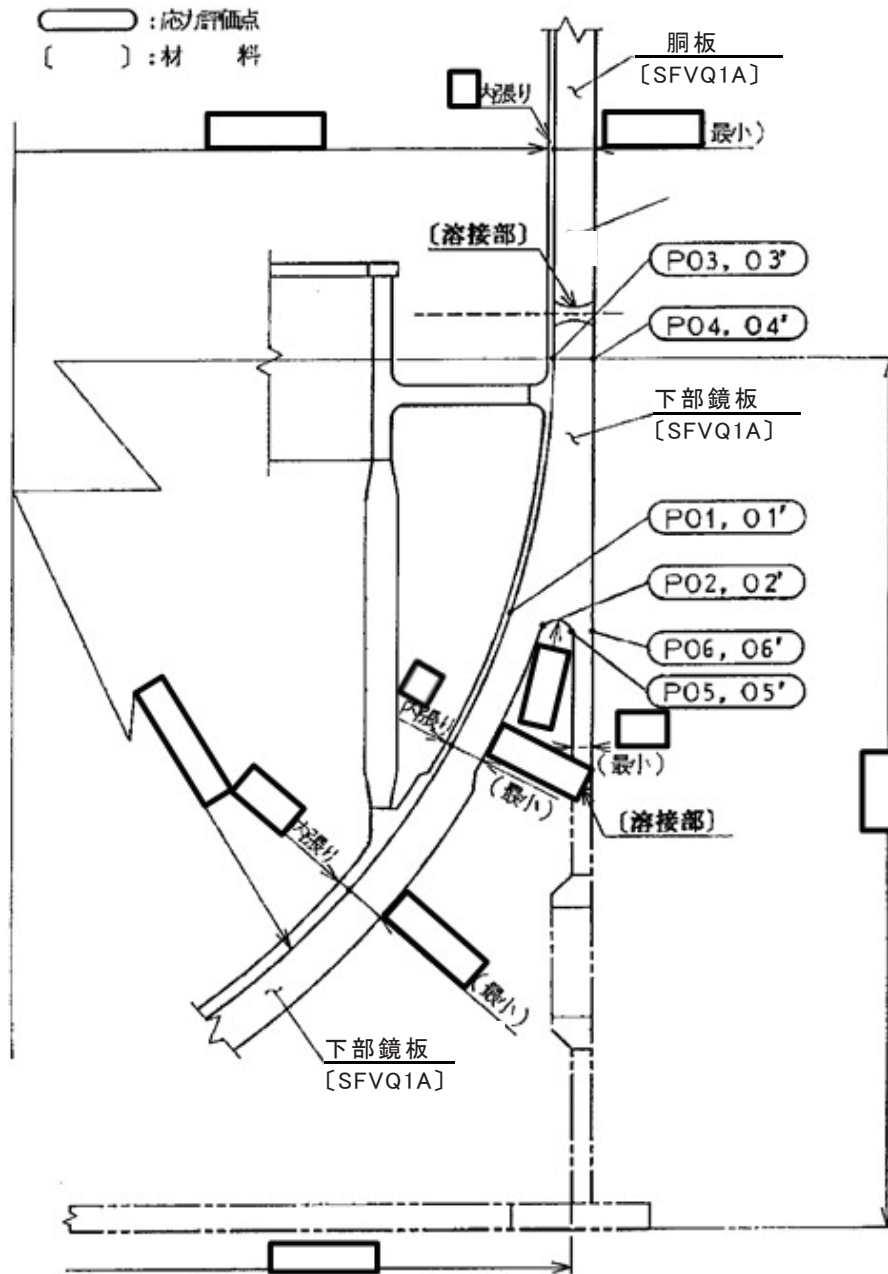


図 4-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 4-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
下部鏡板 SFVQ1A	V	122	317	P01 - P02	115	476	P01 - P02

4.2 計算条件

4.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

4.2.2 材料

各部の材料を図4-1に示す。

4.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

4.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

4.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

4.3 応力計算

4.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図4-1に示す。

4.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

4.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L21)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

4.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

4.4 応力強さの評価

4.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表4-2に示す。

表4-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

4.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表4-3に示す。

表4-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 4-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	122	317
P01' P02'	122	317

表 4-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	115	476
P01' P02'	115	476
P03 P04	47	476
P03' P04'	47	476
P05 P06	51	476
P05' P06'	51	476

5. 制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の強度計算

5.1 一般事項

本章は、制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の強度計算である。

注：以下、制御棒駆動機構ハウジングを「ハウジング」、制御棒駆動機構ハウジング貫通孔スタブチューブを「スタブチューブ」という。

5.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」(2)強度評価編の2.4節に示す。

更に、本章において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
P_a	許容外圧	MPa
t	スタブチューブの最小厚さ	mm
D_o	スタブチューブの最小外径	mm
L	スタブチューブの最大長さ	mm
R_i	スタブチューブの内半径	mm
A	スタブチューブの断面積	mm ²
Z	スタブチューブの断面係数	mm ³
σ_{ca}	許容応力	MPa

5.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図5-1に示す。

5.1.3 解析範囲

解析範囲を図5-1に示す。

5.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表5-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

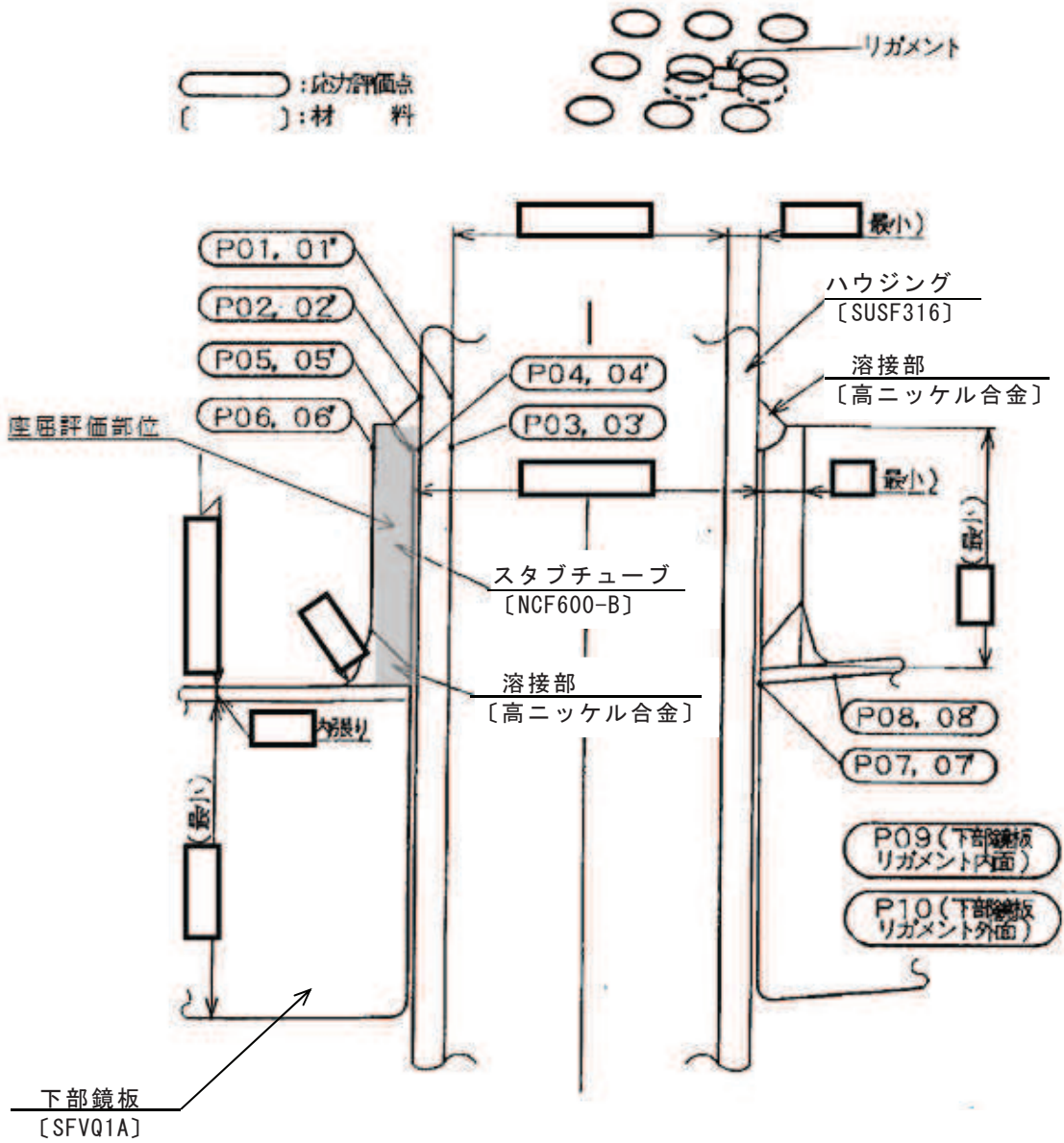


図 5-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 5-1(1) 計算結果の概要

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜+一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ハウジング SUSF316	V	59	281	P03 - P04	28	422	P03 - P04
スタブチューブ NCF600-B	V	6	334	P05 - P06	216	501	P07 - P08
下部鏡板 リガメント SFVQ1A	V	179	317	P09 - P10	186	476	P09 - P10

(単位：MPa)

表5-1(2) 計算結果の概要

部分及び材料	運転状態	外圧による座屈に対する評価		軸圧縮荷重による座屈に対する評価	
		外圧	許容外圧	圧縮応力	許容応力
スタブチューブ NCF600-B	V	10.34	14.29	7	123

(単位：MPa)

5.2 計算条件

5.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

5.2.2 材料

各部の材料を図5-1に示す。

5.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

5.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

5.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

5.3 応力計算

5.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図5-1に示す。

5.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

5.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L21)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

5.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

5.4 応力強さの評価

5.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表5-2に示す。

表5-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

5.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表5-3に示す。

表5-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

5.5 特別な評価

スタブチューブについて、外圧及び軸圧縮荷重による座屈に対する評価を行う。

5.5.1 外圧による座屈に対する評価

(1) 荷重

運転状態Vにおける外圧を表5-4に示す。

(2) 許容外圧

運転状態Vにおける許容外圧（ P_a ）は、告示第13条第2項第1号ハを準用して計算する。

$$P_a = \frac{4 \cdot B \cdot t}{3 \cdot D_o} \times 1.5 = \frac{4 \times \boxed{}}{3 \times \boxed{}} \times 1.5$$

$$= 14.29 \text{MPa}$$

B値は、次のようにして求める。

$$\frac{L}{D_o} = \boxed{} = \boxed{}$$

$$\frac{D_o}{t} = \boxed{} = \boxed{}$$

ここで、

$$\text{スタブチューブの最大長さ } L = \boxed{} \text{ mm}$$

$$\text{スタブチューブの最小外径 } D_o = \boxed{} \text{ mm}$$

$$\text{スタブチューブの最小厚さ } t = \boxed{} \text{ mm}$$

これらを用いて、告示別図第9より

$$B = 82 \text{ MPa} (\boxed{} \text{ }^\circ\text{C} \text{ における値})$$

(3) 外圧による座屈に対する評価

運転状態Vにおける外圧による座屈に対する評価を表5-5に示す。

表5-5より、運転状態Vにおける外圧は、許容外圧を超えないため、座屈は発生しない。

5.5.2 軸圧縮荷重による座屈に対する評価

スタブチューブには、制御棒駆動機構ハウジング貫通孔に作用する鉛直力及びモーメントにより、圧縮応力が生じる。したがって、これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1) 計算データ

スタブチューブの内半径 $R_i = \boxed{}$ mm

スタブチューブの最小厚さ $t = \boxed{}$ mm

スタブチューブの断面積

$$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times \boxed{} = \boxed{} \text{ mm}^2$$

スタブチューブの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \boxed{} \\ = \boxed{} \text{ mm}^3$$

(2) 荷重

スタブチューブに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(3) 圧縮応力

計算データ(断面性能)を基に、表5-4に示す運転状態Vの荷重によってスタブチューブに発生する圧縮応力を表5-6に示す。

(4) 許容応力

運転状態Vにおける許容応力の計算は、告示第13条第1項第1号ヌを準用して計算する。運転状態Vにおける許容応力 σ_{ca} は、次のように得られる。

$$\sigma_{ca} = 1.5 \text{MIN}[S_m, B]$$

ここで、

$$S_m = 163 \text{ MPa}$$

$$B = 82 \text{ MPa}$$

($\boxed{}$ °Cにおける値)

このうちB値は、告示第13条第1項第1号ヌより、次のようにして求める。

告示別図第9より

$$\frac{R_i}{100 \cdot t} = \frac{\boxed{}}{100 \times \boxed{}} = \boxed{}$$

を用いて、

$$B = 82 \text{ MPa}$$

よって、許容応力 σ_{ca} は、

$$\sigma_{ca} = 1.5 \cdot B = 1.5 \times 82 = 123 \text{ MPa}$$

(5) 軸圧縮荷重による座屈に対する評価

運転状態Vにおける軸圧縮荷重による座屈に対する評価を表5-6に示す。

表5-6より、運転状態Vにおける圧縮応力は、許容応力を満足するため、座屈は発生しない。

表 5-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	11	281
P01' P02'	11	281
P03 P04	59	281
P03' P04'	59	281
P05 P06	6	334
P05' P06'	6	334
P07 P08	3	334
P07' P08'	3	334
P09 P10	179	317

表 5-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	17	422
P01' P02'	17	422
P03 P04	28	422
P03' P04'	28	422
P05 P06	14	501
P05' P06'	14	501
P07 P08	216	501
P07' P08'	216	501
P09 P10	186	476

表 5-4 座屈に対する評価に用いる荷重

運転状態	外圧 (MPa)	鉛直力*1 V (kN)	モーメント*2 M (kN・m)
V	10.34		

注記*1 : 「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す $V_1 + V_2$ の値

*2 : 「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す $M_1 + M_2$ の値

表5-5 外圧による座屈に対する評価

(単位 : MPa)

運転状態	外圧	許容外圧
V	10.34	14.29

表5-6 軸圧縮荷重による座屈に対する評価

(単位 : MPa)

運転状態	圧縮応力	許容応力
V	7	123

6. 中性子束計測ハウジング貫通孔の強度計算

6.1 一般事項

本章は、中性子束計測ハウジング貫通孔の強度計算である。

6.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図6-1に示す。

6.1.2 解析範囲

解析範囲を図6-1に示す。

6.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表6-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、応力が厳しくなる評価点を記載する。

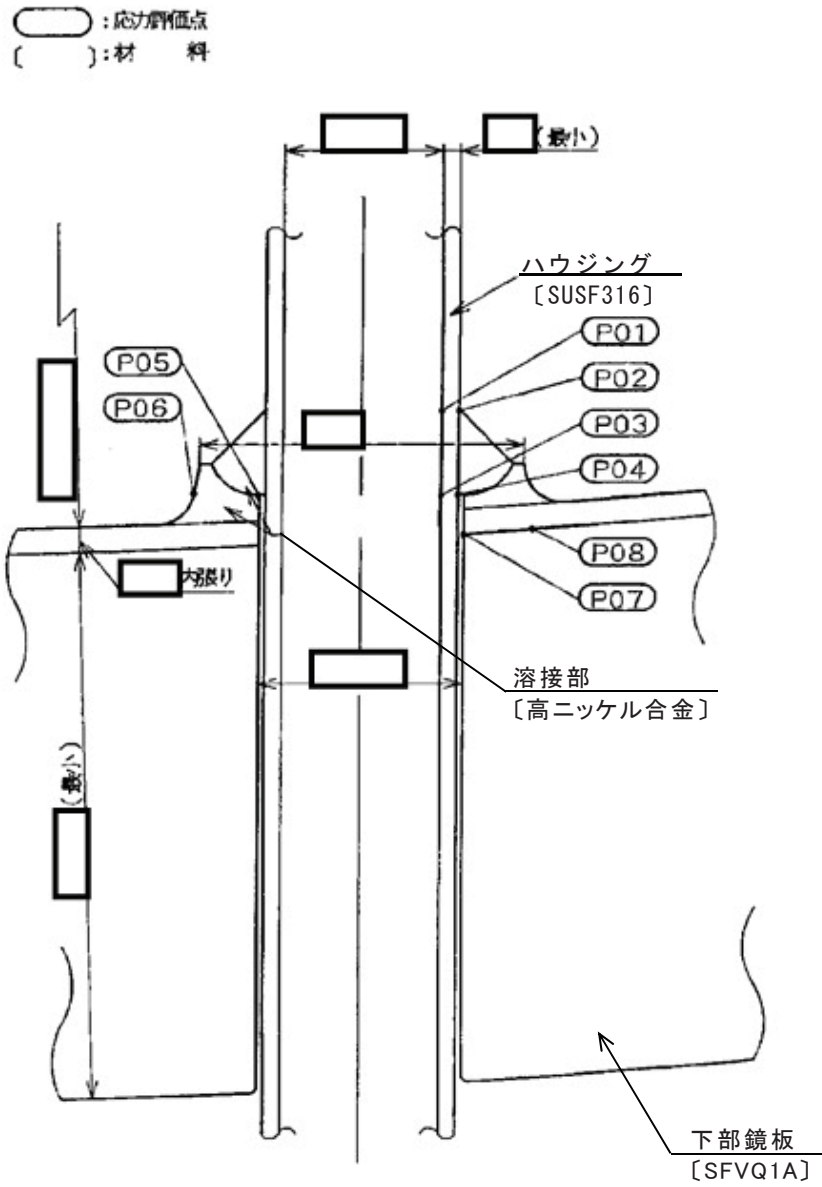


図 6-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 6-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ハウジング SUSF316	V	54	281	P03 - P04	137	422	P03 - P04
肉盛部 高ニッケル合金	V	—	—	—	239	501	P07 - P08

6.2 計算条件

6.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

6.2.2 材料

各部の材料を図6-1に示す。

6.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

6.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

6.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

6.3 応力計算

6.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図6-1に示す。

6.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

6.3.3 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

6.4 応力強さの評価

6.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表6-2に示す。

表6-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

6.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表6-3に示す。

表6-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 6-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	11	281
P03 P04	54	281

表 6-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	19	422
P03 P04	137	422
P05 P06	140	501
P07 P08	239	501

7. 再循環水出口ノズル (N1) の強度計算

7.1 一般事項

本章は、再循環水出口ノズル (N1) の強度計算である。

7.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図7-1に示す。

7.1.2 解析範囲

解析範囲を図7-1に示す。

7.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表7-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

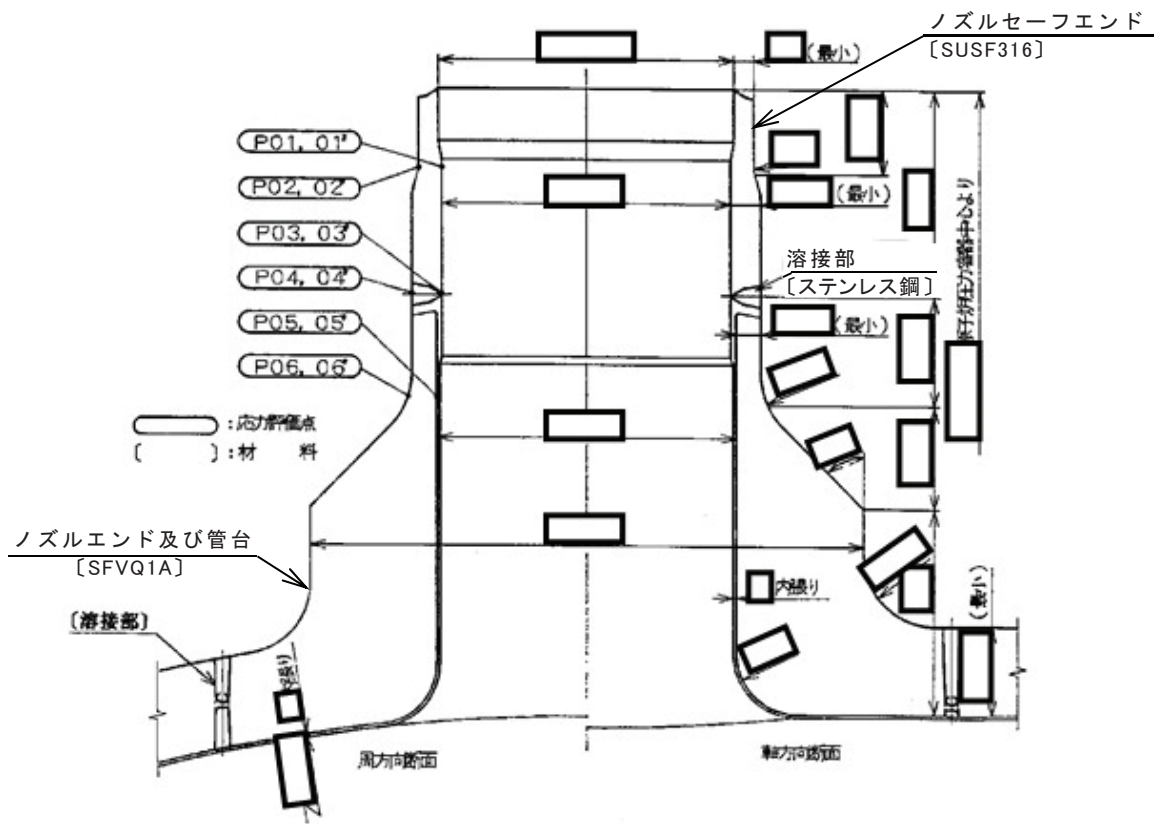


図 7-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 7-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエンド SUSF316	V	76	281	P01 - P02	72	422	P01 - P02
溶接部 ステンレス鋼	V	62	281	P03 - P04	62	422	P03 - P04
ノズルエンド SFVQ1A	V	77	317	P05 - P06	42	476	P05 - P06

7.2 計算条件

7.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

7.2.2 材料

各部の材料を図7-1に示す。

7.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

7.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

7.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

7.3 応力計算

7.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図7-1に示す。

7.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

7.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

7.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

7.4 応力強さの評価

7.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表7-2に示す。

表7-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

7.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表7-3に示す。

表7-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 7-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	76	281
P01' P02'	76	281
P03 P04	62	281
P03' P04'	62	281
P05 P06	77	317
P05' P06'	77	317

表 7-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	72	422
P01' P02'	72	422
P03 P04	62	422
P03' P04'	62	422
P05 P06	42	476
P05' P06'	42	476

8. 再循環水入口ノズル（N2）の強度計算

8.1 一般事項

本章は、再循環水入口ノズル（N2）の強度計算である。

8.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図8-1に示す。

8.1.2 解析範囲

解析範囲を図8-1に示す。

8.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表8-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

表 8-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエントド SUSF316	V	105	281	P01 - P02	109	422	P01' - P02'
サーマル スリーブ SUSF316	V	28	281	P05 - P06	48	422	P05' - P06'
ノズルエントド SFVQ1A	V	78	317	P07 - P08	42	476	P07' - P08'

8.2 計算条件

8.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

8.2.2 材料

各部の材料を図8-1に示す。

8.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

8.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

8.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

8.3 応力計算

8.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図8-1に示す。

8.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1) i. に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により計算する。

8.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)i.に定めるとおりである。

8.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

8.4 応力強さの評価

8.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表8-2に示す。

表8-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

8.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表8-3に示す。

表8-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 8-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	105	281
P01' P02'	105	281
P03 P04	57	281
P03' P04'	56	281
P05 P06	28	281
P05' P06'	28	281
P07 P08	78	317
P07' P08'	78	317

表 8-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	90	422
P01' P02'	109	422
P03 P04	36	422
P03' P04'	45	422
P05 P06	41	422
P05' P06'	48	422
P07 P08	37	476
P07' P08'	42	476

9. 主蒸気出口ノズル (N3) の強度計算

9.1 一般事項

本章は、主蒸気出口ノズル (N3) の強度計算である。

9.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図9-1に示す。

9.1.2 解析範囲

解析範囲を図9-1に示す。

9.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表9-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

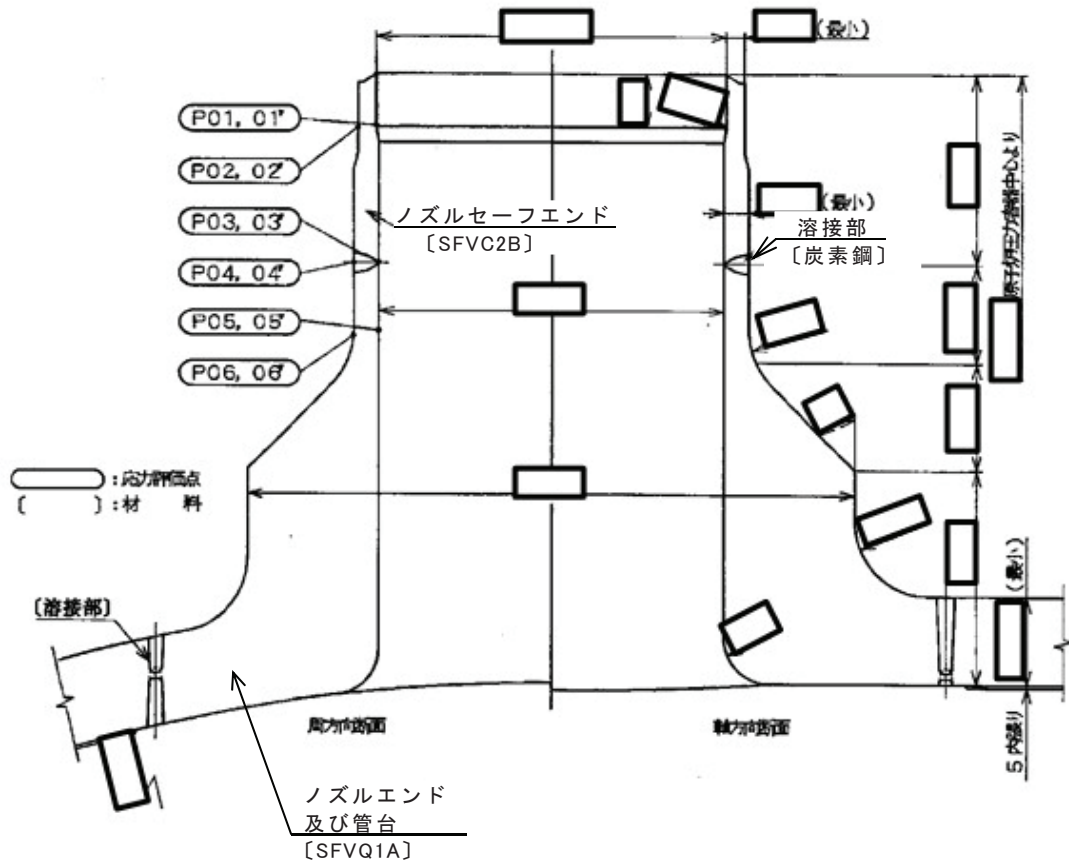


図 9-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 9-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエントド SFVC2B	V	120	292	P01 - P02	107	438	P01 - P02
溶接部 炭素鋼	V	89	292	P03 - P04	85	438	P03 - P04
ノズルエントド SFVQ1A	V	89	317	P05 - P06	60	476	P05 - P06

9.2 計算条件

9.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

9.2.2 材料

各部の材料を図9-1に示す。

9.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

9.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

9.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

9.3 応力計算

9.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図9-1に示す。

9.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

9.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)j.に定めるとおりである。

9.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

9.4 応力強さの評価

9.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表9-2に示す。

表9-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

9.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表9-3に示す。

表9-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 9-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	120	292
P01' P02'	119	292
P03 P04	89	292
P03' P04'	88	292
P05 P06	89	317
P05' P06'	88	317

表 9-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	107	438
P01' P02'	106	438
P03 P04	85	438
P03' P04'	84	438
P05 P06	60	476
P05' P06'	58	476

10. 給水ノズル（N4）の強度計算

10.1 一般事項

本章は，給水ノズル（N4）の強度計算である。

10.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図10-1に示す。

10.1.2 解析範囲

解析範囲を図10-1に示す。

10.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表10-1に示す。

なお，運転状態Vにおける評価結果は，添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した，各部分を代表する応力評価面について記載している。

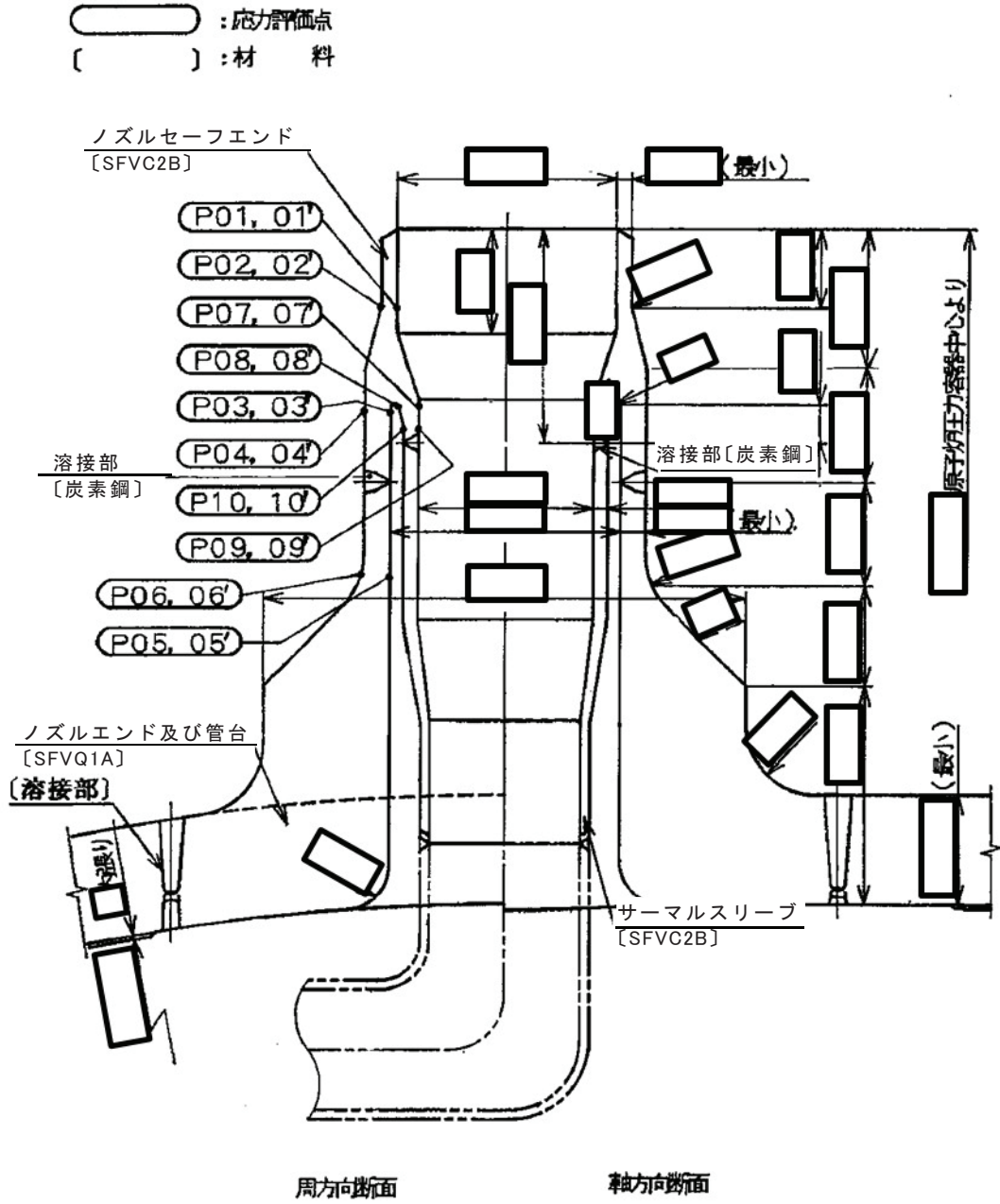


図 10-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 10-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエントド SFVC2B	V	101	292	P01 - P02	89	438	P01 - P02
ノズルエントド SFVQ1A	V	64	317	P05 - P06	47	476	P05 - P06
サーマル スリーブ SFVC2B	V	13	292	P07 - P08	37	438	P07 - P08*

10.2 計算条件

10.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

10.2.2 材料

各部の材料を図10-1に示す。

10.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

10.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

10.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

10.3 応力計算

10.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図10-1に示す。

10.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により計算する。

10.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)k.に定めるとおりである。

10.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

10.4 応力強さの評価

10.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表10-2に示す。

表10-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

10.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表10-3に示す。

表10-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 10-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	101	292
P01' P02'	101	292
P03 P04	64	292
P03' P04'	63	292
P05 P06	64	317
P05' P06'	63	317
P07 P08	13	292
P07' P08'	13	292
P09 P10	13	292
P09' P10'	13	292

表 10-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	89	438
P01' P02'	87	438
P03 P04	33	438
P03' P04'	33	438
P05 P06	47	476
P05' P06'	29	476
P07 P08	34	438
P07' P08'	37	438
P09 P10	18	438
P09' P10'	18	438

11. 低圧炉心スプレインズル（N5）の強度計算

11.1 一般事項

本章は、低圧炉心スプレインズル（N5）の強度計算である。

11.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図11-1に示す。

11.1.2 解析範囲

解析範囲を図11-1に示す。

11.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表11-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

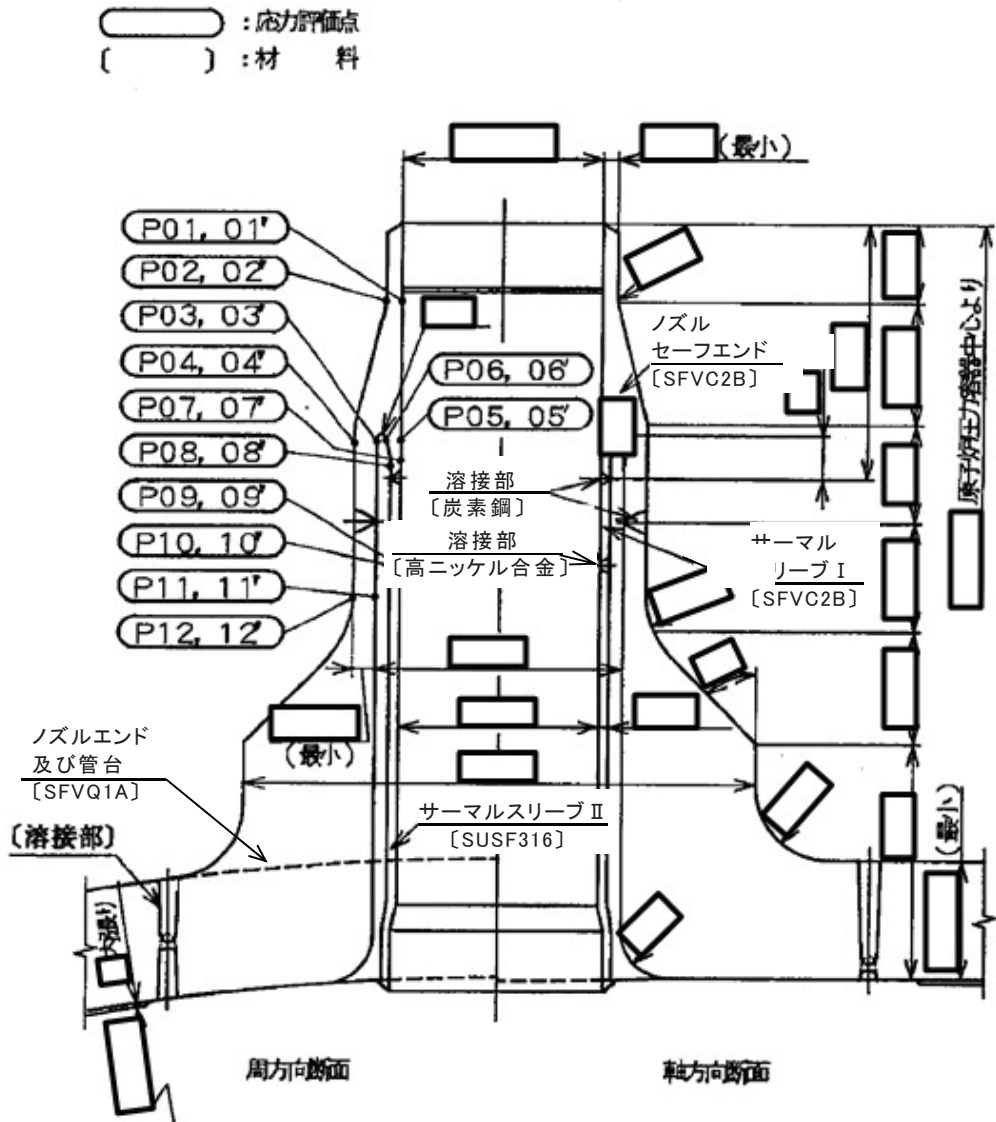


図 11-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 11-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエント SFVC2B	V	104	292	P01 - P02	87	438	P01 - P02
サーマル スリーブ SFVC2B	V	19	292	P09 - P10	35	438	P05 - P06
ノズルエント SFVQ1A	V	77	317	P11 - P12	38	476	P11 - P12

11.2 計算条件

11.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

11.2.2 材料

各部の材料を図11-1に示す。

11.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

11.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

11.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

11.3 応力計算

11.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図11-1に示す。

11.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)ℓ.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により計算する。

11.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)①.に定めるとおりである。

11.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

11.4 応力強さの評価

11.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表11-2に示す。

表11-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

11.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表11-3に示す。

表11-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表11-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	104	292
P01' P02'	103	292
P03 P04	77	292
P03' P04'	77	292
P05 P06	16	292
P05' P06'	16	292
P07 P08	16	292
P07' P08'	16	292
P09 P10	19	292
P09' P10'	19	292
P11 P12	77	317
P11' P12'	77	317

表 11-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	87	438
P01' P02'	86	438
P03 P04	40	438
P03' P04'	40	438
P05 P06	35	438
P05' P06'	35	438
P07 P08	30	438
P07' P08'	30	438
P09 P10	14	438
P09' P10'	10	438
P11 P12	38	476
P11' P12'	28	476

12. 低圧注水ノズル (N6) の強度計算

12.1 一般事項

本章は、低圧注水ノズル (N6) の強度計算である。

12.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図12-1に示す。

12.1.2 解析範囲

解析範囲を図12-1に示す。

12.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表12-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

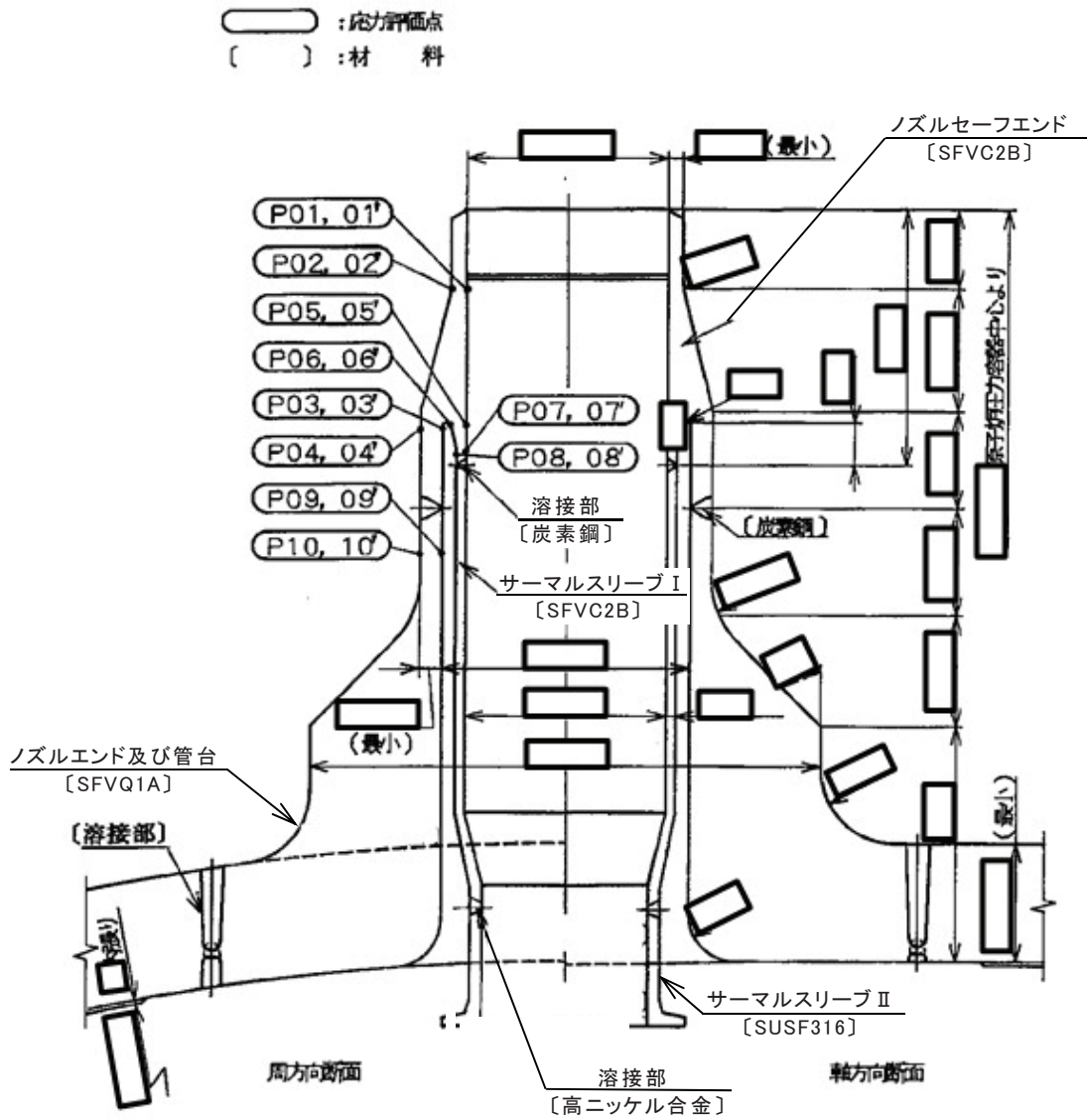


図 12-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 12-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエントド SFVC2B	V	101	292	P01 - P02	85	438	P01 - P02
サーマル スリーブ SFVC2B	V	16	292	P07 - P08	34	438	P05' - P06'
ノズルエントド SFVQ1A	V	77	317	P09 - P10	46	476	P09 - P10

12.2 計算条件

12.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

12.2.2 材料

各部の材料を図12-1に示す。

12.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

12.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

12.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

12.3 応力計算

12.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図12-1に示す。

12.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により計算する。

12.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

12.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

12.4 応力強さの評価

12.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表12-2に示す。

表12-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

12.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表12-3に示す。

表12-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 12-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	101	292
P01' P02'	100	292
P03 P04	77	292
P03' P04'	77	292
P05 P06	14	292
P05' P06'	14	292
P07 P08	16	292
P07' P08'	16	292
P09 P10	77	317
P09' P10'	77	317

表 12-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	85	438
P01' P02'	85	438
P03 P04	46	438
P03' P04'	41	438
P05 P06	33	438
P05' P06'	34	438
P07 P08	28	438
P07' P08'	28	438
P09 P10	46	476
P09' P10'	29	476

13. 上蓋スプレインズル (N7) の強度計算

13.1 一般事項

本章は、上蓋スプレインズル (N7) の強度計算である。

13.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図13-1に示す。

13.1.2 解析範囲

解析範囲を図13-1に示す。

13.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表13-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

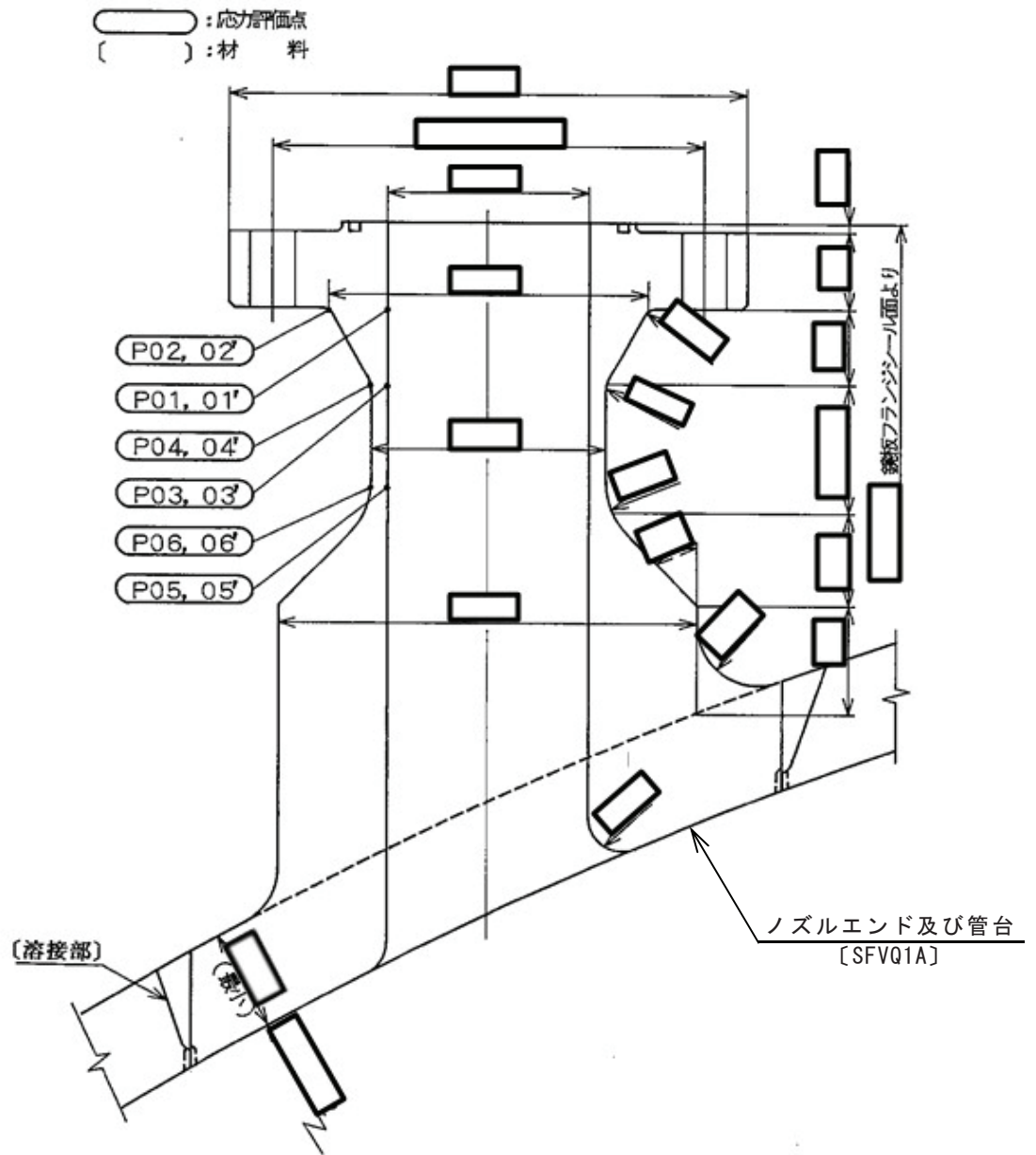


図 13-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 13-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
フランジ部 SFVQ1A	V	49	317	P01 - P02	70	476	P01' - P02'
ノズルエントド SFVQ1A	V	129	317	P03 - P04	141	476	P05 - P06

13.2 計算条件

13.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

13.2.2 材料

各部の材料を図13-1に示す。

13.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

13.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

13.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

13.3 応力計算

13.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図13-1に示す。

13.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

13.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

13.3.4 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

ボルト荷重は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

ボルト荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

13.3.5 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

13.4 応力強さの評価

13.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表13-2に示す。

表13-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

13.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表13-3に示す。

表13-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 13-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	49	317
P01' P02'	49	317
P03 P04	129	317
P03' P04'	129	317
P05 P06	123	317
P05' P06'	122	317

表 13-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	68	476
P01' P02'	70	476
P03 P04	132	476
P03' P04'	132	476
P05 P06	141	476
P05' P06'	108	476

14. ベントノズル (N8) の強度計算

14.1 一般事項

本章は、ベントノズル (N8) の強度計算である。

14.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図14-1に示す。

14.1.2 解析範囲

解析範囲を図14-1に示す。

14.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表14-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

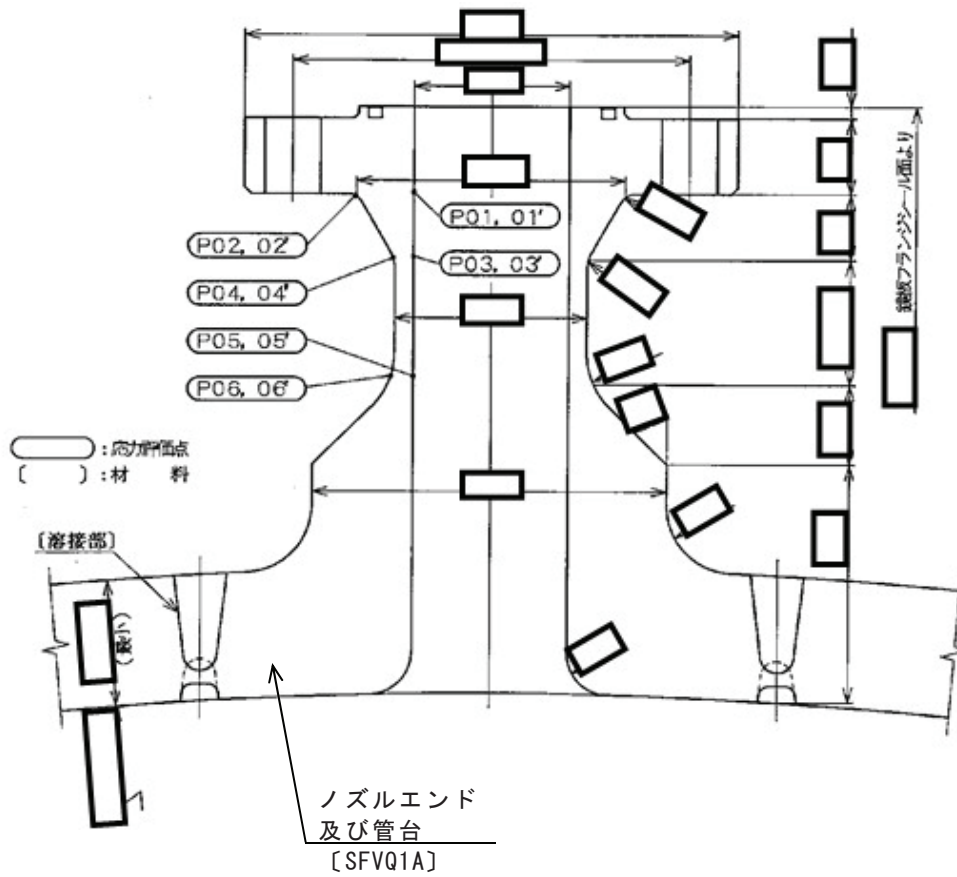


図 14-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 14-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
フランジ部 SFVQ1A	V	46	317	P01 - P02	47	476	P01' - P02'
ノズルエントド SFVQ1A	V	96	317	P03 - P04	100	476	P03 - P04

14.2 計算条件

14.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

14.2.2 材料

各部の材料を図14-1に示す。

14.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

14.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

14.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

14.3 応力計算

14.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図14-1に示す。

14.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)o.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

14.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)ο.に定めるとおりである。

14.3.4 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

ボルト荷重は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)ο.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

ボルト荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)ο.に定めるとおりである。

14.3.5 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

14.4 応力強さの評価

14.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表14-2に示す。

表14-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

14.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表14-3に示す。

表14-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 14-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	46	317
P01' P02'	46	317
P03 P04	96	317
P03' P04'	96	317
P05 P06	95	317
P05' P06'	95	317

表 14-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	46	476
P01' P02'	47	476
P03 P04	100	476
P03' P04'	85	476
P05 P06	98	476
P05' P06'	81	476

15. ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) の強度計算

15.1 一般事項

本章は、ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) の強度計算である。

15.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図15-1に示す。

15.1.2 解析範囲

解析範囲を図15-1に示す。

15.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表15-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

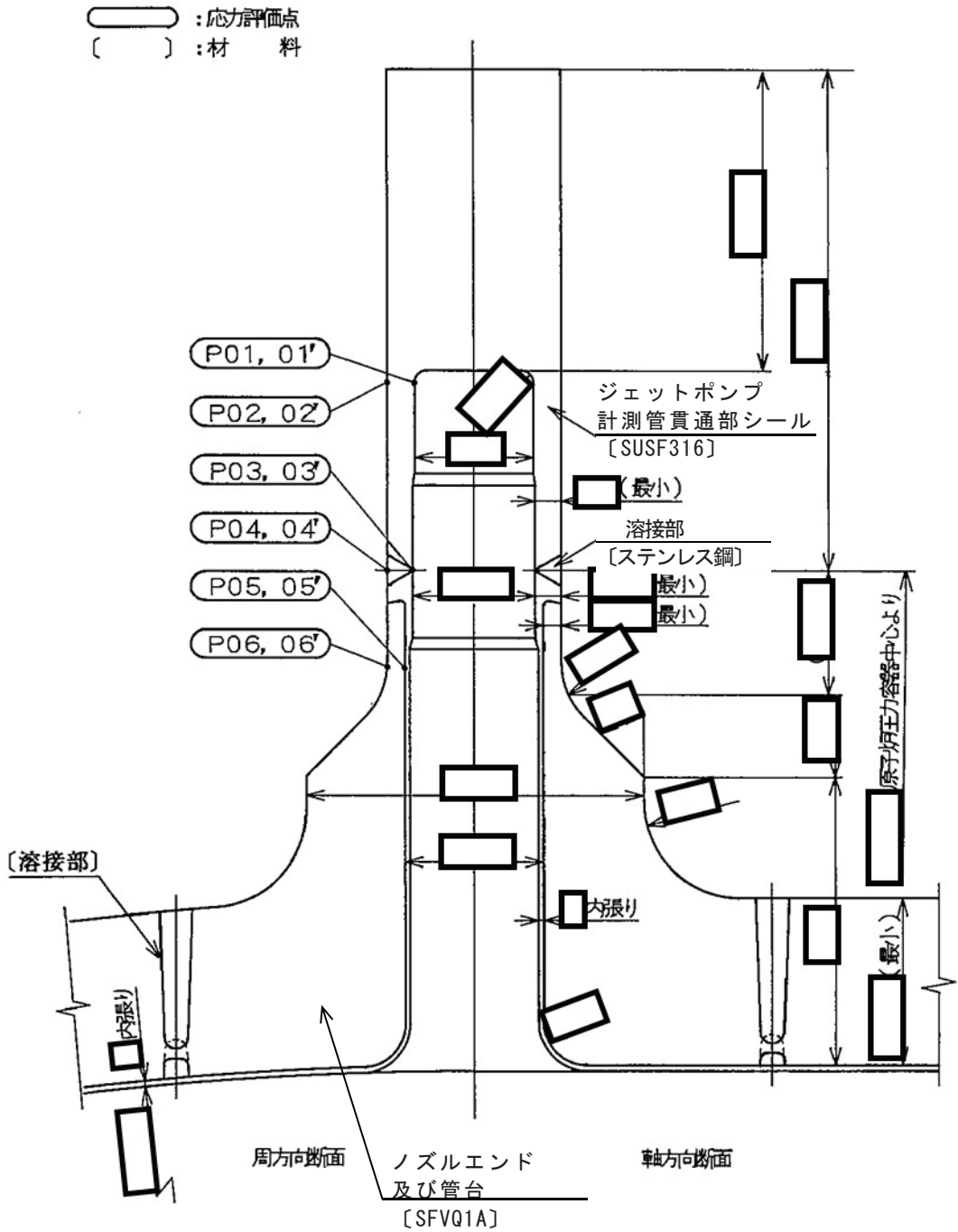


図 15-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 15-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ジェットポンプ 計測管貫通部 シール SUSF316	V	33	281	P01 - P02	17	422	P01 - P02
溶接部 ステンレス鋼	V	37	281	P03 - P04	32	422	P03 - P04
ノズルエントド SFVQ1A	V	59	317	P05 - P06	44	476	P05 - P06

15.2 計算条件

15.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

15.2.2 材料

各部の材料を図15-1に示す。

15.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

15.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

15.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

15.3 応力計算

15.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図15-1に示す。

15.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

15.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

15.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

15.4 応力強さの評価

15.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表15-2に示す。

表15-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

15.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表15-3に示す。

表15-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 15-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	33	281
P01' P02'	33	281
P03 P04	37	281
P03' P04'	37	281
P05 P06	59	317
P05' P06'	59	317

表 15-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	17	422
P01' P02'	15	422
P03 P04	32	422
P03' P04'	32	422
P05 P06	44	476
P05' P06'	43	476

16. 差圧検出・ほう酸水注入ノズル（N11）の強度計算

16.1 一般事項

本章は、差圧検出・ほう酸水注入ノズル（N11）の強度計算である。

16.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図16-1に示す。

16.1.2 解析範囲

解析範囲を図16-1に示す。

16.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表16-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

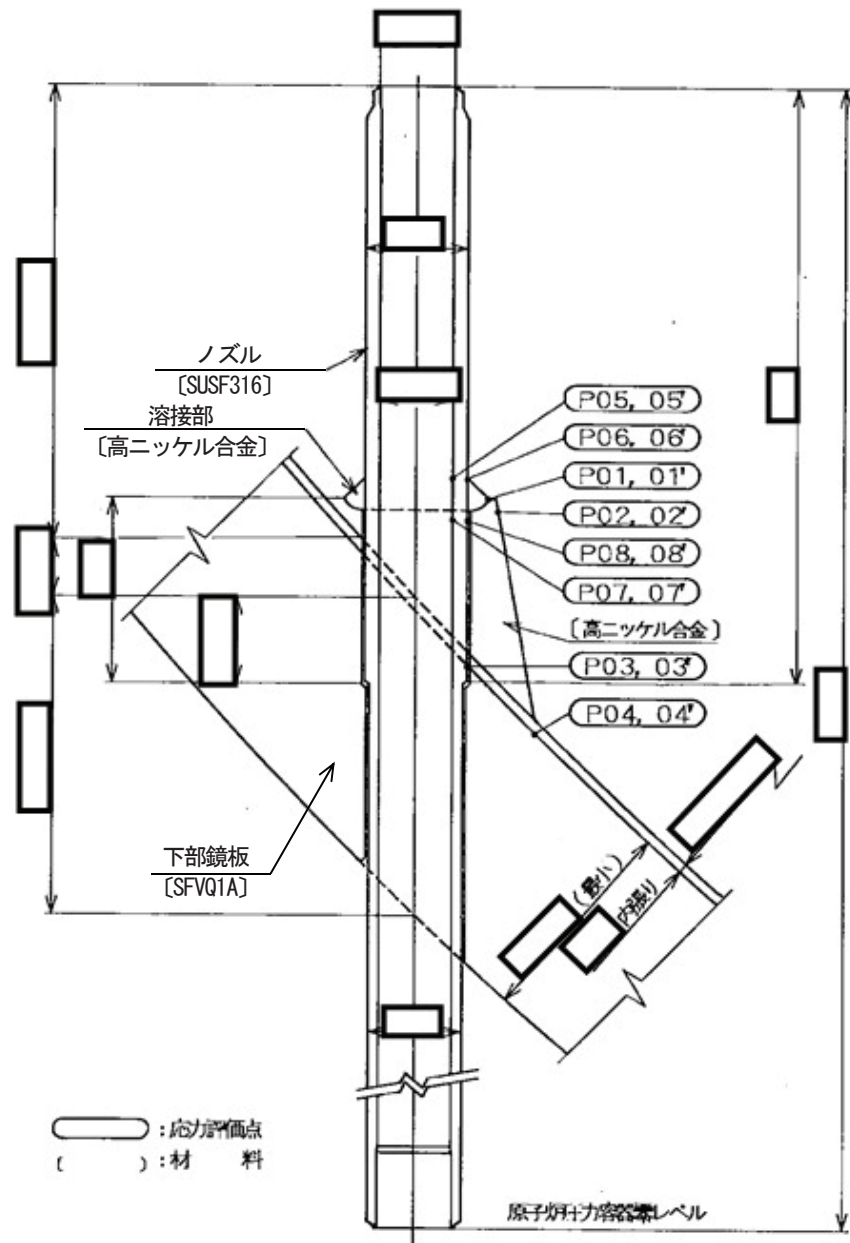


図 16-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 16-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
肉盛部 高ニッケル合金	V	0	334	P01 - P02	112	501	P03' - P04'
ノズル SUSF316	V	36	281	P07 - P08	21	422	P07 - P08

16.2 計算条件

16.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

16.2.2 材料

各部の材料を図16-1に示す。

16.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

16.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

16.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

16.3 応力計算

16.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図16-1に示す。

16.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

16.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

16.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

16.4 応力強さの評価

16.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表16-2に示す。

表16-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

16.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表16-3に示す。

表16-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 16-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	0	334
P01' P02'	0	334
P03 P04	0	334
P03' P04'	0	334
P05 P06	11	281
P05' P06'	11	281
P07 P08	36	281
P07' P08'	36	281

表 16-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	17	501
P01' P02'	17	501
P03 P04	111	501
P03' P04'	112	501
P05 P06	14	422
P05' P06'	19	422
P07 P08	21	422
P07' P08'	21	422

17. 計装ノズル (N12, N13, N14) の強度計算

17.1 一般事項

本章は、計装ノズル (N12, N13及びN14) の強度計算である。

17.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図17-1に示す。

17.1.2 解析範囲

解析範囲を図17-1に示す。

17.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表17-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

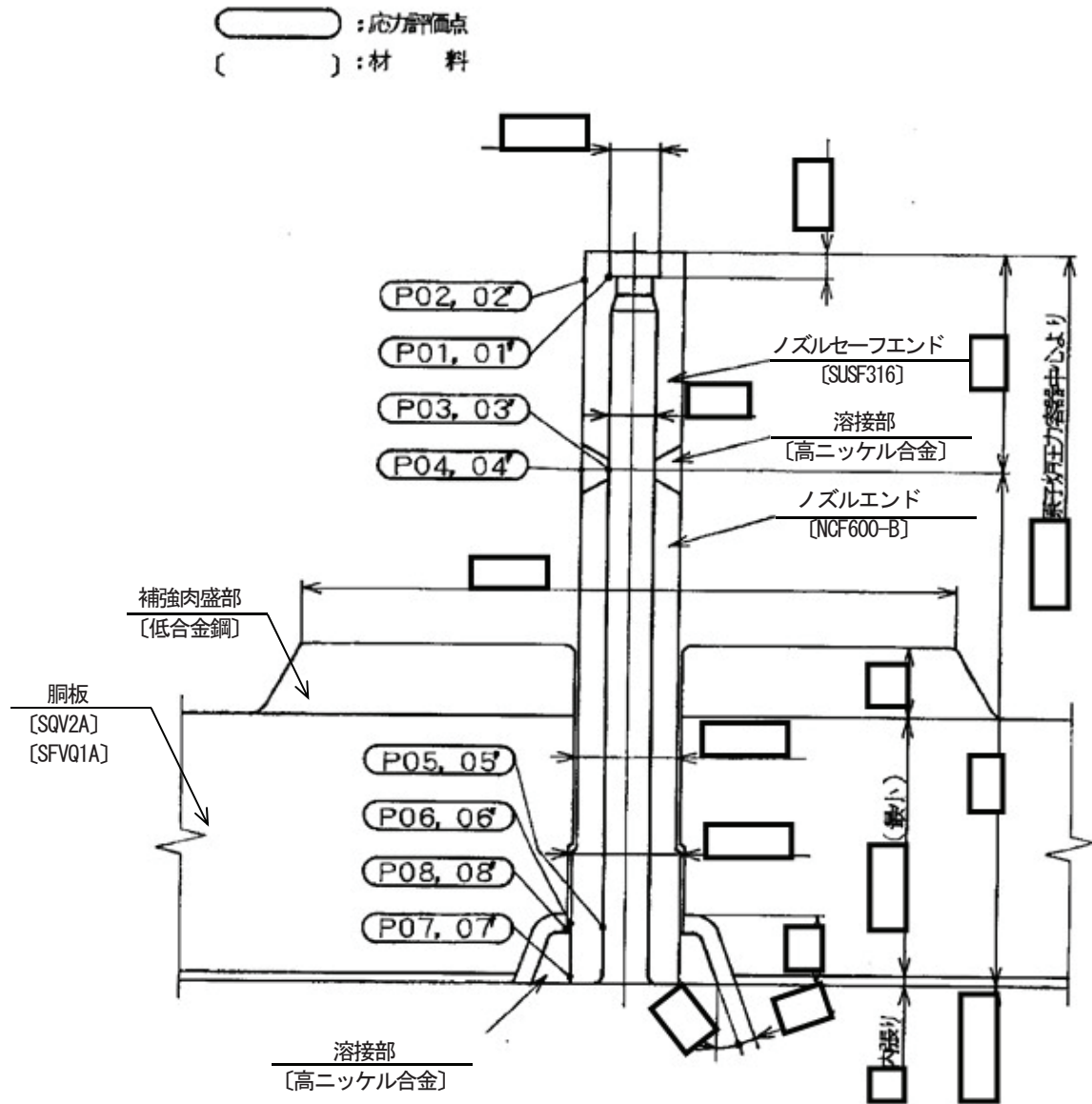


図 17-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)
 (計装ノズル (N12 及び N13))

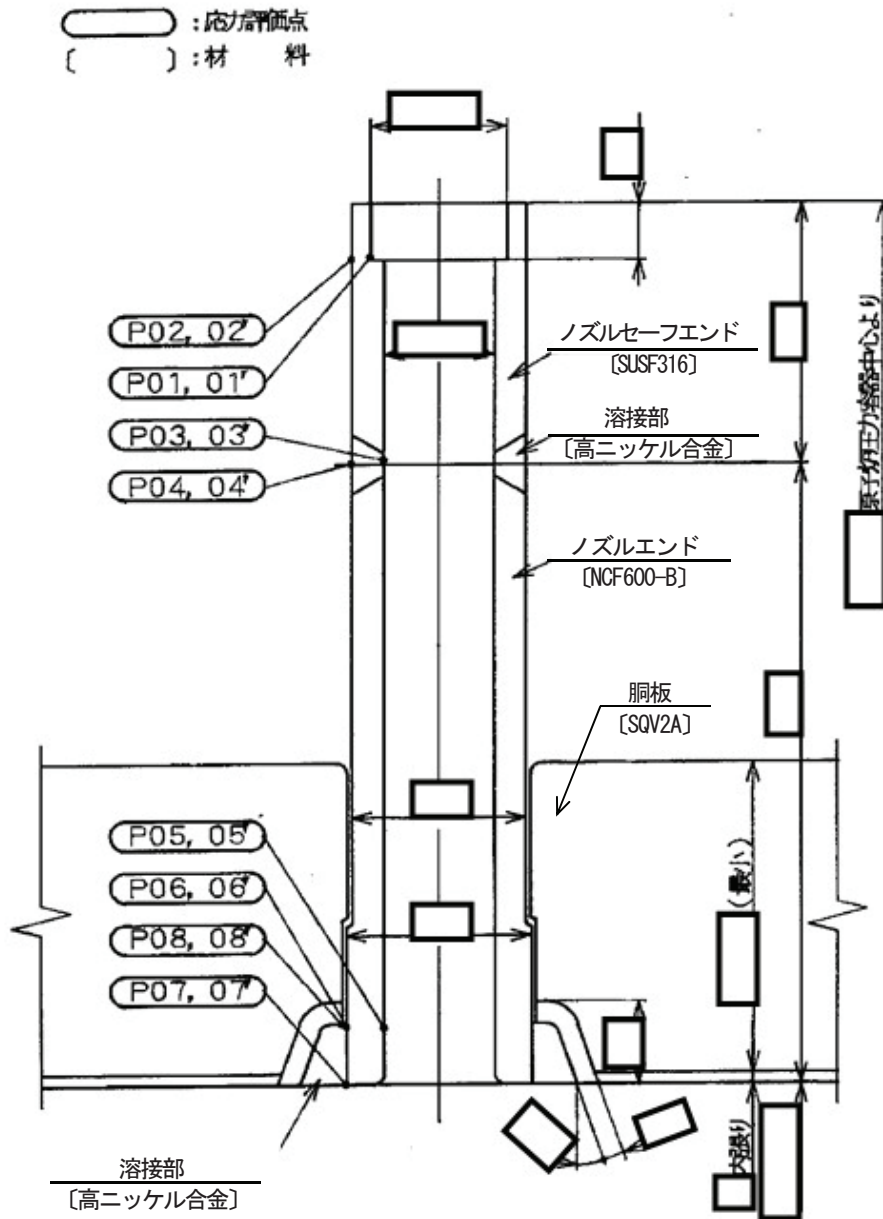


図 17-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)
(計装ノズル (N14))

表 17-1(1) 計装ノズル (N12) の計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエンド SUSF316	V	26	281	P01 - P02	31	422	P01 - P02
溶接部近傍 ステンレス鋼側	V	24	281	P03 - P04	33	422	P03 - P04
ノズルエンド NCF600-B	V	22	334	P05 - P06	175	501	P05' - P06'

表 17-1 (2) 計装ノズル (Ni3) の計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエンド SUSF316	V	26	281	P01 - P02	31	422	P01 - P02
溶接部近傍 ステンレス鋼側	V	24	281	P03 - P04	33	422	P03 - P04
ノズルエンド NCF600-B	V	22	334	P05 - P06	175	501	P05' - P06'

表 17-1 (3) 計装ノズル (N14) の計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエンド SUSF316	V	49	281	P01 - P02	31	422	P01 - P02
溶接部近傍 ステンレス鋼側	V	29	281	P03 - P04	23	422	P03 - P04
ノズルエンド NCF600-B	V	29	334	P07 - P08	169	501	P05' - P06'

17.2 計算条件

17.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

17.2.2 材料

各部の材料を図17-1に示す。

17.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

17.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

17.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

17.3 応力計算

17.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図17-1に示す。

17.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

17.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

17.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

17.4 応力強さの評価

17.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表17-2に示す。

表17-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

17.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表17-3に示す。

表17-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 17-2(1) 計装ノズル (N12) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	26	281
P01' P02'	26	281
P03 P04	24	281
P03' P04'	24	281
P05 P06	22	334
P05' P06'	22	334
P07 P08	22	334
P07' P08'	22	334

表 17-2(2) 計装ノズル (N13) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	26	281
P01' P02'	26	281
P03 P04	24	281
P03' P04'	24	281
P05 P06	22	334
P05' P06'	22	334
P07 P08	22	334
P07' P08'	22	334

表 17-2(3) 計装ノズル (N14) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	49	281
P01' P02'	49	281
P03 P04	29	281
P03' P04'	29	281
P05 P06	26	334
P05' P06'	26	334
P07 P08	29	334
P07' P08'	29	334

表 17-3(1) 計装ノズル (N12) の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	31	422
P01' P02'	29	422
P03 P04	33	422
P03' P04'	32	422
P05 P06	131	501
P05' P06'	175	501
P07 P08	142	501
P07' P08'	150	501

表 17-3(2) 計装ノズル (N13) の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	31	422
P01' P02'	29	422
P03 P04	33	422
P03' P04'	32	422
P05 P06	131	501
P05' P06'	175	501
P07 P08	142	501
P07' P08'	150	501

表 17-3(3) 計装ノズル (N14) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	31	422
P01' P02'	27	422
P03 P04	23	422
P03' P04'	21	422
P05 P06	152	501
P05' P06'	169	501
P07 P08	140	501
P07' P08'	144	501

18. ドレンノズル (N15) の強度計算

18.1 一般事項

本章は、ドレンノズル (N15) の強度計算である。

18.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図18-1に示す。

18.1.2 解析範囲

解析範囲を図18-1に示す。

18.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表18-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

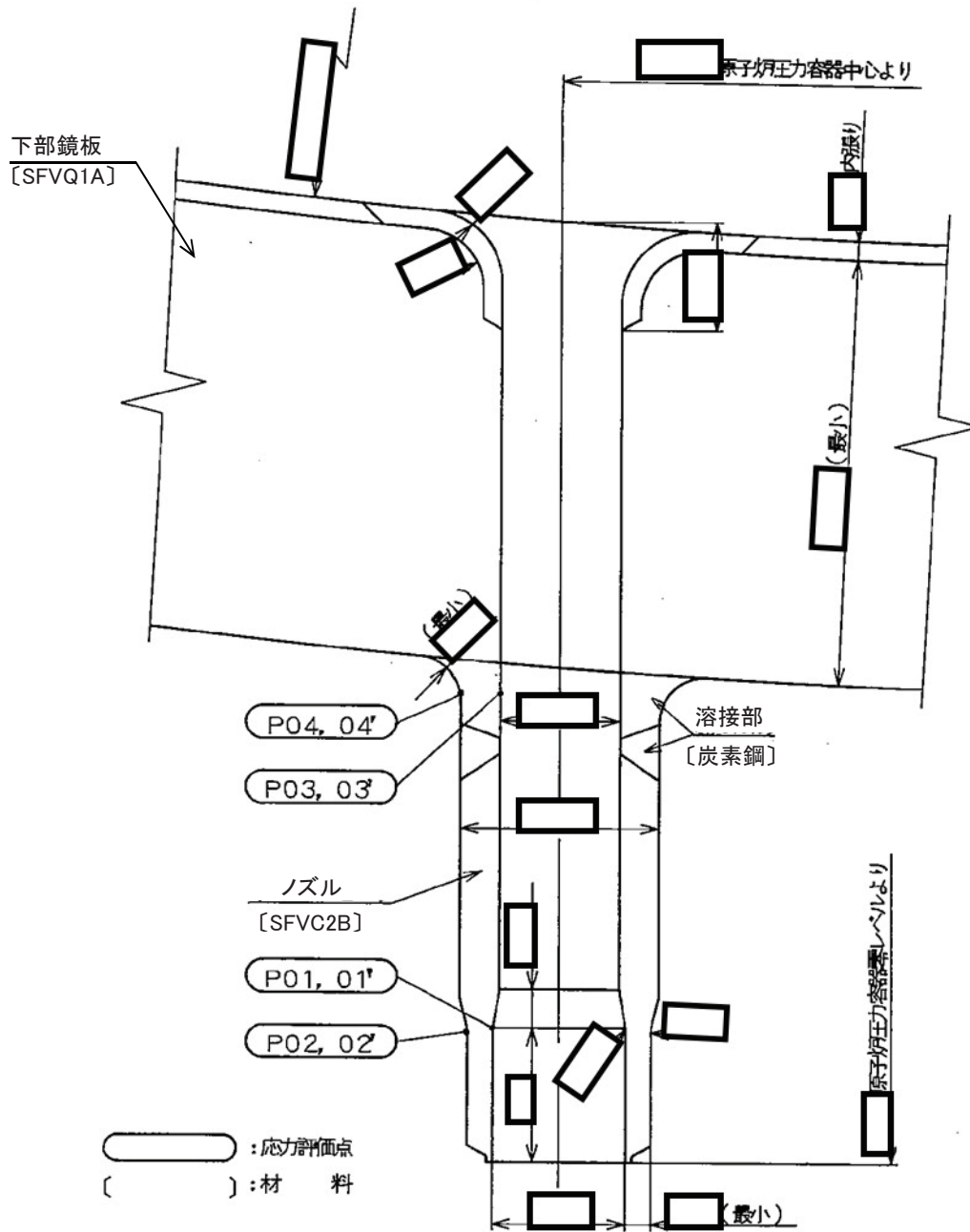


図 18-1 形状・寸法・材料・应力評価点 (単位: mm)

表 18-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズルエントド SFVC2B	V	55	292	P01 - P02	39	438	P01 - P02
肉盛部 炭素鋼	V	31	292	P03 - P04	143	438	P03' - P04'

18.2 計算条件

18.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

18.2.2 材料

各部の材料を図18-1に示す。

18.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

18.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

18.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

18.3 応力計算

18.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図18-1に示す。

18.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)s.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により計算する。

18.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)s.に定めるとおりである。

18.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

18.4 応力強さの評価

18.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表18-2に示す。

表18-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

18.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表18-3に示す。

表18-3より、運転状態Vの一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 18-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	55	292
P01' P02'	55	292
P03 P04	31	292
P03' P04'	31	292

表 18-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	39	438
P01' P02'	37	438
P03 P04	132	438
P03' P04'	143	438

19. 高圧炉心スプレイノズル (N16) の強度計算

19.1 一般事項

本章は、高圧炉心スプレイノズル (N16) の強度計算である。

19.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図19-1に示す。

19.1.2 解析範囲

解析範囲を図19-1に示す。

19.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表19-1に示す。

なお、運転状態Vにおける評価結果は、添付書類「VI-2-3-4-1-2 原子炉压力容器の耐震性についての計算書」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

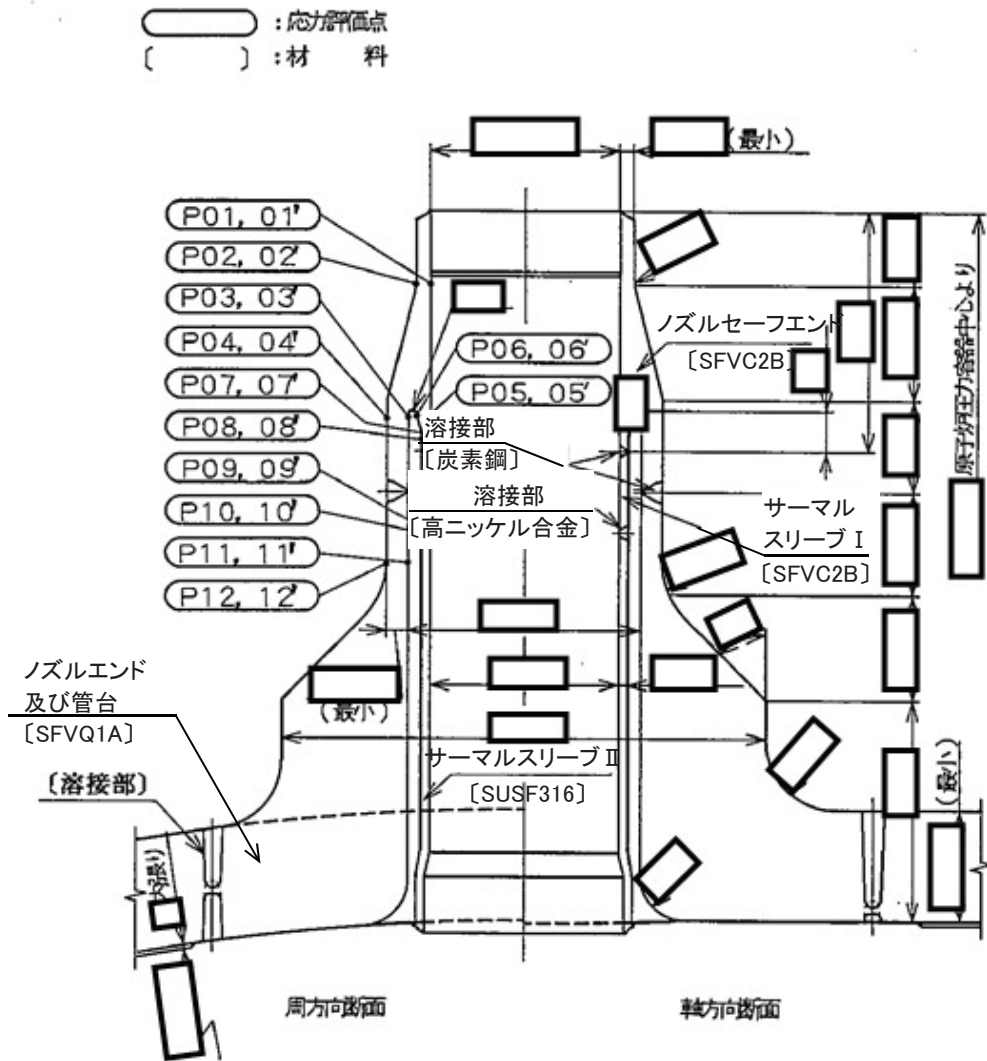


図 19-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 19-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ノズル セーフエントド SFVC2B	V	104	292	P01 - P02	87	438	P01 - P02
サーマル スリーブ SFVC2B	V	19	292	P09 - P10	35	438	P05 - P06
ノズルエントド SFVQ1A	V	77	317	P11 - P12	38	476	P11 - P12

19.2 計算条件

19.2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

19.2.2 材料

各部の材料を図19-1に示す。

19.2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.3節に示す。

19.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.3節に示す。

19.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す。

19.3 応力計算

19.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図19-1に示す。

19.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.2節に示す。

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により計算する。

19.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の4.1節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

19.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の5.2.2項に定めるとおりである。

19.4 応力強さの評価

19.4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表19-2に示す。

表19-2より、運転状態Vの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

19.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表19-3に示す。

表19-3より、運転状態Vの一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」(2)強度評価編の3.4節に示す許容応力を満足する。

表 19-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	104	292
P01' P02'	103	292
P03 P04	77	292
P03' P04'	77	292
P05 P06	16	292
P05' P06'	16	292
P07 P08	16	292
P07' P08'	16	292
P09 P10	19	292
P09' P10'	19	292
P11 P12	77	317
P11' P12'	77	317

表 19-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	87	438
P01' P02'	86	438
P03 P04	40	438
P03' P04'	40	438
P05 P06	35	438
P05' P06'	35	438
P07 P08	30	438
P07' P08'	30	438
P09 P10	14	438
P09' P10'	10	438
P11 P12	38	476
P11' P12'	28	476

VI-3-3-1-1-2 原子炉压力容器附属構造物の強度計算書

目 次

VI-3-3-1-1-2-1 管の強度計算書（原子炉压力容器附属構造物）

VI-3-3-1-1-2-1 管の強度計算書（原子炉圧力容器附属構造物）

目 次

- VI-3-3-1-1-2-1-1 差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーよりN11ノズルまでの外管）の基本
板厚計算書
- VI-3-3-1-1-2-1-2 差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーよりN11ノズルまでの外管）の応力
計算書

VI-3-3-1-1-2-1-1 差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-2 クラス1機器の強度計算の方針」及び「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」並びに「VI-3-2-7 クラス3管の強度計算方法」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件 アップ の有無	条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス		DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)	SA条件 温度 (°C)					
1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

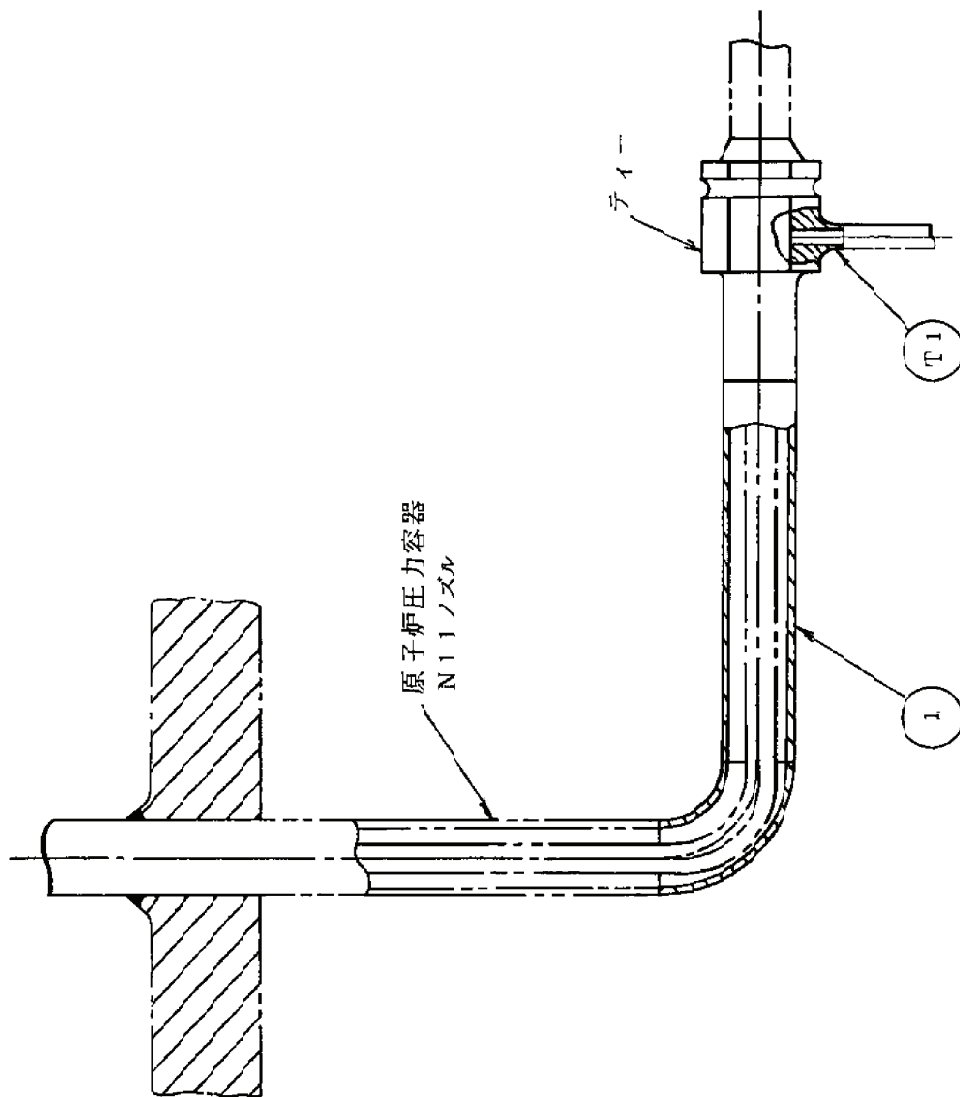
・適用規格の選定

管 No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目次

1. 概略図	1
2. 管の強度計算書	2
3. 管の穴と強度計算書	3

1. 概略図



2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)
設計・建設規格 PPB-3411 準用

No.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S ^m (MPa)	Q (mm)	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)	重大事故等時の 使用圧力 P _E (MPa)	重大事故等時の 許容圧力 P _{aE} (MPa)
1	8.62	302	<input type="text"/>	<input type="text"/>	SUS316LTP	S	1	94	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A	<input type="text"/>	10.34	17.24

評価: $t_s \geq t_r$, $P_{aE} \geq P_E$ よって十分である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 管の穴と強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPB-3420 準用

NO.	T1	穴の径 d (mm)	
形 式	2	d _{fr} (mm)	
最高使用圧力 (MPa)	8.62		
最高使用温度 (°C)	302		
主管と管台の角度 (°)			
		L _A (mm)	
主管材料	SUSF316L	L _{AD} (mm)	
S _{mr} (MPa)	94	L _N (mm)	
D _{or} (mm)			
D _{ir} (mm)			
t _{ro} (mm)			
Q _r		A _r (mm ²)	
t _r (mm)		A _{r23} (mm ²)	
t _{rr} (mm)		A ₁ (mm ²)	
		A ₃ (mm ²)	
管台材料	SUSF316L	A _{D3} (mm ²)	
S _{mb} (MPa)	94	A ₀ (mm ²)	
D _{ob} (mm)		A _{0D} (mm ²)	
D _{ib} (mm)			
t _{bo} (mm)			
Q _b			
t _b (mm)			
t _{br} (mm)			
r ₁ (mm)	0.00		
r ₂ (mm)			
L ₁ (mm)			
L ₂ (mm)			

詳細： $A_0 > A_r$

$$A_{0D} \geq A_{r23}$$

よって十分である。

VI-3-3-1-1-2-1-2 差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより
N11 ノズルまでの外管）の応力計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	重大事故等時の条件	4
2.2	材料	4
2.3	荷重の組合せ及び運転状態	4
2.4	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.5	許容応力	4
3.	応力計算	5
3.1	応力評価点	5
3.2	内圧による応力	5
3.2.1	荷重条件	5
3.2.2	計算方法	5
3.3	外荷重による応力	5
3.3.1	荷重条件	5
3.3.2	計算方法	5
3.4	応力の評価	5
4.	応力強さの評価	6
4.1	一次一般膜応力強さの評価	6
4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	6

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
表 1-1	計算結果の概要	3
表 4-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	7
表 4-2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	8

1. 一般事項

本計算書は、差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）の応力計算書である。

差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）は、原子炉压力容器付属構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉压力容器の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 1-1 に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

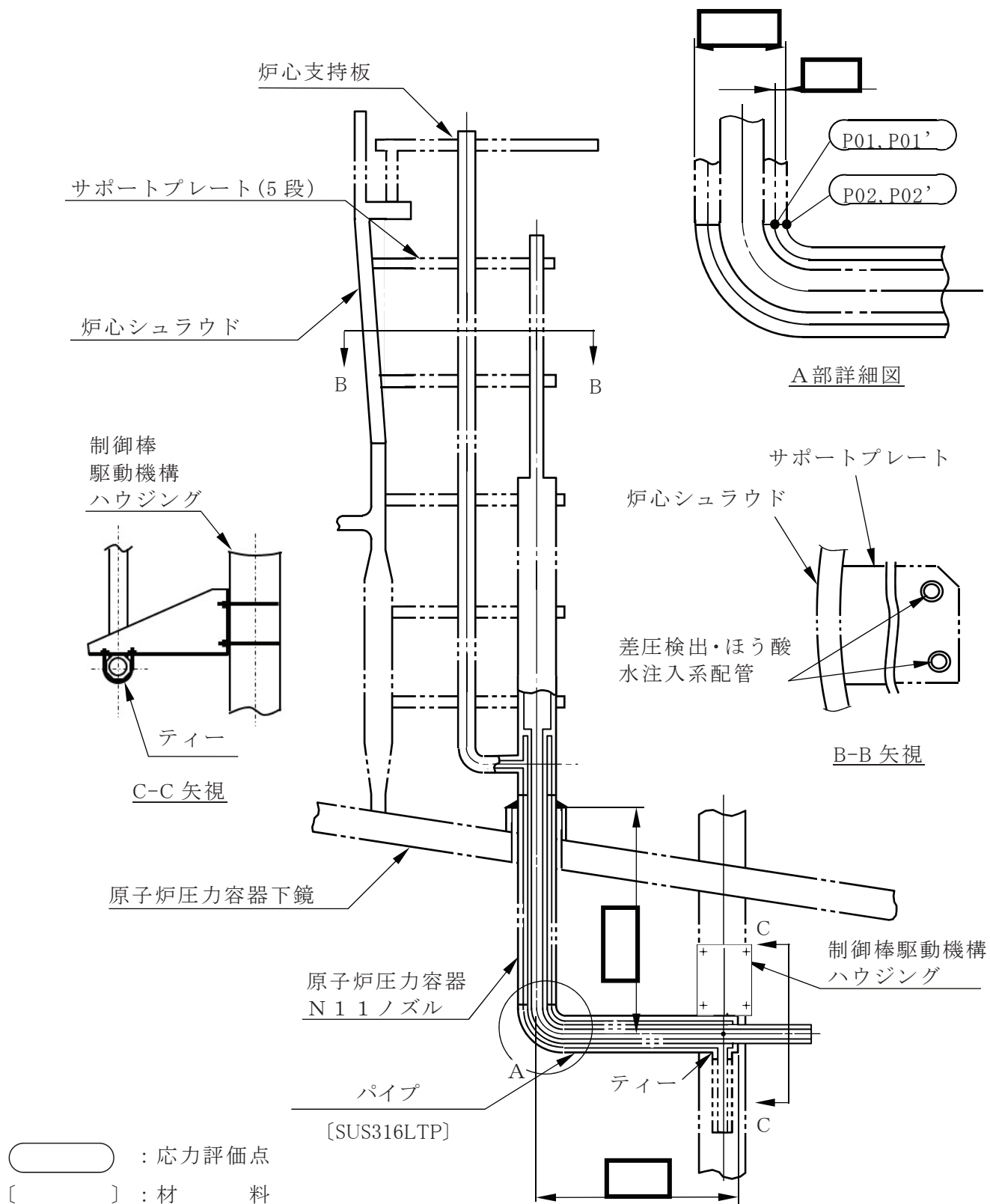


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	運転状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
パイプ SUS316LTP	V	52	224	P01-P02	52	336	P01-P02

2. 計算条件

2.1 重大事故等時の条件

重大事故等時の条件を「応力解析の方針」(2)強度評価編の 4.2 節に示す。

2.2 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.3 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」(2)強度評価編の 3.3 節に示す。

2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」(2)強度評価編の 4.3 節に示す。

2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」(2)強度評価編の 3.4 節に示す。

3. 応力計算

3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)v.に定めるとおりである。

3.2 内圧による応力

3.2.1 荷重条件 (L01)

運転状態 V の内圧は、「2.1 重大事故等時の条件」に示す。

3.2.2 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)v.に定めるとおりである。

なお、運転状態 V での内圧による応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

3.3 外荷重による応力

3.3.1 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」(2)強度評価編の 4.1 節に示す。

3.3.2 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」(2)強度評価編の参照図書(1)v.に定めるとおりである。

なお、外荷重による各応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性状により計算する。

3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」(2)強度評価編の 5.2.2 項に定めるとおりである。

4. 応力強さの評価

4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Ⅴにおける評価を表 4-1 に示す。

表 4-1 より，運転状態Ⅴの一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」(2)強度評価編の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

運転状態Ⅴにおける評価を表 4-2 に示す。

表 4-2 より，運転状態Ⅴの一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」(2)強度評価編の 3.4 節に示す許容応力を満足する。

表4-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態 V	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	52	224
P01' P02'	52	224

表4-2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	運転状態Ⅴ	
	応力強さ	許容応力
P01 P02	52	336
P01' P02'	52	336

VI-3-3-2 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の強度に関する説明書

目 次

VI-3-3-2-1 使用済燃料貯蔵設備の強度計算書

VI-3-3-2-2 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の強度計算書

VI-3-3-2-1 使用済燃料貯蔵設備の強度計算書

目 次

VI-3-3-2-1-1 使用済燃料プールの強度計算書

VI-3-3-2-1-1 使用済燃料プールの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-8 重大事故等クラス2容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお、適用規格の選定結果について以下に示す。適用規格の選定に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 に規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
使用済燃料プール	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	—	—	—	—	—	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

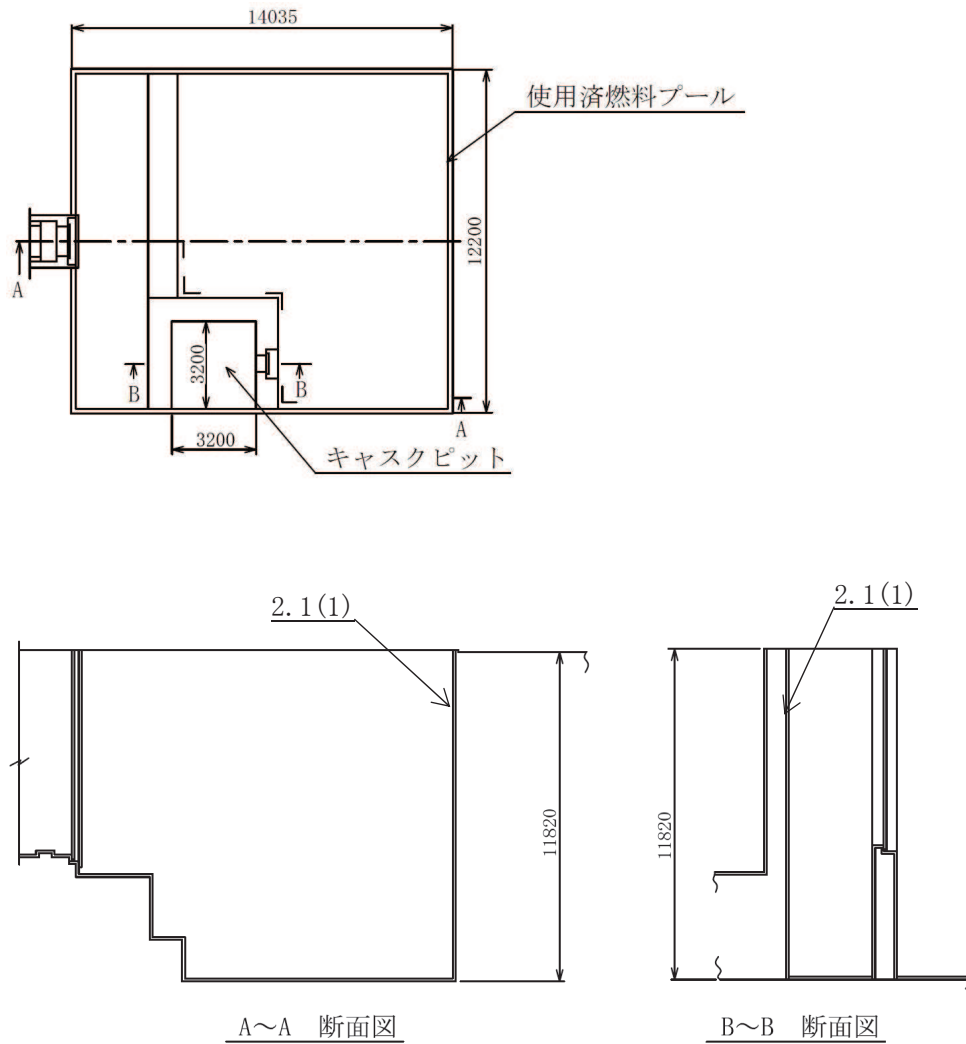
目次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	2
2. 強度計算	3
2.1 開放タンクの胴の厚さの計算	3

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次ページ以降の
計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用压力 (MPa)	—
最高使用温度 (°C)	—

2. 強度計算

2.1 開放タンクの胴の厚さの計算*

設計・建設規格 PVC-3920

胴板名称	(1) ライニング材		
材料	SUS304		
水頭	H	(m)	—
最高使用温度		(°C)	—
胴の内径	D_i	(m)	—
液体の比重	ρ		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	η		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	1.5
必要厚さ	t_2	(mm)	—
必要厚さ	t_3	(mm)	—
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t	(mm)	1.5
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	6.00, 7.00, 16.00, 25.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記 *：使用済燃料プール（キャスクピット含む）はコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり，水頭による荷重は，内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため，ライニング材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-3-2-2 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の強度計算書

目 次

- VI-3-3-2-2-1 燃料プール冷却浄化系の強度計算書
- VI-3-3-2-2-2 燃料プール代替注水系の強度計算書
- VI-3-3-2-2-3 燃料プールのスプレイ系の強度計算書

VI-3-3-2-2-1 燃料プール冷却浄化系の強度計算書

目 次

- VI-3-3-2-2-1-1 燃料プール冷却浄化系熱交換器の強度計算書
- VI-3-3-2-2-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの強度計算書
- VI-3-3-2-2-1-3 スキマサージタンクの強度計算書
- VI-3-3-2-2-1-4 管の強度計算書（燃料プール冷却浄化系）

VI-3-3-2-2-1-1 燃料プール冷却浄化系熱交換器の強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」, 「VI-3-2-8 重大事故等クラス2 容器の強度計算方法」及び「VI-3-2-12 重大事故等クラス2 支持構造物（容器）の強度計算方法」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「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか		クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラスアップ の有無	施設時機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (℃)	SA 条件 圧力 (MPa)	SA 条件 温度 (℃)						
燃料プールの冷却浄化系 熱交換器	既設	有	管側	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	-	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	-	SA-2
			胴側	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.18	70	1.18	70	-	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	-	SA-2

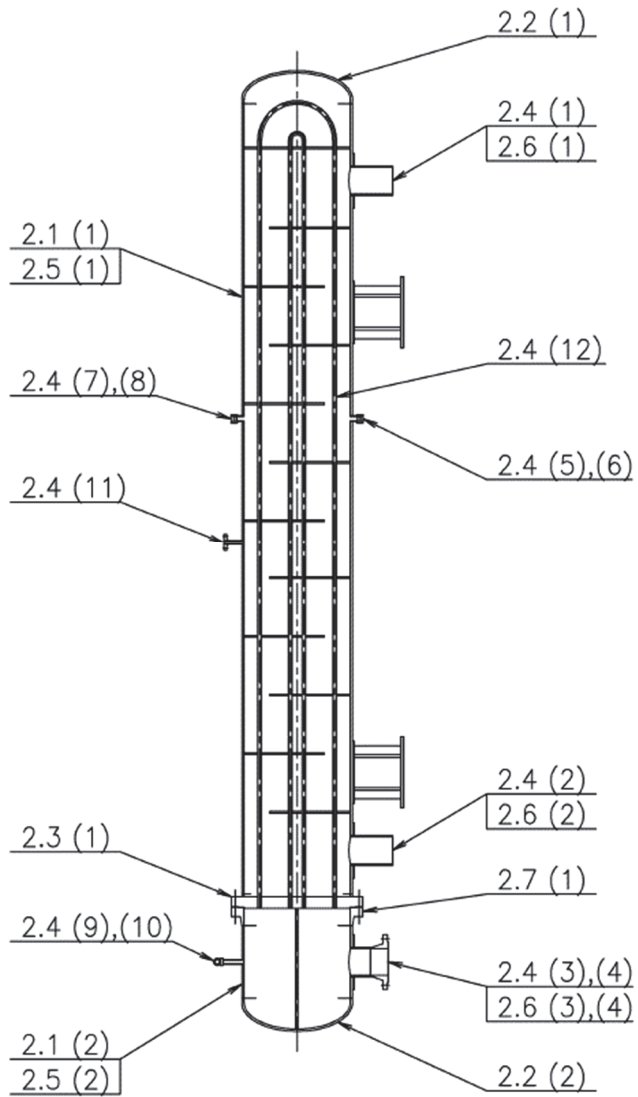
目次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の鏡板の厚さの計算	4
2.3 容器の管板の厚さの計算	6
2.4 容器の管台の厚さの計算	7
2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算	19
2.6 容器の穴の補強計算	21
2.7 容器のフランジの計算	29
3. 支持構造物の強度計算書	31

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次ページ以降の
計算項目番号を示す。

図 1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	胴側	1.18	管側	1.37
最高使用温度 (°C)	胴側	70	管側	66

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称	(1) 胴側胴板		
材料	SGV410		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
胴の内径	D_i	(mm)	600.00
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		0.70
継手の種類	突合せ両側溶接		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	4.96
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	4.96
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称	(2) 管側胴板		
材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
胴の内径	D_i	(mm)	600.00
許容引張応力	S	(MPa)	126
継手効率	η		0.70
継手の種類	突合せ両側溶接		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	4.71
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	4.71
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 容器の鏡板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称		(1) 胴側鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL} (mm)	600.00
鏡板の内面における短径の1/2	h (mm)	150.00
長径と短径の比	$D_{iL}/(2 \cdot h)$	2.00
評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。		

(2) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称		(1) 胴側鏡板
材料		SGV410
最高使用圧力	P (MPa)	1.18
最高使用温度	(°C)	70
胴の内径	D_i (mm)	600.00
半だ円形鏡板の形状による係数 K		1.00
許容引張応力	S (MPa)	103
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t_1 (mm)	3.47
必要厚さ	t_2 (mm)	3.45
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	3.47
呼び厚さ	t_{co} (mm)	12.00
最小厚さ	t_c (mm)	
評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。		

容器の鏡板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称		(2) 管側鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL} (mm)	600.00
鏡板の内面における短径の1/2	h (mm)	150.00
長径と短径の比	$D_{iL}/(2 \cdot h)$	2.00
評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。		

(2) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称		(2) 管側鏡板
材料		SUS304
最高使用圧力	P (MPa)	1.37
最高使用温度	(°C)	66
胴の内径	D_i (mm)	600.00
半だ円形鏡板の形状による係数 K		1.00
許容引張応力	S (MPa)	126
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t_1 (mm)	3.29
必要厚さ	t_2 (mm)	3.27
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	3.29
呼び厚さ	t_{co} (mm)	12.00
最小厚さ	t_c (mm)	
評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。		

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 容器の管板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3510(1)

管穴の中心間距離

管板名称			(1) 管板
管の外径	d_t	(mm)	
必要な距離	z	(mm)	
管穴の中心間距離	P_t	(mm)	25.00
評価： $P_t \geq z$ ，よって十分である。			

(2) 設計・建設規格 PVC-3510(2)

管板の厚さ

管板名称			(1) 管板
材料			SUSF304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度			(°C) 66
パッキンの中心円の径又は胴の内径	D	(mm)	642.18
胴の厚さ	t_s	(mm)	—
管及び管板の支え方による係数	F		1.25 (伝熱管の形式：U字管)
管板の支え方			管側胴と一体でない。 ($t_s/D = -$)
任意の管の中心が囲む面積	A	(mm ²)	2.498×10^5
面積Aの周のうち穴の径以外の部分の長さ	L	(mm)	403.94
許容引張応力	S	(MPa)	126
必要厚さ	t_1	(mm)	41.86
必要厚さ	t_2	(mm)	7.91
$t_1, t_2, 10$ の大きい値	t	(mm)	41.86
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	65.00
最小厚さ	t_b	(mm)	
評価： $t_b \geq t$ ，よって十分である。			

2.4 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 胴体入口		
材料	STS410		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D_o	(mm)	165.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t_1	(mm)	0.95
必要厚さ	t_3	(mm)	3.80
t_1, t_3 の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	7.10
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(2) 胴体出口		
材料	STS410		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D _o	(mm)	165.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.95
必要厚さ	t ₃	(mm)	3.80
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	7.10
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(3) 水室入口		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
管台の外径	D _o	(mm)	165.20
許容引張応力	S	(MPa)	126
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.90
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.90
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	7.10
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(4) 水室出口		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
管台の外径	D _o	(mm)	165.20
許容引張応力	S	(MPa)	126
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.90
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.90
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	7.10
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(5) 胴体ドレン		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D_o	(mm)	46.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t_1	(mm)	0.23
必要厚さ	t_3	(mm)	-
t_1, t_3 の大きい値	t	(mm)	0.23
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	9.15
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(6) 胴体ドレン		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D _o	(mm)	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.17
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.17
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	5.50
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(7) 胴体空気抜		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D _o	(mm)	46.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.23
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.23
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	9.15
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(8) 胴体空気抜		
材料	SFVC2B		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D _o	(mm)	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.17
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.17
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	5.50
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(9) 水室ドレン		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
管台の外径	D _o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	126
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.15
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.15
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(10) 水室空気抜		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
管台の外径	D _o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	126
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.15
必要厚さ	t ₃	(mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.15
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(11) 胴体逃がし弁		
材料	STS410		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D_o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	-		
必要厚さ	t_1	(mm)	0.16
必要厚さ	t_3	(mm)	1.70
t_1, t_3 の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

02 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(12) 伝熱管		
材料	SUS304TB		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
外面に受ける最高の圧力	P_e	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
管台の外径	D_o	(mm)	
許容引張応力	S	(MPa)	126
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t_1	(mm)	0.11
必要厚さ	t_2	(mm)	0.45
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	0.45
呼び厚さ	t_{t0}	(mm)	
最小厚さ	t_t	(mm)	
評価： $t_t \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算
設計・建設規格 PVC-3150(2)

胴板名称			(1) 胴側胴板
材料			SGV410
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度			(°C) 70
胴の外径	D	(mm)	624.00
許容引張応力	S	(MPa)	103
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$		(mm)	
61, d_{r1} の小さい値		(mm)	
K			
$D \cdot t_s$		(mm ²)	
200, d_{r2} の小さい値		(mm)	131.67
補強を要しない穴の最大径		(mm)	131.67
評価：補強の計算を要する穴の名称			胴体入口(2.6(1)) 胴体出口(2.6(2))

容器の補強を要しない穴の最大径の計算
 設計・建設規格 PVC-3150(2)

胴板名称	(2) 管側胴板	
材料	SUS304	
最高使用圧力	P (MPa)	1.37
最高使用温度	(°C)	66
胴の外径	D (mm)	624.00
許容引張応力	S (MPa)	126
胴板の最小厚さ	t_s (mm)	
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	—	
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$	(mm)	
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	
K		
$D \cdot t_s$	(mm ²)	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	124.03
補強を要しない穴の最大径	(mm)	124.03
評価：補強の計算を要する穴の名称	水室入口(2.6(3)) 水室出口(2.6(4))	

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

部材名称	(1) 胴体入口		
胴板材料			SGV410
管台材料			STS410
強め板材料			SGV410
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	103
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	103
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	169.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	600.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.47
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm ²)	
補強の有効範囲	X_1	(mm)	
補強の有効範囲	X_2	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	310.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	7.03
溶接寸法	L_2	(mm)	5.02
胴板の有効補強面積	A_1	(mm ²)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm ²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm ²)	49.42
強め板の有効補強面積	A_4	(mm ²)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm ²)	
補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材名称	(1) 胴体入口
大きい穴の補強	
補強を要する穴の限界径 d_j (mm)	300.00
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。	
溶接部にかかる荷重 W_1 (N)	
溶接部にかかる荷重 W_2 (N)	
溶接部の負うべき荷重 W (N)	
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

部材名称	(2) 胴体出口		
胴板材料	SGV410		
管台材料	STS410		
強め板材料	SGV410		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.18
最高使用温度		(°C)	70
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	103
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	103
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	169.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	600.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.47
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm ²)	
補強の有効範囲	X_1	(mm)	
補強の有効範囲	X_2	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	310.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	7.03
溶接寸法	L_2	(mm)	5.02
胴板の有効補強面積	A_1	(mm ²)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm ²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm ²)	49.42
強め板の有効補強面積	A_4	(mm ²)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm ²)	
補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材名称	(2) 胴体出口	
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径 d_j (mm)	300.00	
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。		
溶接部にかかる荷重 W_1 (N)		
溶接部にかかる荷重 W_2 (N)		
溶接部の負うべき荷重 W (N)		
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

部材名称	(3) 水室入口		
胴板材料	SUS304		
管台材料	SUS304TP		
強め板材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	126
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	126
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	126
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	169.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	600.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.29
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm ²)	
補強の有効範囲	X_1	(mm)	
補強の有効範囲	X_2	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	310.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	7.03
溶接寸法	L_2	(mm)	5.02
胴板の有効補強面積	A_1	(mm ²)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm ²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm ²)	49.42
強め板の有効補強面積	A_4	(mm ²)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm ²)	
補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材名称	(3) 水室入口	
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径 d_j (mm)	300.00	
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。		
溶接部にかかる荷重 W_1 (N)		
溶接部にかかる荷重 W_2 (N)		
溶接部の負うべき荷重 W (N)		
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

部材名称	(4) 水室出口		
胴板材料	SUS304		
管台材料	SUS304TP		
強め板材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(°C)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	126
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	126
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	126
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	169.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	600.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.29
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm ²)	
補強の有効範囲	X_1	(mm)	
補強の有効範囲	X_2	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	310.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	7.03
溶接寸法	L_2	(mm)	5.02
胴板の有効補強面積	A_1	(mm ²)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm ²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm ²)	49.42
強め板の有効補強面積	A_4	(mm ²)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm ²)	
補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材名称	(4) 水室出口
大きい穴の補強	
補強を要する穴の限界径 d_j (mm)	300.00
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。	
溶接部にかかる荷重 W_1 (N)	
溶接部にかかる荷重 W_2 (N)	
溶接部の負うべき荷重 W (N)	
評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.7 容器のフランジの計算

設計・建設規格 PVC-3710

(JIS B 8265 附属書3適用)

(内圧を受けるフランジ)

参照附図 FLANGE-2 一体形フランジ

フランジ名称		(1) 管板側水室フランジ	
フランジ材料		SUSF304	
胴又は管台材料		SUS304	
ボルト材料		SNB7 (直径 63mm 以下)	
ガスケット材料		非石綿ジョイントシート (V#6500-AE)	
ガスケット厚さ (mm)		3	
ガスケット座面の形状		1a	
最高使用圧力 P (MPa)		1.37	
許容引張応力	温度条件 (°C)	最高使用温度 (使用状態) (66)	常温 (ガスケット締付時) (20)
	ボルト (MPa)	$\sigma_b = 173$	$\sigma_a = 173$
	フランジ (MPa)	$\sigma_f = 126$	$\sigma_{fa} = 129$
	胴又は管台 (MPa)	$\sigma_n = 126$	$\sigma_{na} = 129$
フランジの外径 A (mm)	740.00		
フランジの内径 B (mm)	600.00		
ボルト中心円の直径 C (mm)	700.00		
ガスケット有効径 G (mm)	642.18		
ハブ先端の厚さ g_0 (mm)	12.00		
フランジ背面のハブの厚さ g_1 (mm)	20.00		
ハブの長さ h (mm)	50.00		
ボルト呼び		M20	
ボルト本数 n		32	
ボルト谷径 d_b (mm)		17.294	
ガスケット接触面の外径 G_s (mm)		660.00	
ガスケット接触面の幅 N (mm)		25.00	
ガスケット係数 m		2.00	
最小設計締付圧力 y (N/mm ²)		11.00	
ガスケット座の基本幅 b_0 (mm)		12.50	
ガスケット座の有効幅 b (mm)		8.91	
内圧による全荷重 H (N)		4.437×10^5	
ガスケットに加える圧縮力 H_p (N)		9.851×10^4	
使用状態での最小ボルト荷重 W_{m1} (N)		5.422×10^5	
ガスケット締付最小ボルト荷重 W_{m2} (N)		1.977×10^5	
ボルトの所要総有効断面積	使用状態 A_{m1} (mm ²)	3.134×10^3	
	ガスケット締付時 A_{m2} (mm ²)	1.143×10^3	
	いずれか大きい値 A_m (mm ²)	3.134×10^3	
実際のボルト総有効断面積 A_b (mm ²)		7.517×10^3	
評価： $A_b > A_m$ ，よって十分である。			

フランジ名称		(1) 管板側水室フランジ			
ボルト荷重	使用状態	W_o (N)	5.422×10^5		
	ガスケット締付時	W_g (N)	9.213×10^5		
距離		R (mm)	30.00		
荷重		(N)	$H_D = 3.874 \times 10^5$		
			$H_G = 9.851 \times 10^4$		
			$H_T = 5.638 \times 10^4$		
モーメントアーム		(mm)	$h_D = 40.00$		
			$h_G = 28.91$		
			$h_T = 39.46$		
モーメント		(N・mm)	$M_D = 1.549 \times 10^7$		
			$M_G = 2.848 \times 10^6$		
			$M_T = 2.224 \times 10^6$		
フランジに作用するモーメント	使用状態	(N・mm)	$M_o = 2.057 \times 10^7$		
	ガスケット締付時	(N・mm)	$M_g = 2.664 \times 10^7$		
形状係数		h_o (mm)	84.85		
係数		h/h_o	0.5893		
係数		g_1/g_o	1.6667		
ハブ応力修正係数		f	1.0000		
係数		F	0.8235		
係数		V	0.2571		
フランジの内外径の比		K	1.2333		
係数		T	1.8254		
係数		U	10.3062		
係数		Y	9.3787		
係数		Z	4.8380		
係数		d (mm^3)	4.898×10^5		
係数		e (mm^{-1})	9.705×10^{-3}		
フランジの厚さ		t (mm)	49.80		
係数		L	1.0648		
使用状態におけるフランジの強さ					
応力		(MPa)	計算値	許容引張応力	
ハブの軸方向応力	σ_H		81	$1.5 \cdot \sigma_f = 189$	
				$2.5 \cdot \sigma_n = 315$	
フランジの半径方向応力	σ_R		22	$\sigma_f = 126$	
フランジの周方向応力	σ_T		27	$\sigma_f = 126$	
組合せ応力			$(\sigma_H + \sigma_R)/2$	51	$\sigma_f = 126$
			$(\sigma_H + \sigma_T)/2$	54	$\sigma_f = 126$
ガスケット締付時のフランジの強さ					
応力		(MPa)	計算値	許容引張応力	
ハブの軸方向応力	σ_H		105	$1.5 \cdot \sigma_{fa} = 193$	
				$2.5 \cdot \sigma_{na} = 322$	
フランジの半径方向応力	σ_R		28	$\sigma_{fa} = 129$	
フランジの周方向応力	σ_T		35	$\sigma_{fa} = 129$	
組合せ応力			$(\sigma_H + \sigma_R)/2$	66	$\sigma_{fa} = 129$
			$(\sigma_H + \sigma_T)/2$	70	$\sigma_{fa} = 129$
応力の評価:	$\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_f, 2.5 \cdot \sigma_n)$ $\sigma_R \leq \sigma_f$ $\sigma_T \leq \sigma_f$ $(\sigma_H + \sigma_R)/2 \leq \sigma_f$ $(\sigma_H + \sigma_T)/2 \leq \sigma_f$ 以上より十分である。		$\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_{fa}, 2.5 \cdot \sigma_{na})$ $\sigma_R \leq \sigma_{fa}$ $\sigma_T \leq \sigma_{fa}$ $(\sigma_H + \sigma_R)/2 \leq \sigma_{fa}$ $(\sigma_H + \sigma_T)/2 \leq \sigma_{fa}$		

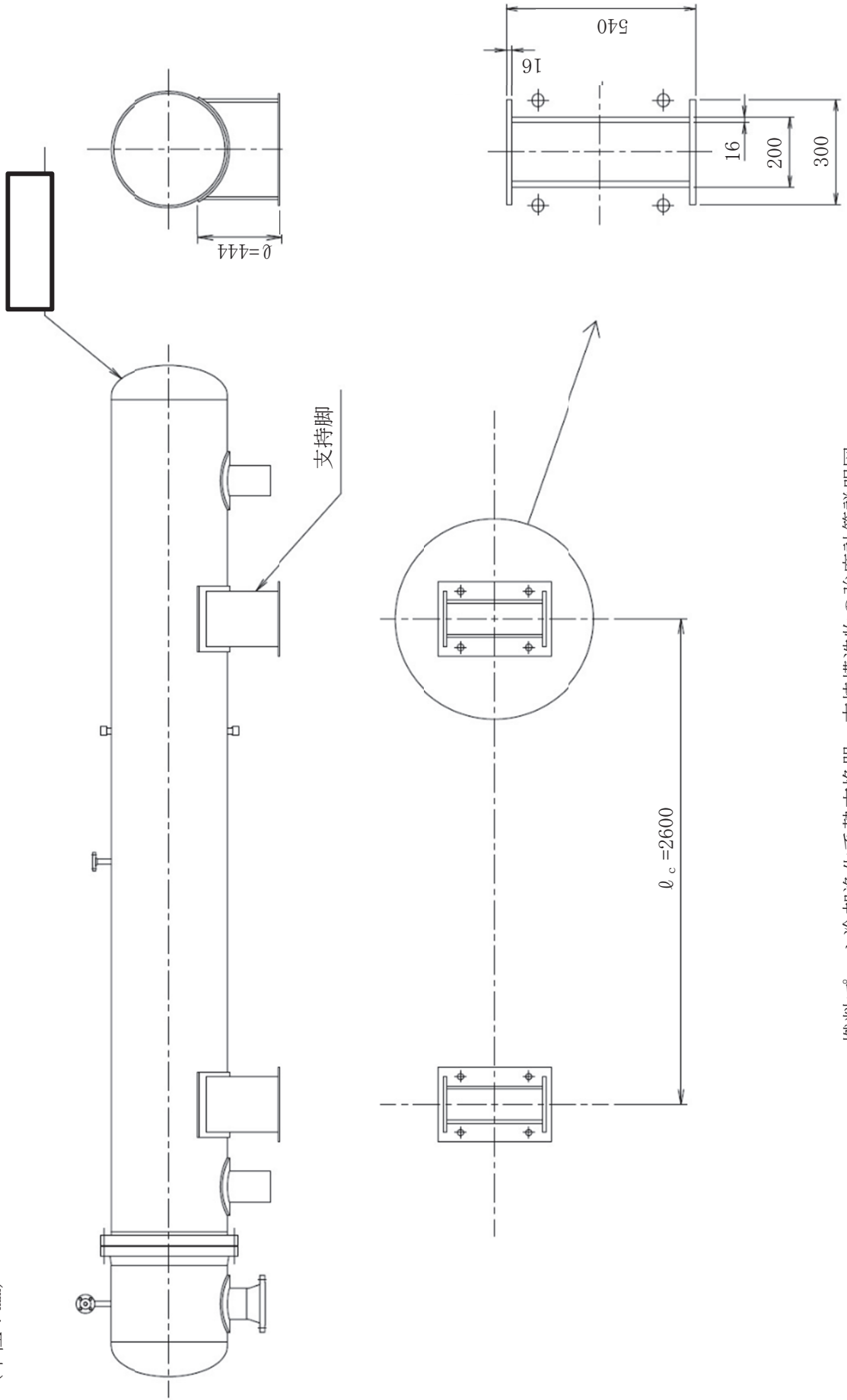
3. 支持構造物の強度計算書

(1) 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	鉛直荷重 F _c (N)	断面積 A (mm ²)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)
横置円筒形容器	2	SS400	70	233		2.585×10 ⁴		

一次圧縮応力 σ _c (MPa)	許容圧縮応力 f _c (MPa)	一次曲げ応力 σ _b (MPa)	許容曲げ応力 f _b (MPa)	組合せ評価 $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$	評価
	154		155	0.13	算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。

(単位：mm)



燃料プール冷却浄化系熱交換器 支持構造物の強度計算説明図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-3-2-2-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-10 重大事故等クラス2 ポンプの強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお、適用規格の選定結果について以下に示す。適用規格の選定に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件		SA 条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
燃料プール冷却浄化系ポンプ	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

目次

1. 計算条件	1
1.1 ポンプ形式	1
1.2 計算部位	1
1.3 設計条件	2
2. 強度計算	2
2.1 ケーシングの厚さ	2
2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	2
2.3 ケーシングの各部形状	3
2.4 ケーシングカバーの厚さ	4
2.5 ボルトの平均引張応力	4
2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ	5
2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価	6
別紙 燃料プール冷却浄化系ポンプボリユート巻始めと ケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径部分の応力評価詳細	7

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

うず巻ポンプであって、ケーシングが軸垂直割りであるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

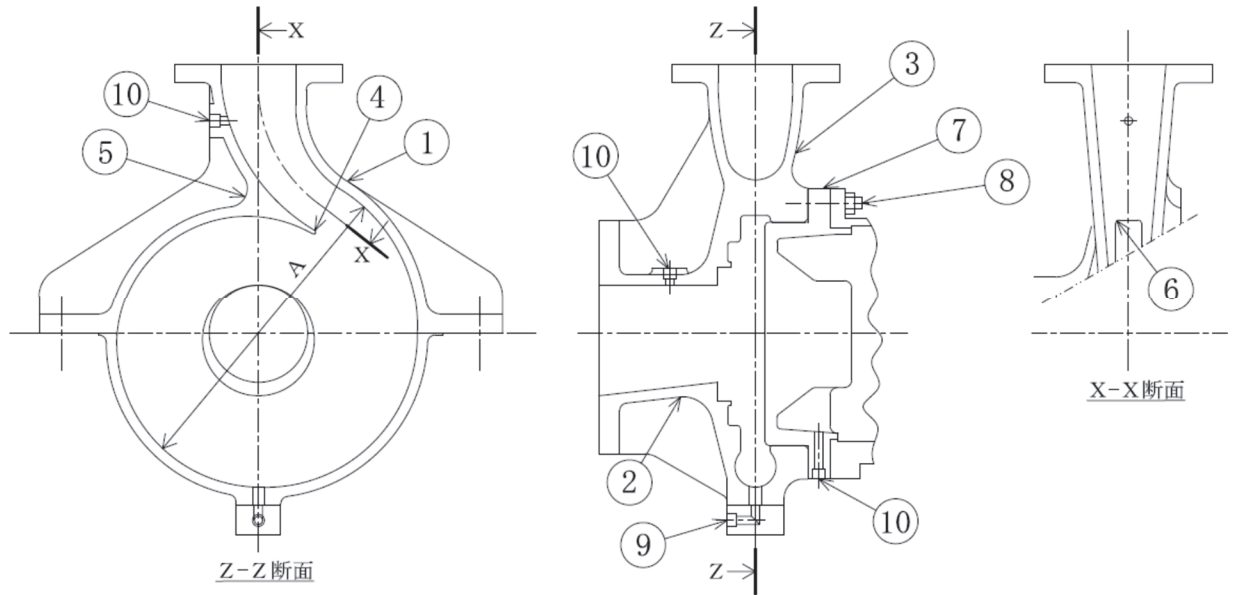


図1-1 概要図

1.3 設計条件

設計条件	
最高使用圧力 (MPa)	1.37
最高使用温度 (°C)	66

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3320

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
①		1.37		

t (mm)	t _{s0} (mm)	t _s (mm)
6.2		

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格 PMC-3330

(単位：mm)

計算部位	r _i	r _m	ℓ	t	t _{ℓ0}	t _ℓ
②	75.0	78.1	11.0	6.2		
③	50.0	53.1	9.1	6.2		

評価： $t_\ell \geq t$ ， よって十分である。

2.3 ケーシングの各部形状

(1) ポリユート巻始めの丸みの半径

設計・建設規格 PMC-3340(4) (単位：mm)

計算部位	r_1	r_{1s0}	r_{1s}
④	0.4		

評価： $r_{1s} \geq r_1$ ，よって十分である。

(2) クロッチの丸みの半径

設計・建設規格 PMC-3340(5) (単位：mm)

計算部位	r_2	r_{2s0}	r_{2s}
⑤	1.9		

評価： $r_{2s} \geq r_2$ ，よって十分である。

(3) ポリユート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径

告示第501号第77条第7項第6号 (単位：mm)

計算部位	r_3	r_{3s0}	r_{3s}
⑥	7.0		

評価： $r_{3s} < r_3$ であることから，PVB-3111, 3112, 3114を準用した応力評価を実施し，発生応力が許容値を下回っており問題が無いことを確認した。評価の詳細は，「別紙燃料プール冷却浄化系ポンプポリユート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径部分の応力評価詳細」に示す。

2.4 ケーシングカバーの厚さ

告示第501号第77条第5項第1号

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	平板形	
				d (mm)	K
⑦		1.37			

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
18.7		

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.5 ボルトの平均引張応力

設計・建設規格 PMC-3510

計算部位	材料	P (MPa)	S _b (MPa)	d _b (mm)	n	A _b (mm ²)
⑧		1.37				

注記*： () は新 J I S 記号を示す。

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G _s (mm)	G (mm)	D _g (mm)
セルフシール ガスケット (ゴム)	—	—	—	—	

H (N)	H _p (N)	W _{m1} (N)	W _{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)
					56

評価： $\sigma \leq S_b$ ， よって十分である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ

設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D _o (mm)
⑨		1.37		
⑩		1.37		

継手の種類	放射線透過試験の有無	η
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
0.2		
0.2		

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

ボルト（使用材料規格：J I S G 3 1 0 1 SS400（径 16mm 以下））の評価結果

（比較材料：J I S G 4 0 5 1 S20C）

ボルトに使用している SS400 は、クラス 2 ポンプの使用可能な材料として設計・建設規格に記載されていないことから、クラス 2 ポンプの使用可能な材料として設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学的成分を比較し、同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	400～510 N/mm ²	245 N/mm ² 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	402 N/mm ² 以上	245 N/mm ² 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	— (0.17)*	— (0.19)*	— (0.55)*	0.050 以下 (0.032)*	0.050 以下 (0.021)*	—	—	—	—	—
比較材料	0.18 ～ 0.23	0.15 ～ 0.35	0.30 ～ 0.60	0.030 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>C, P の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ない。</p> <p>C : 脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、小径 (16 mm 以下) であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには設計・建設規格クラス 2 の規定でも破壊靱性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>P : 冷間脆性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、小径 (16 mm 以下) であるため、脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス 2 の規定でも破壊靱性試験が要求されない範囲であること。</p>									

注記* : ミルシートの値を示す。

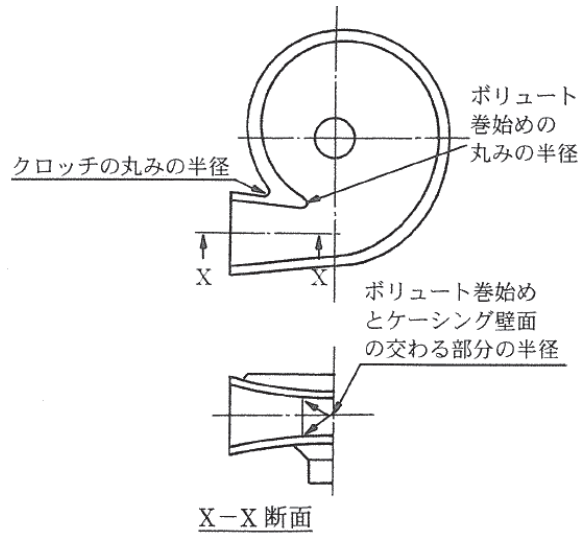
(3) 評価結果

(1)(2) の評価により、機械的強度、化学的成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、SS400 を重大事故等クラス 2 材料として使用することは問題ない。

燃料プール冷却浄化系ポンプ

ポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径部分の応力評価詳細

PMC-3340のうち、ポリウレタンの巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径が、規定を満足しないことから、以下の評価を行う。



PVB-3111, 3112, 3114に準じたポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径部分（以下「評価対象部位」という。）の応力解析（有限要素法）の詳細を以下に示す。なお、解析は解析コード「ABAQUS」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

1. 応力計算

評価対象部位において、内圧を付加した場合の発生応力を解析により求め、応力強さが第1-1表に示す規定を満足することを確認する。

第 1-1 表 応力の分類及び許容値

応力の分類	許容値
一次膜＋一次曲げ応力強さ： $P_L + P_b$	1.5S
一次＋二次応力評価： $P_L + P_b + Q$	3S
疲労評価	1 以下

2. 評価対象部位

評価対象部位を第 2-1 図に示す。断面の詳細を第 2-2 図に示す。



第 2-1 図 評価対象部位



第 2-2 図 評価断面の詳細

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 解析条件及び解析モデル

評価対象部位の仕様を第 3-1 表に、応力計算を行うための解析モデル図を第 3-1 図に、圧力条件を第 3-2 図に、荷重条件を第 3-3 図、拘束条件を第 3-4 図に示す。

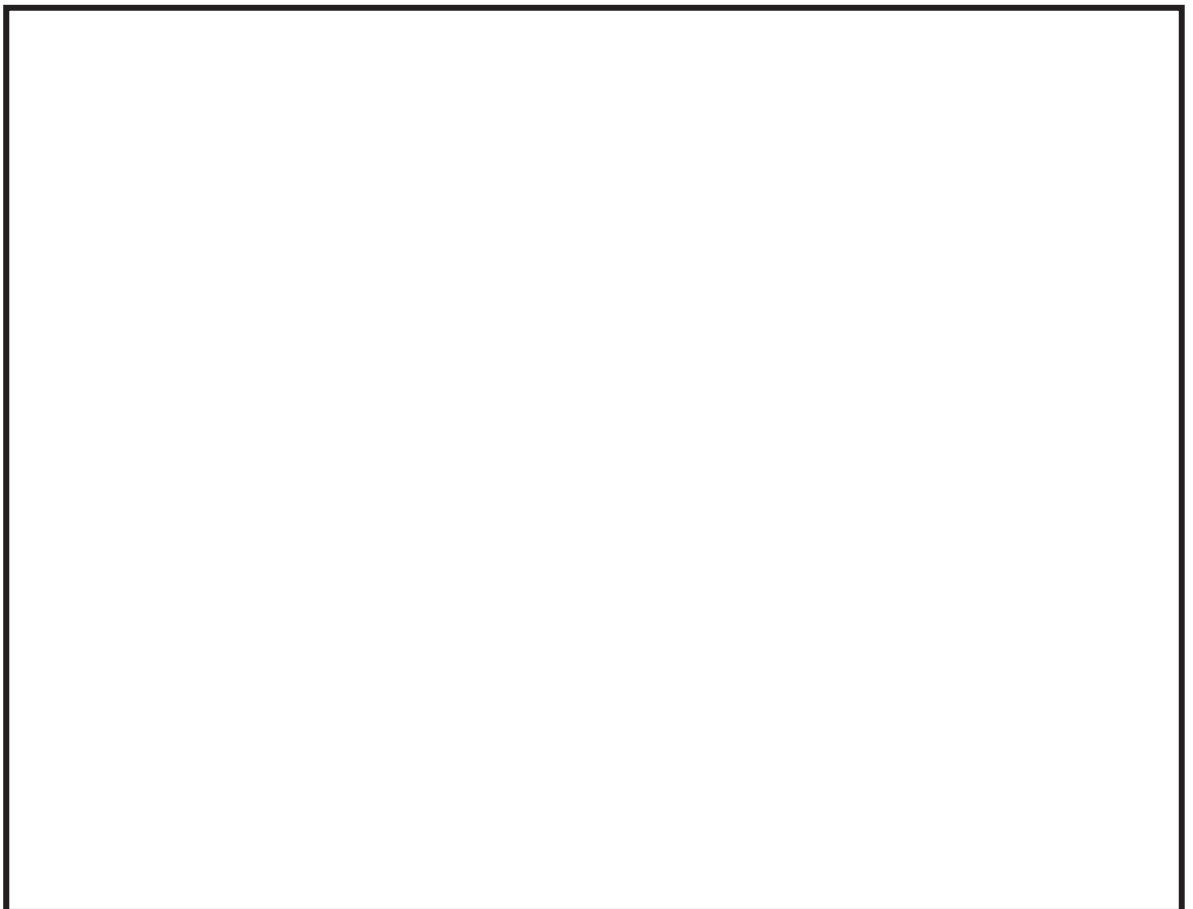
解析モデルは、評価対象部位、ポンプケーシング及びケーシングカバー全体を 3 次元のモデルとして評価を行う。

応力計算は、有限要素法を用いて解析し、ケーシングの評価対象部位近傍については 6 面体 (C3D20 要素) でモデル化し、その他の部位は 4 面体 (C3D10 要素) でモデル化した。

なお、6 面体と 4 面体の境界の接続は TIE 結合 (表面ベースの結合) を使用した。

第 3-1 表 評価対象部位の仕様

項 目	単 位	ケーシング
材 料	—	SCPH2
最高使用温度	℃	66
最高使用圧力	MPa	1.37
設計応力強さ : S	MPa	96

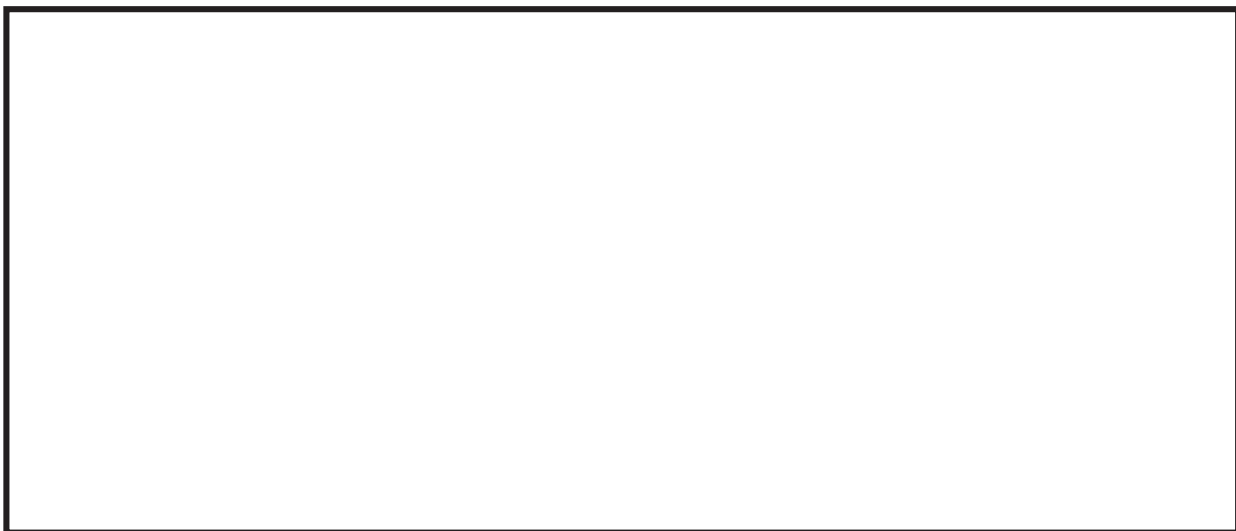


第 3-1 図 評価対象部位の解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



第 3-2 図 圧力条件



第 3-3 図 荷重条件



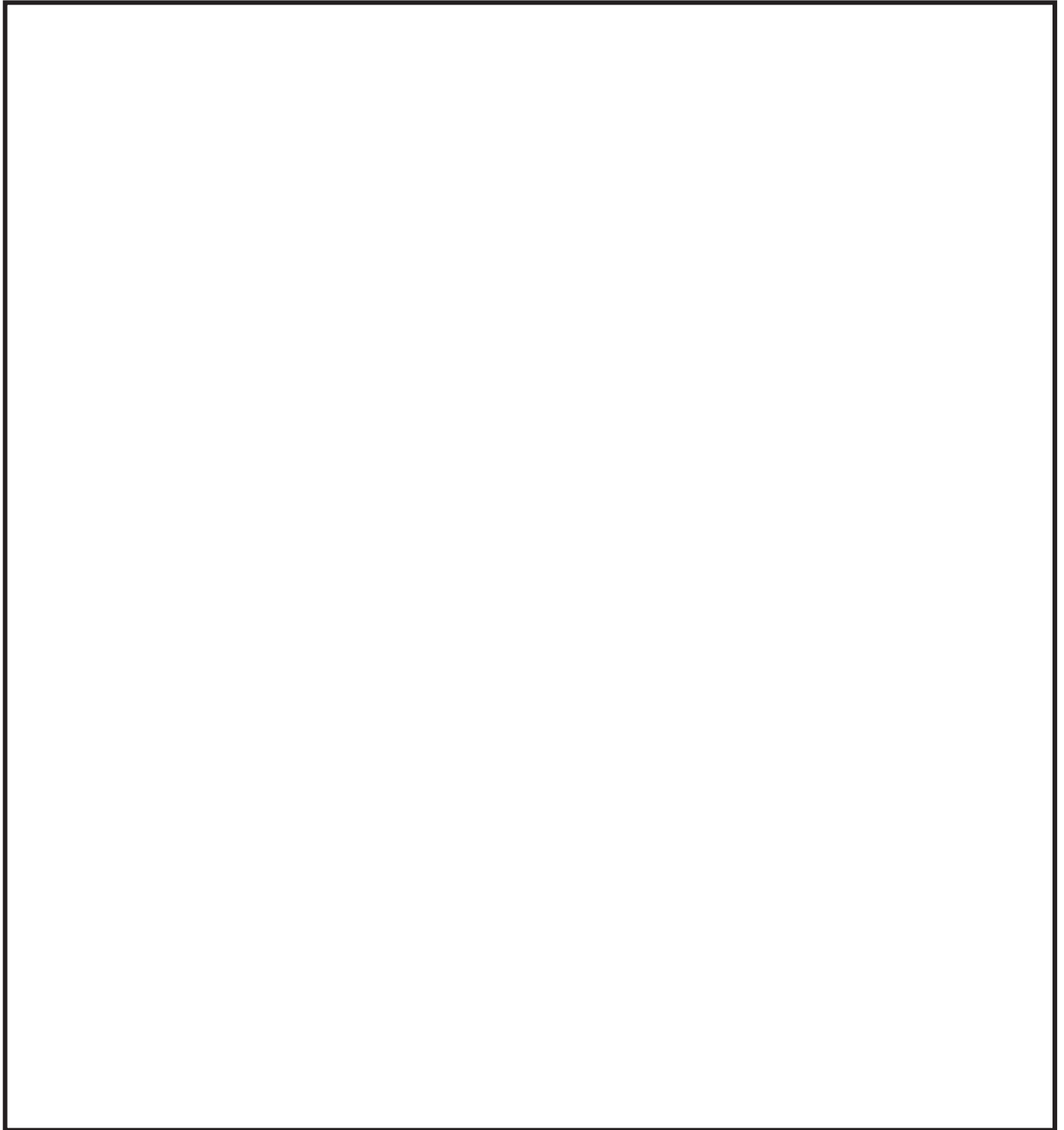
第 3-4 図 拘束条件

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 計算結果

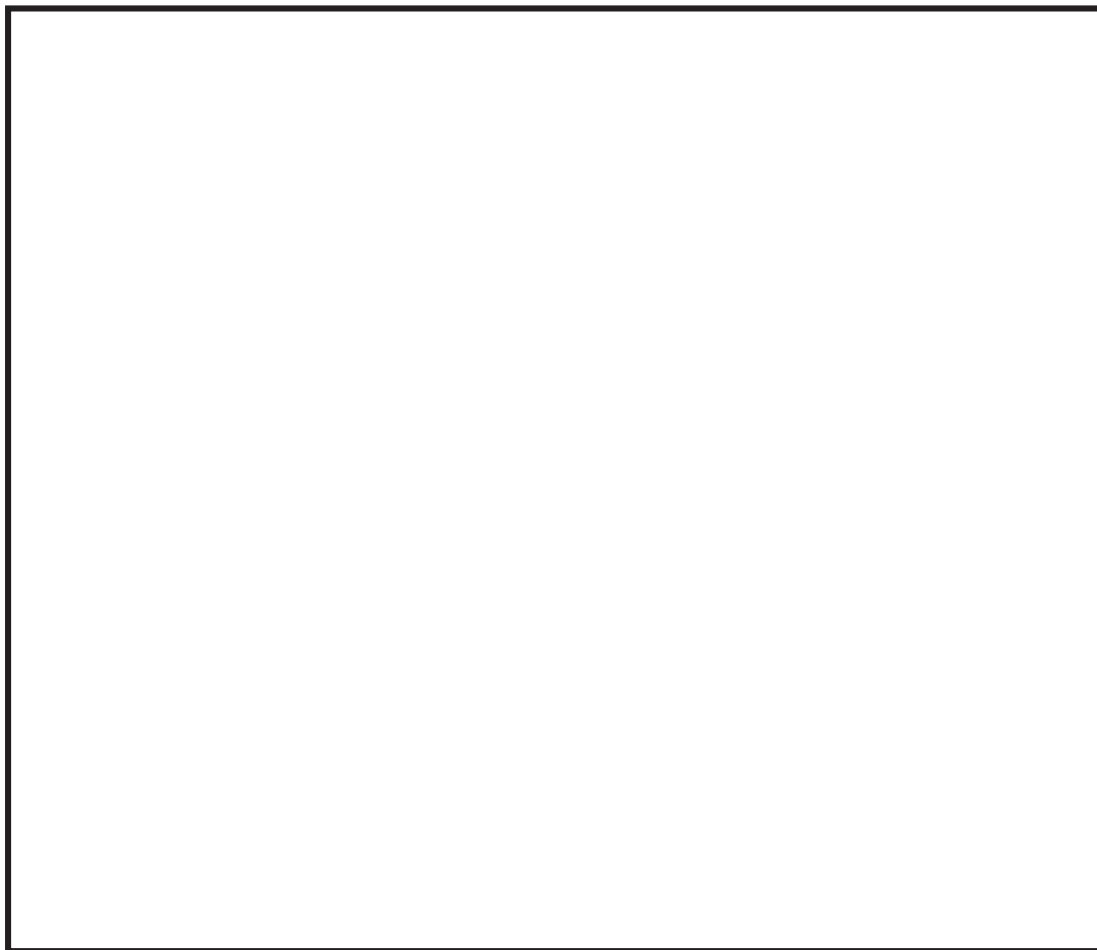
評価対象部位のうち、最も発生応力が大きい箇所の位置を第 4-1 図、発生応力のコンター図を第 4-2 図に示す。当該箇所の一次応力の評価結果を第 4-1 表に一次応力+二次応力の評価結果を第 4-2 表に示す。疲労評価に用いた推定過渡回数を第 4-3 表に疲労評価結果を第 4-4 表に示す。

一次応力強さ、一次応力+二次応力強さ及び疲労評価において、許容値を下回っており、ポリウー
ート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径部分の強度は十分である。



第4-1図 最大応力発生箇所

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



第4-2図 応力コンター図

第 4-1 表 燃料プール冷却浄化系ポンプ評価対象部位の一次応力強さ

評価部位	一次膜＋一次曲げ 応力強さ	
	$P_L + P_b$ (MPa)	許容値 1.5S (MPa)
ポリユート巻始めと ケーシング壁面の交わる部分 のすみの丸みの半径部分	45	144

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

第 4-2 表 燃料プール冷却浄化系ポンプ評価対象部位の一次＋二次応力強さ

評価部位	一次＋二次応力強さ*	
	$P_L + P_b + Q$ (MPa)	許容値 3S (MPa)
ボリュート巻始めと ケーシング壁面の交わる部分 のすみの丸みの半径部分	45	288

注記*：本評価においては一次応力が支配的であり，熱や重力等による応力影響が軽微であるため，二次応力強さは考慮していない。

第 4-3 表 燃料プール冷却浄化系ポンプ評価対象部位の疲労評価に用いた過渡回数

過渡項目	過渡回数
起動／停止	1200*

注記*：過去の起動実績（約9回/年），使用年数（想定60年）及び発電所長期停止期間中の起動回数（約30回/10年）を基に算出した数値を保守的に2倍したもの。
過渡回数 = $(9[\text{回/年}] \times 60[\text{年}] + 30[\text{回}]) \times 2 = 1140 \approx 1200[\text{回}]$

第 4-4 表 燃料プール冷却浄化系ポンプ評価対象部位の疲労評価結果

評価部位	ピーク応力 (MPa)	疲労累積係数	許容値
ボリュート巻始めと ケーシング壁面の交わる部分 のすみの丸みの半径部分	89.7	0.002	1 以下

VI-3-3-2-2-1-3 スキマサージタンクの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-8 重大事故等クラス2 容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件		SA 条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
スキマサージタンク	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

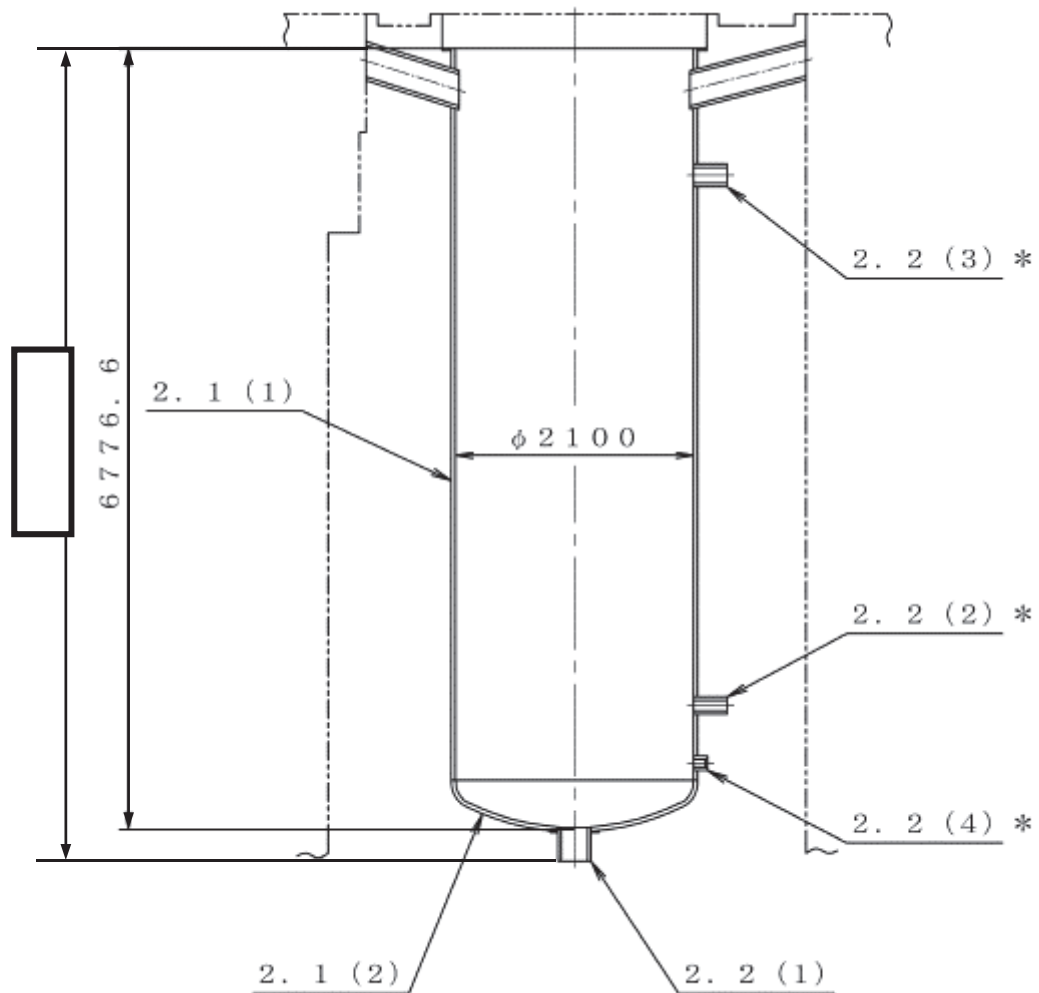
目次

1.	計算条件	1
1.1	計算部位	1
1.2	設計条件	1
2.	強度計算	2
2.1	開放タンクの胴の厚さの計算	2
2.2	開放タンクの管台の厚さの計算	4

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



(単位: mm)

注記*: 本管台は B タンクのみ設置

注: 特記なき寸法は公称値を示す。

図中の番号は次ページ以降の計算項目番号を示す。

図 1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	静水頭
最高使用温度 (°C)	66

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 強度計算

2.1 開放タンクの胴の厚さの計算*

設計・建設規格 PVC-3920

胴板名称			(1) ライニング材
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C) —
胴の内径	D_i	(m)	—
液体の比重	ρ		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	η		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	—
必要厚さ	t_3	(mm)	—
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	$t_{s.o}$	(mm)	6.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$, よって十分である。			

注記*：スキマサージタンクはコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

開放タンクの胴の厚さの計算*

設計・建設規格 PVC-3920

胴板名称			(2) 底板
材料			SUS304
水頭	H	(m)	—
最高使用温度			(°C)
胴の内径	D_i	(m)	—
液体の比重	ρ		—
許容引張応力	S	(MPa)	—
継手効率	η		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	—
必要厚さ	t_3	(mm)	—
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	8.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

注記*：スキマサージタンクはコンクリート躯体にステンレス鋼板を内張りしたものであり、水頭による荷重は、内張りの下のコンクリート躯体で強度を保持しているため、内張り材の最小厚さが設計・建設規格 PVC-3920(1)で規定する値以上であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(1) 250A ノズル
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			66
管台の内径	D_i	(m)	
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	η		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	t_1	(mm)	0.07
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(2)80A ノズル
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			66
管台の内径	D_i	(m)	
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	η		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	t_1	(mm)	0.03
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-3 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(3) 150A ノズル
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			66
管台の内径	D_i	(m)	
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	η		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	t_1	(mm)	0.05
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-3 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(4) 20A 配管
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			66
管台の内径	D_i	(m)	
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	η		
継手の種類			
放射線検査の有無			
必要厚さ	t_1	(mm)	0.01
必要厚さ	t_2	(mm)	2.20
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	2.20
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

O2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-3 ROE

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-3-2-2-1-4 管の強度計算書（燃料プール冷却浄化系）

目 次

VI-3-3-2-2-1-4-1 管の基本板厚計算書（燃料プール冷却浄化系）

VI-3-3-2-2-1-4-2 管の応力計算書（燃料プール冷却浄化系）

VI-3-3-2-2-1-4-1 管の基本板厚計算書（燃料プール冷却浄化系）

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	新設	—	—	—	DB-3	SA-2	—	1.37	66	1.37	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
T1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

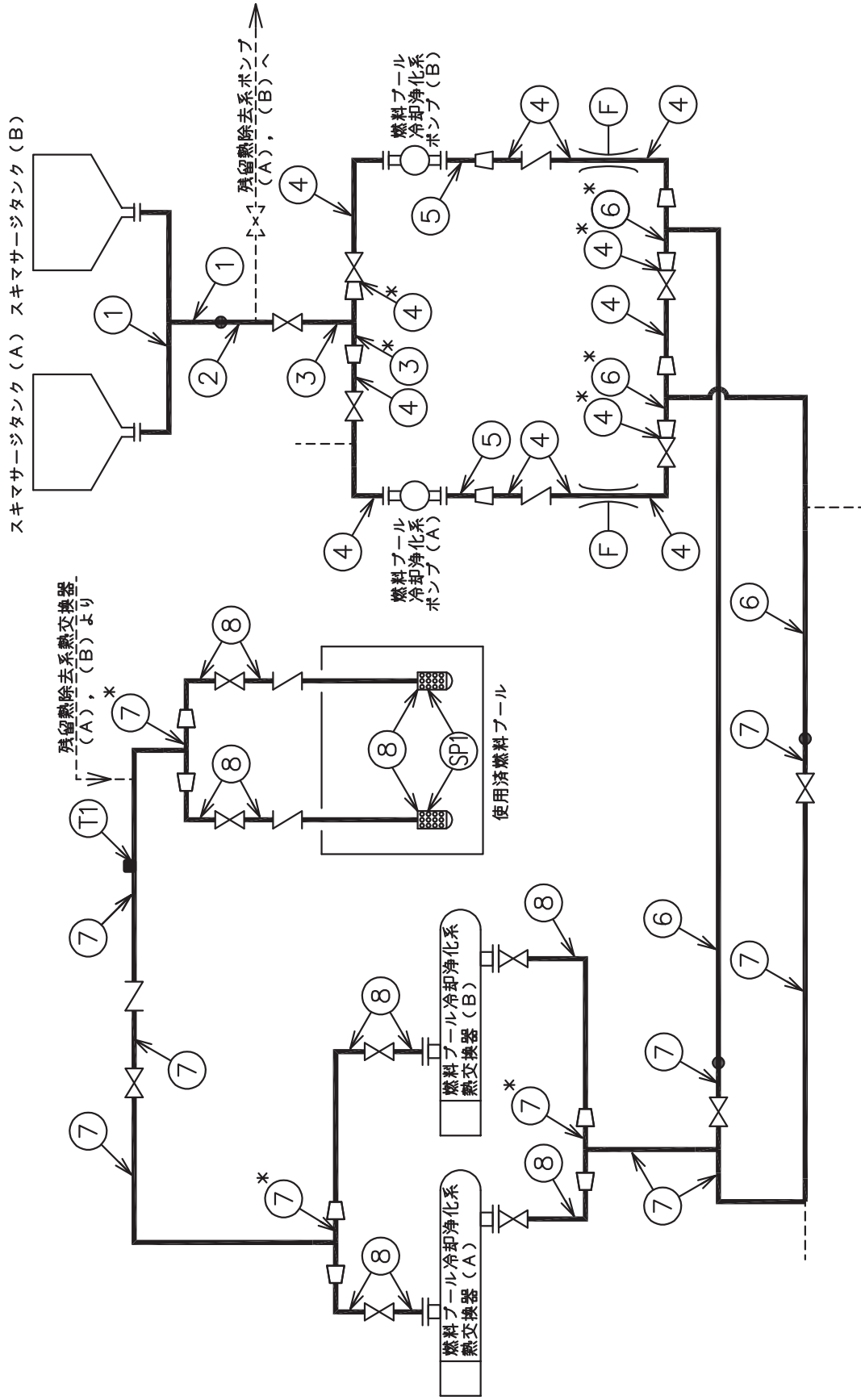
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の板厚計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2
3. 管の穴と補強計算書	3

1. 概略系統図



注記*: 管継手
燃料プールの冷却浄化系概略系統図

2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス 2 管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _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	静水頭	66	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	—	—	—	—	—	—	—
2	静水頭	66	267.40	9.30	STS410	S	2	—	—	—	—	—	—	—
3	1.37	66	267.40	9.30	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	8.13	1.77	C	3.80
4	1.37	66	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	6.21	1.10	C	3.80
5	1.37	66	114.30	6.00	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	5.25	0.76	C	3.40
6	1.37	66	216.30	8.20	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	7.17	1.43	C	3.80
7	1.37	66	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	7.17	1.17	A	1.17
8	1.37	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	6.21	0.90	A	0.90

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		T1	
形 式		A	
最高使用圧力	P (MPa)	1.37	
最高使用温度	(°C)	66	
主管と管台の角度	α (°)	90	
主 管	材 料	SUS304TP	
	許容引張応力	S_r (MPa)	126
	外 径	D_{or} (mm)	216.30
	内 径	D_{ir} (mm)	201.96
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	8.20
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5 %
	最小厚さ	t_r (mm)	7.17
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	SUSF304	
	外 径	D_{ob} (mm)	118.10
	内 径	D_{ib} (mm)	78.60
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	20.00
穴の径	d (mm)	78.60	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)	50.49	
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	50.49	
K		0.1802	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	87.21	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)	87.21	
<p>評価： $d \leq d_{fr}$</p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

NO. SP1

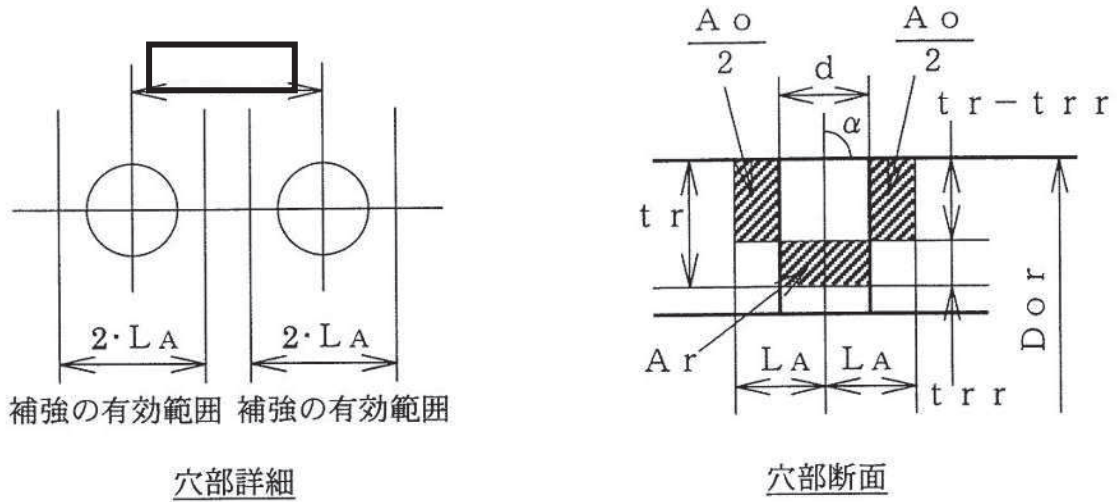


図 3-1 穴部詳細及び穴部断面

(1) 設計・建設規格 PPC-3424(1) により，穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ： t_{rr}

$$\begin{aligned}
 t_{rr} &= \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \\
 &= \frac{1.37 \times 165.20}{2 \times 126 \times 1.00 + 0.8 \times 1.37} \\
 &= 0.90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ここで

P	: 最高使用圧力（内圧）	1.37	(MPa)
	最高使用温度	66	(°C)
D_{or}	: 主管の外径	165.20	(mm)
S_r	: 主管の材料の許容引張応力	126	(MPa)
	主管材料	SUS304TP	
η	: 継手の効率	1.00	

b. 穴の補強に必要な面積： A_r

$$\begin{aligned}
 A_r &= 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha) \\
 &= 1.07 \times \boxed{} \times 0.894222 \times (2 - \sin \boxed{}) \\
 &= 14.54 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで

d : 断面に現われる穴の径 $\boxed{}$ (mm)
 α : 分岐管の中心線と主管の中心線との交角 $\boxed{}$ (°)

c. 穴の補強に有効な面積の総和： A_o

$$\begin{aligned}
 A_o &= (\eta \cdot t_{ro} - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \\
 &= (1.00 \times 6.2125 - 1.00 \times 0.894222) \times (2 \times \boxed{} - \boxed{}) \\
 &= 80.84 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで

t_{ro} : 主管の公称厚さ 7.10 (mm)
 Q_r : 主管の厚さの負の許容差 12.5 (%)
 t_r : 主管の最小厚さ 6.21 (mm)

$$t_r = t_{ro} \cdot \left(1 - \frac{Q_r}{100}\right)$$

F : 設計・建設規格 PPC-3424(1)b. より求めた値 1.00

L_A : 補強に有効な範囲 (次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値)

$$L_A = d = \boxed{} \text{ mm}$$

$$L_A = d / 2 + t_r + t_b = \boxed{} \text{ mm}$$

よって $L_A = \boxed{}$ (mm)

d. 評価

$A_o > A_r$, よって穴の補強は十分である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 設計・建設規格 PPC-3424(4) により, 大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径: d_{frD}

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{165.20 - 2 \times 6.2125}{2} \\ &= 76.39 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b. 評価

$d \leq d_{frD}$, よって大穴の補強計算は必要ない。
以上より十分である。

VI-3-3-2-2-1-4-2 管の応力計算書 (燃料プール冷却浄化系)

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
FPC-001	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
FPC-002	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
FPC-003	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
KFPC-004	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
KFPC-005	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
KFPC-101	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
KFPC-102	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	—	S55告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
KFPC-122	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	—	SA-2
	新設	—	—	DB-3	DB-3	SA-2	—	1.37	66	1.37	66	—	—	—	SA-2

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	10
3.1 設計条件	10
3.2 材料及び許容応力	14
4. 評価結果	16
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	18

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。






(1) 管

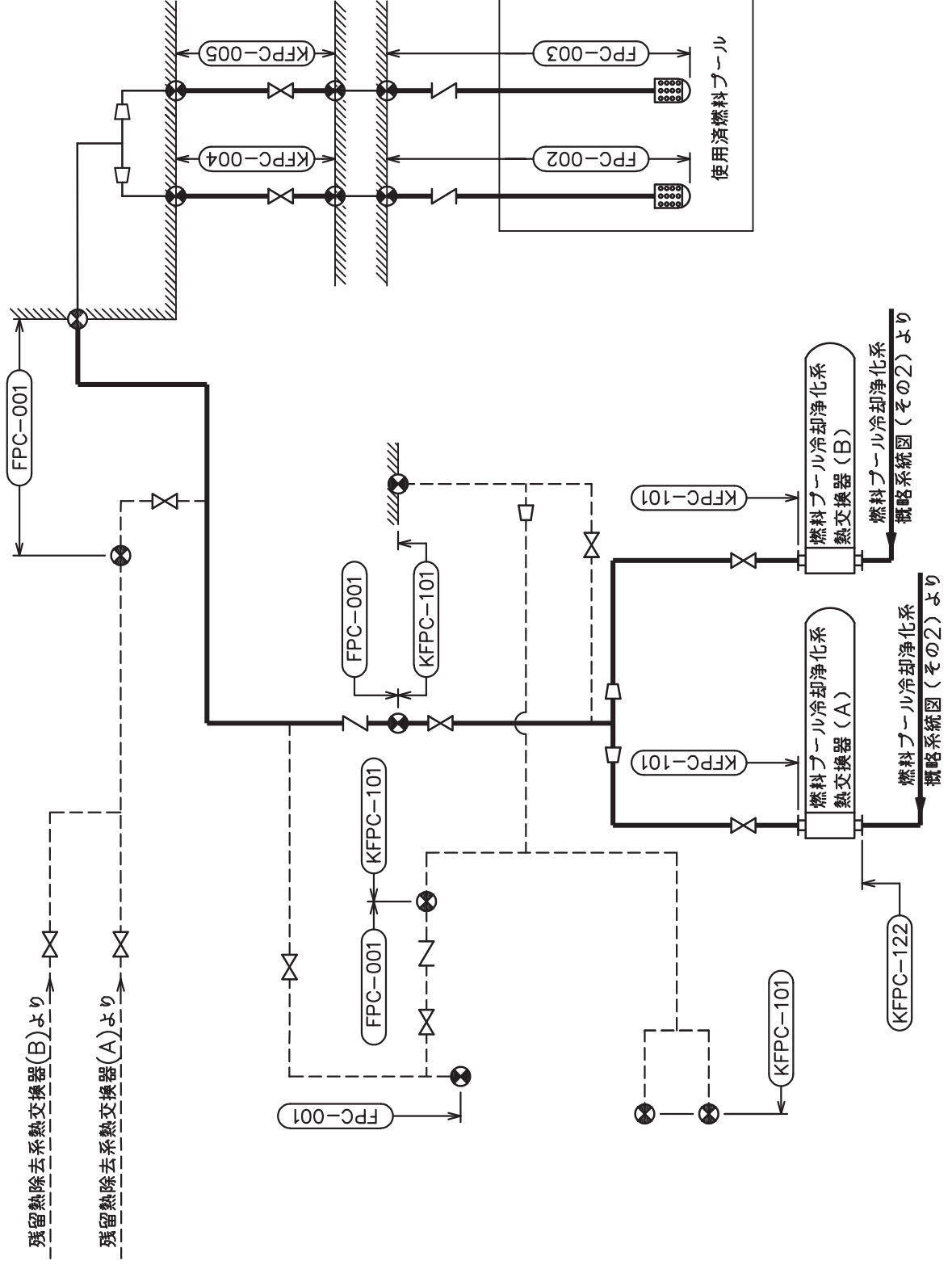
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全8モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

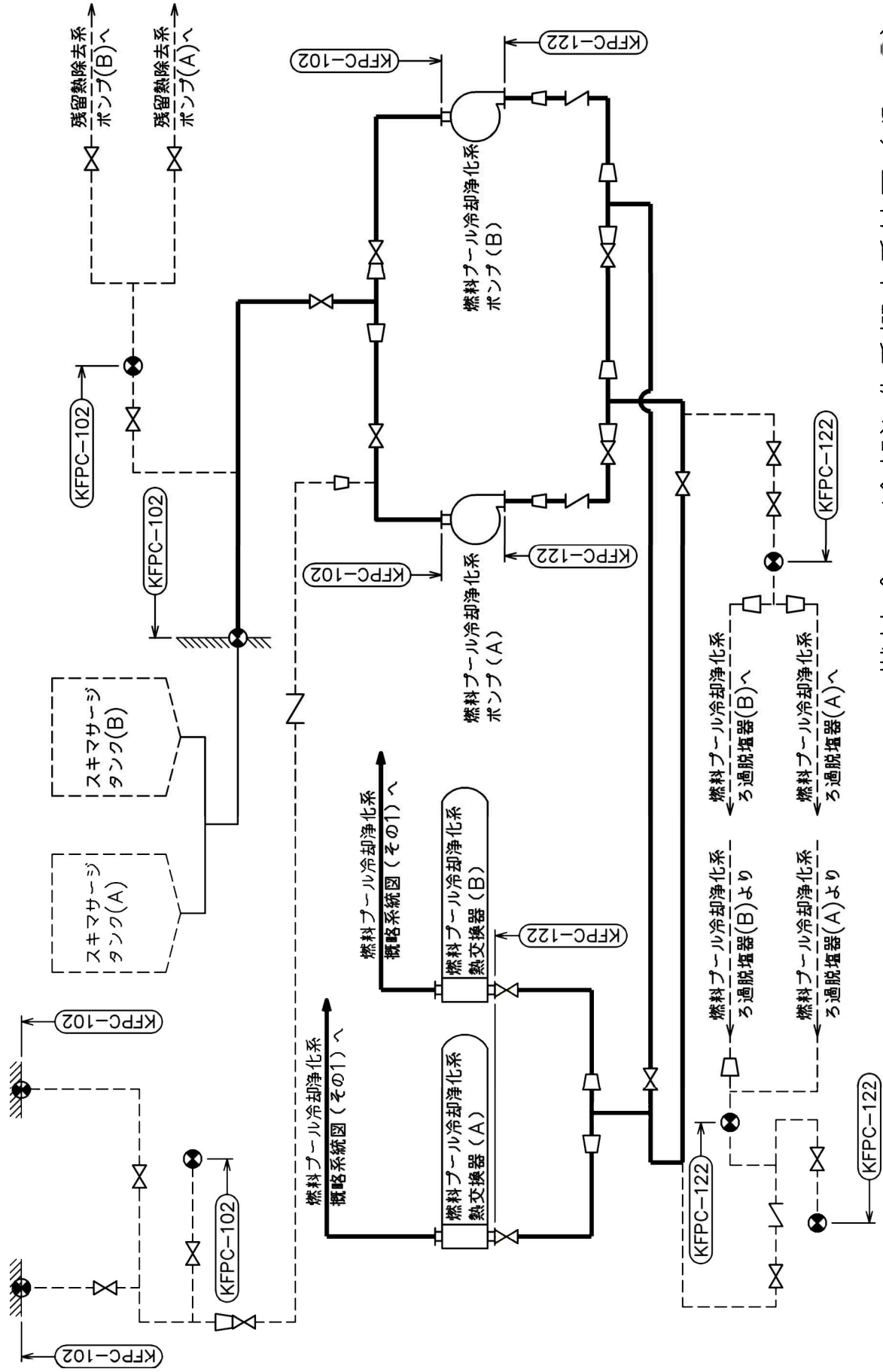
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ




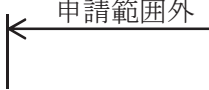


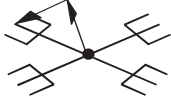
燃料プール冷却浄化系概略系統図(その1)



燃料プールの冷却浄化系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1.37	66	114.3	6.0	STS42 STS410
2	1.37	66	165.2	7.1	STS410
3	1.37	66	216.3	8.2	STS410
4	1.37	66	216.3	8.2	SUS304TP
5	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	46	47	48	49								
2	4	5	7	9	10	12	13	14	15	16	17	21	22	24	26	
	27	32	33	35	36	37	38	39	41	43	44	45	46	85	92	
	180	181	182	183	210	217	800	801	802	803	804	805	907	908		
3	17	18	19	20	21	27	28	29	31	32	91	93	94	95	96	
	97	98	99	100	101	102	103	105	121	128	140	141	142	143	144	
	145	146	901	903												
4	6	25	90	102	104	107	108	135	136	137	138	139	146	147	149	
	152	153	154	155	156	168	169	905	906							
5	30	156	157	158	169	170	301	302	303	304	305	306	308	309	310	
	401	402	403	404	405	406	407	409	410	411						

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		30		98		152		310	
2		31		99		153		401	
3		32		100		154		402	
4		36		101		155		403	
5		37		102		156		404	
6		38		103		157		405	
7		43		105		158		406	
9		44		108		168		410	
13		45		121		169		411	
14		46		128		170		800	
15		47		135		180		801	
16		48		136		181		802	
17		49		137		182		803	
18		85		138		183		804	
19		90		139		210		805	
20		91		140		217		901	
21		92		141		301		903	
25		93		142		302		905	
26		94		143		303		906	
27		95		144		304		907	
28		96		145		305		908	
29		97		146		309			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
10		22		35		41		104	
11		23		34		40		106	
12		24		33		39		107	
								109	
								110	

弁 6		弁 7		弁 8	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
147		306		407	
148		307		408	
149		308		409	
150		311		412	
151		312		413	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	11			
弁2	23			
弁3	34			
弁4	40			
弁5	106			
弁6	148			
弁7	307			
弁8	408			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
6						
25						
30						
49						
85						
92						
103						
105						
110						
121						
128						
151						
210						
217						
310						
312						
411						
** 413 **						
413						
901						
903						
905						
906						
907						
908						

[Empty box]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S _h
STS42 STS410	66	102
SUS304TP		126

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S _h
STS42 STS410	66	103
SUS304TP		126

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
告示第501号第56条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
K F P C - 1 2 2	310	S p r m (1)	S p r m (1)	S h
	310	S p r m (2)	S p r m (2)	1 . 2 ・ S h

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ、告示第501号第56条第1号(イ)、(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
K F P C - 1 2 2	306	S p r m (1)	S p r m (1)	1 . 5 ・ S h
	306	S p r m (2)	S p r m (2)	1 . 8 ・ S h
			36	189
			36	226

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果
 代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *1				運転状態 (V) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FPC-001	24	18	126	7.00	—	24	18	151	8.38	—
2	FPC-002	5	18	126	7.00	—	5	18	151	8.38	—
3	FPC-003	5	18	126	7.00	—	5	18	151	8.38	—
4	KFPC-004	5	9	126	14.00	—	5	9	151	16.77	—
5	KFPC-005	5	9	126	14.00	—	5	9	151	16.77	—
6	KFPC-101	19	13	126	9.69	—	19	13	151	11.61	—
7	KFPC-102	23	18	102	5.66	—	23	18	122	6.77	—
8	KFPC-122	310	37	126	3.40	○	310	37	151	4.08	○

注記*1：告示第501号第56条第1号(イ)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *1				供用状態 (E) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FPC-001	24	18	189	10.5	—	24	18	226	12.55	—
2	FPC-002	7	23	189	8.21	—	7	23	226	9.82	—
3	FPC-003	7	23	189	8.21	—	7	23	226	9.82	—
4	KFPC-004	5	9	189	21.00	—	5	9	226	25.11	—
5	KFPC-005	5	9	189	21.00	—	5	9	226	25.11	—
6	KFPC-101	28	19	189	9.94	—	28	19	226	11.89	—
7	KFPC-102	23	23	154	6.69	—	23	23	185	8.04	—
8	KFPC-122	306	36	189	5.25	○	306	36	226	6.27	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-2-2-2 燃料プール代替注水系の強度計算書

目 次

VI-3-3-2-2-2-1 大容量送水ポンプ（タイプ I）の強度評価書

VI-3-3-2-2-2-2 管の強度計算書（燃料プール代替注水系）

VI-3-3-2-2-2-1 大容量送水ポンプ(タイプ I)の強度評価書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（大容量送水ポンプ（タイプⅠ））

Ⅰ. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
うず巻型	淡水貯水槽又は海を水源として，可搬型ホースを介して原子炉圧力容器等に送水するポンプとして使用することを目的とする。使用環境として，屋外で淡水又は海水を送水する。	ダクタイル鋳鉄	1.2*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
HS-900N	動力消防ポンプのうち，通常の給水ポンプでは取水が難しい海水域から，効率的に取水することができる可搬消防ポンプとして，送水に使用することを目的とする。使用環境として，屋外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ダクタイル鋳鉄	1.4	50	耐圧試験（試験圧力：2.1 MPa，試験保持時間：3 分間）を実施。

Ⅲ. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ポンプは，重大事故等時に淡水又は海水を送水するために屋外で使用する内燃機関（燃料系含む）を有するポンプである。一方，本メーカー規格及び基準は，内燃機関等を駆動源として遠距離に大量送水する可搬消防ポンプとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，当該ポンプは屋外で大量の淡水又は海水を送水することを想定している。重大事故等時における当該ポンプの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ポンプの型式については，「消防法」に基づく「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」に適合するものとして承認されており，「消防法」に基づく「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」に従った適切な材料が使用されていることを型式評価の結果により確認できる。

当該ポンプの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：ポンプ圧力最大値×1.5，試験保持時間：3 分間）に合格していることを型式評価の結果により確認でき，当該ポンプの付属機器である燃料タンクについても，鋼製であり最高使用圧力が静水頭に対して水張試験を実施している。よって，当該ポンプは完成品として要求される強度を有している。

Ⅳ. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，燃料タンクを含めた一体構造品の完成品として重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

VI-3-3-2-2-2-2 管の強度計算書（燃料プール代替注水系）

目 次

- VI-3-3-2-2-2-2-1 管の基本板厚計算書（燃料プール代替注水系）
- VI-3-3-2-2-2-2-2 管の応力計算書（燃料プール代替注水系）
- VI-3-3-2-2-2-2-3 管（可搬型）の強度評価書（燃料プール代替注水系）

VI-3-3-2-2-2-2-1 管の基本板厚計算書（燃料プール代替注水系）

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

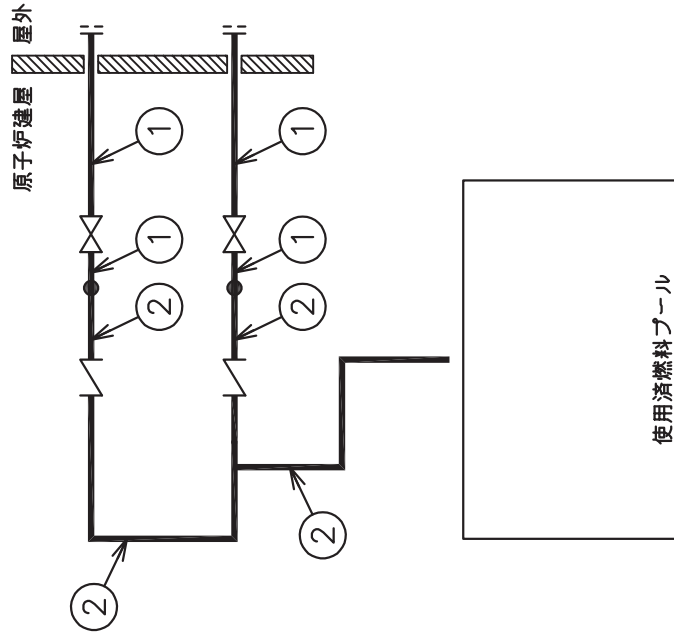
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の板厚計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の板厚計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2

1. 概略系統図



2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	1.37	66	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	6.21	1.10	C	3.80
2	1.37	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	6.21	0.90	A	0.90

評価：t_s ≧ t_r，よって十分である。

VI-3-3-2-2-2-2-2 管の応力計算書 (燃料プール代替注水系)

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	8
3.1 設計条件	8
3.2 材料及び許容応力	13
4. 評価結果	14
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	15

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。






(1) 管

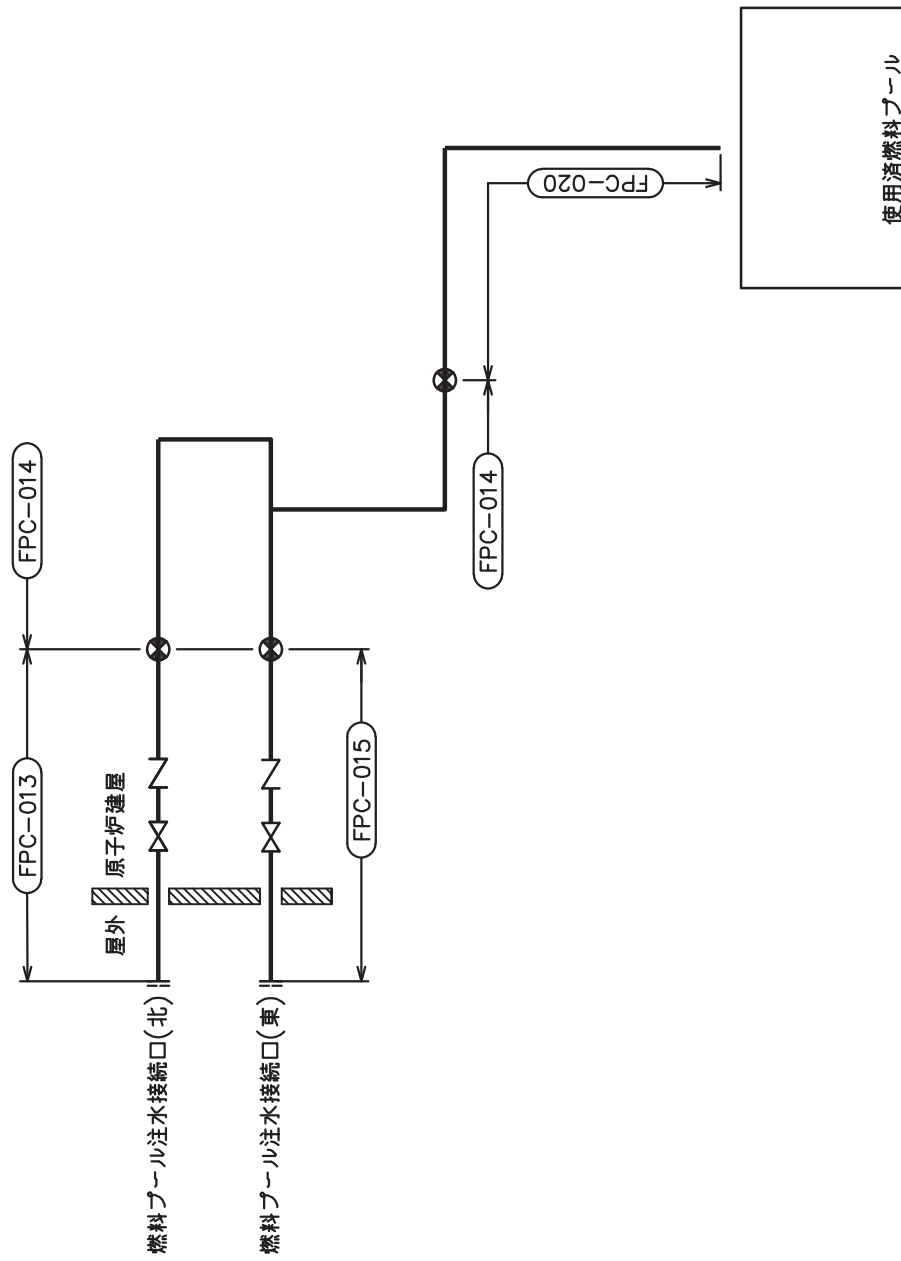
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 4 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例




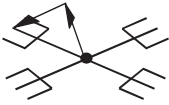
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

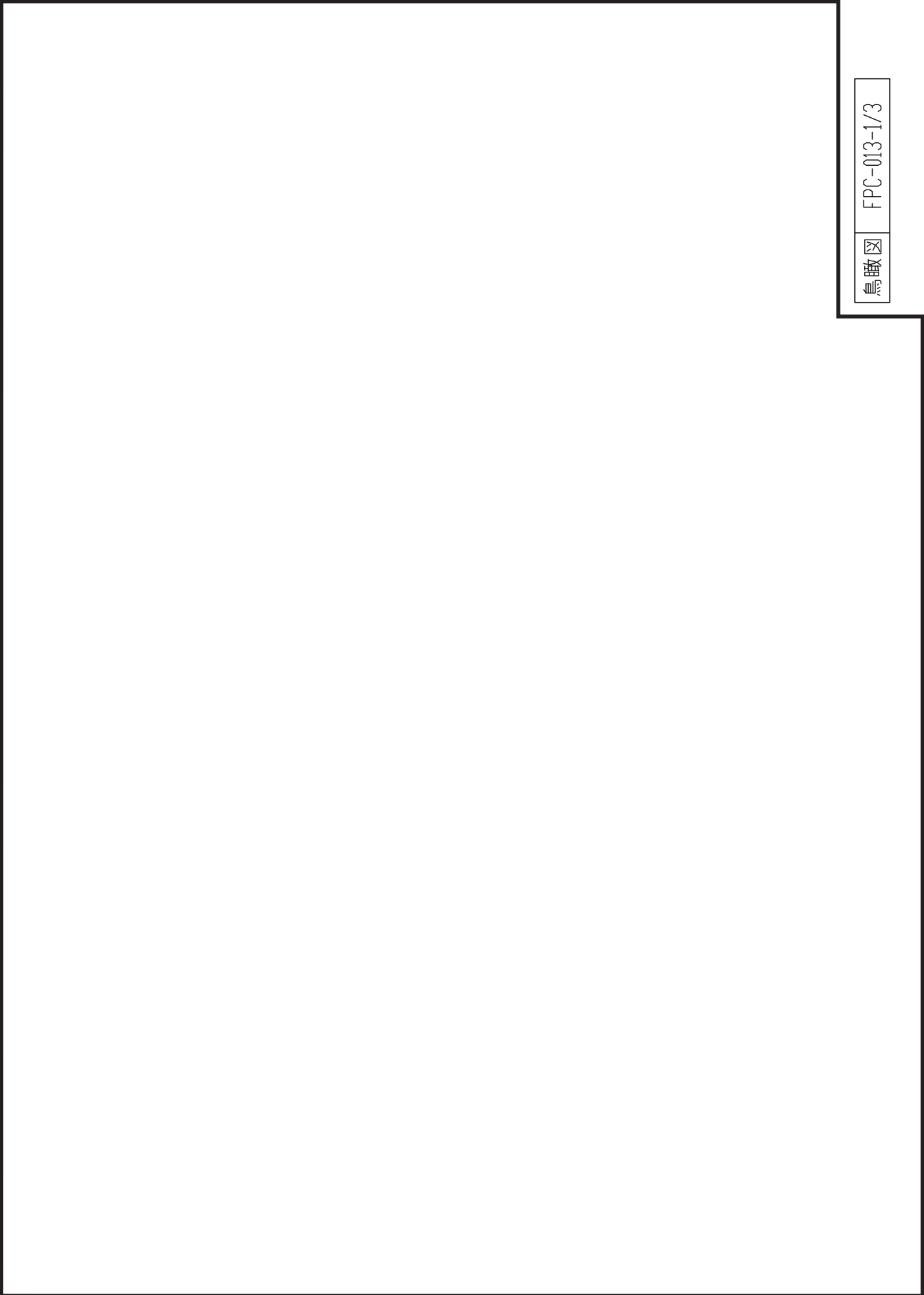


燃料プール代替注水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
   	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p> <p>質点</p> <p>アンカ</p> <p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)</p>



鳥瞰図 FPC-013-1/3

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1.37	66	165.2	7.1	STS410
2	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	
	17	18														
2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	62	63	
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	
	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136			

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		30		56		85		111	
2		31		57		86		112	
3		32		58		87		113	
4		33		59		88		114	
5		34		63		89		115	
6		35		64		90		116	
7		36		65		91		117	
8		37		66		92		118	
9		38		67		93		119	
10		39		68		94		120	
11		40		69		95		121	
12		41		70		96		122	
13		42		71		97		123	
17		43		72		98		124	
18		44		73		99		125	
19		45		74		100		126	
20		46		75		101		127	
21		47		76		102		128	
22		48		77		103		129	
23		49		78		104		130	
24		50		79		105		131	
25		51		80		106		132	
26		52		81		107		133	
27		53		82		108		134	
28		54		83		109		135	
29		55		84		110		136	

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
14		60	
15		61	
16		62	
137			
138			

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	15			
弁2	61			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
2						
4						
10						
12						
19						
28						
31						
34						
38						
40						
42						
49						
53						
55						
63						
65						
68						
71						
73						
76						
81						
84						
** 84 **						
87						
89						
92						
94						
97						
100						
104						
107						
110						
112						
114						
119						
121						
124						
126						
129						
136						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 138 **						

--

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S _h
STS410	66	103
SUS304TP	66	126

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評 価 点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
F P C - 0 1 3	8	S p r m (1)	S p r m (1)	1 . 5 ・ S h
	8	S p r m (2)	S p r m (2)	1 . 8 ・ S h

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *1					供用状態 (E) *2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FPC-013	8	24	154	6.41	○	8	24	185	7.70	○
2	FPC-014	37	24	189	7.87	—	37	24	226	9.41	—
3	FPC-015	9	23	154	6.69	—	9	23	185	8.04	—
4	FPC-020	26	20	189	9.45	—	26	20	226	11.30	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-2-2-2-2-3 管(可搬型)の強度評価書(燃料プール代替注水系)

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（取水用ホース（250A：5m, 10m, 20m））

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ホース	水源より大容量送水ポンプ(タイプⅠ)又は大容量送水ポンプ(タイプⅡ)に送水するためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋外で淡水又は海水を送水する。	ポリエステル, ポリウレタン	1.4*1	50*1

注記*1：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
ホース	消防用ホースであり、火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として、屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル, ポリウレタン	1.4	60	耐圧試験（試験圧力：2.1MPa*2，試験保持時間：5分間）を実施。

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは、重大事故等時に屋外で淡水又は海水を送水するためのホースである。一方、本メーカー規格及び基準は、消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースの型式については、「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており、「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり、「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：2.1MPa*2，試験保持時間：5分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等により確認できることから、当該ホースは要求される強度を有している。

注記*2：「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」の第47条「基準の特例」を準用するホースについては、「基準の特例」で承認された耐圧試験（試験圧力：2.0MPa，試験保持時間：5分間）とする。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（送水用ホース（300A：2m, 5m, 10m, 20m, 50m））

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ホース	大容量送水ポンプ(タイプ I)又は大容量送水ポンプ(タイプ II) から注水用ヘッド，放水砲，原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット又は淡水貯水槽へ送水するためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋外で淡水又は海水を送水する。	ポリエステル， ポリウレタン	1.4*1	50*1

注記*1：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
ホース	消防用ホースであり，火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル， ポリウレタン	1.4	60	耐圧試験（試験圧力：2.1MPa*2，試験保持時間：5分間）を実施。

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（I と II の使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で淡水又は海水を送水するためのホースである。一方，本メーカー規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（II と公的な規格等の材料及び試験条件の比較，I と II の使用条件の比較）

当該ホースの型式については，「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており，「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：2.1MPa*2，試験保持時間：5分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等により確認できることから，当該ホースは要求される強度を有している。

注記*2：「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」の第 47 条「基準の特例」を準用するホースについては，「基準の特例」で承認された耐圧試験（試験圧力：2.0MPa，試験保持時間：5分間）とする。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（注水用ヘッダ）

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
分岐管	大容量送水ポンプ(タイプ I)又は大容量送水ポンプ(タイプ II) から各系統へ送水するための可搬型配管として使用することを目的とする。使用環境として屋外で淡水又は海水を送水する。	SUS304	1.4*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
注水用ヘッダ	淡水又は海水を送水するための注水用ヘッダとして使用することを目的とする。使用環境として，屋外で淡水又は海水を供給することを想定している。	SUS304	1.4	50	耐圧試験（試験圧力：2.1MPa，試験保持時間：10分間）を実施。

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（I と II の使用目的及び使用環境の比較）

当該注水用ヘッダは，重大事故等時に屋外で淡水又は海水を各系統へ送水するための可搬型配管である。一方，本メーカー規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋外で淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該注水用ヘッダの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（II と公的な規格等の材料及び試験条件の比較，I と II の使用条件の比較）

当該注水用ヘッダに使用されている材料は，設計・建設規格クラス 3 配管に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料である。

当該注水用ヘッダの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり，設計・建設規格 PHT-2311 及び PHT-4000 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍，試験保持時間：10 分間）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。なお，設計・建設規格のクラス 3 機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106%を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス 3 機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は，最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため，当該注水用ヘッダは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（送水用ホース（150A：1m, 2m, 5m, 10m, 20m））

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
ホース	注水用ヘッドから原子炉建屋接続口等に接続し，原子炉圧力容器等へ送水するためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水する。	ポリエステル， ポリウレタン	1.6*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
ホース	消防用ホースであり，火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル， ポリウレタン	1.6	60	耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 3.2MPa，折り曲げた状態で 2.2MPa，試験保持時間：5 分間）を実施。

III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（I と II の使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋内外で淡水又は海水を送水するためのホースである。一方，本メーカー規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（II と公的な規格等の材料及び試験条件の比較，I と II の使用条件の比較）

当該ホースの型式については，「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており，「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 3.2MPa，折り曲げた状態で 2.2MPa，試験保持時間：5 分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等により確認できることから，当該ホースは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

VI-3-3-2-2-3 燃料プールのスプレイ系の強度計算書

目 次

VI-3-3-2-2-3-1 管の強度計算書 (燃料プールスプレイ系)

VI-3-3-2-2-3-1 管の強度計算書 (燃料プールのスプレイ系)

目 次

- VI-3-3-2-2-3-1-1 管の基本板厚計算書（燃料プールスプレイ系）
- VI-3-3-2-2-3-1-2 管の応力計算書（燃料プールスプレイ系）
- VI-3-3-2-2-3-1-3 管（可搬型）の強度評価書（燃料プールスプレイ系）
- VI-3-3-2-2-3-1-4 可搬型ストレナの強度評価書

VI-3-3-2-2-3-1-1 管の基本板厚計算書 (燃料プールのスプレイ系)

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

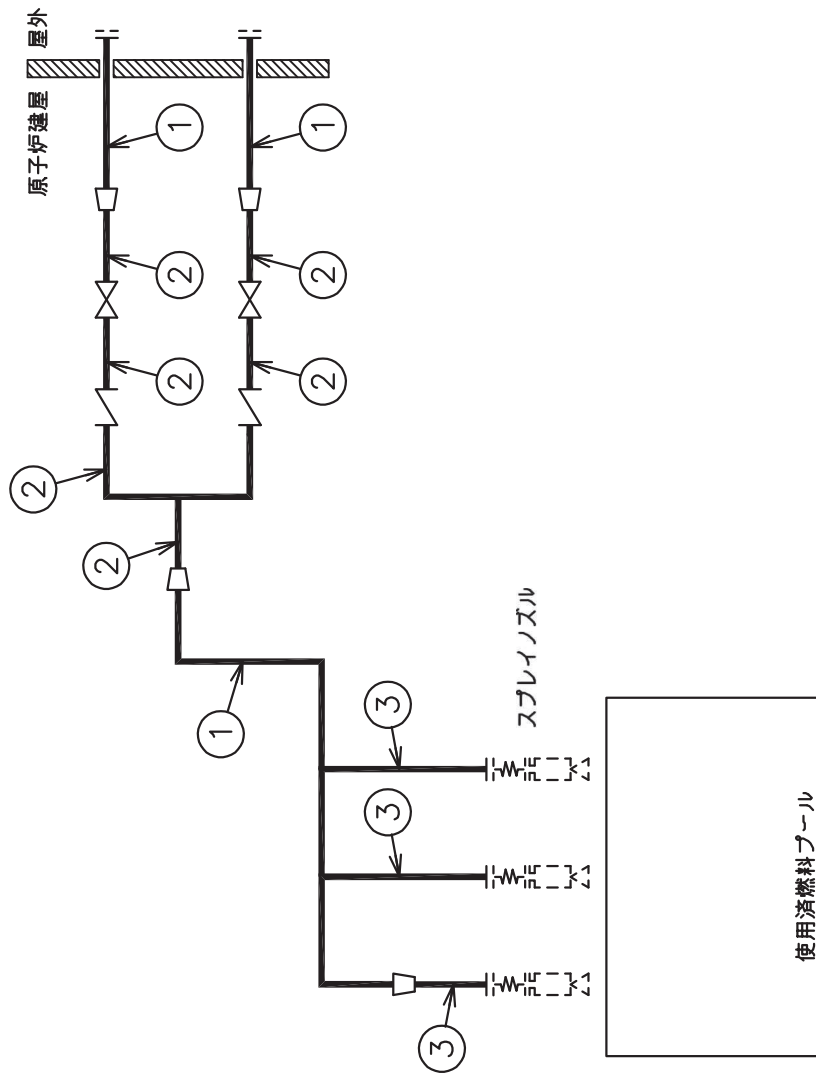
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の板厚計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の板厚計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の板厚計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2

1. 概略系統図



燃料プールのスプレインノズル系概略系統図

2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _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	1.37	66	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	6.21	1.10	C	3.80
2	1.37	66	114.30	6.00	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	5.25	0.76	C	3.40
3	1.37	66	76.30	5.20	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	4.55	0.51	C	2.70

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

VI-3-3-2-2-3-1-2 管の応力計算書 (燃料プールスプレイ系)

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び添付書類「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	9
3.1 設計条件	9
3.2 材料及び許容応力	13
4. 評価結果	14
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	15

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。






(1) 管

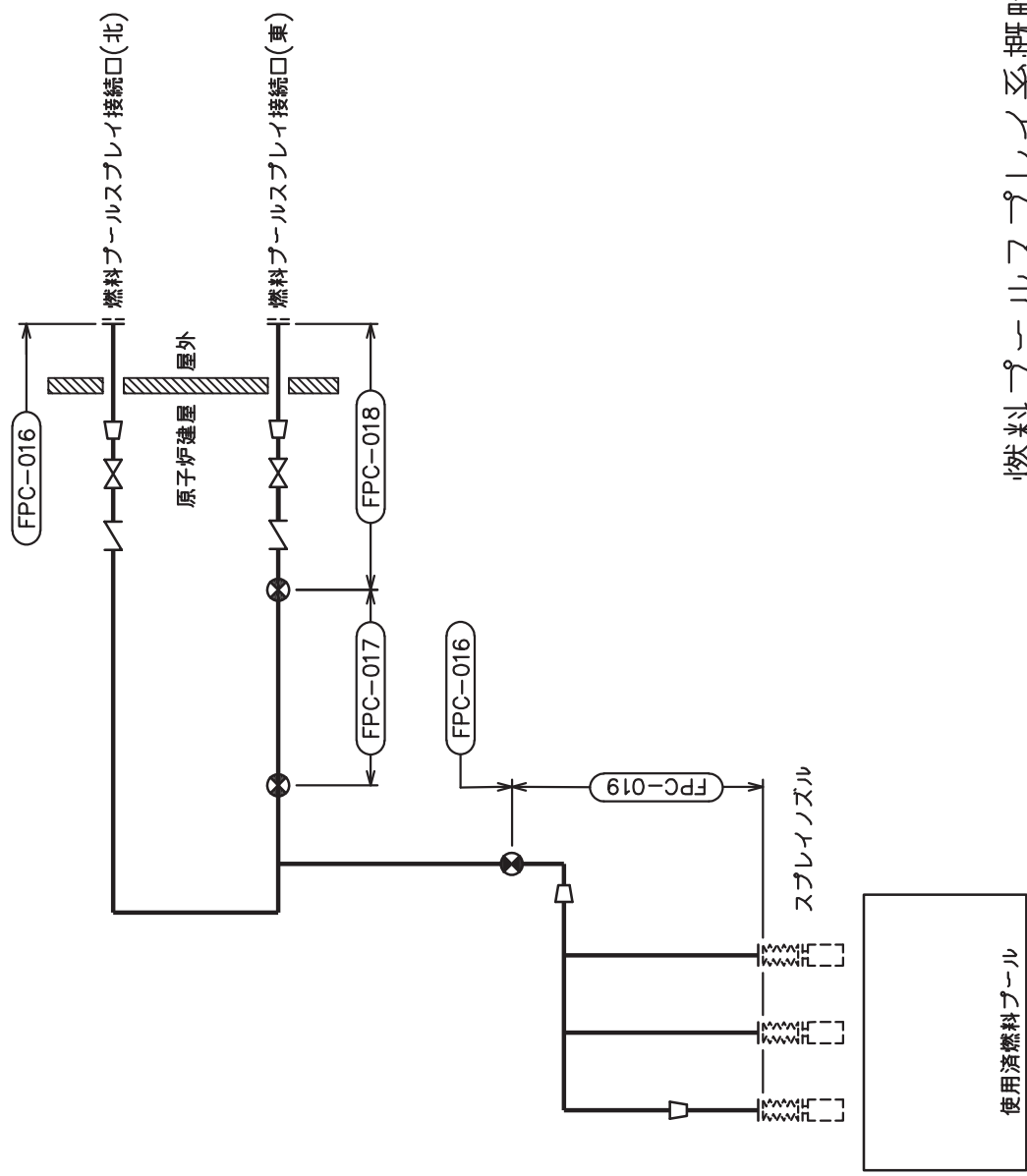
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例




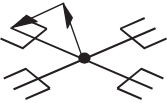
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



燃料プールのスプレインノズル系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)</p>

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 8

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1.37	66	165.2	7.1	STS410
2	1.37	66	114.3	6.0	STS410

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 8

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	201	202				
2	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	36	37	38	39	40	41	
	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	
	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	
	117	118	119	120	121	125										

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 8

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		28		55		79		103	
2		29		56		80		104	
3		30		57		81		105	
4		31		58		82		106	
5		32		59		83		107	
6		33		60		84		108	
7		37		61		85		109	
8		38		62		86		110	
9		39		63		87		111	
10		40		64		88		112	
11		41		65		89		113	
12		42		66		90		114	
13		43		67		91		115	
14		44		68		92		116	
15		45		69		93		117	
19		46		70		94		118	
20		47		71		95		119	
21		48		72		96		120	
22		49		73		97		121	
23		50		74		98		125	
24		51		75		99		201	
25		52		76		100		202	
26		53		77		101			
27		54		78		102			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1 弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
16		34	
17		35	
18		36	
122			
123			

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	17			
弁2	35			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 8

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
2						
4						
12						
14						
20						
23						
26						
32						
37						
39						
46						
49						
52						
54						
57						
59						
63						
65						
69						
71						
74						
78						
82						
85						
88						
93						
95						
97						
101						
105						
109						
113						
117						
119						
121						
** 123 **						
125						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S _h
STS410	66	103

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
F P C - 0 1 8	21	S p r m (1)	S p r m (1)	1 . 5 ・ S h
	21	S p r m (2)	S p r m (2)	1 . 8 ・ S h

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *2									
		供用状態 (E) *1					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FPC-016	12	21	154	7.33	—	12	21	185	8.80	—
2	FPC-017	21	20	154	7.70	—	21	20	185	9.25	—
3	FPC-018	21	23	154	6.69	○	21	23	185	8.04	○
4	FPC-019	5	20	154	7.70	—	5	20	185	9.25	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-2-2-3-1-3 管(可搬型)の強度評価書(燃料プールのスプレイ系)

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（スプレー用ホース（65A：1m））

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力（MPa）	最高使用温度（℃）
ホース	送水用ホース（150A：1m, 2m, 5m, 10m, 20m）とスプレーノズルに接続し，使用済燃料プールへスプレーするためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内で淡水又は海水を送水する。	ポリエステル， ポリウレタン	1.6*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力（MPa）	最高使用温度（℃）	規格及び基準に基づく試験
ホース	消防用ホースであり，火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル， ポリウレタン	1.6	50	耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 3.2MPa，折り曲げた状態で 2.2MPa，試験保持時間：5 分間）を実施

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（I と II の使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋内で淡水又は海水を送水するためのホースである。一方，本メーカー規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（II と公的な規格等の材料及び試験条件の比較，I と II の使用条件の比較）

当該ホースの型式については，「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており，「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 3.2MPa，折り曲げた状態で 2.2MPa，試験保持時間：5 分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等で確認できることから，当該ホースは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（スプレインゾル）

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
放水銃	スプレイ用ホース(65A:1m)と接続し，使用済燃料プールへスプレイするための可搬型配管として使用することを目的とする。使用環境として，屋内で淡水又は海水を送水する。なお，保管時は取付箇所と同じ場所に保管する。	AC4CH	1.6*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
ブリッツファイヤー 放水銃 (ZM-2 1/2-OS 改)	消防用の放水銃であり，可搬型消火機器として使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	AC4CH	1.6	100	耐圧試験（試験圧力：2.4MPa，試験保持時間：3分間）を実施

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該放水銃は，重大事故等時に屋内で淡水又は海水をスプレイするための可搬型配管である。一方，本メーカー規格及び基準は，可搬型消火機器として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。重大事故等時における当該放水銃の使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，IとIIの使用条件の比較）

当該放水銃に使用されている材料は，「消防用ホースに使用する差込式又はねじ式の結合金具及び消防用吸管に使用するねじ式の結合金具の技術上の規格を定める省令」にて使用可能な材料とされているアルミニウム合金鋳物と同種類の材料である。

当該放水銃の最高使用温度及び最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5倍）と同様の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は，耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお，設計・建設規格のクラス 3 機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106 % を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス 3 機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この許容応力以下となる必要板厚は，最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため，当該放水銃は要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

VI-3-3-2-2-3-1-4 可搬型ストレーナの強度評価書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（可搬型ストレーナ）

I. 重大事故等クラス 3 機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
Y 型ストレーナ	大容量送水ポンプ(タイプ I)使用時の淡水又は海水の異物除去に使用することを目的とする。使用環境として、屋外で使用する。	SCS13A	1.4*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
10-UTF-VA	本消火設備及び泡消火設備の配管中に設け、消火用水のごみ等を捕捉する目的とする。使用環境として、屋内外で淡水又は海水を通水することを想定している。	SCS13A	1.4	80	耐圧試験（試験圧力：2.1MPa，試験保持時間：10 分間）を実施。

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（I と II の使用目的及び使用環境の比較）

当該ストレーナは、重大事故等時に淡水又は海水の異物除去のために屋外で使用するストレーナである。一方、本メーカー規格及び基準は、水消火設備及び泡消火設備の配管中に設け、消火用水のごみ等を捕捉することを目的とした一般産業品に対する規格であり、淡水又は海水での使用を想定している。重大事故等時における当該ストレーナの使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（II と公的な規格等の材料及び試験条件の比較，I と II の使用条件の比較）

当該ストレーナに使用されている材料は設計・建設規格のクラス 3 容器に使用可能であると規定されているステンレス鋼と同種類の材料である。

当該ストレーナの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は、耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお、設計・建設規格のクラス 3 機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており、耐圧試験試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106%を超えないこととしている。一方、設計・建設規格のクラス 3 機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており、この設計許容応力以下となる必要板厚は、最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで、メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているものとみなせるため、当該ストレーナは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

VI-3-3-3 原子炉冷却系統施設の強度に関する説明書

目 次

- VI-3-3-3-1 原子炉冷却材再循環設備の強度計算書
- VI-3-3-3-2 原子炉冷却材の循環設備の強度計算書
- VI-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書
- VI-3-3-3-4 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書
- VI-3-3-3-5 原子炉冷却材補給設備の強度計算書
- VI-3-3-3-6 原子炉補機冷却設備の強度計算書
- VI-3-3-3-7 原子炉冷却材浄化設備の強度計算書

VI-3-3-3-1 原子炉冷却材再循環設備の強度計算書

目 次

VI-3-3-3-1-1 原子炉再循環系の強度計算書

VI-3-3-3-1-1 原子炉再循環系の強度計算書

目 次

VI-3-3-3-1-1-1 管の強度計算書（原子炉再循環系）

VI-3-3-3-1-1-1 管の強度計算書（原子炉再循環系）

目 次

VI-3-3-3-1-1-1-1 管の基本板厚計算書（原子炉再循環系）

VI-3-3-3-1-1-1-2 管の応力計算書（原子炉再循環系）

VI-3-3-3-1-1-1-1 管の基本板厚計算書（原子炉再循環系）

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
その他1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有*	10.40	302	10.40	315	S55告示	既工認	—	SA-2
その他 T1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	10.34	315	S55告示	既工認	—	SA-2

*：既工認において評価を実施しており、かつ評価で使用する圧力及び温度は設計基準対象施設としての使用時における最高使用圧力及び最高使用温度であり評価条件に変更はないことから、評価結果については平成3年6月19日付け 第4回 3資庁第1003号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-2-1-1-1-1 管の基本板厚計算書」による。

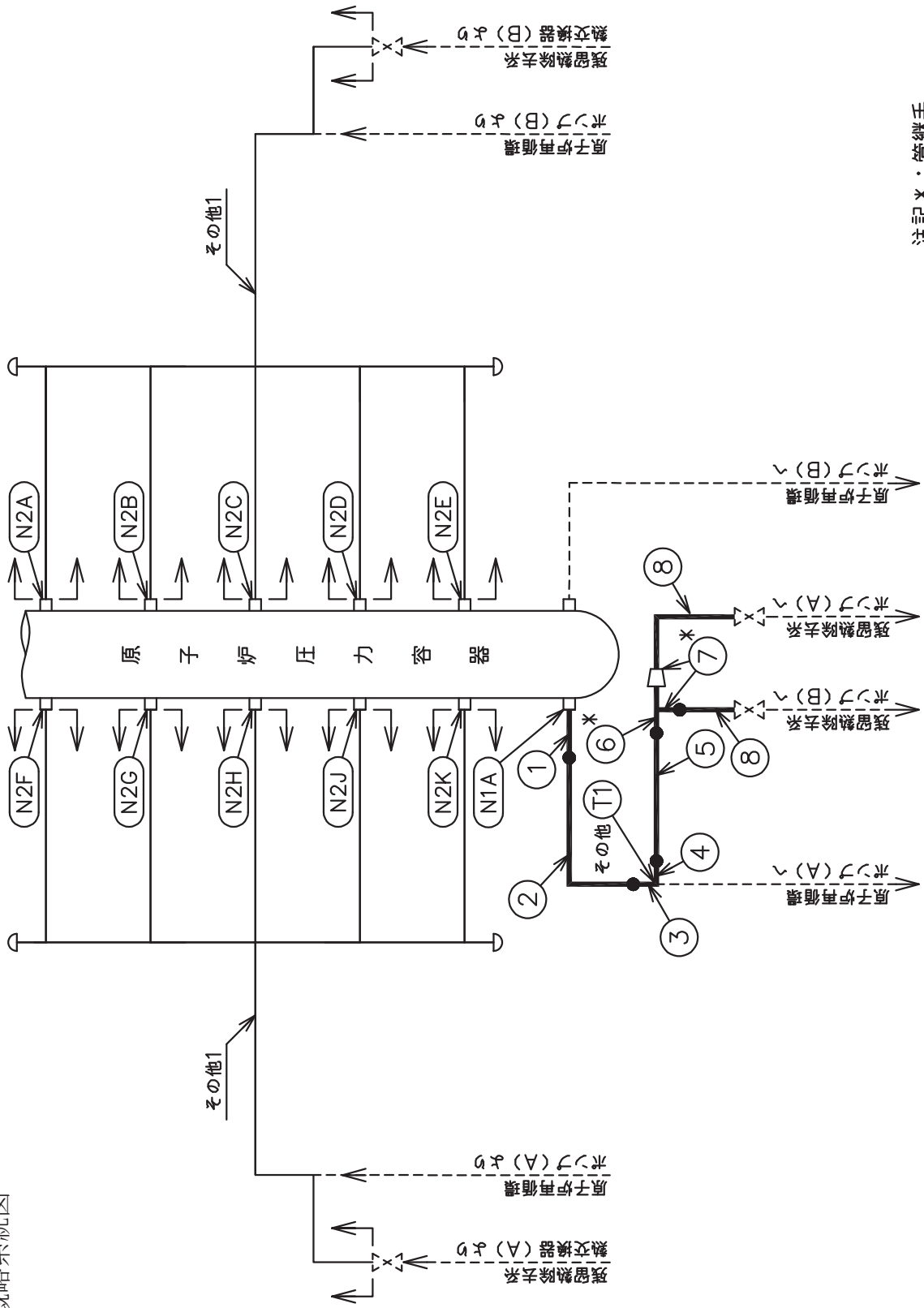
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2

1. 概略系統図



注記*：管継手

原子炉再循環系統概略系統図

① 其他 T1 本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け 第4回 3資料第1003号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-2-1-1-1-1-1」の「管の基本板厚計算書」による。



2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)
設計・建設規格 PPB-3411 及びPPB-3561 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 _m (MPa)	Q	t _s (mm)	t* (mm)	算式	t _r (mm)	事故時圧力 P _E (MPa)	許容圧力 P _{aE} (MPa)
1	8.62	302	520.60	32.50	SUSS16TP	S	1	118	12.5%	28.43	18.48	A	18.48	10.34	17.24
2	8.62	302	520.60	32.50	SUSF316	S	1	118	12.5%	28.43	18.48	A	18.48	10.34	17.24
3	8.62	302	530.60	37.50	SUSF316	S	1	118			18.83	A	18.83	10.34	17.24
4	8.62	302	457.20	29.40	SUSF316	S	1	118	12.5%	25.72	16.23	A	16.23	10.34	17.24
5	8.62	302	457.20	29.40	STS42 (STS410)	S	1	122	12.5%	25.72	15.71	A	15.71	10.34	17.24
6	8.62	302	457.20	34.90	STS42 (STS410)	S	1	122	12.5%	30.53	15.71	A	15.71	10.34	17.24
7	8.62	302	355.60	27.80	STS42 (STS410)	S	1	122	12.5%	24.32	12.22	A	12.22	10.34	17.24
8	8.62	302	355.60	23.80	STS42 (STS410)	S	1	122	12.5%	20.82	12.22	A	12.22	10.34	17.24

*: 最高使用圧力Pにより計算した必要厚さ。

評価: $t_s \geq t_r$, $P_E \leq P_{aE}$, よって十分である。

VI-3-3-3-1-1-1-2 管の応力計算書
(原子炉再循環系)

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
PLR-001	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	10.40	302	10.40	315	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
PLR-002	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	10.40	302	10.40	315	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	11
3.1 設計条件	11
3.2 材料及び許容応力	19
4. 評価結果	21
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	23

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。



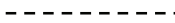


(1) 管

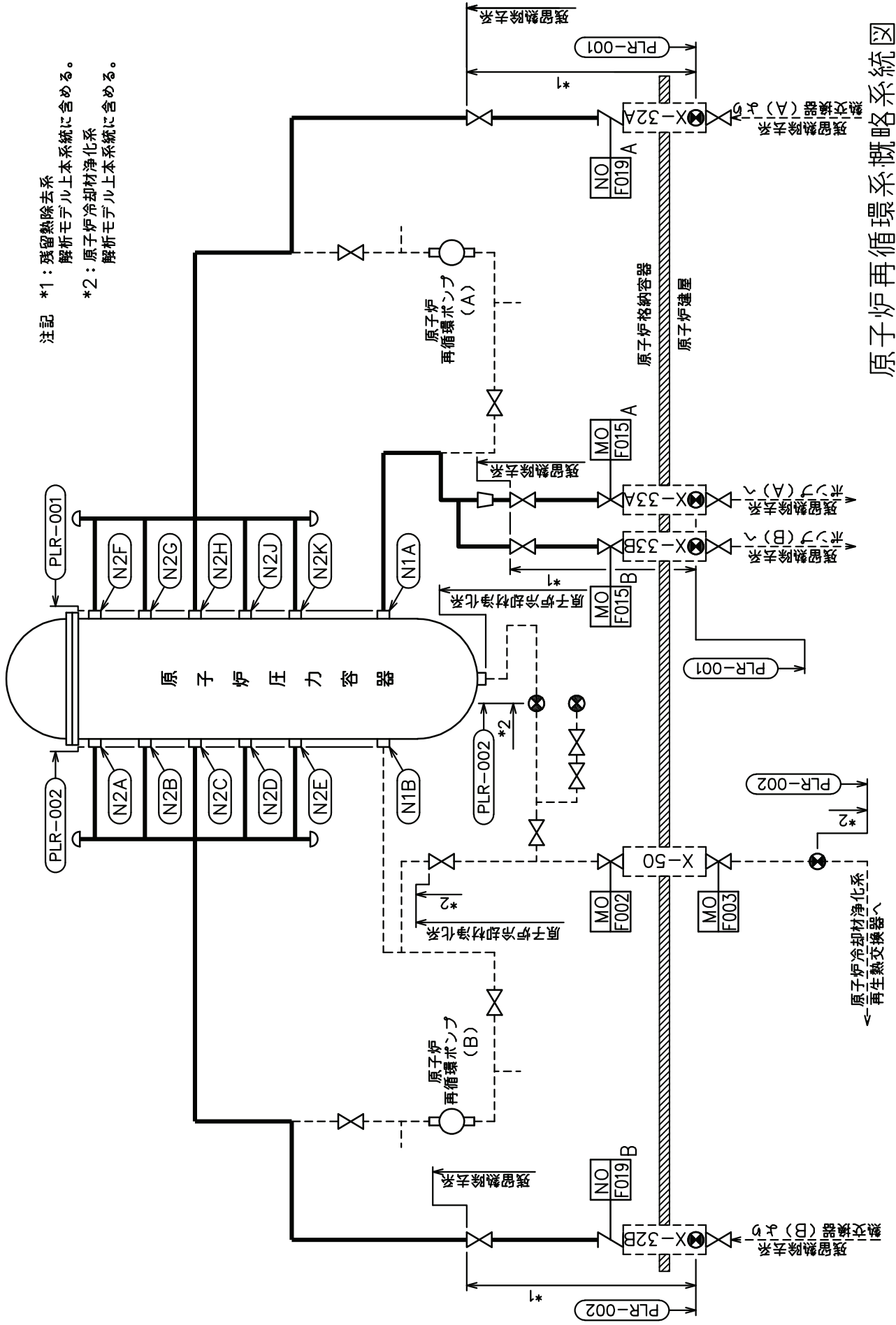
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 2 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ


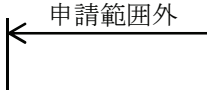
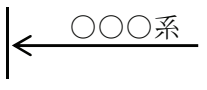


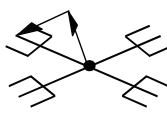
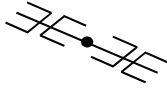

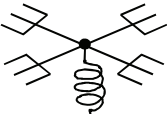


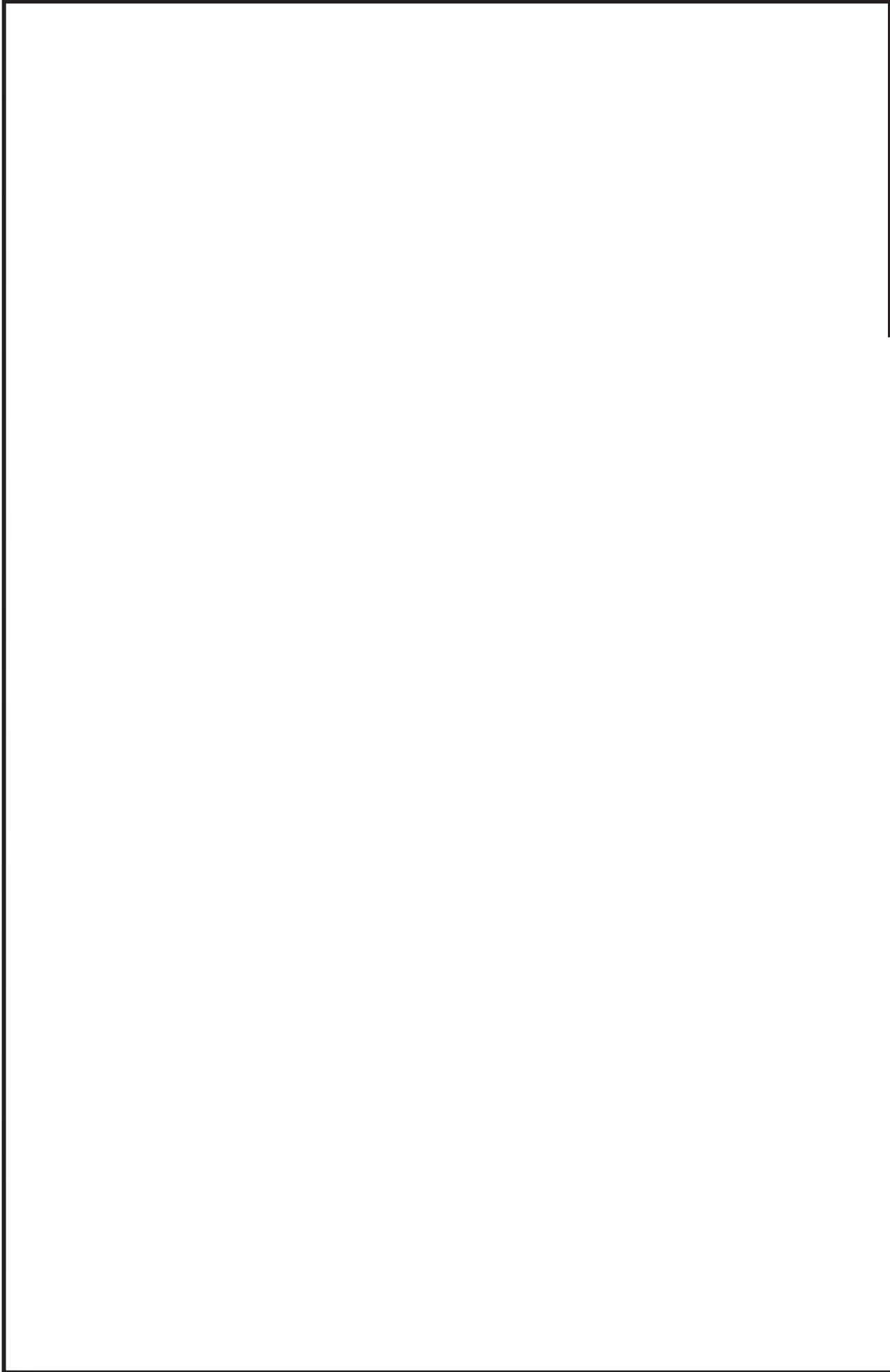
注記 *1: 残留熱除去系
 解析モデル上本系統に含める。
 *2: 原子炉冷却材净化系
 解析モデル上本系統に含める。

原子炉再循環系概略系統図

2.2 鳥瞰図

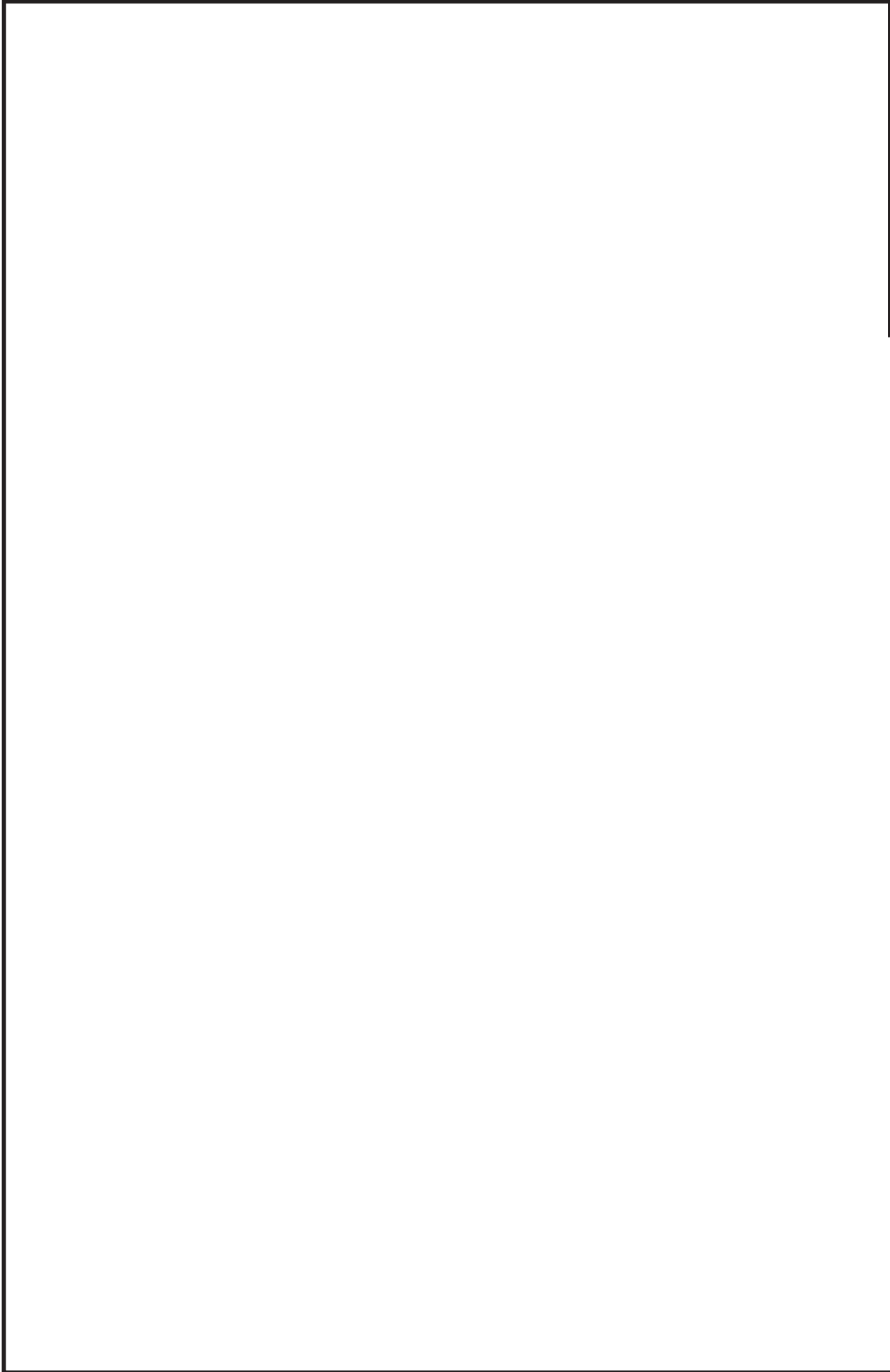
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>



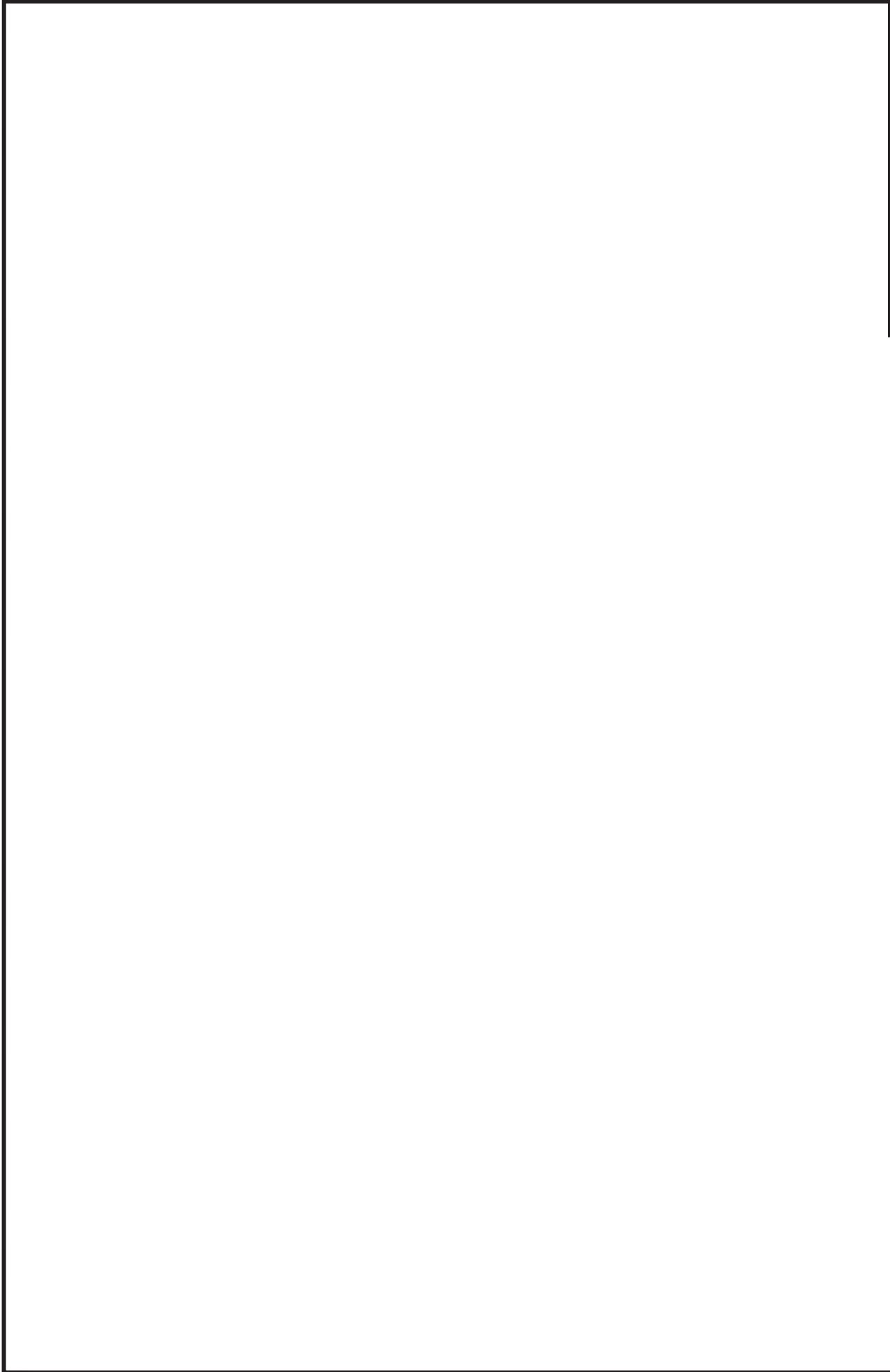
鳥瞰図 | PLR-001-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



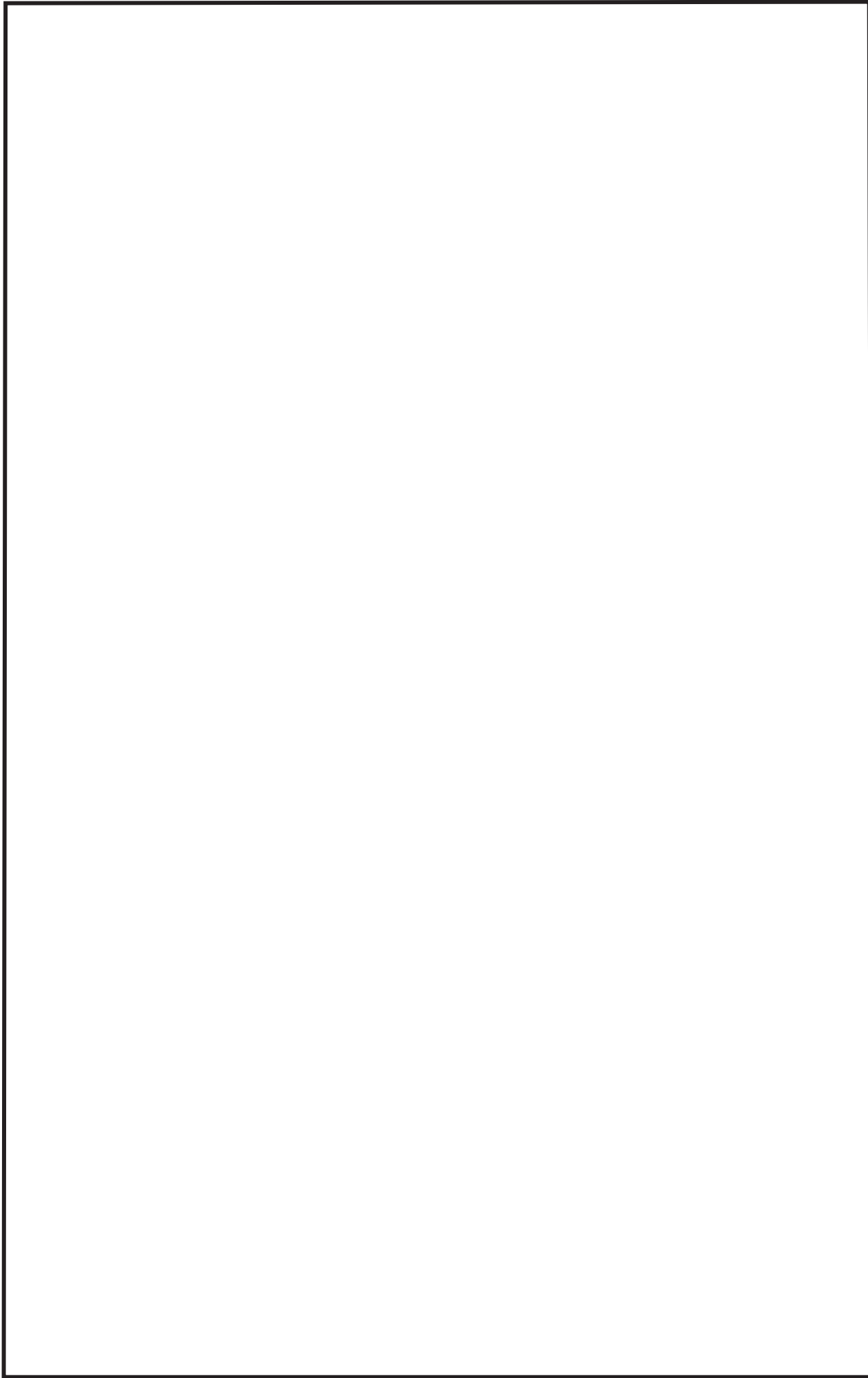
鳥瞰図 | PLR-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



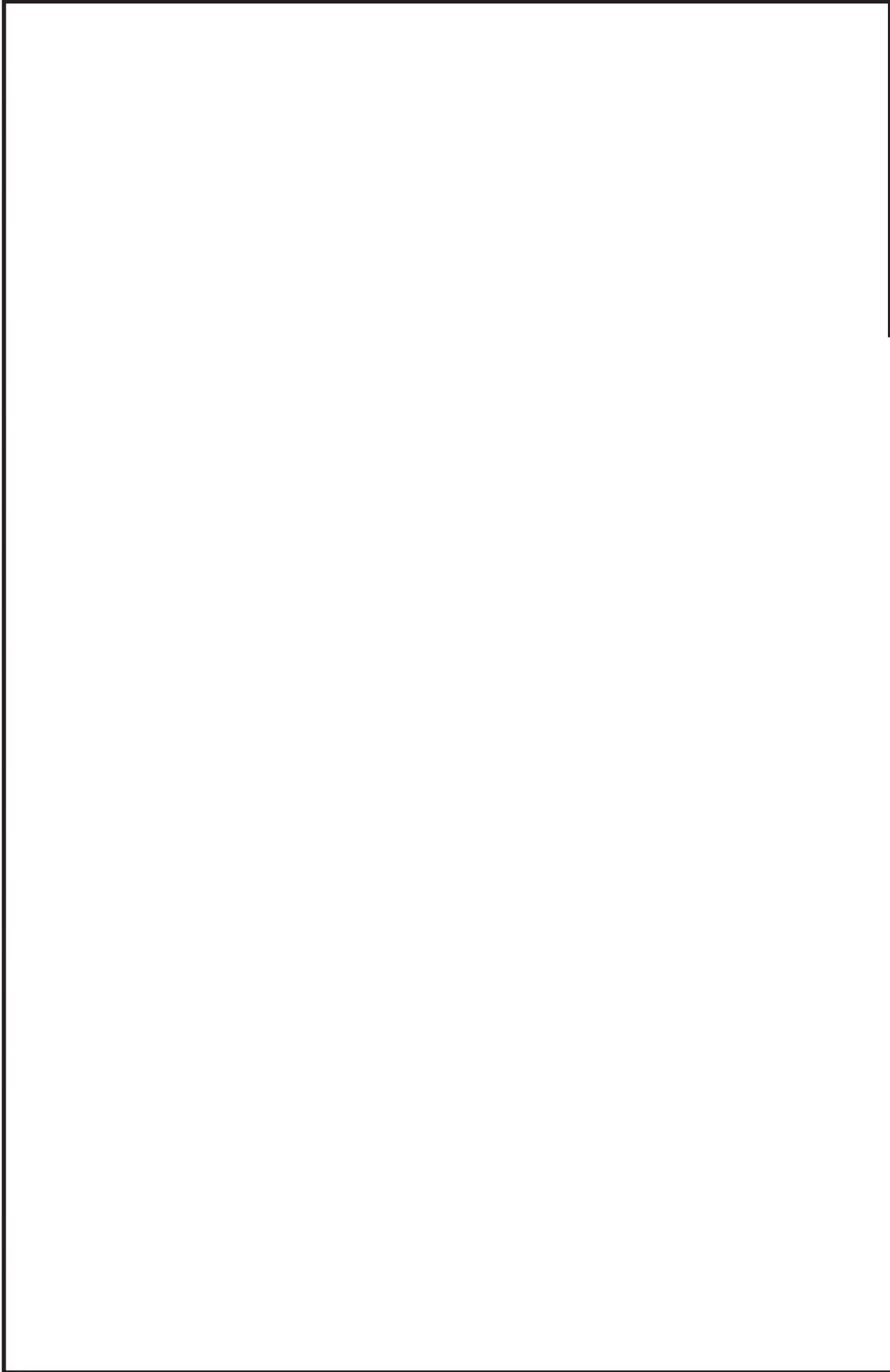
鳥瞰図 PLR-001-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



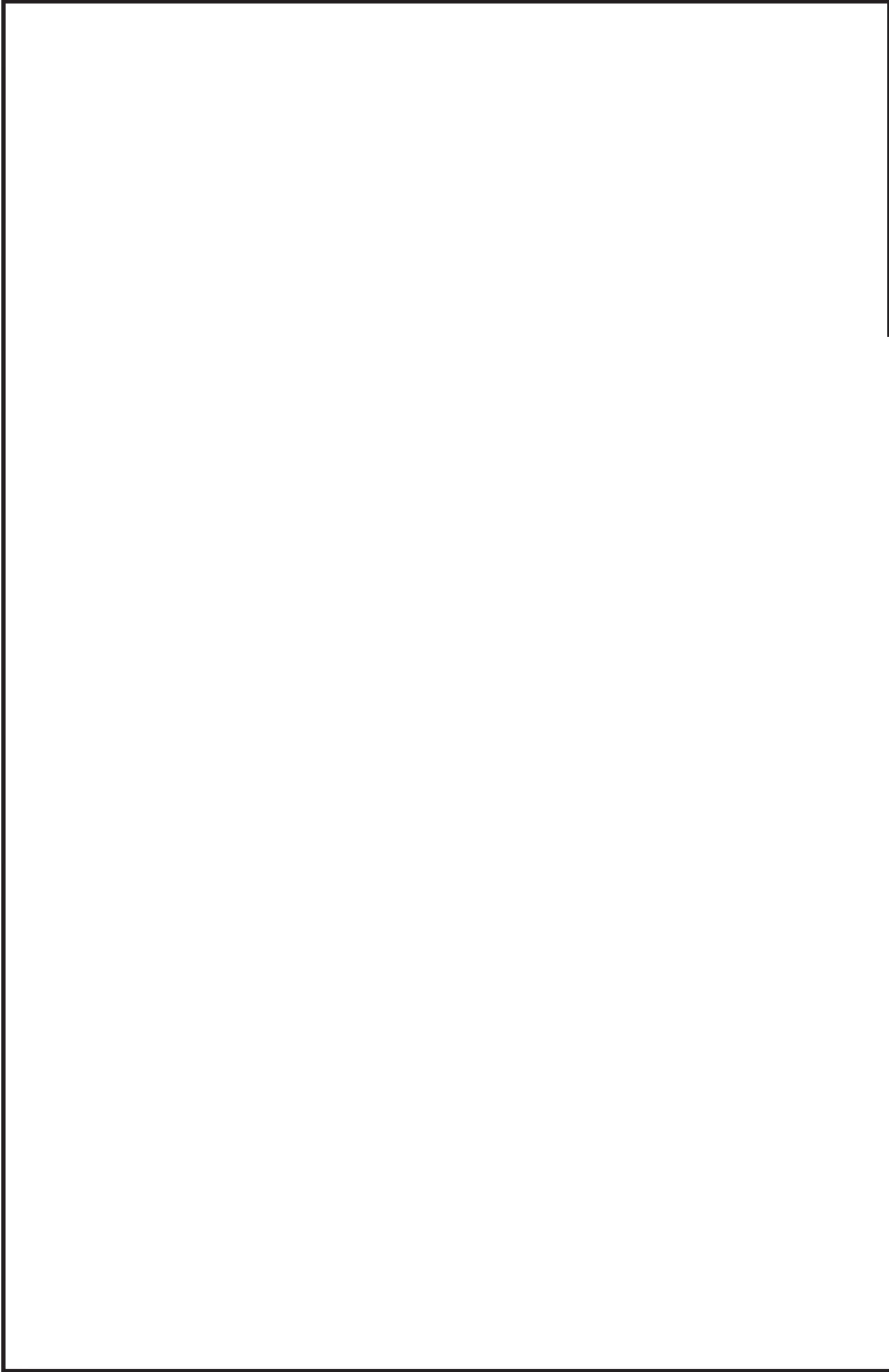
鳥瞰図 | PLR-001-4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | PLR-001-5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | PLR-001-6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	10.34	315	520.6	32.5	SUS316TP
2	10.34	315	520.6	32.5	SUSF316
3	10.40	315	520.6	32.5	SUSF316
4	10.40	315	279.3	18.2	SUSF316
5	10.40	315	416.0	26.2	SUSF316
6	10.34	315	457.2	29.4	SUSF316
7	10.34	315	457.2	29.4	STS42 (STS410)
8	10.34	315	457.2	34.9	STS42 (STS410)
9	10.34	315	355.6	27.8	STS42 (STS410)

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
10	10.34	315	355.6	23.8	STS42 (STS410)
11	10.40	315	318.5	25.4	STS42 (STS410)
12	10.40	315	318.5	25.4	SUSF316

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	501														
2	2	3	4	5	6	501										
3	29	30	31	32	33	34	35									
4	35	36	37	38	39	43	47	52	56	58	59	60	61	62	63	
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73						
5	35	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
	54	55	56	57	502	503	913	914								
6	6	101														
7	101	102	103	104	105											
8	105	106	107	108												
9	106	108	135	504												
10	109	110	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	
	125	126	127	128	135	136	138	139	140	141	142	143	144	145	146	
	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	164	504	905	906	
	909	910	911	912												
11	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	221	222	
	223	224	225	226	807	902	904	907	908							
12	29	224														

O 2 ⑥ VI-3-3-1-1-1-2(重) R 0

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		49		102		141		217	
2		50		103		142		218	
3		51		104		143		222	
4		52		105		144		223	
5		53		106		145		224	
6		54		107		146		225	
29		55		108		147		226	
30		56		109		148		501	
31		57		113		149		502	
32		58		114		150		503	
33		59		115		151		504	
34		60		116		152		807	
35		61		117		153		902	
36		62		118		154		904	
37		63		119		155		905	
38		64		120		156		906	
39		65		121		164		907	
40		66		122		208		908	
41		67		123		209		909	
42		68		124		210		910	
43		69		125		211		911	
44		70		126		212		912	
45		71		127		213		913	
46		72		135		214		914	
47		73		139		215			
48		101		140		216			

O 2 ⑥ VI-3-3-1-1-1-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
110		128		136		157		205	
111		129		137		158		206	
112		130		138		159		207	
	405			407					
	406			408					

弁 6

評価点	質量(kg)
219	
220	
221	

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	111			
弁2	129			
弁3	137			
弁4	158			
弁5	206			
弁6	220			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
30						
** 31 **						
** 33 **						
39						
** 46 **						
** 55 **						
61						
65						
69						
73						
** 104 **						
** 115 **						
117						
124						
127						
** 141 **						
143						
** 145 **						
** 147 **						
156						
208						
** 216 **						
** 406 **						

--

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 408 **						
** 902 **						
** 904 **						
** 905 **						
** 906 **						
** 907 **						
** 908 **						
** 909 **						
** 910 **						
** 911 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 914 **						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S m
STS42	315	120
SUS316TP		117
SUSF316		117

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)	
		S m	S y
STS42 (STS410)	315	120	180
SUS316TP		117	129
SUSF316		117	129

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 3・S m
PLR-001	6	S p r m	88	351

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3500による評価結果

高圧図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 Min(3・S m, 2・S y)
PLR-001	6	S p r m	87	258

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス1管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *				
		一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	
1	PLR-001	6	88	351	3.98	○
2	PLR-002	29	68	351	5.16	—

注記*：告示第501号第46条第1号及び第3号に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス1管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *				代表
		一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	
1	PLR-001	6	87	258	2.96	○
2	PLR-002	29	68	258	3.79	—

注記* : 設計・建設規格 PPB-3520 及びPPB-3562 に基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-2 原子炉冷却材の循環設備の強度計算書

目 次

- VI-3-3-3-2-1 主蒸気系の強度計算書
- VI-3-3-3-2-2 復水給水系の強度計算書

VI-3-3-3-2-1 主蒸気系の強度計算書

目 次

- VI-3-3-3-2-1-1 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの強度計算書
- VI-3-3-3-2-1-2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの強度計算書
- VI-3-3-3-2-1-3 管の強度計算書（主蒸気系）

VI-3-3-3-2-1-1

主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」、「VI-3-2-8 重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」及び「VI-3-2-12 重大事故等クラス 2 支持構造物（容器）の強度計算方法」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「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

• 評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (℃)	SA 条件 圧力 (MPa)						SA 条件 温度 (℃)
主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用アキユムレータ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	-	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	-	SA-2

目次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の平板の厚さの計算	3
2.3 容器の管台の厚さの計算	5
3. 支持構造物の強度計算書	7

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

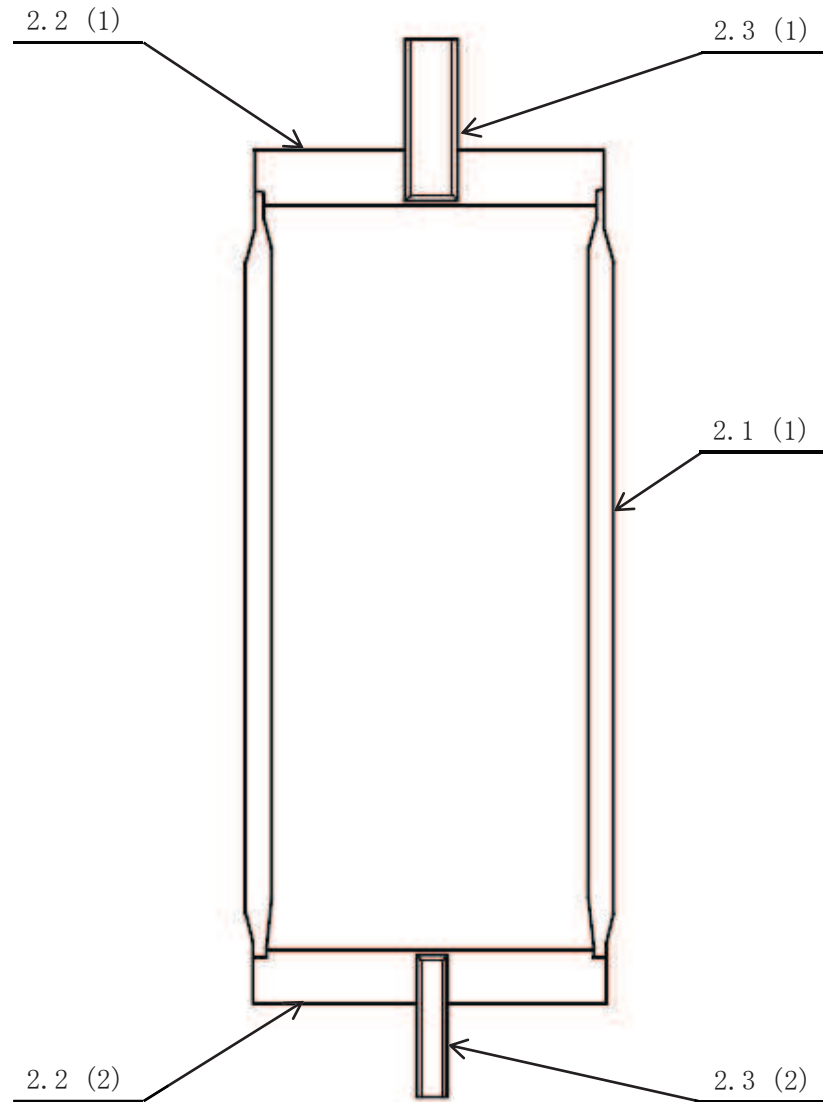


図 1-1 概要図

図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	1.77
最高使用温度 (°C)	171

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称		(1) 胴板
材料		SUS304TP
最高使用圧力	P (MPa)	1.77
最高使用温度	(°C)	171
胴の内径	D_i (mm)	199.90
許容引張応力	S (MPa)	113
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		無し
必要厚さ	t_1 (mm)	1.50
必要厚さ	t_2 (mm)	1.58
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	1.58
呼び厚さ	$t_{s.o}$ (mm)	8.20
最小厚さ	t_s (mm)	<input type="text"/>
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。		

2.2 容器の平板の厚さの計算

(1) 告示第501号第34条第1項及び第2項

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1) 平板		
平板の取付け方法	(i)		
平板の穴の有無	□		
溶接部の寸法	t_i	(mm)	23.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	1.58
胴又は管の最小厚さ	t_s	(mm)	□
$2 \cdot t_{sr}$		(mm)	3.16
$1.25 \cdot t_s$		(mm)	□
平板の径	d	(mm)	204.00
穴の径	d_h	(mm)	□
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$, $d_h \leq d/2$, よって十分である。			

(2) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称	(1) 平板		
材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
許容引張応力	S	(MPa)	113
取付け方法による係数	K		0.375
平板の径	d	(mm)	204.00
必要厚さ	t	(mm)	22.11
呼び厚さ	t_{po}	(mm)	29.00
最小厚さ	t_p	(mm)	□
評価： $t_p \geq t$, よって十分である。			

(1) 告示第501号第34条第1項及び第2項
取付け方法及び穴の有無

平板名称			(2) 平板
平板の取付け方法			(i)
平板の穴の有無			
溶接部の寸法	t_i	(mm)	23.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	1.58
胴又は管の最小厚さ	t_s	(mm)	
	$2 \cdot t_{sr}$	(mm)	3.16
	$1.25 \cdot t_s$	(mm)	
平板の径	d	(mm)	204.00
穴の径	d_h	(mm)	
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$, $d_h \leq d/2$, よって十分である。			

(2) 告示第501号第34条第2項
平板の厚さ

平板名称			(2) 平板
材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
許容引張応力	S	(MPa)	113
取付け方法による係数	K		0.375
平板の径	d	(mm)	204.00
必要厚さ	t	(mm)	22.11
呼び厚さ	t_{po}	(mm)	29.00
最小厚さ	t_p	(mm)	
評価： $t_p \geq t$, よって十分である。			

2.3 容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 窒素出入口		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D _o	(mm)	60.50
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.47
必要厚さ	t ₃	(mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.47
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(2) ドレン		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D _o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.22
必要厚さ	t ₃	(mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.22
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

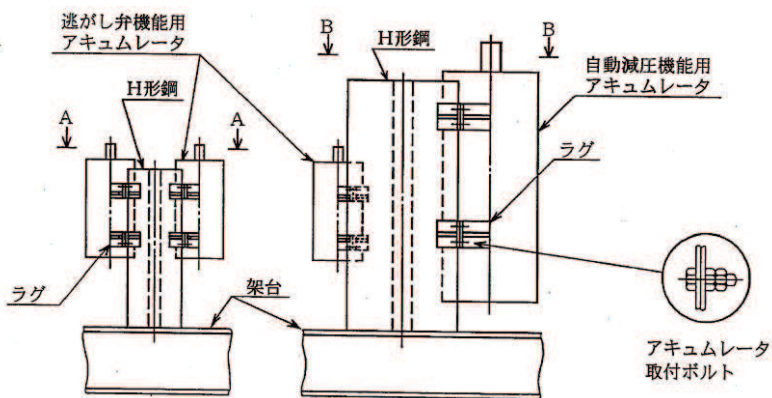
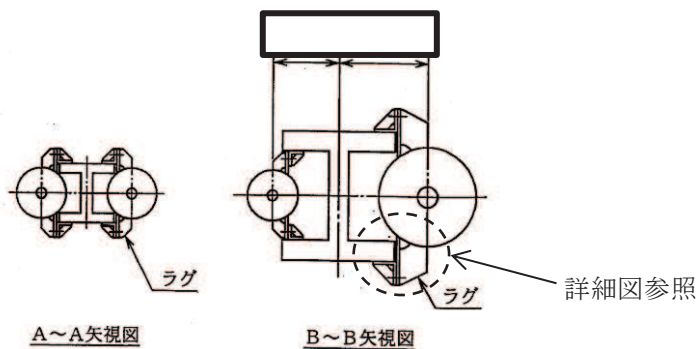
3. 支持構造物の強度計算書

(1) 一次せん断応力

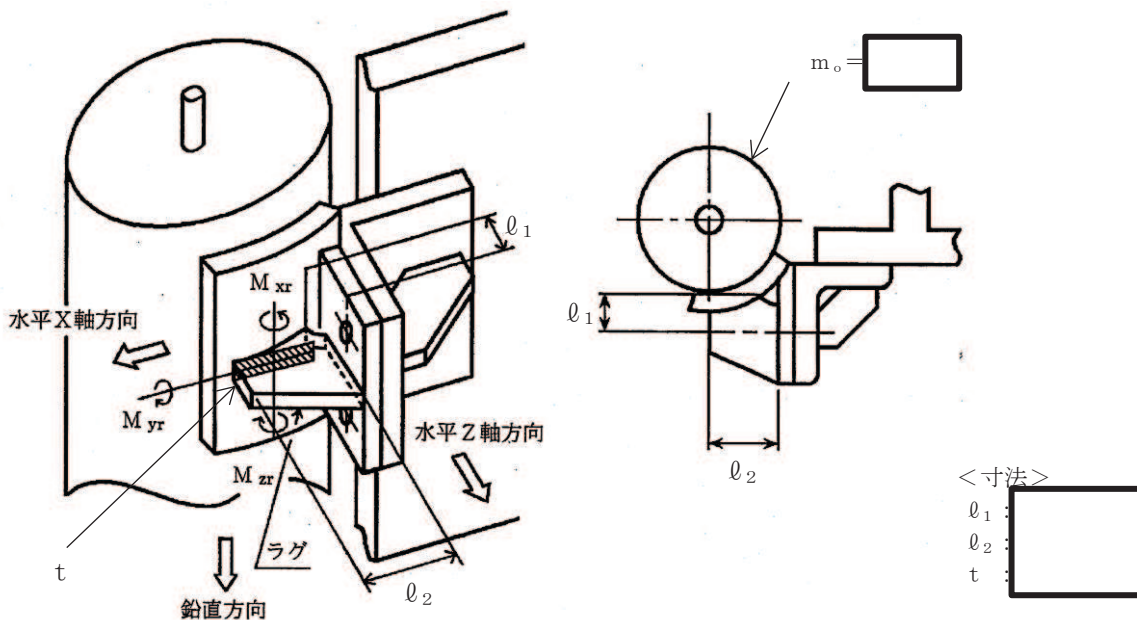
種類	ラグ本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	せん断荷重 F_s (N)	せん断断面積 A_s (mm ²)	一次せん断応力 τ (MPa)	許容せん断応力 f_s (MPa)	評価
たて置 円筒形容器	4	SUS304	171	203	1.716×10^3	2.520×10^2	1	78	算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。

(2) 一次曲げ応力評価

種類	ラグ本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)	一次曲げ応力 σ_b (MPa)	許容曲げ応力 f_b (MPa)	評価
たて置 円筒形容器	4	SUS304	171	203	8581	3.780×10^2	23	135	算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。



側面図及び平面図



詳細図

【主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ 支持構造物の強度計算説明図】

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-3-3-2-1-2

主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」、「VI-3-2-8 重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」及び「VI-3-2-12 重大事故等クラス 2 支持構造物（容器）の強度計算方法」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「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

• 評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (℃)	SA 条件 圧力 (MPa)						SA 条件 温度 (℃)
主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用アキユムレータ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	-	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	-	SA-2

目次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の平板の厚さの計算	3
2.3 容器の管台の厚さの計算	5
3. 支持構造物の強度計算書	7

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

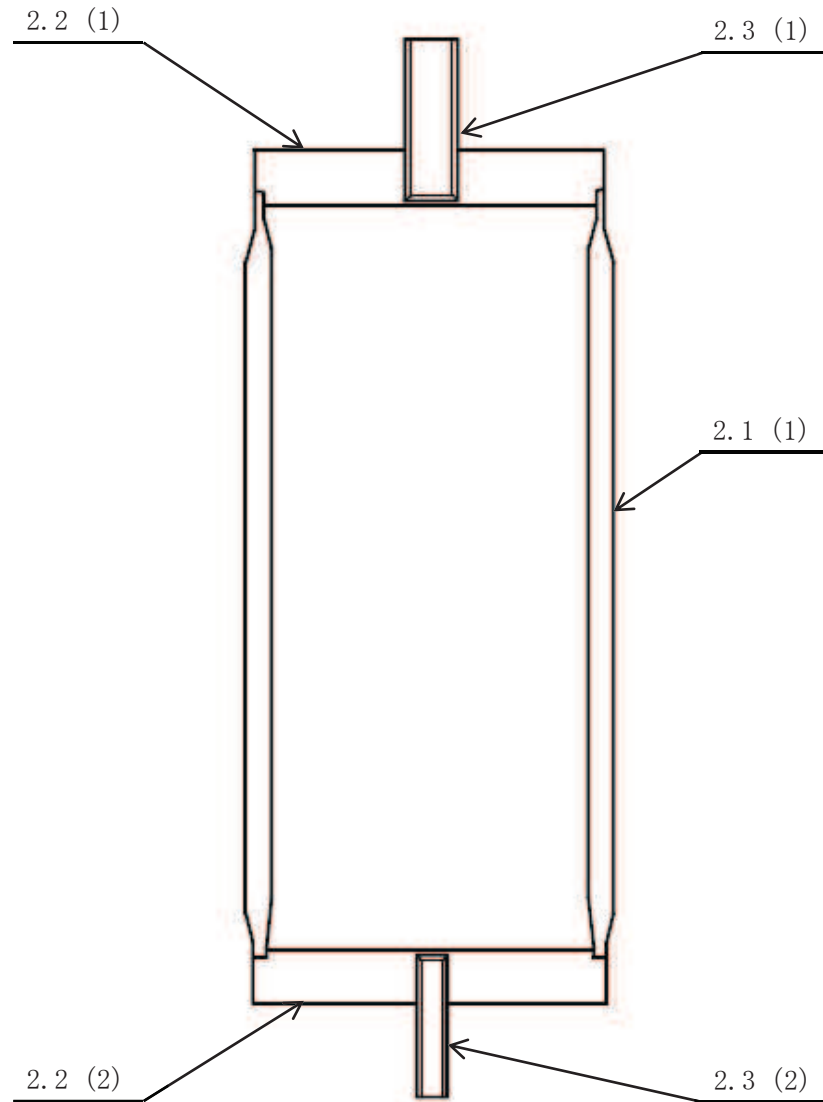


図 1-1 概要図

図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	1.77
最高使用温度 (°C)	171

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(1) 胴板
材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度			171
胴の内径	D_i	(mm)	450.00
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		0.60
継手の種類	裏当金を使用しない突合せ片側溶接		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	5.97
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	5.97
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

2.2 容器の平板の厚さの計算

(1) 告示第501号第34条第1項及び第2項

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1) 平板		
平板の取付け方法	(i)		
平板の穴の有無			
溶接部の寸法	t_i	(mm)	50.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.56
胴又は管の最小厚さ	t_s	(mm)	
$2 \cdot t_{sr}$		(mm)	7.12
$1.25 \cdot t_s$		(mm)	
平板の径	d	(mm)	453.00
穴の径	d_h	(mm)	
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$, $d_h \leq d/2$, よって十分である。			

(2) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称	(1) 平板		
材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
許容引張応力	S	(MPa)	113
取付け方法による係数	K		0.375
平板の径	d	(mm)	453.00
必要厚さ	t	(mm)	49.10
呼び厚さ	t_{po}	(mm)	56.00
最小厚さ	t_p	(mm)	
評価： $t_p \geq t$, よって十分である。			

(1) 告示第501号第34条第1項及び第2項
取付け方法及び穴の有無

平板名称			(2) 平板
平板の取付け方法			(i)
平板の穴の有無			<input type="checkbox"/>
溶接部の寸法	t_i	(mm)	50.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.56
胴又は管の最小厚さ	t_s	(mm)	<input type="checkbox"/>
$2 \cdot t_{sr}$		(mm)	7.12
$1.25 \cdot t_s$		(mm)	<input type="checkbox"/>
平板の径	d	(mm)	453.00
穴の径	d_h	(mm)	<input type="checkbox"/>
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$, $d_h \leq d/2$, よって十分である。			

(2) 告示第501号第34条第2項
平板の厚さ

平板名称			(2) 平板
材料			SUS304
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
許容引張応力	S	(MPa)	113
取付け方法による係数	K		0.375
平板の径	d	(mm)	453.00
必要厚さ	t	(mm)	49.10
呼び厚さ	t_{po}	(mm)	56.00
最小厚さ	t_p	(mm)	<input type="checkbox"/>
評価： $t_p \geq t$, よって十分である。			

2.3 容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 窒素出入口		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D _o	(mm)	60.50
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.47
必要厚さ	t ₃	(mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.47
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(2) ドレン		
材料	SUS304TP		
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D _o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	無し		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.22
必要厚さ	t ₃	(mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.22
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t, よって十分である。			

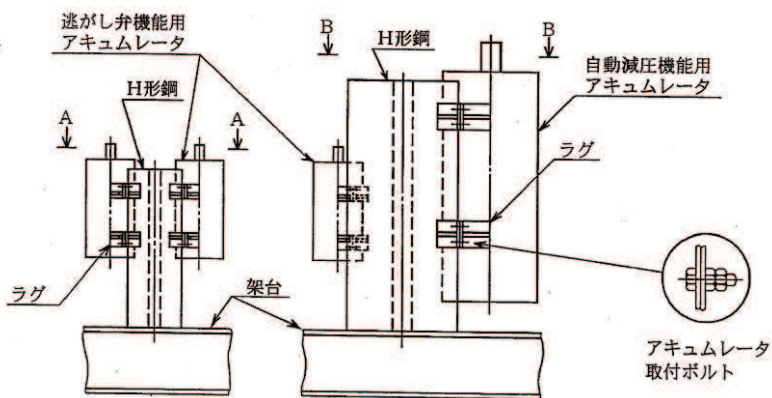
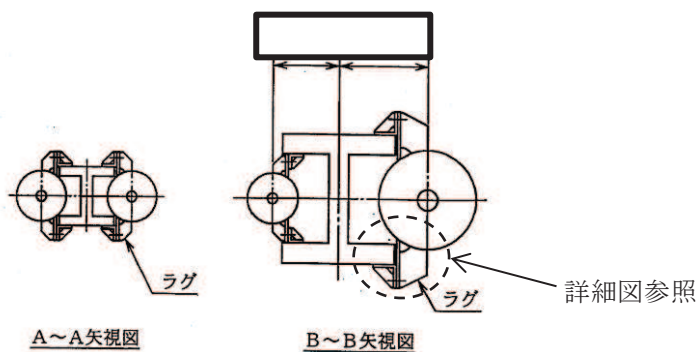
3. 支持構造物の強度計算書

(1) 一次せん断応力

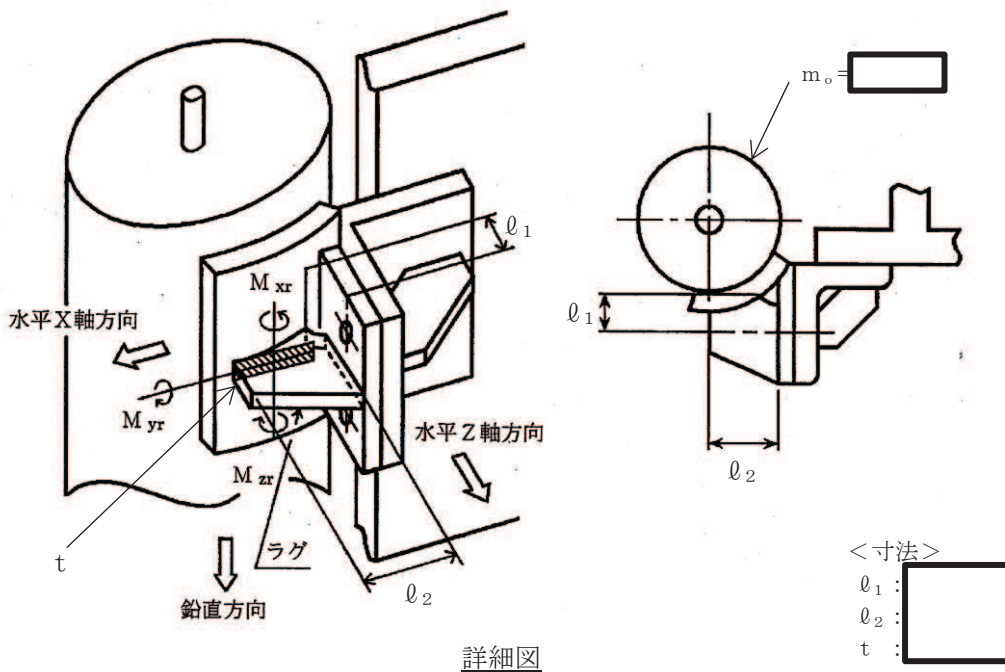
種類	ラグ本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	せん断荷重 F_s (N)	せん断断面積 A_s (mm ²)	一次せん断応力 τ (MPa)	許容せん断応力 f_s (MPa)	評価
たて置 円筒形容器	4	SUS304	171	203	9.316×10^2	7.787×10^2	2	78	算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。

(2) 一次曲げ応力評価

種類	ラグ本数	材料	最高使用温度 (°C)	F 値 (MPa)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)	一次曲げ応力 σ_b (MPa)	許容曲げ応力 f_b (MPa)	評価
たて置 円筒形容器	4	SUS304	171	203	5.869×10^4	1557	38	135	算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。



側面図及び平面図



【主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ 支持構造物の強度計算説明図】

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-3-3-2-1-3 管の強度計算書（主蒸気系）

目 次

VI-3-3-3-2-1-3-1 管の基本板厚計算書（主蒸気系）

VI-3-3-3-2-1-3-2 管の応力計算書（主蒸気系）

VI-3-3-3-2-1-3-1 管の基本板厚計算書（主蒸気系）

1. 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
C1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	—	S55告示 又は告示	—	SA-2
E1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.77	171	—	—	—	SA-2

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
E2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E8	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E9	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E10	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2
E11	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	S55告示	設計・建設規格又 は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
E12	既設	有	有	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2	
E13	新設	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.77	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2	
E14	新設	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.77	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2	
E15	既設	有	有	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2	
E16	新設	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.77	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2	
E17	既設	有	有	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2	
その他 T1	既設	有	無	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	10.34	315	有*	S55告示	既工認	—	SA-2	
その他 T2	既設	有	無	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	10.34	315	有*	S55告示	既工認	—	SA-2	
その他 T3	既設	有	無	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	10.34	315	有*	S55告示	既工認	—	SA-2	

* : 既工認において評価を実施しており、かつ評価で使用する圧力及び温度は設計基準対象施設としての使用時における最高使用圧力及び最高使用温度であり評価条件に変更はないことから、評価結果については平成4年1月13日付け 第5回 3資庁第10518号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-3-2-1-1-1 管の基本厚計算書」による。

・適用規格の選定

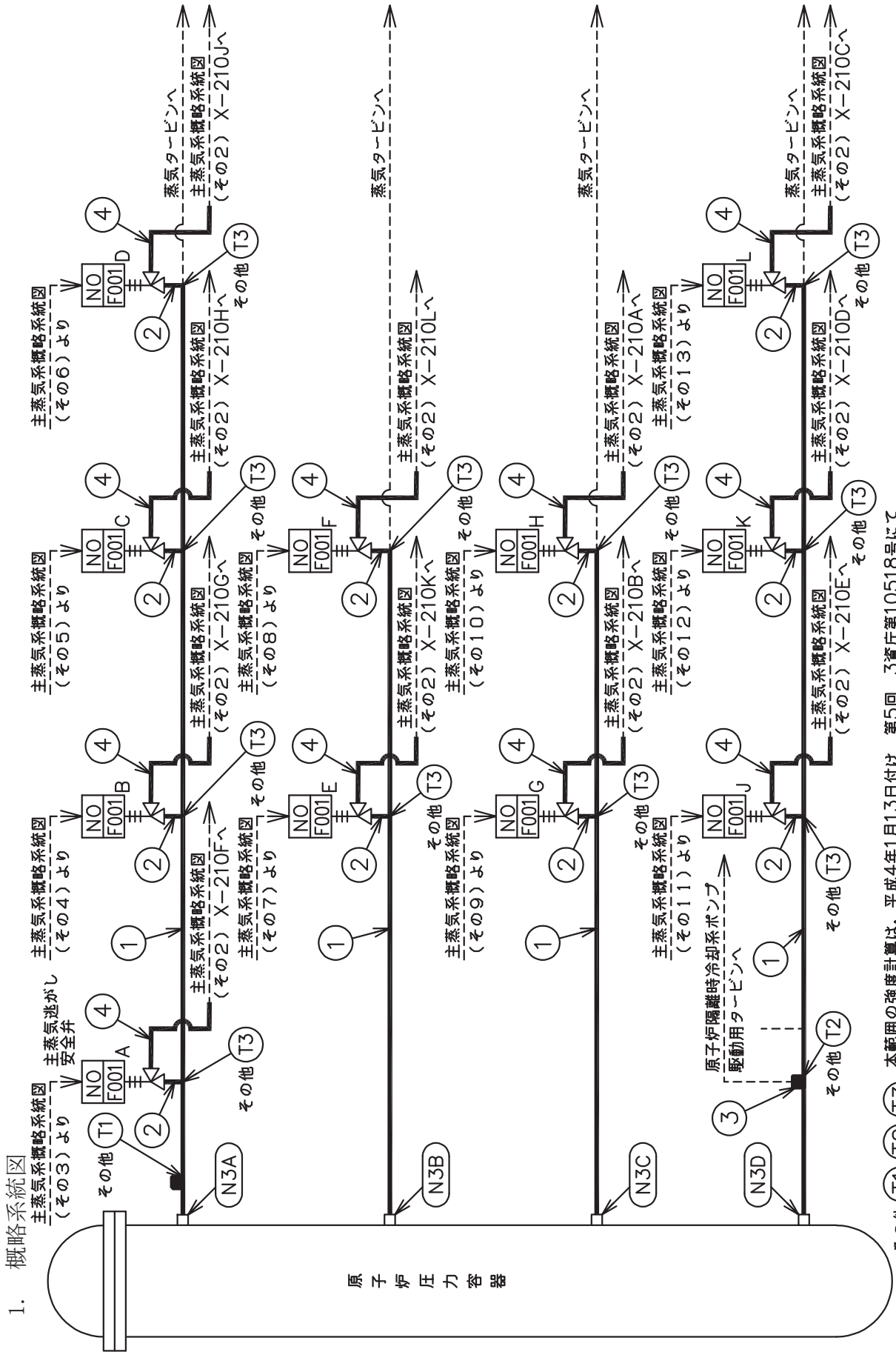
管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号
3	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号
4	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号
6	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
C1	鏡板の強度計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号

・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
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E2	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E3	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E4	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E5	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E6	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E7	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E8	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E9	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E10	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E11	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E12	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E13	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E14	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E15	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E16	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E17	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

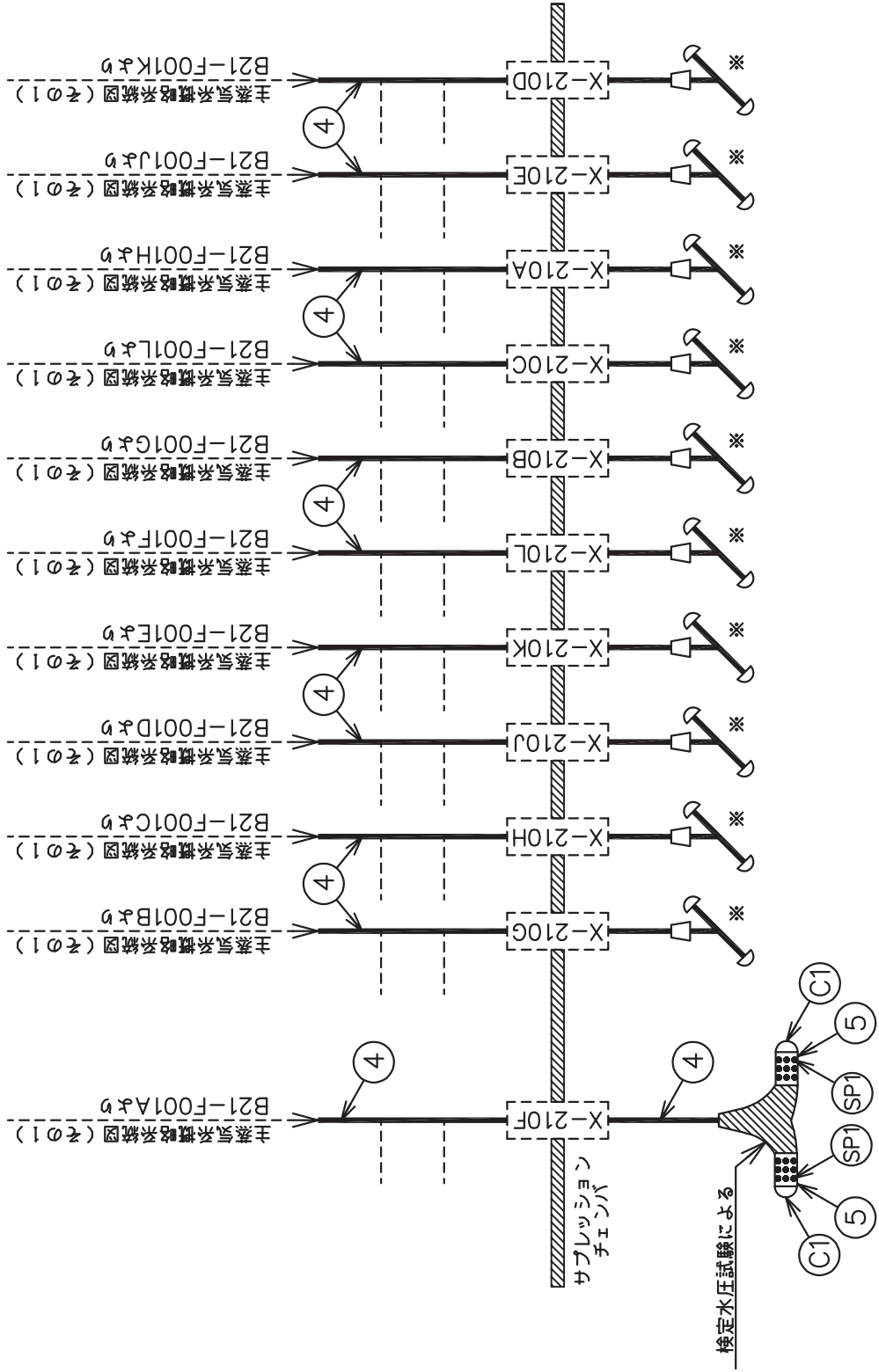
目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	14
3. 鏡板の強度計算書	18
4. 管の穴と補強計算書	19
5. 伸縮継手の強度計算書	22



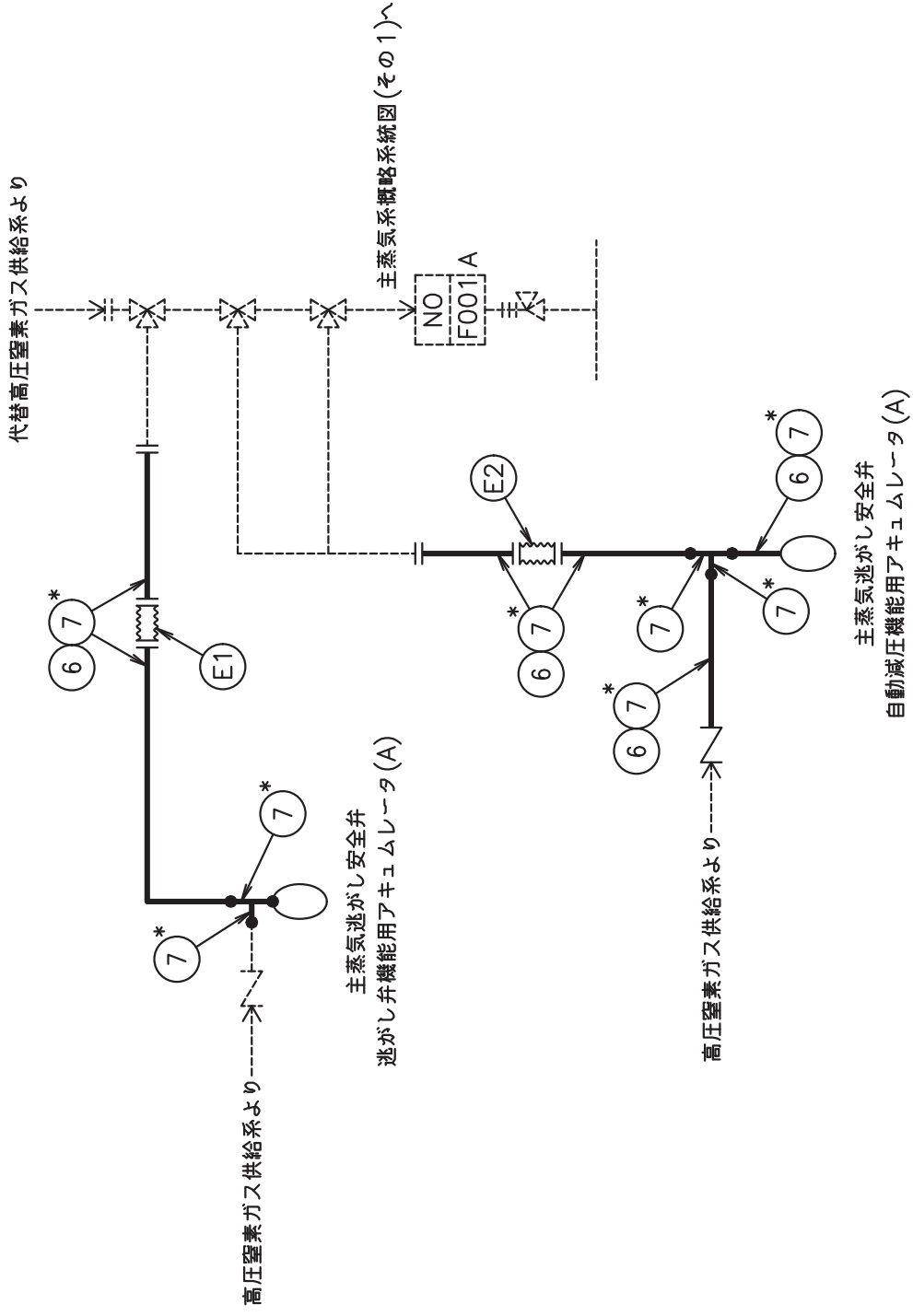
本範囲の強度計算は、平成4年1月13日付け 第5回 3資庁第10518号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-3-2-1-1-1 管の基本板厚計算書」による。

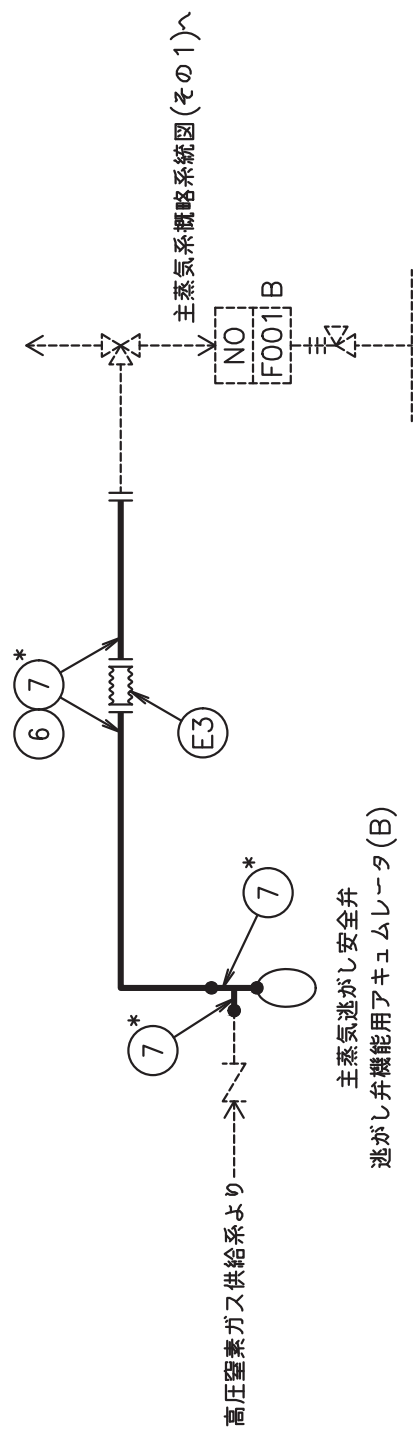
主蒸気系統概略系統図 (その1)



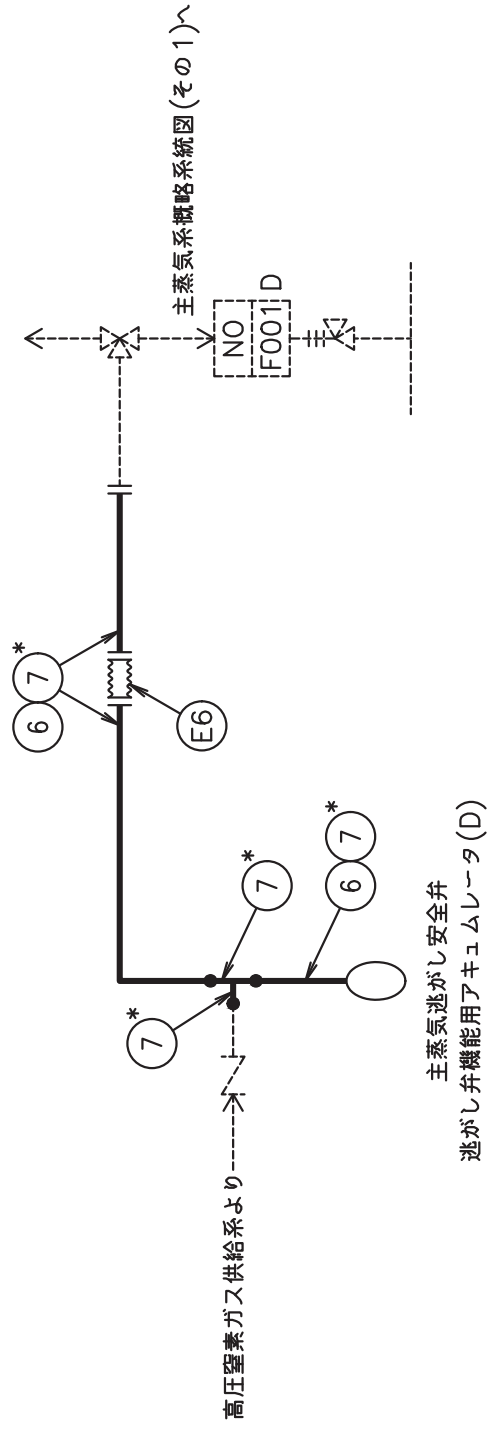
※詳細

主蒸気系概略系統図 (その2)

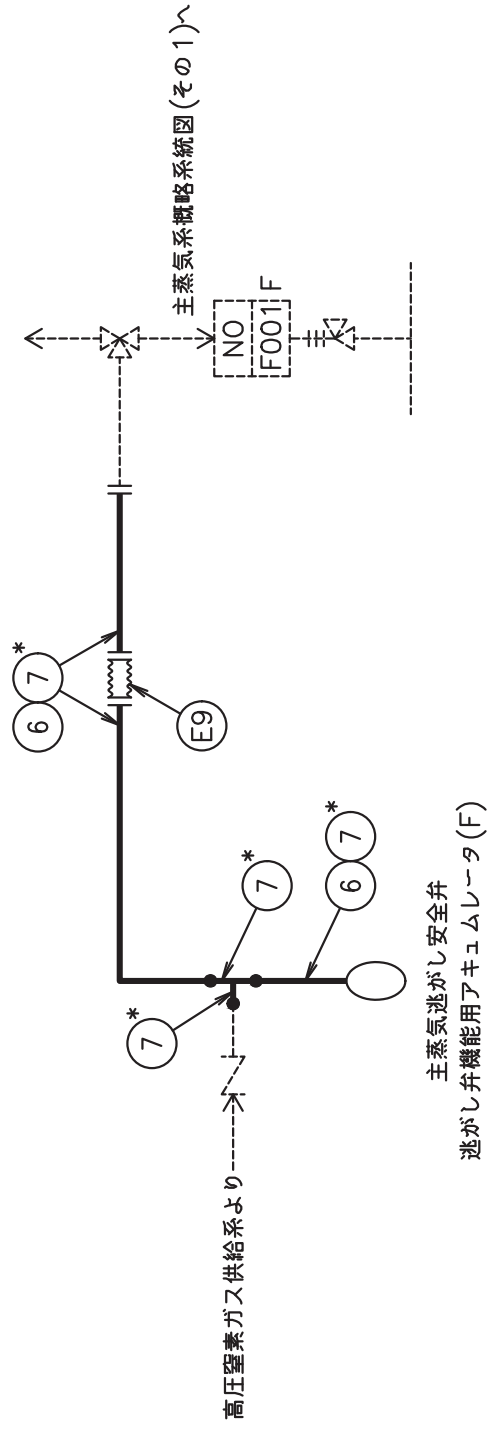




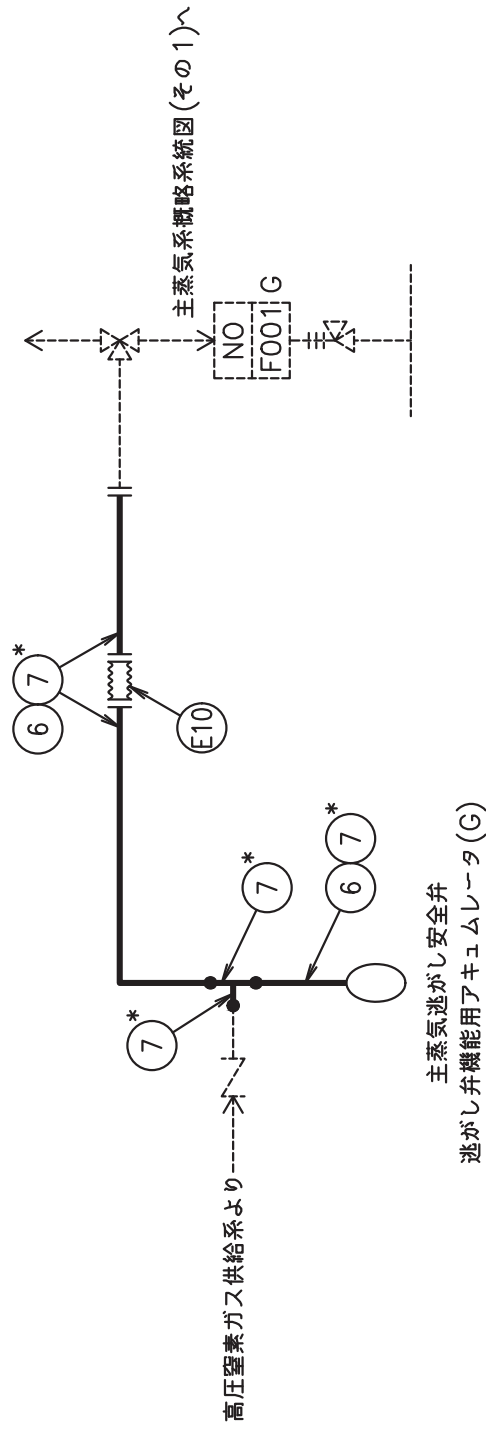
注記*：管継手
主蒸気系概略系統図 (その4)



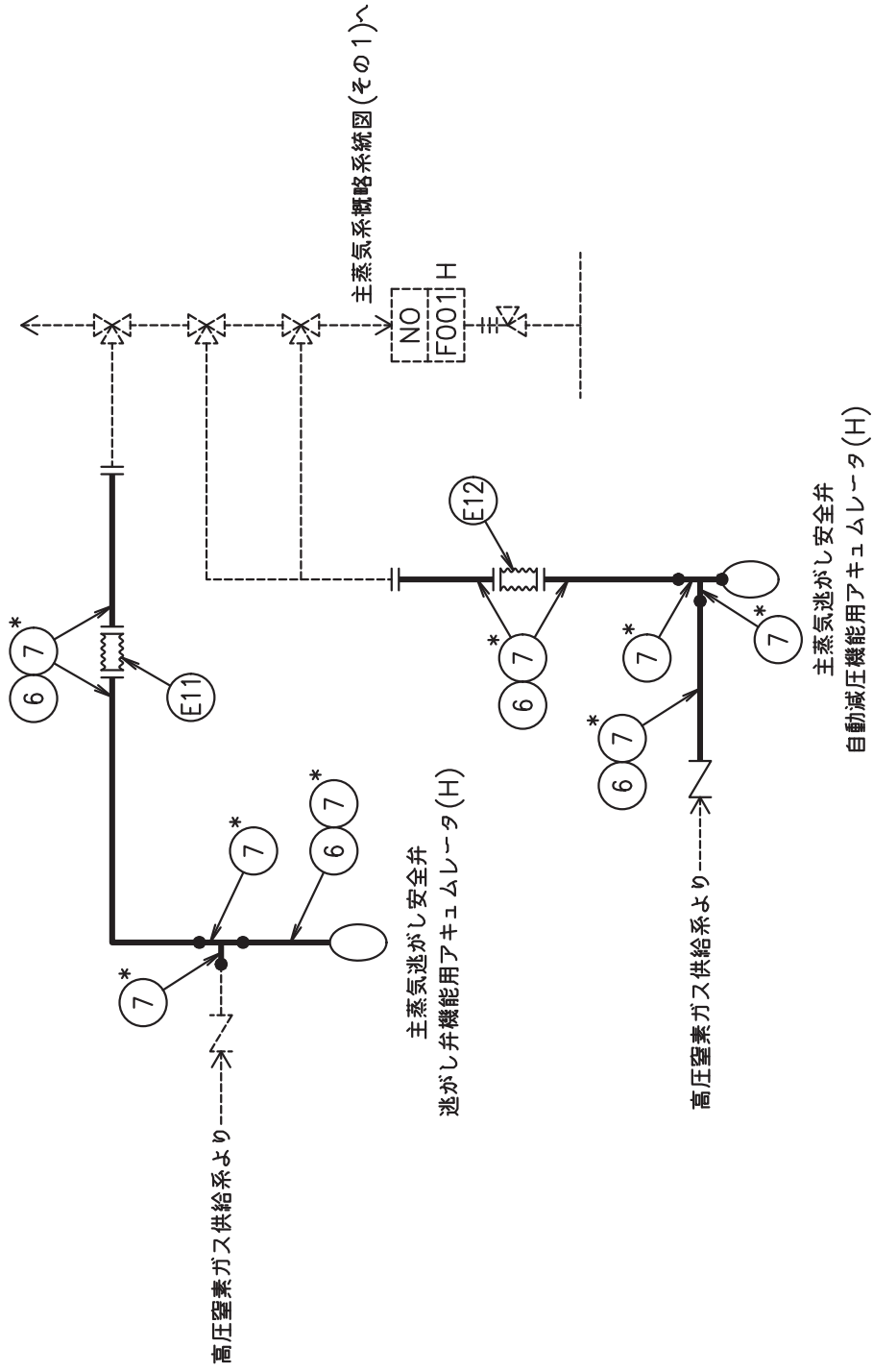
注記 * : 管継手
主蒸気系概略系統図 (その6)



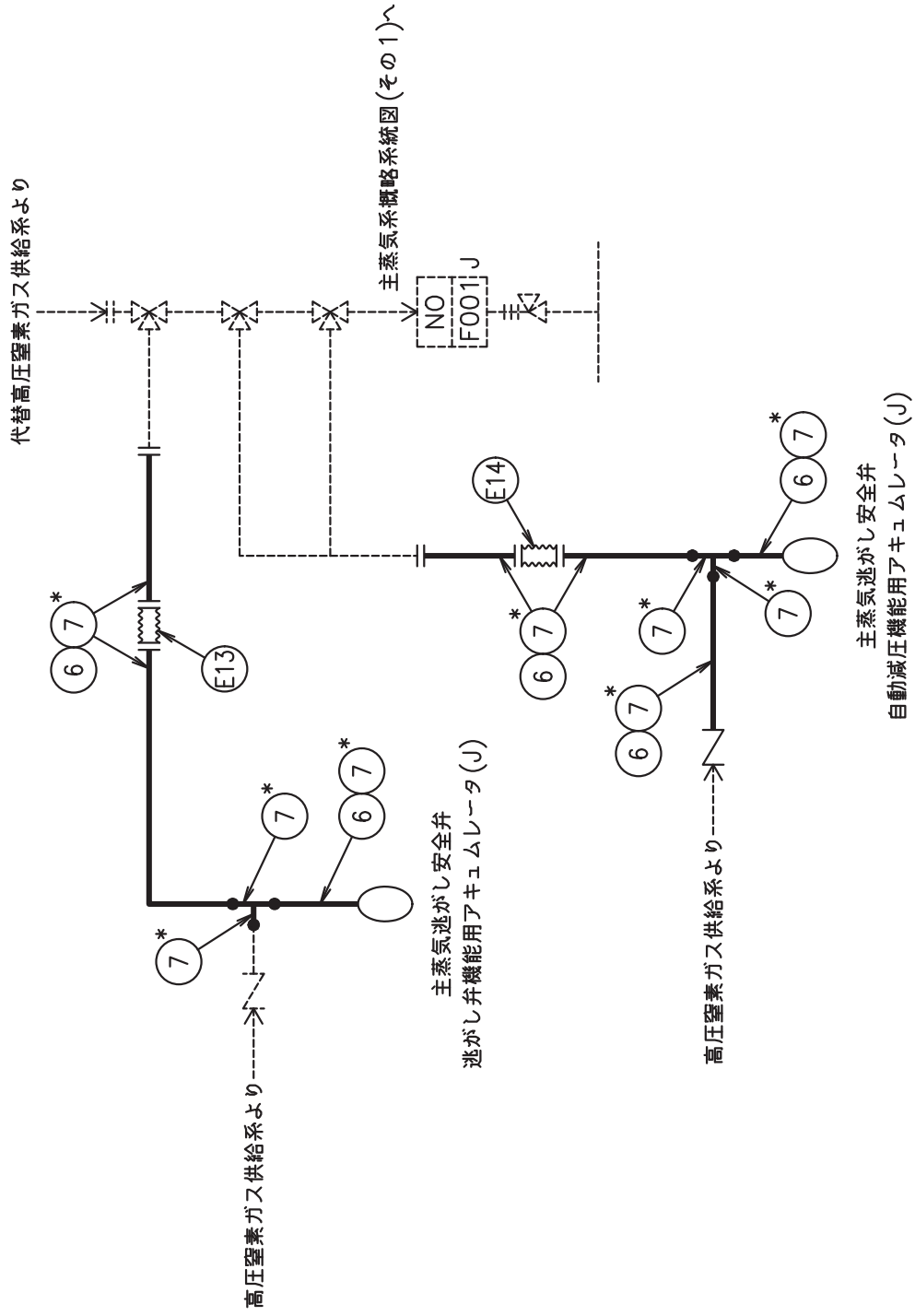
注記 * : 管継手
主蒸気系概略系統図 (その8)



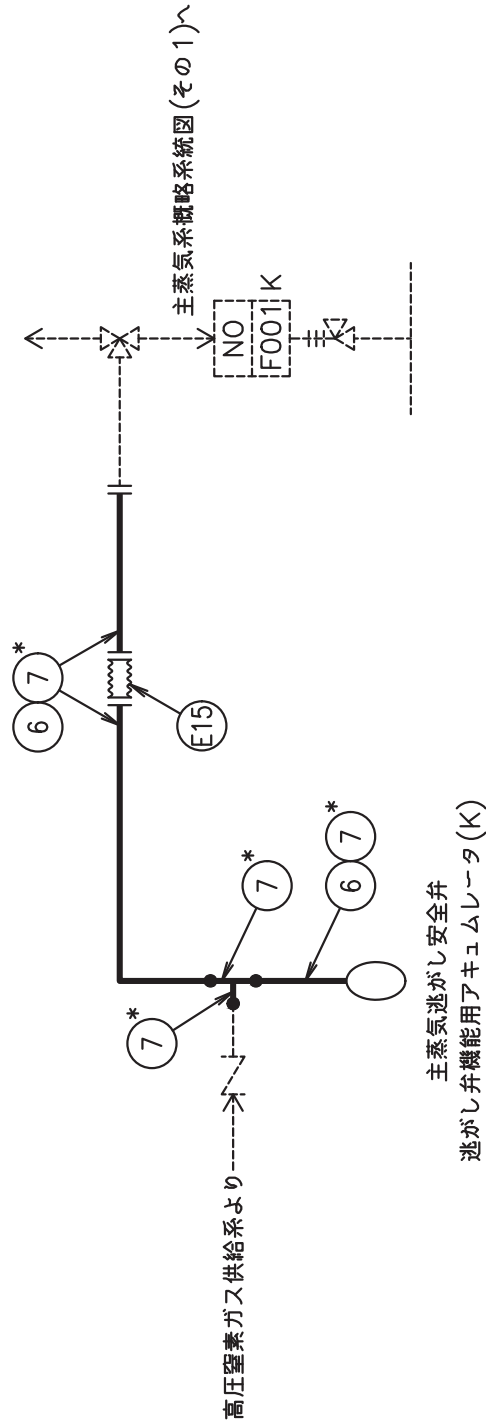
注記*: 管継手
主蒸気系概略系統図(その9)



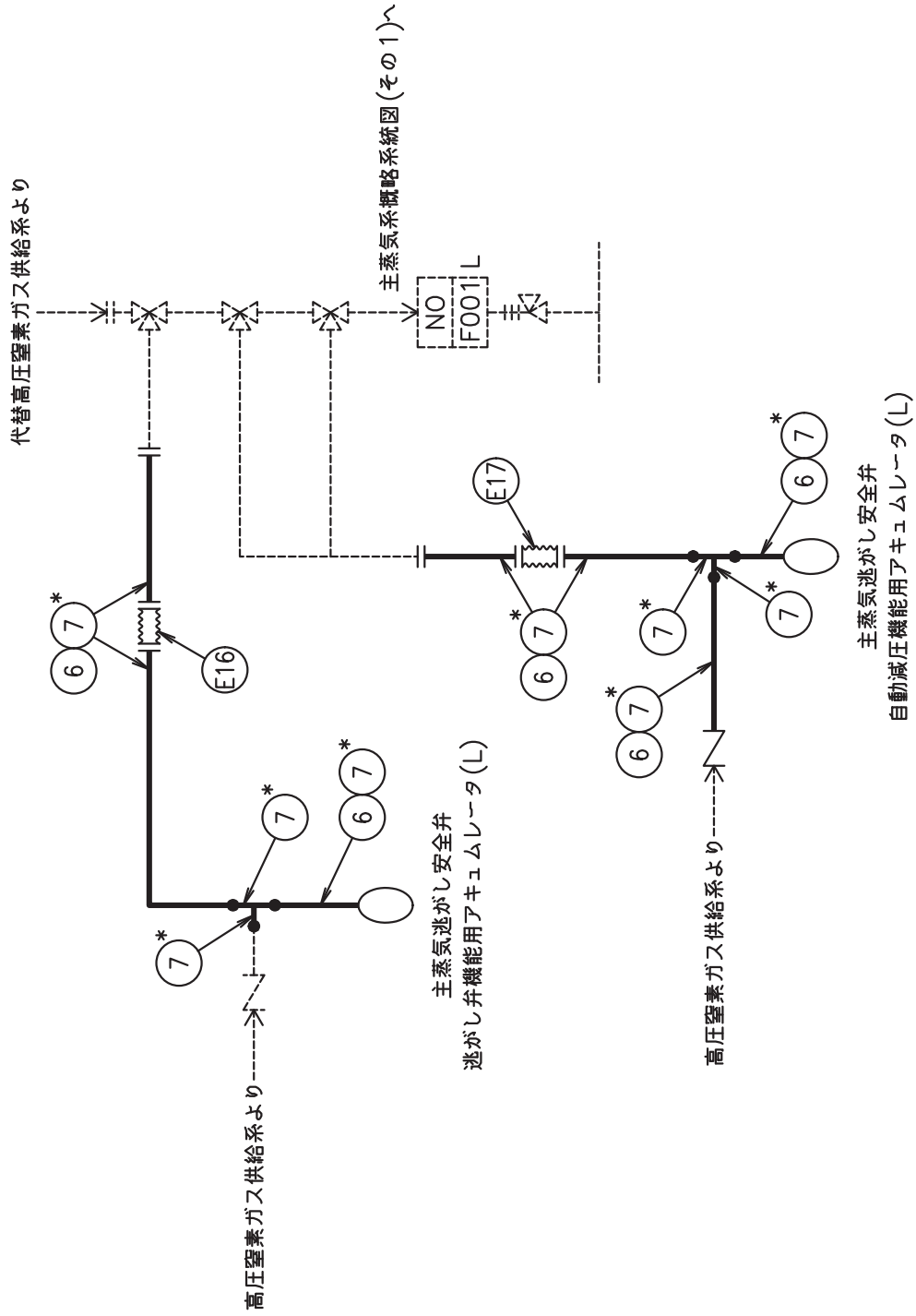
注記*: 管継手
主蒸気系概略系統図(その10)



注記*: 管継手
主蒸気系概略系統図(その1)



注記 * : 管継手
主蒸気系概略系統図 (その12)



注記*: 管継手
主蒸気系概略系統図(その13)

2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2 管)
設計・建設規格 PPB-3411 及び PPB-3561 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 _m (MPa)	Q	t _s (mm)	t* (mm)	算 式	t _r (mm)	事故時圧力 P _E (MPa)	許容圧力 P _{aE} (MPa)
1	8.62	302	609.60	31.00	STS49 (STS480)	S	1	138	12.5%	27.12	18.58	A	18.58	10.34	17.24

* : 最高使用圧力Pにより計算した必要厚さ。

評価 : $t_s \geq t_r$, $P_E \leq P_{aE}$, 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)
 告示第501号第49条第1項及び第4項第2号 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 _m (MPa)	Q	t _s (mm)	t* (mm)	算 式	t _r (mm)	事故時圧力 P _E (MPa)	許容圧力 P _{aE} (MPa)
2	8.62	302	228.60	33.00	SFVC2B	S	1	122	12.5%	28.87	7.86	A	7.86	10.34	17.24
3	8.62	302	114.30	11.10	SFVC2B	S	1	122	12.5%	9.71	3.93	A	3.93	10.34	17.24

* : 最高使用圧力Pにより計算した必要厚さ。

評価 : $t_s \geq t_r$, $P_E \leq P_{aE}$, 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 (°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)
4	4.71	262	267.40	15.10	STS42 STS410	S	2	103	1.00	12.5%	13.21	6.01	A	6.01
6	1.77	171	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	113	1.00	0.50mm	3.40	0.47	A	0.47
7	1.77	171	60.50	6.10	SUS304	S	2	113	1.00			0.47	A	0.47

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)
 告示第501号第58条第1項 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _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)
5	4.71	262	323.90	17.50	SCS16A	S	2	89	1.00			8.40	A	8.40

評価：t_s ≥ t_r, よって十分である。

3. 鏡板の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

告示第501号第58条第2項 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	形式	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	S (MPa)	R (mm)	r (mm)	D (mm)	2・h (mm)	K	η	Q	t _c (mm)	算 式	t (mm)
C1	4.71	262	半だ円形	323.90	17.50	SCS16A	89	—	—	—	—	1.00	1.00	[Redacted]	[Redacted]	C	7.72
			フランジ部	323.90	17.50	SCS16A	89	—	—	—	—	—	—				1.00	D	8.40

評価：t_c ≥ t，よって十分である。

4. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

NO. SP1

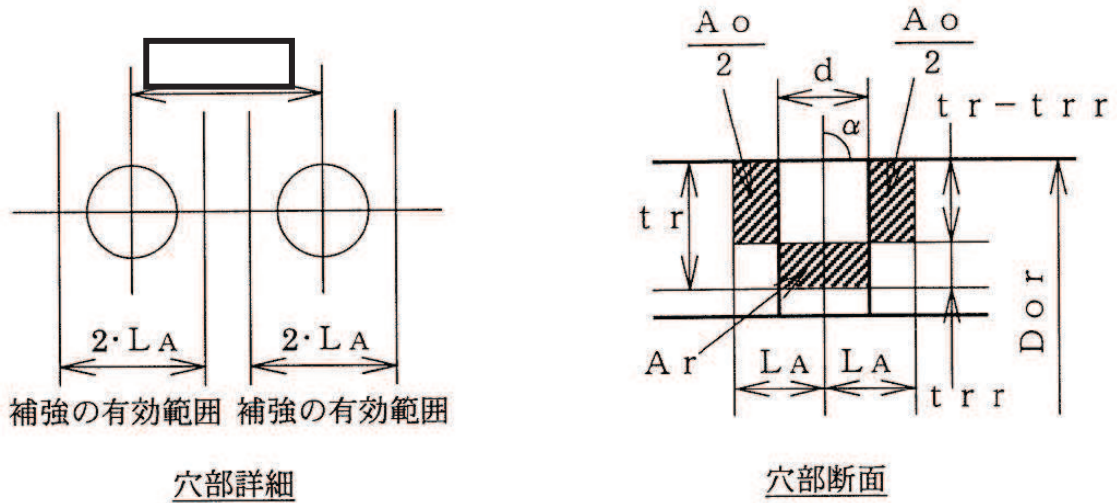


図 4-1 穴部詳細及び穴部断面

(1) 告示第501号第60条第2項第1号により，穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ： t_{rr}

$$\begin{aligned}
 t_{rr} &= \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \\
 &= \frac{4.71 \times 323.90}{2 \times 89 \times 1.00 + 0.8 \times 4.71} \\
 &= 8.40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ここで

P	: 最高使用圧力（内圧）	4.71	(MPa)
	最高使用温度	262	(°C)
D_{or}	: 主管の外径	323.90	(mm)
S_r	: 主管の材料の許容引張応力	89	(MPa)
	主管材料	SCS16A	
η	: 長手継手の効率	1.00	

b. 穴の補強に必要な面積： A_r

$$\begin{aligned}
 A_r &= 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha) \\
 &= 1.07 \times \boxed{} \times 8.392945953 \times (2 - \sin \boxed{}) \\
 &= 90.70 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで

d : 断面に現われる穴の径 $\boxed{}$ (mm)

α : 分岐間の中心線と主管の中心線との交角 $\boxed{}^\circ$

c. 穴の補強に有効な面積の総和： A_0

$$\begin{aligned}
 A_0 &= (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \\
 &= (1.00 \times \boxed{} - 1.00 \times 8.392945953) \times (2 \times \boxed{} - \boxed{}) \\
 &= 287.5 \text{ (mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで

t_{ro} : 主管の公称厚さ 17.50 (mm)

Q_r : 主管の厚さの負の許容差 $\boxed{}$ (mm)

t_r : 主管の最小厚さ $\boxed{}$ (mm)

$$t_r = t_{ro} - Q_r$$

F : 告示第501号第60条第2項第1号ロ(イ)の図により求めた値
1.00

L_A : 補強に有効な範囲 (次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値)

$$\begin{aligned}
 L_A &= d = \boxed{} \text{ mm} \\
 L_A &= d / 2 + t_r + t_b = \boxed{} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

よって $L_A = \boxed{}$ (mm)

d. 評価

$A_0 > A_r$, よって穴の補強は十分である。

(2) 告示第501号第60条第2項第4号により、大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径： d_{frD}

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{323.90 - 2 \times 16.90}{2} \\ &= 145.05 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b. 評価

$d \leq d_{frD}$ ，よって大穴の補強計算は必要ない。
以上より十分である。

5. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3416 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	材	料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	N_r $\times 10^3$	U
E1	1.77	171	SUS304		184300	1.00					1	A	1101	3.18	0.50	0.1571
E2	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1350	1.55	0.50	0.3207
E3	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1053	3.72	0.50	0.1344
E4	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1398	1.37	0.50	0.3624
E5	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1398	1.37	0.50	0.3624
E6	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1046	3.80	0.50	0.1313
E7	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1220	2.22	0.50	0.2250
E8	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	1220	2.22	0.50	0.2250
E9	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	970	4.95	0.50	0.1009

評価：U ≤ 1, よって十分である。

注1：E1の外径は、 mm。

注2：E2～E9の外径は、 mm。

伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス2管）
設計・建設規格 PPC-3416 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	材	料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	N_r $\times 10^3$	U	
E10	1.77	171	SUS304		184300	0.40					1	A	985	4.70	0.50	0.1064	
E11	1.77	171	SUS304		184300	0.40						1	A	1000	4.45	0.50	0.1122
E12	1.77	171	SUS304		184300	0.40						1	A	1000	4.45	0.50	0.1122
E13	1.77	171	SUS304		184300	1.00						1	A	1082	3.38	0.50	0.1478
E14	1.77	171	SUS304		184300	1.00						1	A	1517	1.03	0.50	0.4823
E15	1.77	171	SUS304		184300	0.40						1	A	1053	3.72	0.50	0.1344
E16	1.77	171	SUS304		184300	1.00						1	A	1186	2.45	0.50	0.2038
E17	1.77	171	SUS304		184300	0.40						1	A	1322	1.67	0.50	0.2980

評価：U ≤ 1, よって十分である。

注1：E10, E11, E12, E15, E17 の外径は, mm。

注2：E13, E14, E16 の外径は, mm。

2. 主蒸気逃がし安全弁排気管Tークエンチャラムズヘッドの強度計算書

目次

1.	概要.....	1
2.	測定方法及び測定条件.....	1
3.	測定箇所.....	1
4.	測定器.....	3
5.	試験結果のまとめ.....	3
	(1) 主ひずみの算出.....	3
	(2) 主応力の算出.....	3
	(3) 検定圧力の算出.....	4
6.	測定圧力.....	5
	(1) 検定水圧試験（浜岡第3号機の試験結果）.....	5
	(2) 検定水圧試験（試験結果に基づく線形外挿結果）.....	5
7.	判定基準.....	5
	(1) 判定基準（設計基準対象施設）.....	5
	(2) 判定基準（重大事故等対処設備）.....	5
8.	設計仕様の比較.....	6
9.	Tークエンチャラムズヘッド検定水圧試験結果.....	6
	(1) 測定結果（設計基準対象施設）.....	6
	(2) 計算結果（重大事故等対処設備）.....	6
	(3) 検定圧力の算出.....	7
	(4) 結果.....	7
10.	まとめ.....	9
	(添付第1図)	
	Tークエンチャラムズヘッド測定箇所図.....	10
	(添付第2図)	
	Tークエンチャラムズヘッド形状・寸法図.....	11

参考 主蒸気逃がし安全弁排気管Tークエンチャラムズヘッドの強度計算について

1. 概要

主蒸気逃がし安全弁排気管Tークエンチャラムズヘッドは、発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年通産省告示第501号）に定める第4種管の構造の規格第64条の規定に基づき、準用する第55条ただし書きの規定により検定水圧試験を実施している。

なお、本検定水圧試験は、女川第2号機と同一設計である浜岡第3号機において既に実施されており、本計算書ではその試験方法、判定基準、試験結果及び重大事故等対処設備としての強度評価について示すものである。

女川第2号機は、既に実施された試験の結果をもって検定水圧試験にかえるものとする。

また、既工認（平成4年1月13日付け 第5回 3資庁第10518号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-4-3 主蒸気逃がし安全弁排気管Tークエンチャラムズヘッドの強度計算書」）の結果を用いることから、既工認の結果は当時の記載単位を併記する。

2. 測定方法及び測定条件

- (1) あらかじめ最も弱いと推定した箇所に選定した数個の点に抵抗線ひずみ計を張りつける。
- (2) 測定方法は三軸直角型抵抗線ひずみ計を用い、アクティブダミー法で測定を行う。
- (3) 測定条件は下記とする。
 - イ. 加圧水（水圧）：3.80 MPa（最高使用圧力 3.80 MPa（38.7 kg/cm²））
 - ロ. 温度 ：常温
- (4) 測定するひずみの値はデジタルプリンタにて記録する。

3. 測定箇所

添付第1図に測定箇所を、表3-1に測定箇所の選定理由を示す。

表 3-1 測定箇所を選定理由

測定箇所	選 定 理 由	備 考
A	ボトム部で最も弱いと推定される点	外 面
B	ボトム部に近い点で補強ガセットのつけ根部	外 面
C	ボトム部に近い点で補強ガセットのつけ根部 のレジューサ側の点	外 面
D	ラムズヘッド部のほぼ中央の点	外 面
E	エルボの側面部のほぼ中央の点	外 面
F	エルボの小半径部のほぼ中央の点	外 面
G	レジューサのほぼ中央の点	外 面
a	ボトム部で最も弱いと推定される点	内 面
b	ボトム部に近い点で補強ガセットのつけ根部	内 面
c	ボトム部に近い点で補強ガセットのつけ根部 のレジューサ側の点	内 面
d	ラムズヘッド部のほぼ中央の点	内 面
g	レジューサのほぼ中央の点	内 面

4. 測定器

デジタルストレインインディケータ
 スイッチボックス
 ストレインゲージ

5. 試験結果のまとめ

(1) 主ひずみの算出

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2}(\varepsilon_a + \varepsilon_c) + \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{2}(\varepsilon_a + \varepsilon_c) - \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2}$$

ここに $\varepsilon_1, \varepsilon_2$: 主ひずみ
 $\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_c$: 測定した a, b, c 方向のひずみの読み
 但し a, c 方向が直交するものとする。

(2) 主応力の算出

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2) \quad (\text{MPa (kg/mm}^2))$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_2 + \nu\varepsilon_1) \quad (\text{MPa (kg/mm}^2))$$

ここに σ_1 : 主ひずみ ε_1 方向の主応力
 σ_2 : 主ひずみ ε_2 方向の主応力
 ν : ポアソン比=0.3
 E : 縦弾性係数=1.95×10⁵ (MPa)
 (縦弾性係数=1.99×10⁴ (kg/mm²))
 (使用材料 : SCS16A)

(3) 検定圧力の算出

告示501号第55条第1項第2号により検定圧力を計算するものとする。

a. 設計基準対象施設

$$P = \frac{P_0 \cdot S}{\sigma_0}$$

P : 検定圧力 (MPa (kg/cm²))

P_0 : 予定する最高使用圧力に相当する圧力 (MPa (kg/cm²))

σ_0 : 上の方法でひずみを応力に換算して求めた値のうち絶対値が最大の応力 (MPa (kg/mm²))

S : 使用温度における材料の許容引張応力 (MPa (kg/mm²))

$$P_0 = 3.80 \text{ MPa (38.7 kg/cm}^2\text{)}$$

$$S = 89.2 \text{ MPa (9.1 kg/mm}^2\text{)} \text{ (告示501号別表第6備考3の(ロ)による。)}$$

b. 重大事故等対処設備

$$P = \frac{P_E \cdot S_E}{\sigma_E}$$

P : 検定圧力 (MPa)

P_E : 重大事故等時の使用圧力に相当する圧力 (MPa)

σ_E : 上の方法でひずみを応力に換算して求めた値のうち絶対値が最大の応力 (MPa)

S_E : 使用温度における材料の許容引張応力 (MPa)

$$P_E = 4.71 \text{ MPa}$$

$$S_E = 89.2 \text{ MPa (告示501号別表第6備考3の(ロ)による。)}$$

6. 測定圧力

(1) 検定水圧試験（浜岡第3号機の試験結果）

測定圧力は表6-1に示す0.00 MPa（0.0kg/cm²）から3.80 MPa（38.7kg/cm²）まで。

(2) 検定水圧試験（試験結果に基づく線形外挿結果）

算出圧力は表6-1に示す3.92 MPaから4.71 MPaまで。

表 6-1 測定圧力及び算出圧力

圧力 (MPa)	0.0	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45	2.94	3.43	3.80
圧力 (kg/cm ²)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	38.7
備考									

（表 6-1 続き）

圧力 (MPa)	3.92	4.41	4.71
圧力 (kg/cm ²)	40.0	45.0	48.0
備考			SA 時 条件

7. 判定基準

(1) 判定基準（設計基準対象施設）

最高使用圧力（3.80 MPa（38.7 kg/cm²））が検定圧力以下であること。

(2) 判定基準（重大事故等対処設備）

重大事故等時の使用時の圧力（4.71 MPa）が検定圧力以下であること。

8. 設計仕様の比較

女川第2号機及び浜岡第3号機のTークエンチャラムズヘッドの仕様を表8-1に示す。また、女川第2号機の重大事故等時の使用時の圧力及び温度を表8-2に示す。

表 8-1 設計仕様の比較

設計仕様 プラント名称	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材 料	製 法
女川第2号機	3.80 (38.7 kg/cm ²)	249	267.4 323.9 323.9	15.1 17.5 17.5	SCS16A	継目無 (一 体) 鑄 造
浜岡第3号機	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上

表 8-2 重大事故等時の使用時の圧力及び温度

重大事故等時の使用時の圧力 (MPa)	重大事故等時の使用時の温度 (°C)
4.71	262

添付第2図にTークエンチャラムズヘッドの形状・寸法を示す。

9. Tークエンチャラムズヘッド検定水圧試験結果

(1) 測 定 結 果 (設計基準対象施設)

ひずみの測定結果及び主ひずみ、主応力の計算結果を表9-1に、測定箇所を添付第1図に示す。

(2) 計 算 結 果 (重大事故等対処設備)

ひずみの線形外挿結果及び主ひずみ、主応力の計算結果を表9-2に、測定箇所は(1)の最大値の測定箇所とする。

(3) 検定圧力の算出

a. 設計基準対象施設

$$P = \frac{P_0 \cdot S}{\sigma_0} = \frac{3.80 \times 89.2}{52.4} = 6.47 \text{ MPa}$$

$$\left(= \frac{38.7 \times 9.1}{5.34} = 65.95 \text{ kg/cm}^2 \right)$$

σ_0 : 最高使用圧力 ($P_0 = 38.7 \text{ kg/cm}^2$) 時の表 9-1 に示す最大値 5.34 kg/mm^2 (b 点) である。

b. 重大事故等対処設備

$$P = \frac{P_E \cdot S_E}{\sigma_E} = \frac{4.71 \times 89.2}{64.8} = 6.49 \text{ MPa}$$

σ_E : 重大事故等時の圧力 ($P_E = 4.71 \text{ MPa}$) 時の表 9-2 に示す最大値 64.8 MPa (b 点) である。

(4) 結果

a. 設計基準対象施設

P (6.47 MPa (65.95 kg/cm^2)) $> P_0$ (3.80 MPa (38.7 kg/cm^2)) となり検定圧力以下である。

b. 重大事故等対処設備

P (6.49 MPa) $> P_E$ (4.71 MPa) となり検定圧力*以下である。

* : 検定圧力に基づく重大事故等時の使用時のひずみを線形外挿して算出した圧力。

表 9-1 検定水圧試験の測定結果（設計基準対象施設）

計測箇所	ひずみの測定結果×10 ⁻⁶			主ひずみ×10 ⁻⁶		主応力 [kg/mm ²]	
	ϵ_a	ϵ_b	ϵ_c	ϵ_1	ϵ_2	σ_1	σ_2
A	54	93	0	98.31	-44.31	1.86	-0.32
B	0	40	96	96.66	-0.66	2.11	0.62
C	-1	56	110	110.02	-1.02	2.40	0.70
D	105	100	64	110.20	58.80	2.80	2.01
E	31	88	85	98.36	17.64	2.27	1.03
F	68	22	-33	68.20	-33.20	1.27	-0.28
G	90	57	21	90.03	20.97	2.11	1.05
a	-64	108	256	256.45	-64.45	5.19	0.27
b	-84	110	269	269.87	-84.87	5.34	-0.09
c	-39	87	160	163.47	-42.47	3.30	0.14
d	-10	22	20	27.67	-17.67	0.49	-0.20
g	66	50	29	66.17	28.83	1.64	1.06

表 9-2 検定水圧試験に基づく計算結果（重大事故等対処設備）

評価箇所	ひずみの測定結果×10 ⁻⁶			主ひずみ×10 ⁻⁶		主応力 [MPa]	
	ϵ_a	ϵ_b	ϵ_c	ϵ_1	ϵ_2	σ_1	σ_2
b*	-103	135	332	332.96	-103.96	64.8	-0.9

* : 表 9-1 の 3.80 MPa (38.7 kg/cm²) 加圧時の測定結果に示す最大値の測定箇所 (b)。

10. まとめ

前項の結果より，女川第2号機の設計基準対象施設として最高使用圧力（3.80 MPa（38.7 kg/cm²））に基づき検定圧力の算出を行う。

また，重大事故等対処設備として重大事故等時の使用時の圧力（4.71 MPa）に基づき検定圧力の算出を行う。

(1) 設計基準対象施設

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P_0 \cdot S}{\sigma_0} \\
 &= \frac{3.80 \times 89.2}{52.4} = 6.47 \text{ MPa} \\
 &\left(= \frac{38.7 \times 9.1}{5.34} = 65.95 \text{ kg/cm}^2 \right)
 \end{aligned}$$

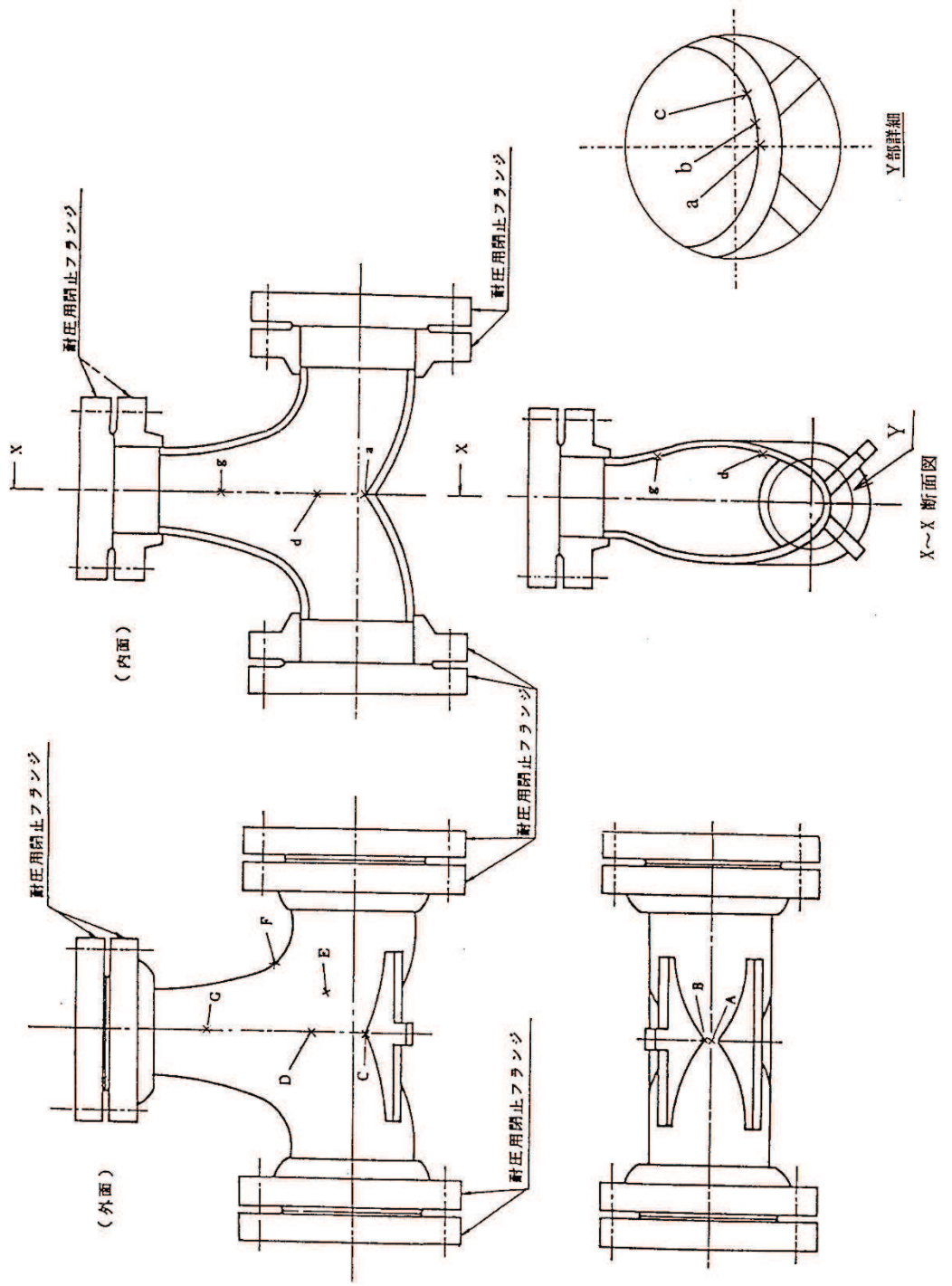
(2) 重大事故等対処設備

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P_E \cdot S_E}{\sigma_E} \\
 &= \frac{4.71 \times 89.2}{64.8} \\
 &= 6.49 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

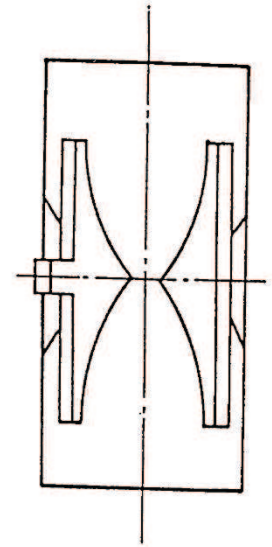
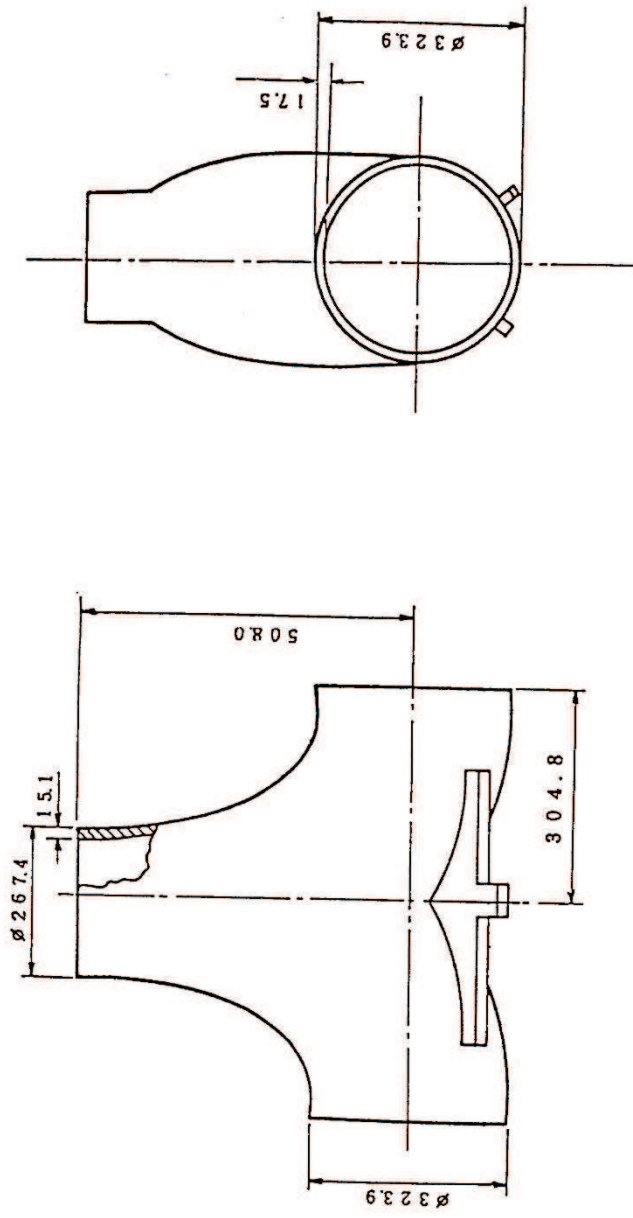
この結果より女川第2号機の最高使用圧力（3.80MPa（38.7kg/cm²））は検定圧力（6.47MPa（65.95kg/cm²））以下となる。

また，重大事故等時の使用時の圧力（4.71MPa）は検定圧力（6.49MPa）以下となる。

添付第1図 Tークエンチャラムズヘッド測定箇所図



添付第2図 Tークエンチャラムズヘッド形状・寸法図



(単位：mm)

参考

主蒸気逃がし安全弁排気管Tークエンチャラムズヘッドの
強度計算について

1. はじめに

「VI-3-3-3-2-1-3-1 管の基本板厚計算書（主蒸気系）」のうち、「2. 主蒸気逃がし安全弁排気管Tークエンチャラムズヘッドの強度計算書」において重大事故等時の使用時の圧力に関する評価については、既工認にて実施した検定水圧試験※の結果を線形外挿することにより実施している。

Tークエンチャラムズヘッドは、重大事故等時の使用時の圧力が、設計基準対象施設の最高使用圧力を超えることから、重大事故等時の使用条件での技術基準への適合性を確認するため、施設時同様に検定水圧試験の実施が必要となる。しかしながら、当該Tークエンチャラムズヘッドは溶接にて敷設されており、実機を用いての検定水圧試験の実施は困難である。このため、今回は施設時の検定水圧試験結果で得られたひずみ及びひずみから算出した最大応力を線形外挿した値を用いて検定圧力を算出し、重大事故等時の使用時の圧力が検定圧力以下であることを確認した。

また、線形外挿した値を用いた評価が妥当であることを確認するため、別途、有限要素法による応力解析を実施したことから、本資料ではその結果について説明するものである。

※Tークエンチャラムズヘッドは、形状が特殊であり告示第501号に定める第4種管の構造の規格式による強度計算が困難なことから、同技術基準の検定水圧試験を適用している。

2. 重大事故等時の使用時の圧力による線形外挿による評価

既工認において、Tークエンチャラムズヘッドは、告示第501号に定める第4種管の構造の規格第64条の規定に基づき、準用する第55条ただし書きの規定により検定水圧試験を実施している。検定水圧試験では、設計基準対象施設の最高使用圧力3.80 (MPa) (38.7 (kg/cm²)) が、検定圧力6.47 (MPa) (65.95 (kg/cm²)) 以下であることを確認している。

(告示第501号より)

(第4種管の構造の規格)

第54条 第55条、第58条第1項及び第2項並びに第60条の規定は、第4種管の構造の規格に準用する。この場合において、第55条中「次条から第62条までの規定」とあるのは「第58条第1項及び第2項、第60条並びに第64条第2項から第7項までの規定」と、第55条第1号、第58条第1項第1号並びに第60条第1項第2号及び第2項第6号から第9号まで中「別表第6」とあるのは「別表第6又は別表第7」と、第58条第1項第1号及び第2項第2号並びに第60条第1項第2号及び第2項第1号中「第32条第4項」とあるのは「第43条第2項」と、第60条第1項第2号及び第2項第1号中「第58条第3項」とあるのは「第64条第2項」と読み替えるものとする。

(第3種管の構造の規格)

第55条 第3種管の構造の規格は、次条から第62条までの規定によらなければならない。ただし、形状、穴の位置等によりこれにより難い耐圧部分であつて、その最高使用圧力が次の各号に掲げる検定水圧試験方法のうちいずれかにより試験を行つて求めた検定圧力以下であるものについては、この限りでない。

二、あらかじめ最も弱いと推定した箇所に選定した数個の点に抵抗線ひずみ計をはり付け、当該耐圧部分の予定する最高使用圧力に相当する水圧力を加えて生ずるひずみを応力に換算して求めた値のうち絶対値による最大の値に基づいて、次の計算式により検定圧力を計算すること。

$$P = \frac{P_0 S}{\sigma_0}$$

P_0 は、予定する最高使用圧力に相当する水圧力（キログラム毎平方センチメートルを単位とする。）

σ_0 は、最も弱いと推定される箇所に生じた応力の値（キログラム毎平方ミリメートルを単位とする。）

P及びSは、それぞれ前号に定めるところによる。

前項に記載したとおり、重大事故等時の使用時の圧力で検定水圧試験を実施することは困難であることから、既工認において設計基準対象施設として実施した検定水圧試験で測定されたひずみ値を、重大事故等時の使用時の圧力である 4.71 (MPa) の水圧まで線形外挿して得られたひずみ値から算出した最大応力 (64.8 (MPa)) より検定圧力を算出し、重大事故等時の使用時の圧力である 4.71 (MPa) が検定圧力 6.49 (MPa) 以下であることを確認した。

Tークエンチャラムズヘッドの材質はステンレス鋼鋳鋼品の SCS16A で、重大事故等時の使用時の温度は 262℃より、告示第 5 0 1 号の別表第 9 の材料の各温度における設計降伏点 S_y は 138 (MPa)、同別表第 6 の材料の許容引張応力 S で 105 (MPa) であることから、線形外挿により算出した最大応力 (64.8 (MPa)) は十分弾性域の範囲であり、線形外挿による評価が妥当なことが確認できる。

表－1 材料 SCS16A の設計降伏点 (S_y) 及び許容引張応力 (S)

重大事故等時の 使用時の温度 (°C)	設計降伏点 S_y (MPa)		許容引張応力 S (MPa)	
	1.0 倍	0.85 倍*	1.0 倍	0.85 倍*
262	138	117	105	89

* : 告示第 5 0 1 号 別表第 6 の備考 3 の口及び別表第 9 の備考 2 の口により、第 11 条の規定に準じて浸透探傷試験を行い、これに合格していることから 0.85 倍した値とする。

ステンレス鋼鋳鋼品の応力-ひずみ曲線の参考データを図-1に示す。

ここで示す図-1は図中に記載の参考文献を参照したもので、材料はASTM材のCF8M(JIS規格SCS14A相当)のデータを参照する。

なお、CF8M(JIS規格SCS14A相当)は、T-クエンチャラムズヘッドの材料であるSCS16A(CF3M相当)とJIS規格の機械的性質が同じで化学成分が類似しているため参照できる。本評価の応力範囲であれば材料の特徴及び弾性域の中間値以下の範囲を参照するため、SCS16A材においても弾性域と判断できる。

参考にSCS14AとSCS16AのJIS規格に記載される機械的性質及び化学成分を表-2及び表-3に示す。

表-2 ステンレス鋳鋼品の当該材料と参照材料の比較（機械的性質）

材料 (JIS規格)	引張強さ (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び (%)	硬さ (HB)	比較結果
SCS14A(参照材料)	480以上	205以上	33以上	183以下	規格値は同様。
SCS16A(当該材料)	480以上	205以上	33以上	183以下	

表-3 ステンレス鋳鋼品の当該材料と参照材料の比較（化学成分）

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
SCS14A	0.08 以下	1.50 以下	1.50 以下	0.040 以下	0.040 以下	9.00 ～ 12.00	18.00 ～ 21.00	2.00 ～ 3.00	—
SCS16A	0.03 以下	1.50 以下	1.50 以下	0.040 以下	0.040 以下	9.00 ～ 13.00	17.00 ～ 21.00	2.00 ～ 3.00	—
比較 結果	※ 固溶化熱処理はどちらも同じ条件（1030～1150急冷）。 Cの成分規定の差異は、主に耐食性に影響する差異となる。また、Ni及びCrの成分規定の範囲の差異は、主に耐食性及び耐熱性に影響する差異となる。いずれの材料も告示第501号の別表第9のSy値及び別表第6のS値は同じ規定値であることから強度的には同等な特徴を示す材料であると判断できる。								

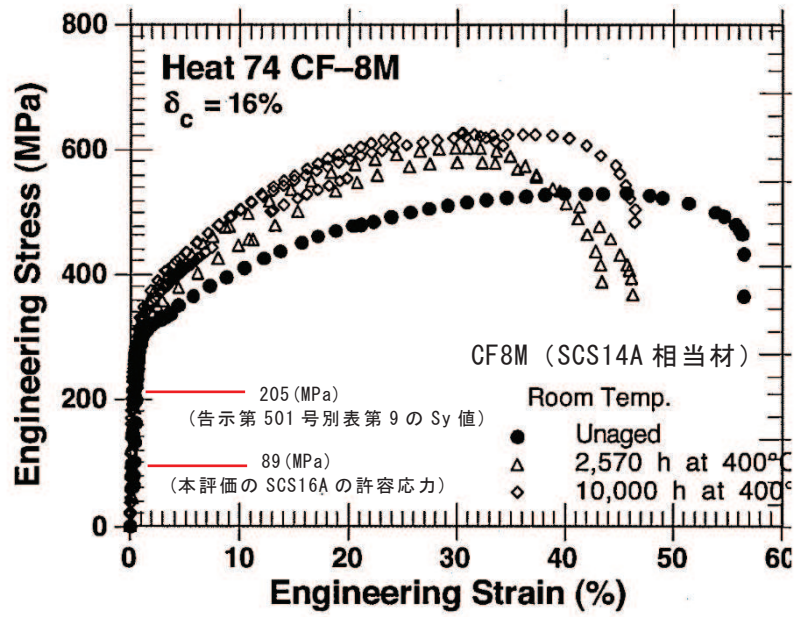


図-1 ステンレス鋼鋳鋼品の応力-ひずみ線図*1

(Figure9.effect of thermal aging on engineering stress vs strain curves for heat 69*1)

*1: 参考文献「Tensile-Property Characterization of Thermally Aged Cast Stainless Steels」NUREG/CR-6142 ANL-93/35 (U.S. Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear Regulatory Research Washington, DC 20555-0001)

3. 有限要素法による線形外挿の妥当性確認

有限要素法による線形外挿の妥当性確認を行うにあたり、形状が特殊なTークエンチャラムズヘッドに関するモデルの適切性確認として、既工認の強度計算である最高使用圧力を基準とした検定水圧試験の結果から算出した最大応力と、有限要素法による最高使用圧力での最大応力を比較し、解析モデルの適切性を確認する。

次に、有限要素法による最高使用圧力での最大応力と、重大事故等時の使用時の圧力による最大応力を算出した結果を比較し、内圧の変化による最大応力の傾向を確認する。

これらの結果と線形外挿により算出した最大応力の結果が同等かつ許容応力以下であることを確認する。

解析条件を表-4に、Tークエンチャラムズヘッドの構造を図-2に、解析モデルを図-3に、解析結果の応力分布図を図-4に、解析結果のグラフ表示（解析値と検定水圧試験値の比較）を図-5に示す。

(1) 計算条件

表-4 Tークエンチャラムズヘッド計算条件

計算条件	
最高使用圧力 (MPa)	3.80
最高使用温度 (°C)	249
重大事故等時の使用時の圧力 (MPa)	4.71
重大事故等時の使用時の温度 (°C)	262
検定水圧試験の負荷圧力 (MPa) (11°C) (検定水圧試験時の測定圧力 39(kg/cm ²))	3.82
口径 (ティー入口内径) (mm)	φ 237.2
口径 (ティー出口内径) (mm)	φ 288.9
材質	SCS16A
許容引張応力 S (MPa) (260°C)	105
縦弾性係数 E (MPa) (260°C)	177520
ポアソン比	0.3

*解析コード：ABAQUS 2017

*解析要素：線形8節点6面体ソリッド要素

*解析モデル：1/2モデル（入口部中心から各出口部は対称構造）

*解析内容：圧力解析

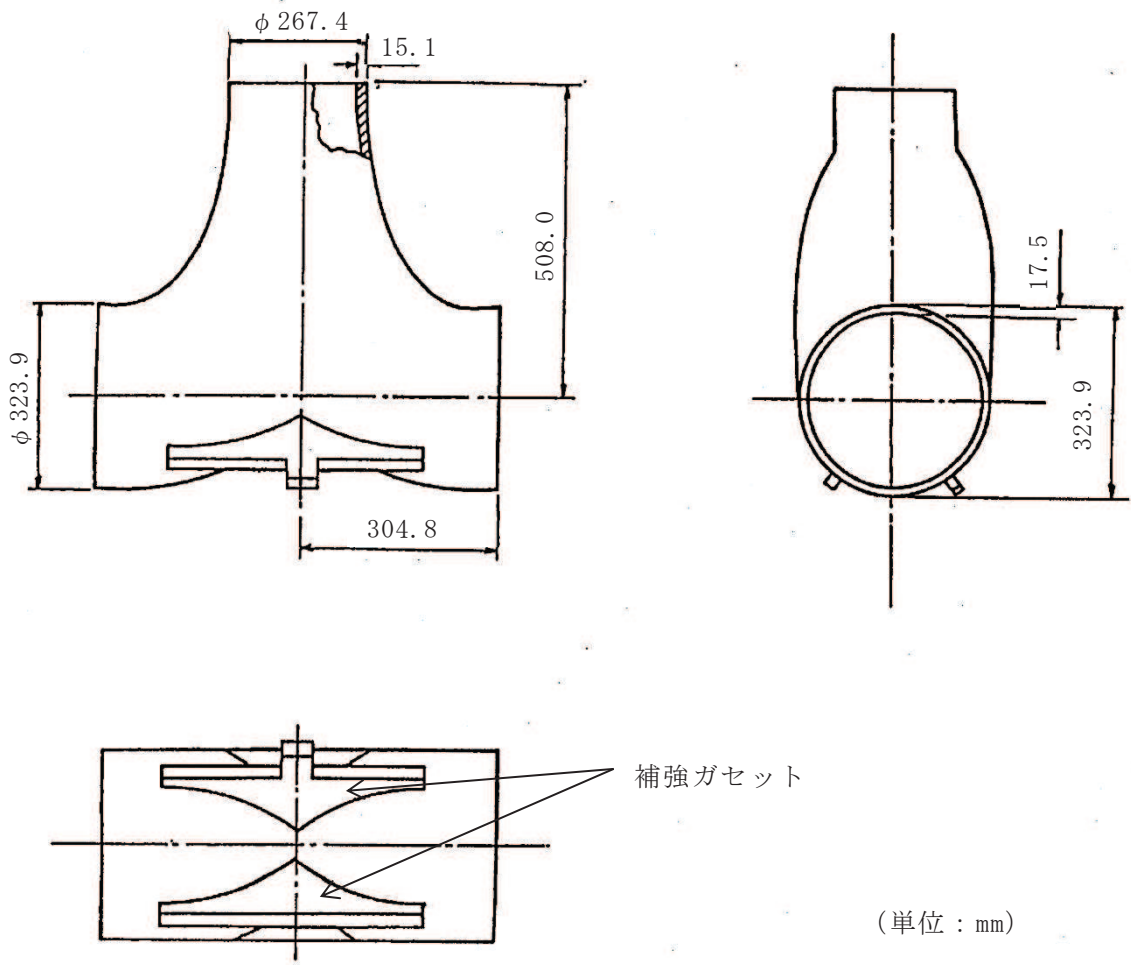


図-2 T-クエンチャラムズヘッド構造

(2) 応力計算

解析評価部位は、検定水圧試験時の測定点（a, b, c, d, g 点）とし、検定水圧試験時の発生応力と、重大事故等時の使用時の圧力を内面に付加した状態の発生応力を解析により求める。

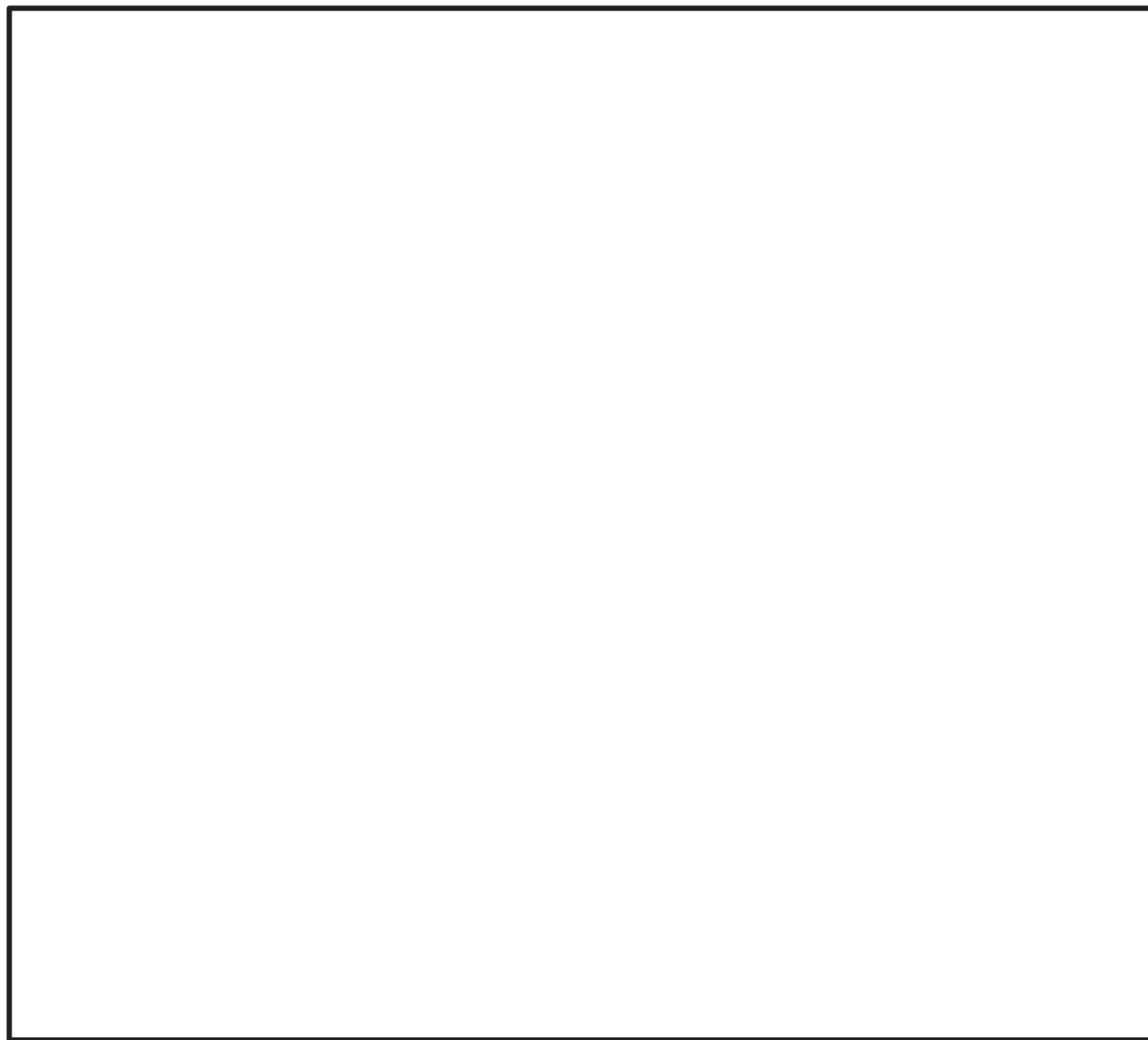
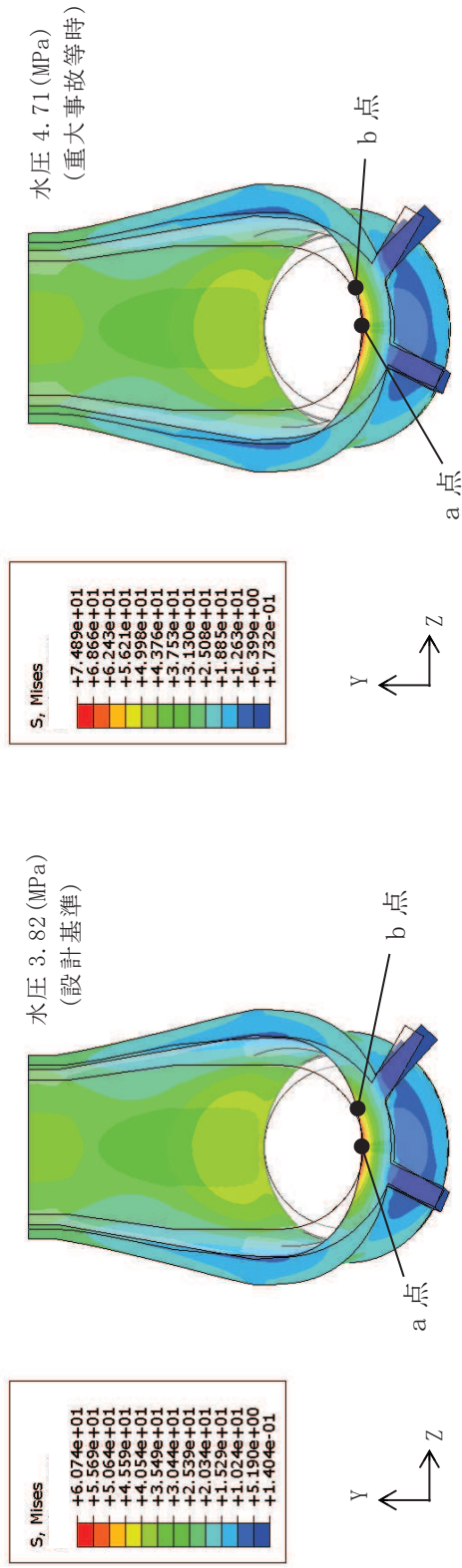
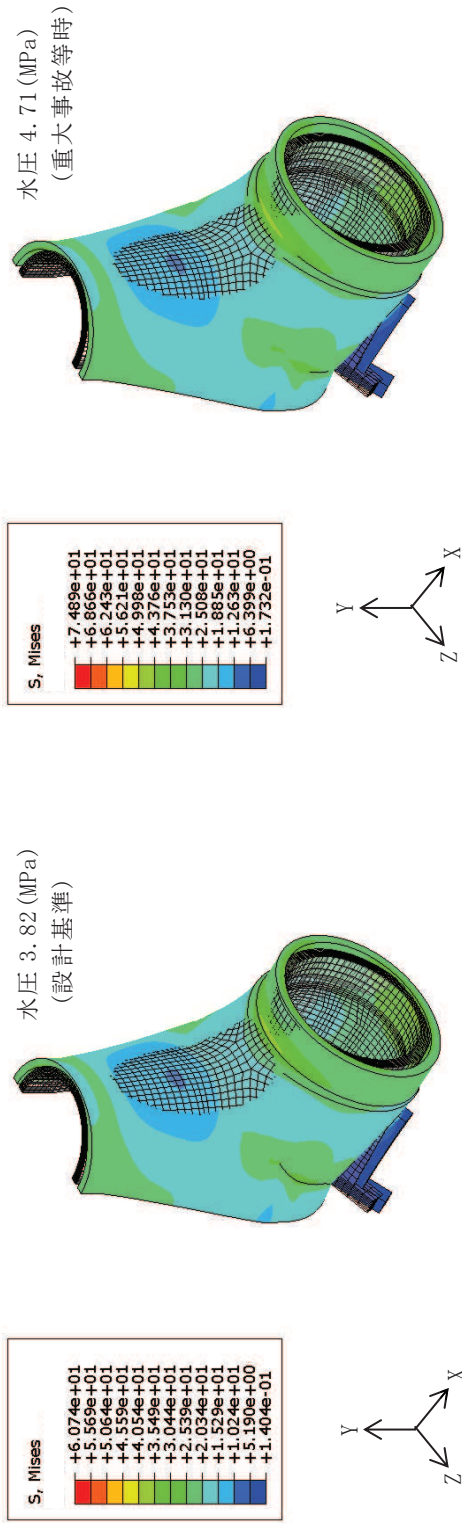


図-3 T-クエンチャラムズヘッド解析モデル図（1/2モデル）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



S : 内面に水圧を負荷した状態のミーゼス応力を示す。発生応力の状態は色別した応力分布図を参照。

図一4 T-クエンチャラムズヘッド 解析結果 (応力分布)

(3) 計算結果

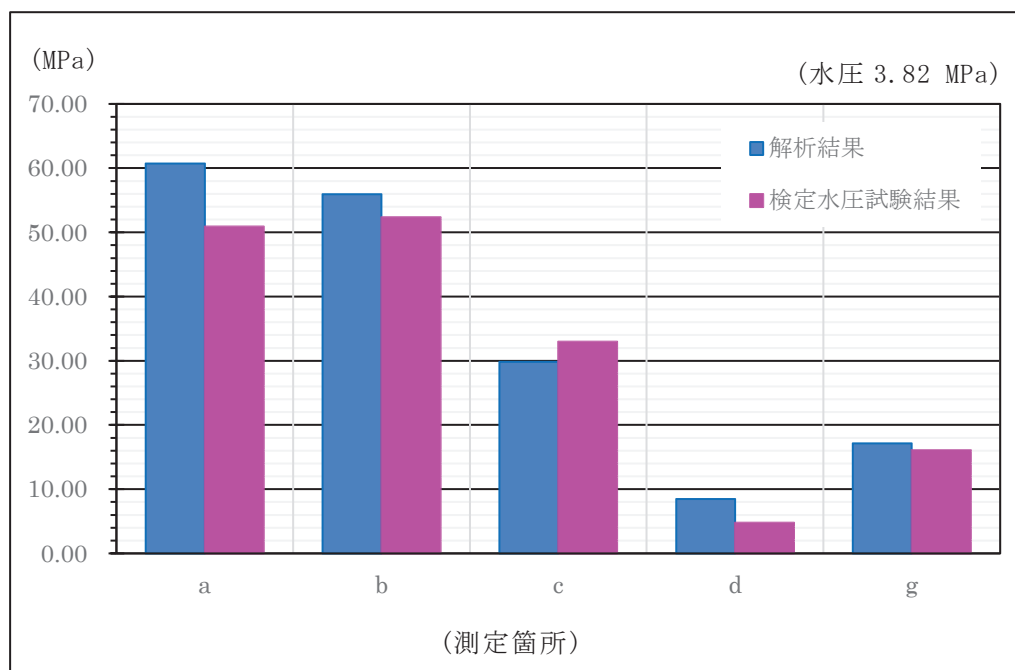
解析評価部位に対して、検定水圧試験時（3.82(MPa)）を解析した発生応力と実際の測定応力の比較を図－5に示す。

この比較結果より、各測定点の応力分布状態は概ね一致しており、特殊な構造をモデル化したものであるが、検定水圧試験結果に対して全体的に概ね一致していると評価でき、解析モデルは妥当なものと判断する。

また、解析により算出した検定水圧試験圧力の発生応力と重大事故等時の使用時の圧力の発生応力を図－6に示す。各測定点の応力の分布傾向は同様であるが、最大応力点の増加幅が大きくなることを確認できる。

重大事故等時の使用時の圧力での発生応力の結果を図－7に示す。解析値と検定水圧試験値を線形外挿した値について比較を行い、値が概ね一致することを確認した。また、解析の最大応力点(a点)及び検定水圧試験結果の最大応力点(b点)が許容応力以下であることを確認した。

発生応力と許容応力を表－5に示す。



図－5 Tークエンチャラムズヘッド応力値（解析値と検定水圧試験値の比較）

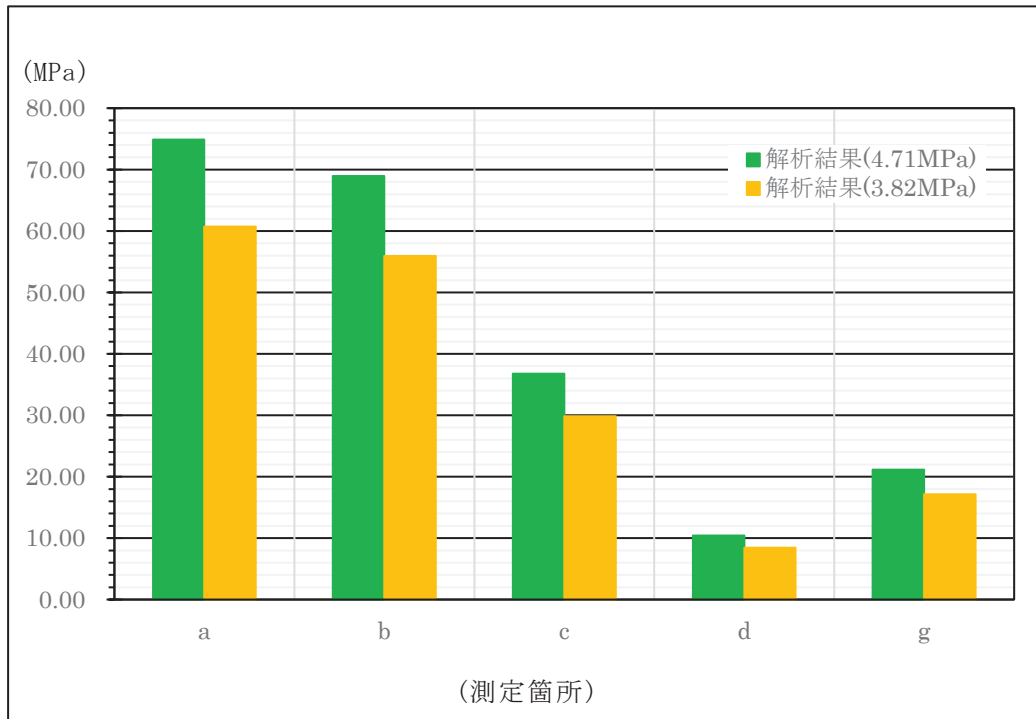


図-6 Tークエンチャラムズヘッド応力値
(最高使用圧力(3.82MPa)と重大事故等時の使用時の圧力(4.71MPa)の比較)

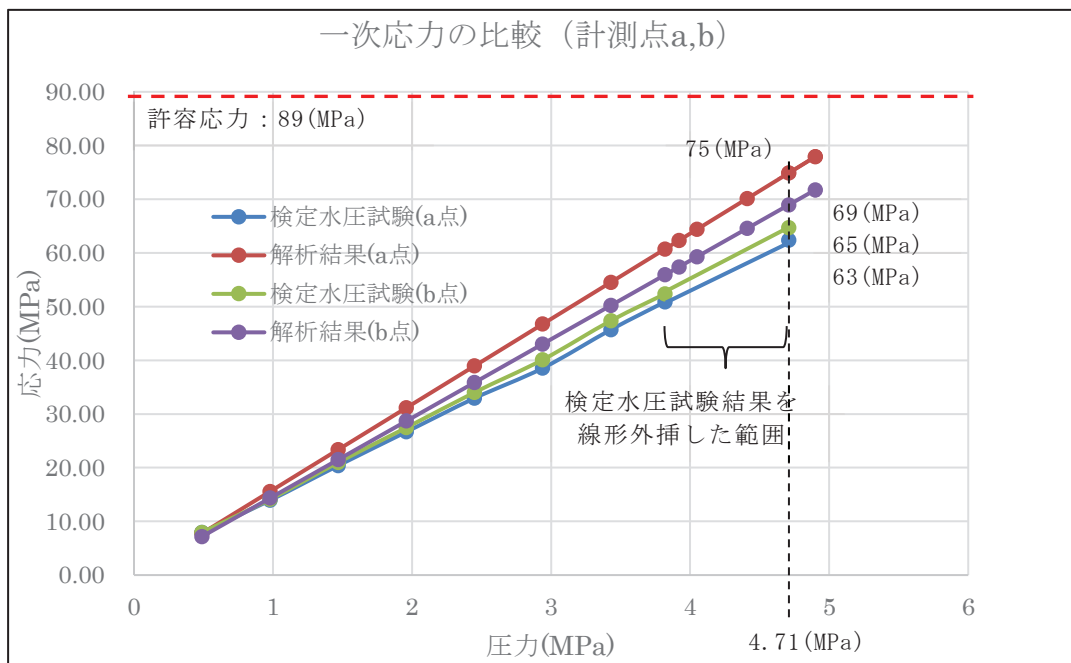


図-7 Tークエンチャラムズヘッドの一次応力
(解析値と検定水圧試験値の比較)

表-5 T-クエンチャラムズヘッドの一次応力 (内圧: 4.71(MPa))

評価部位	一次応力		
	線形外挿による発生応力 (MPa)	FEMによる発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
解析による最大応力点 (a点)	62.4	75	89
検定水圧試験の最大応力点 (b点)	64.8*	69	89

* : 「VI-3-3-3-2-1-3-1 管の基本板厚計算書 (主蒸気系)」のうち、「2. 主蒸気逃がし安全弁排気管T-クエンチャラムズヘッドの強度計算書」に記載の σ_E (重大事故等時の使用時の圧力時の最大応力)を記載。

4. まとめ

T-クエンチャラムズヘッドの強度評価については、重大事故等時の使用時の圧力については既工認にて実施した検定水圧試験の結果を線形外挿することで評価を行った。線形外挿は弾性域の範囲において実施しているが、適用の妥当性を確認するために有限要素法を用いた妥当性確認を行うこととした。モデル化の妥当性を確認するため、過去の検定水圧試験について解析した発生応力と実際の測定応力を比較し、概ね一致する結果を得たことからモデルは妥当であることを判断した。続いて、重大事故等時の使用時の圧力についても、解析値と検定水圧試験値を線形外挿した値について比較を行い、値が概ね一致することおよび許容応力以下であることを確認した。

以上より、施設時に実施した最高使用圧力による検定水圧試験の結果を用いた線形外挿による評価は適用できると考える。

VI-3-3-3-2-1-3-2 管の応力計算書（主蒸気系）

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
MS-001	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-002	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-003	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-004	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	3.80	249	4.71	262	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
MS-05	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-06	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-07	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-08	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-09	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-10	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-11	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-12	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-13	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-14	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-15	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-16	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-17	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
MS-18	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-19	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-20	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-21	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	18
3. 計算条件	35
3.1 設計条件	35
3.2 材料及び許容応力	55
4. 評価結果	57
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	63

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。



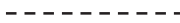


(1) 管

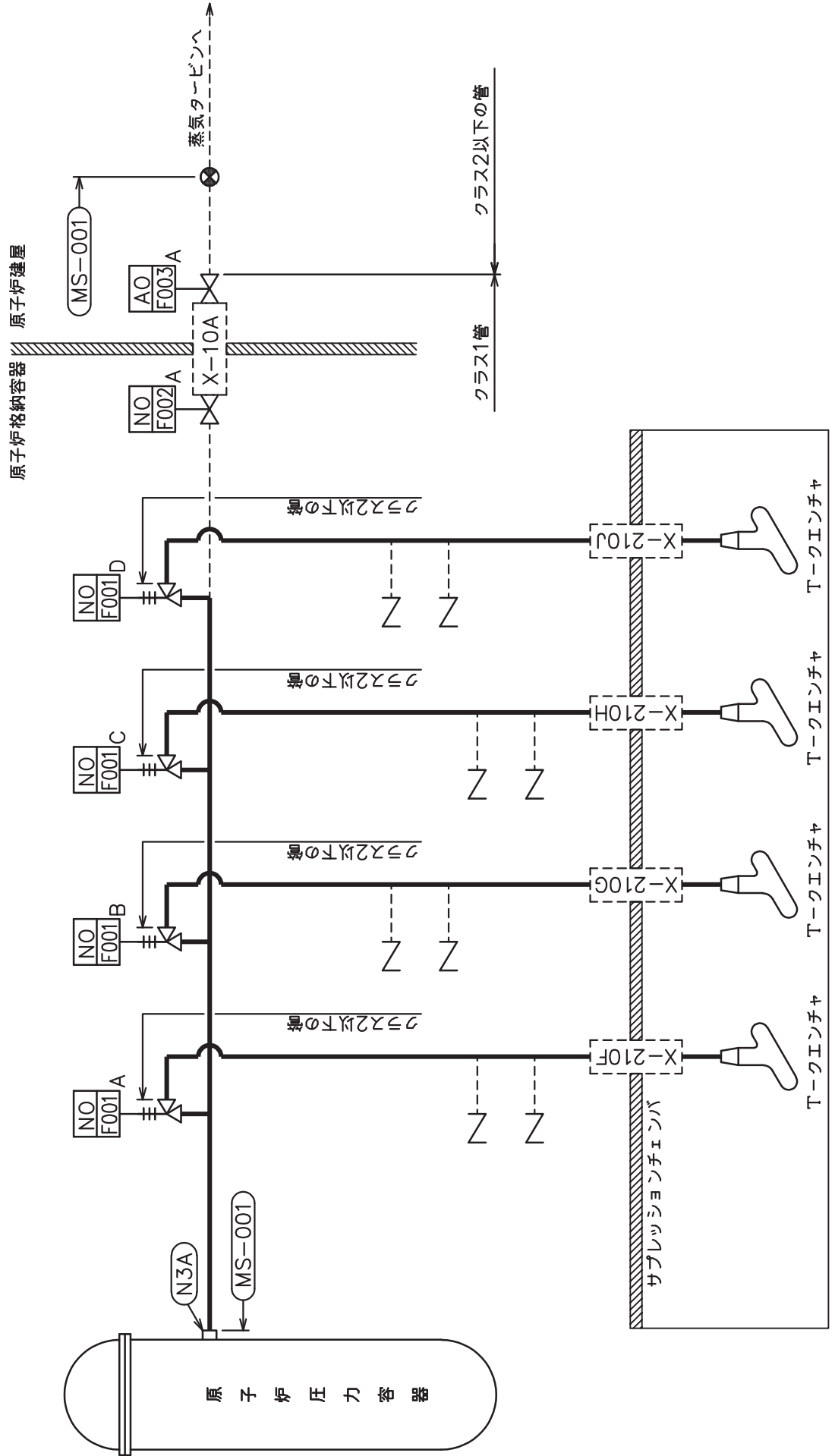
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全21モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

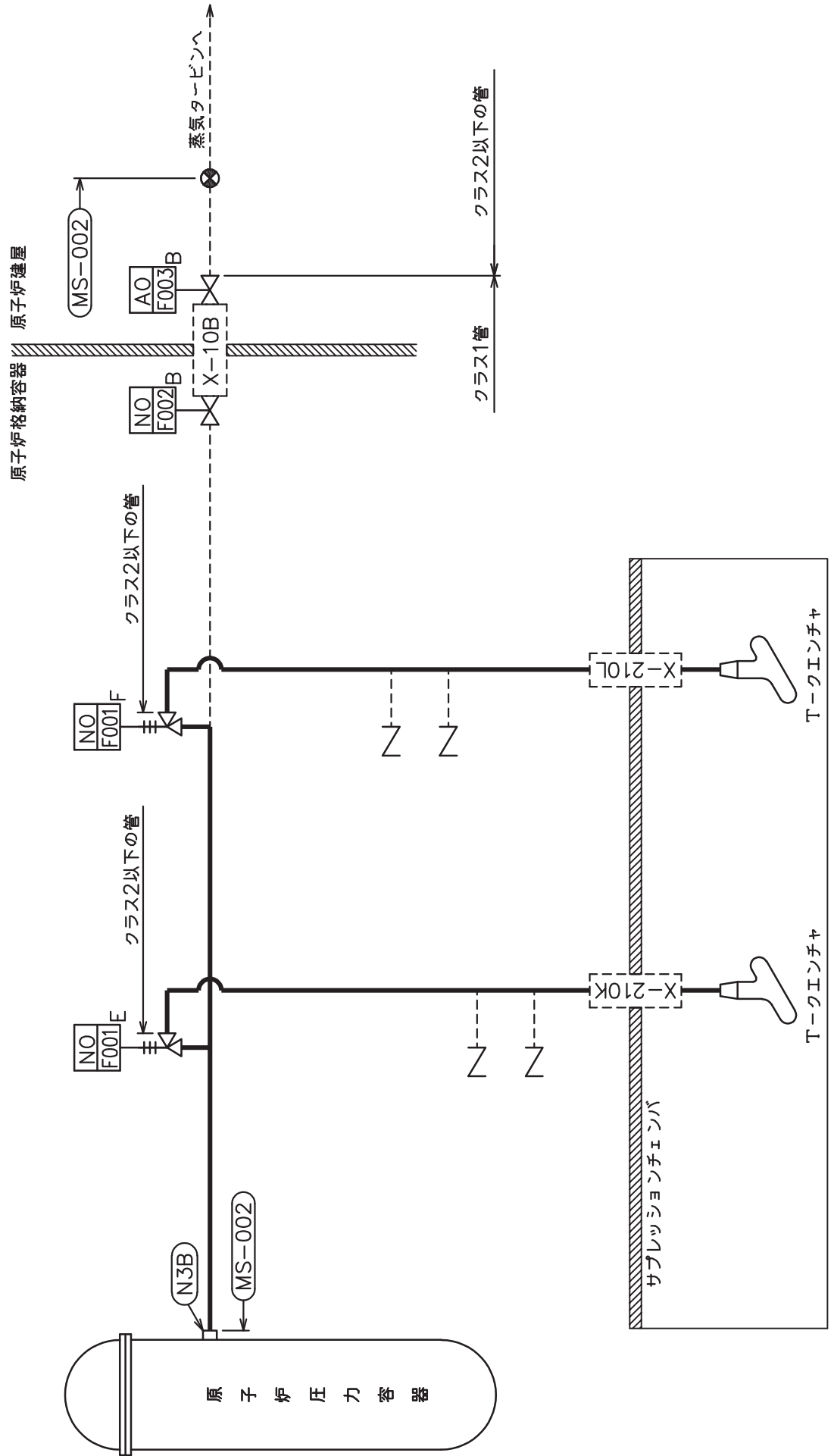
2.1 概略系統図

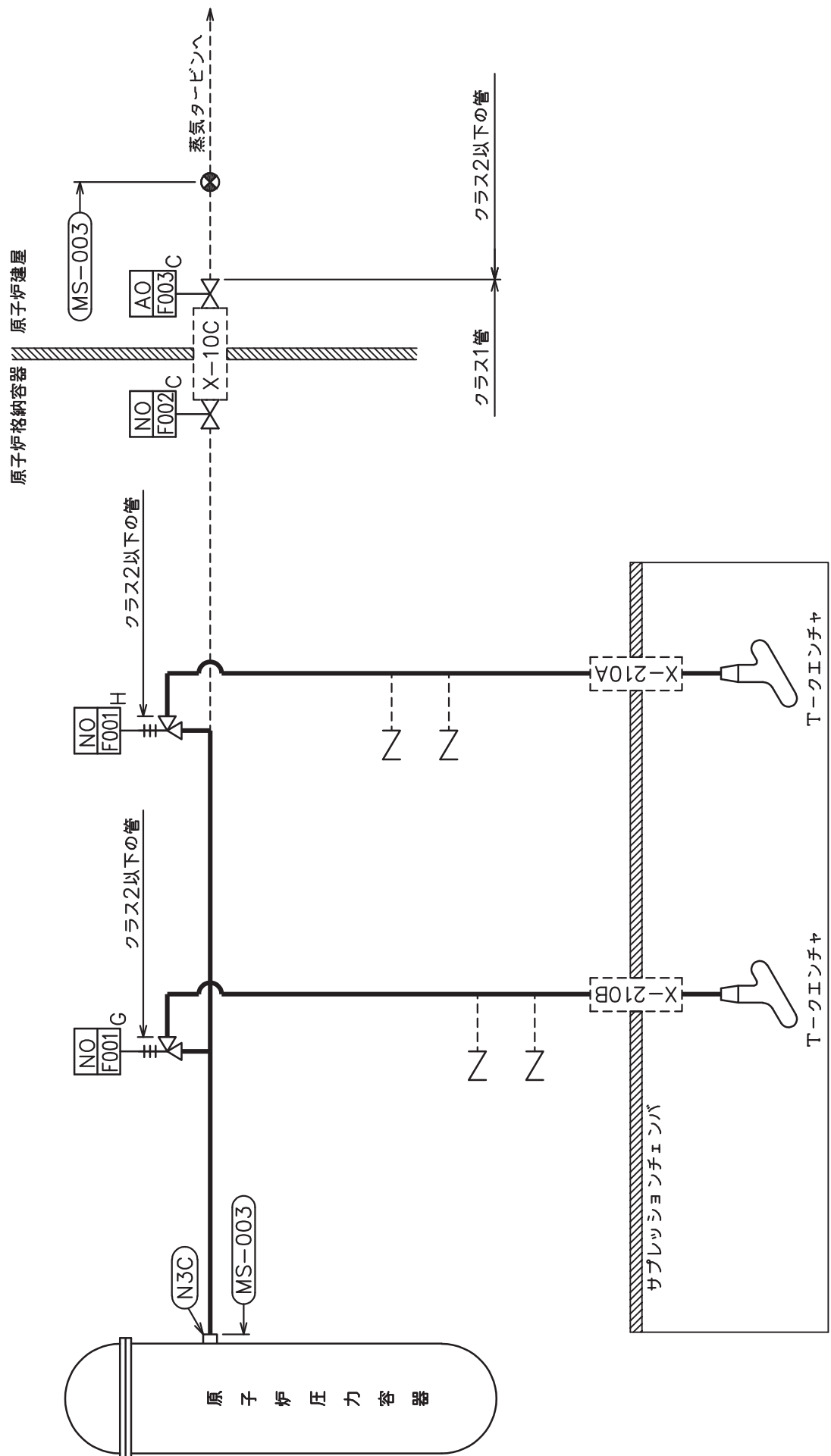
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

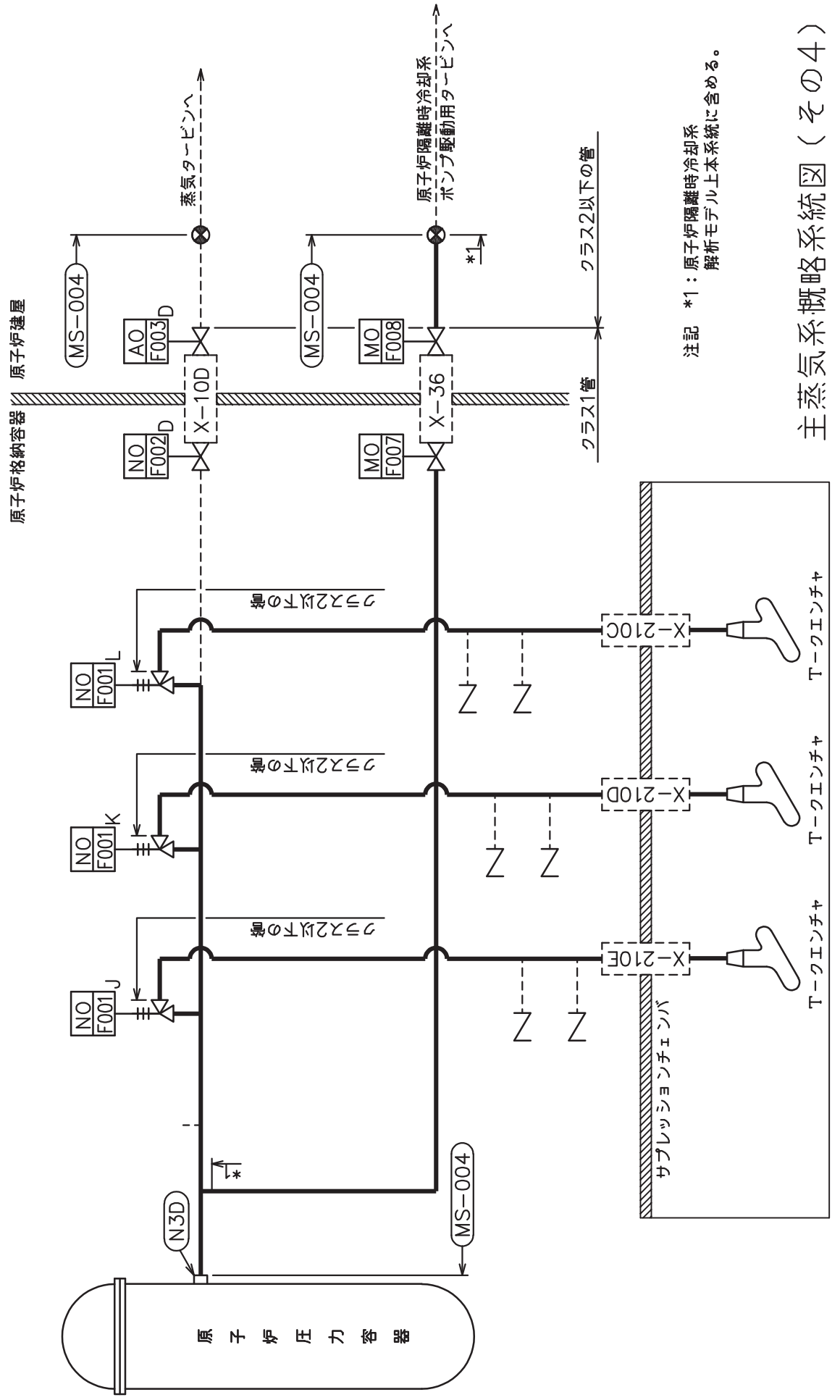


主蒸気系概略系統図 (その1)

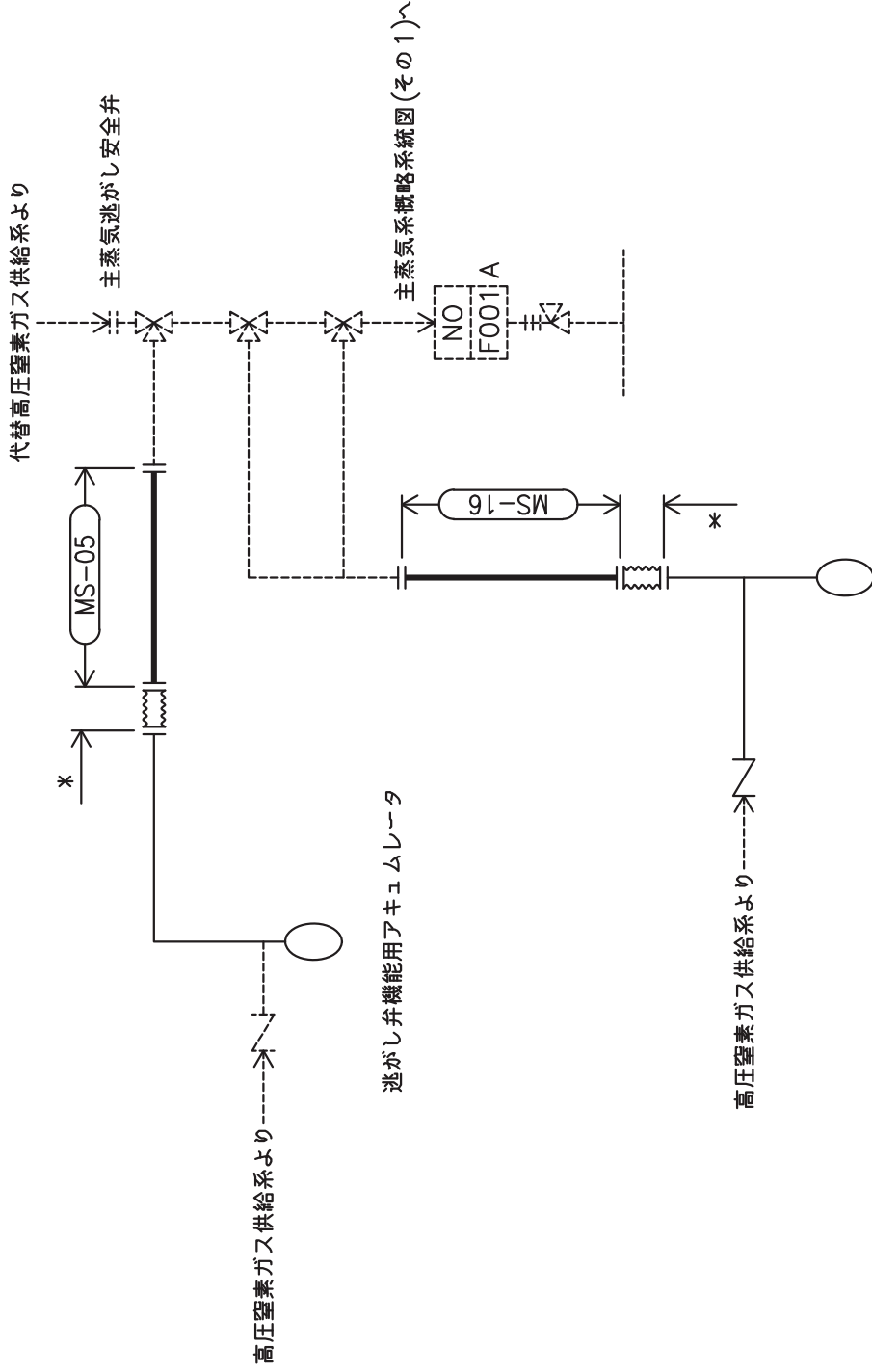




主蒸気系概略系統図 (その3)

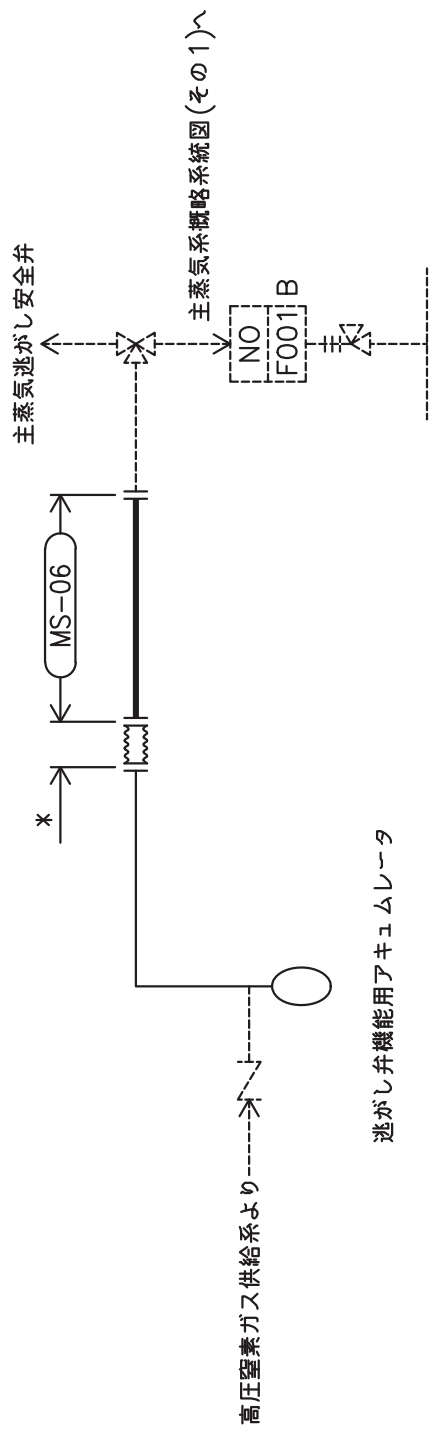


主蒸気系概略系統図 (その4)



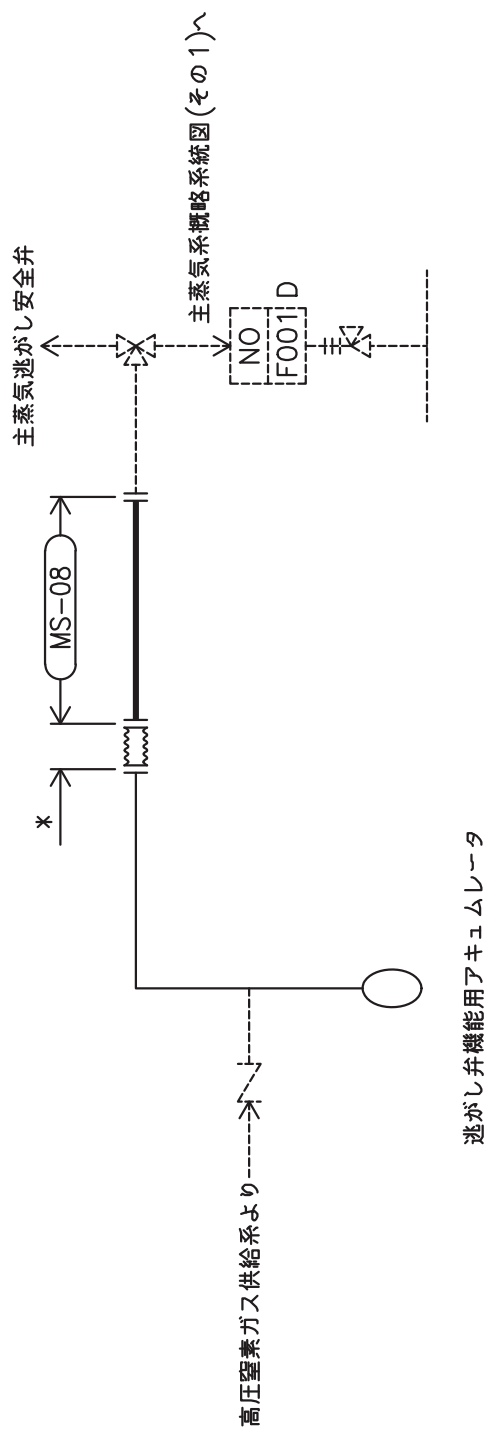
注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その5)



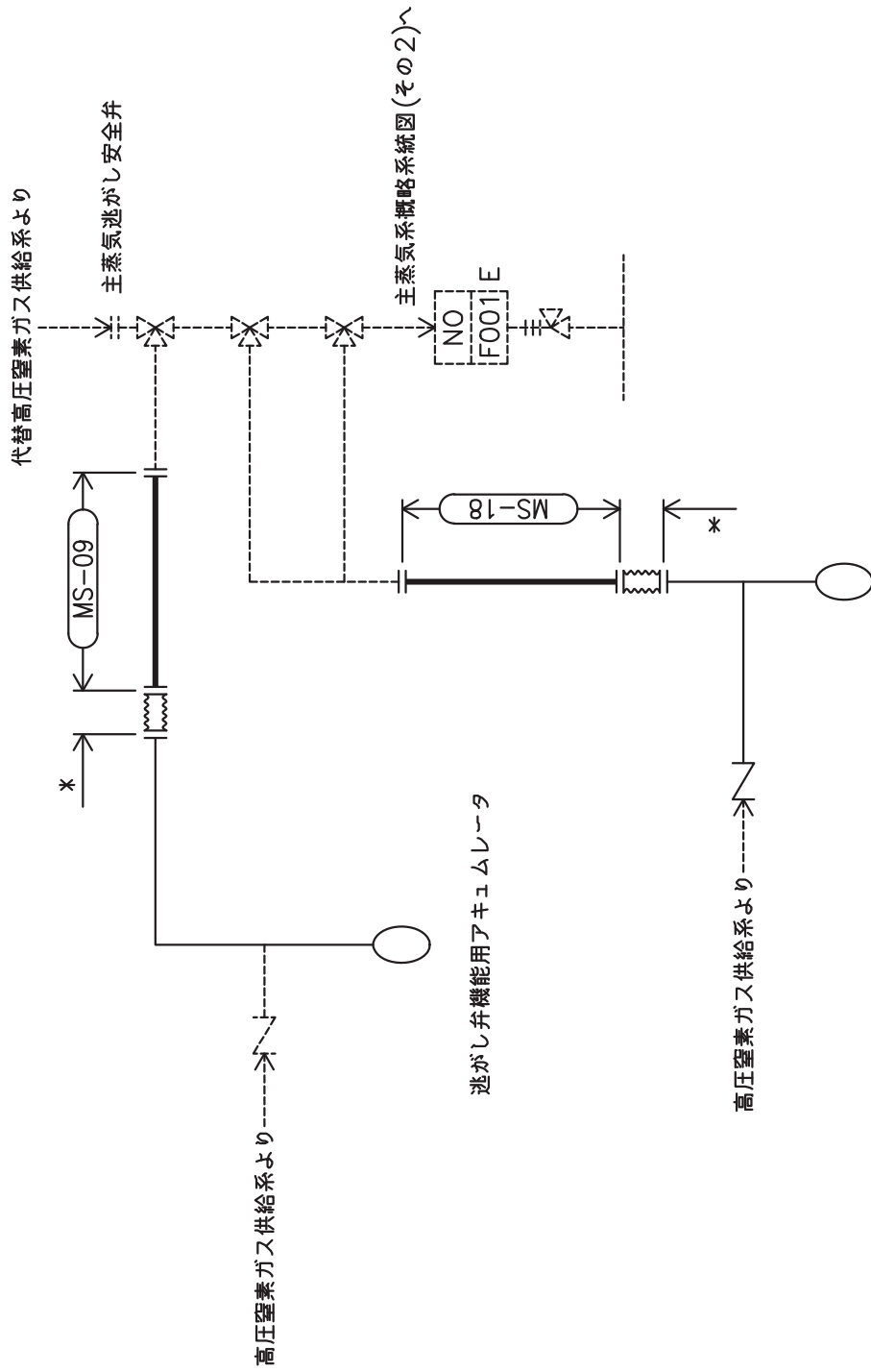
注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その6)



注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

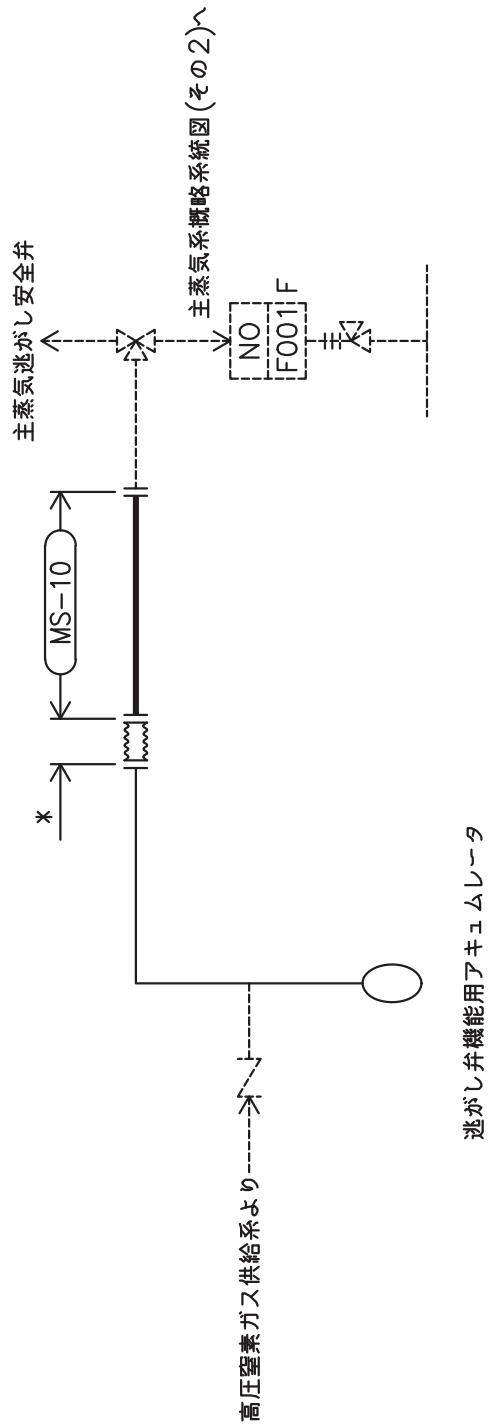
主蒸気系概略系統図(その8)



自動減圧機能用アキュムレータ

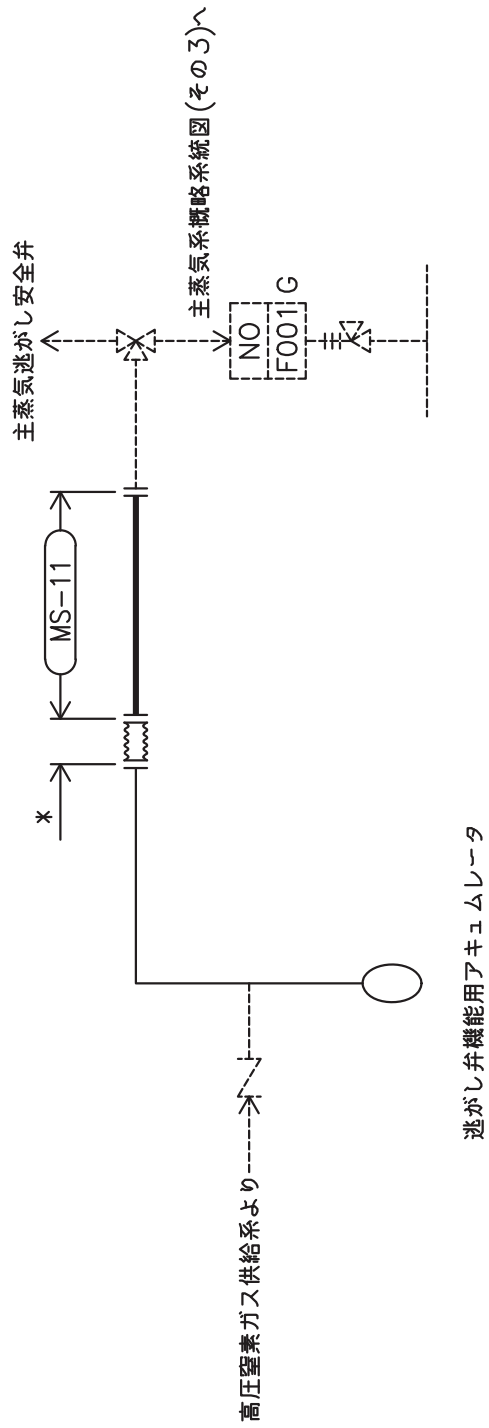
注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その9)



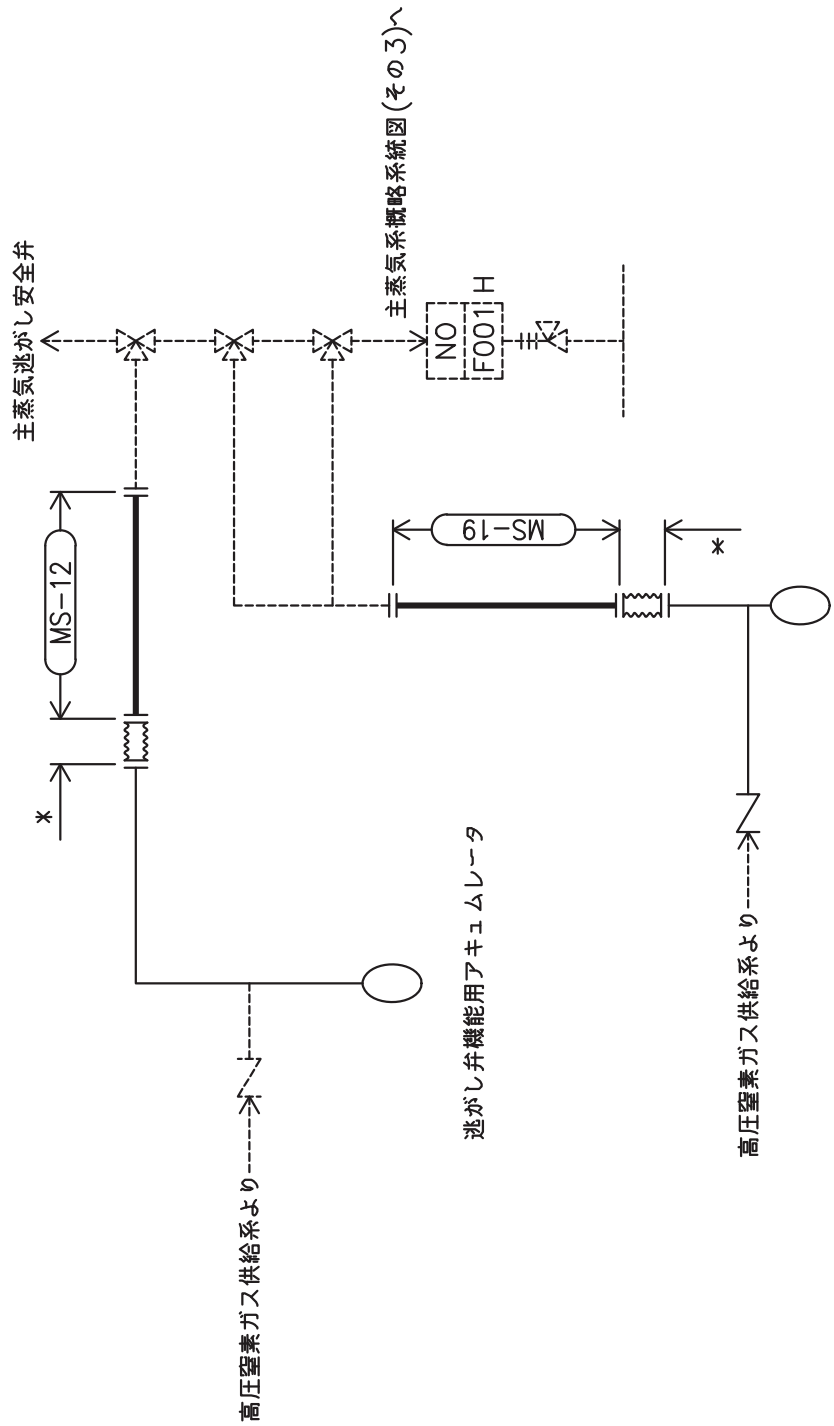
注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その10)



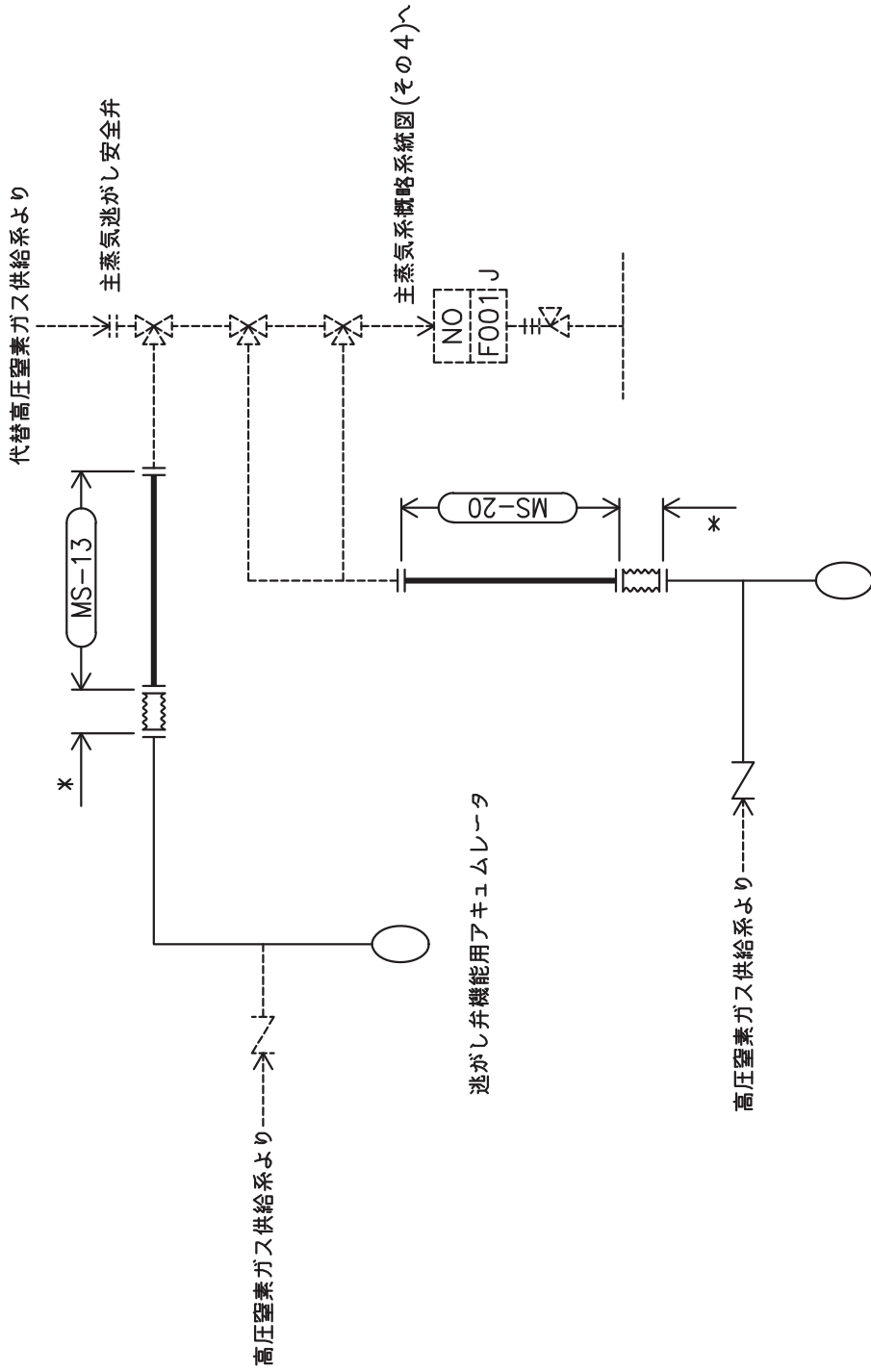
注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その11)



注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

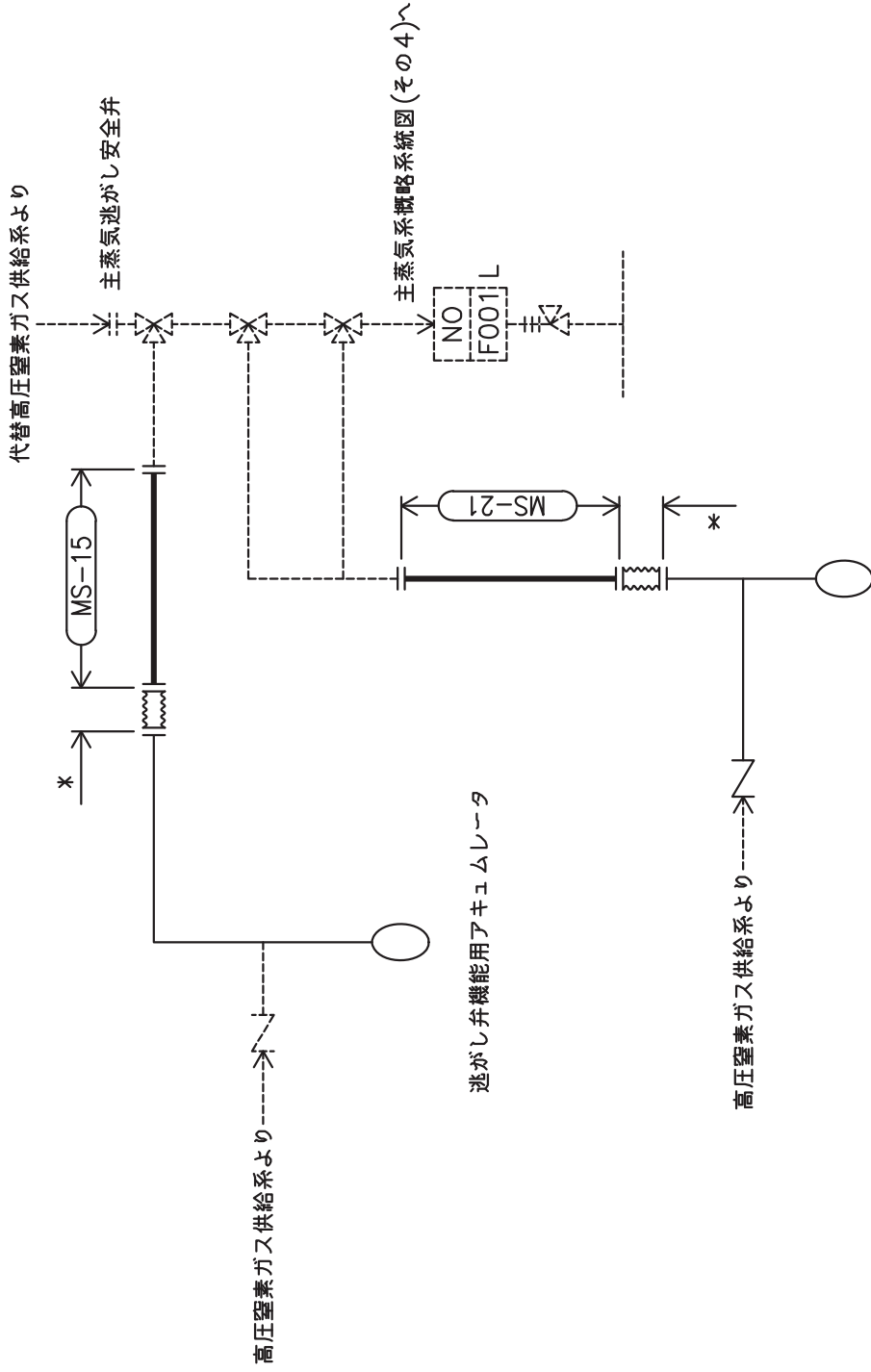
主蒸気系概略系統図(その12)



自動減圧機能用アキュムレータ

注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その13)




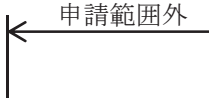


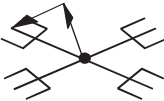
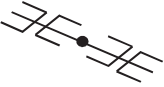

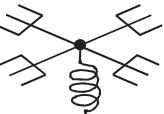
自動減圧機能用アキュムレータ

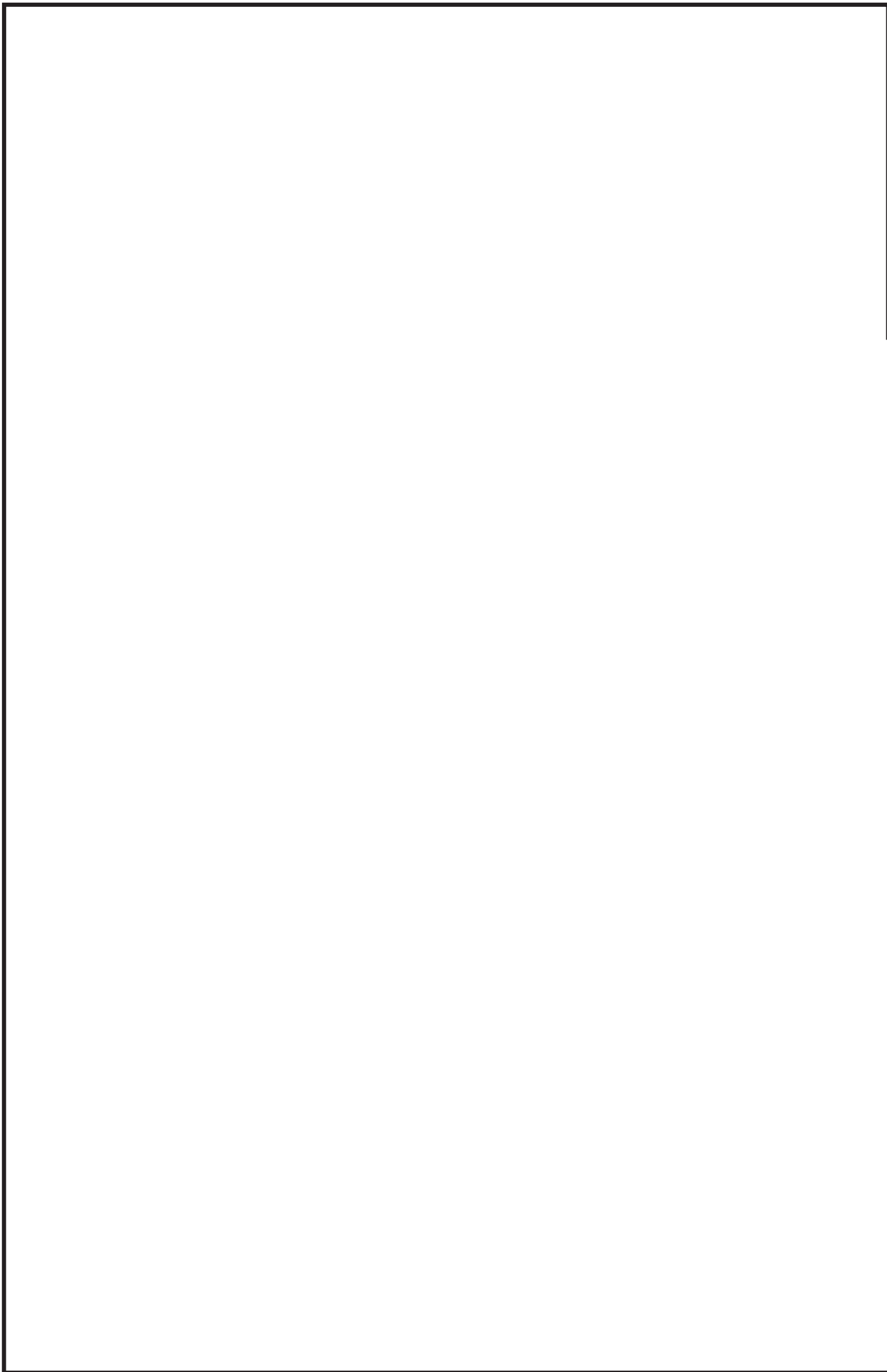
注記*：高圧窒素ガス供給系
解析モデル上本系統に含める

主蒸気系概略系統図(その15)

2.2 鳥瞰図

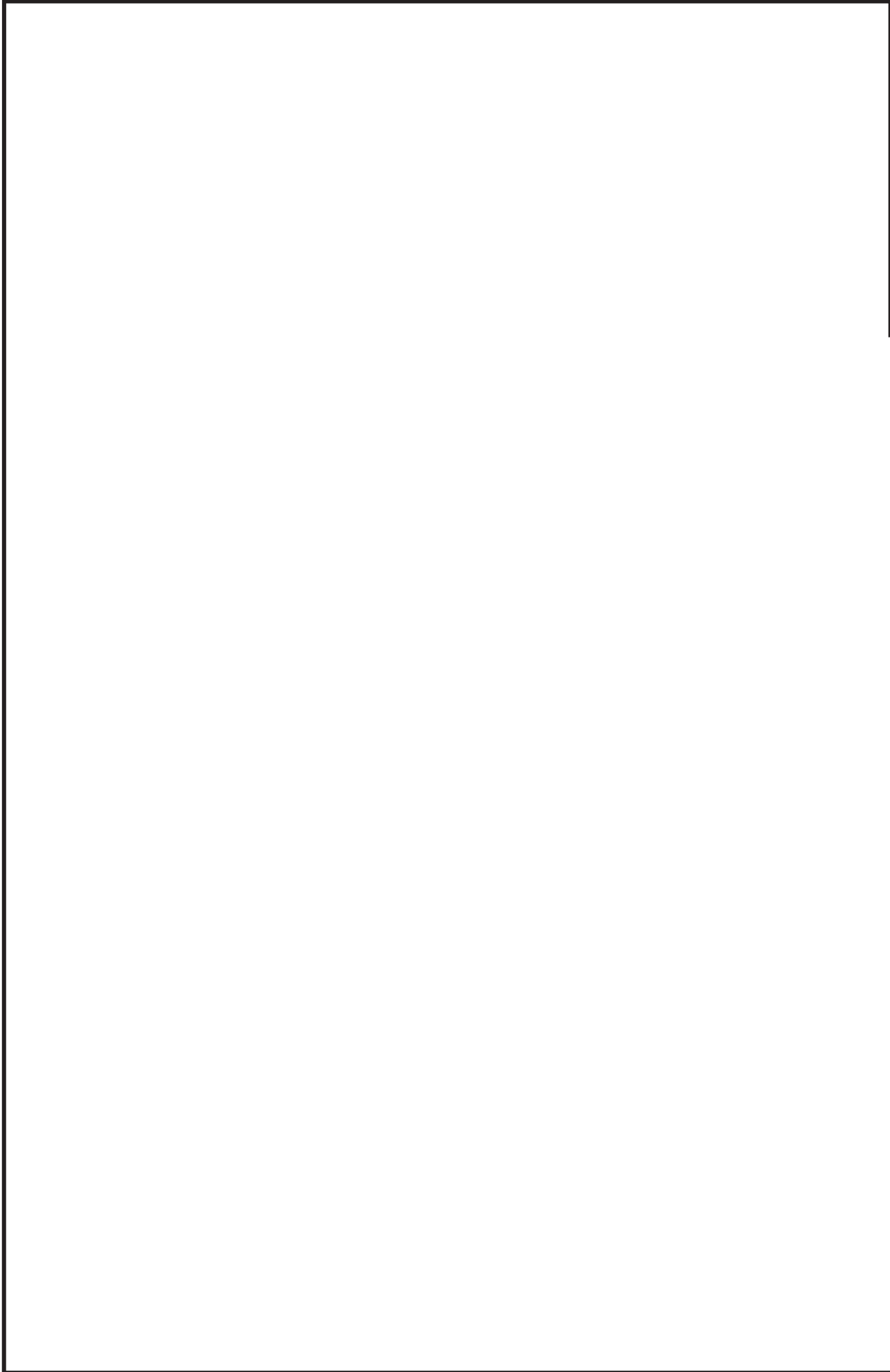
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)</p>
	<p>スナッパ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>



鳥瞰図 MS-001-1/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



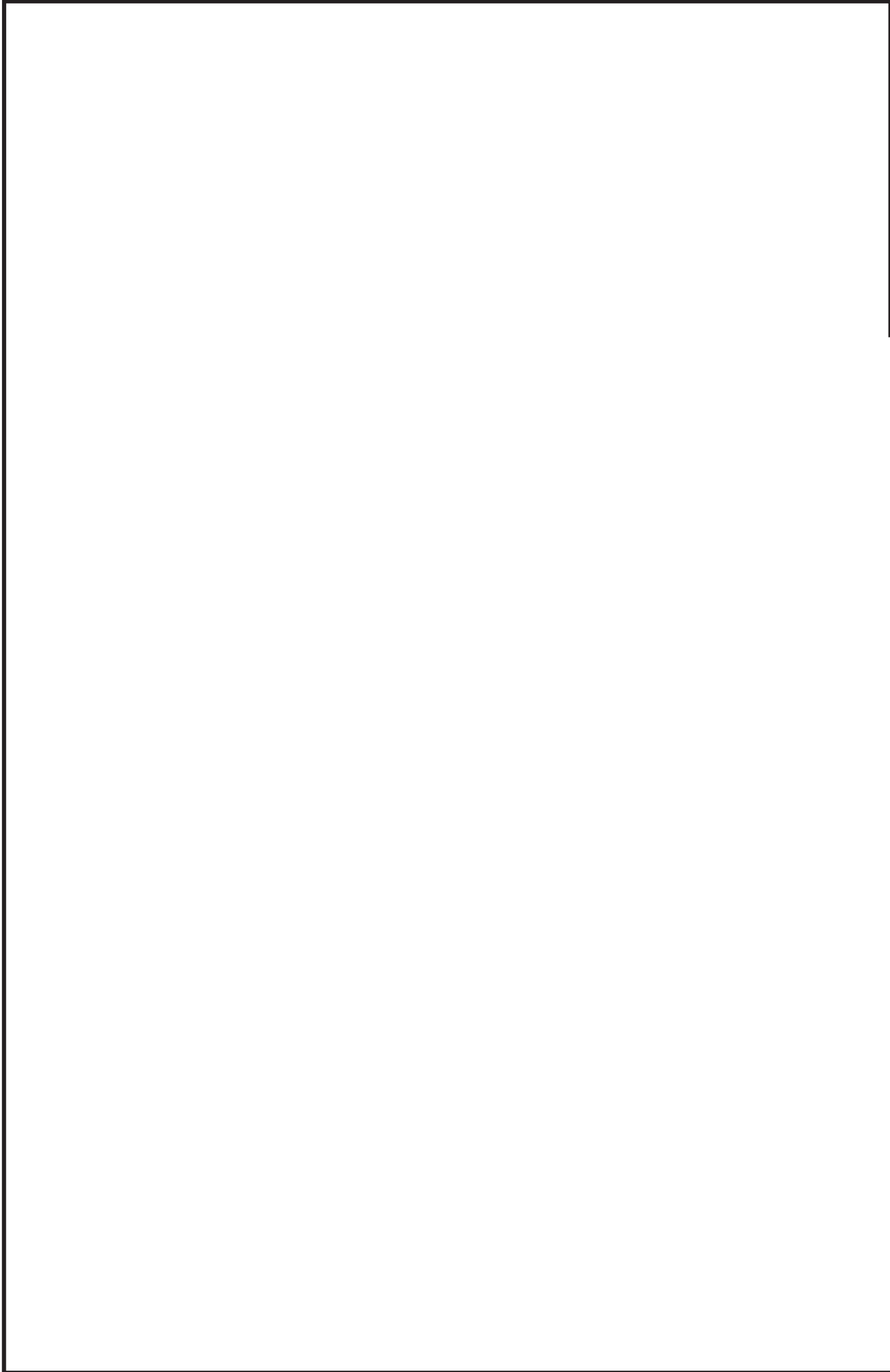
鳥瞰図 MS-001-2/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



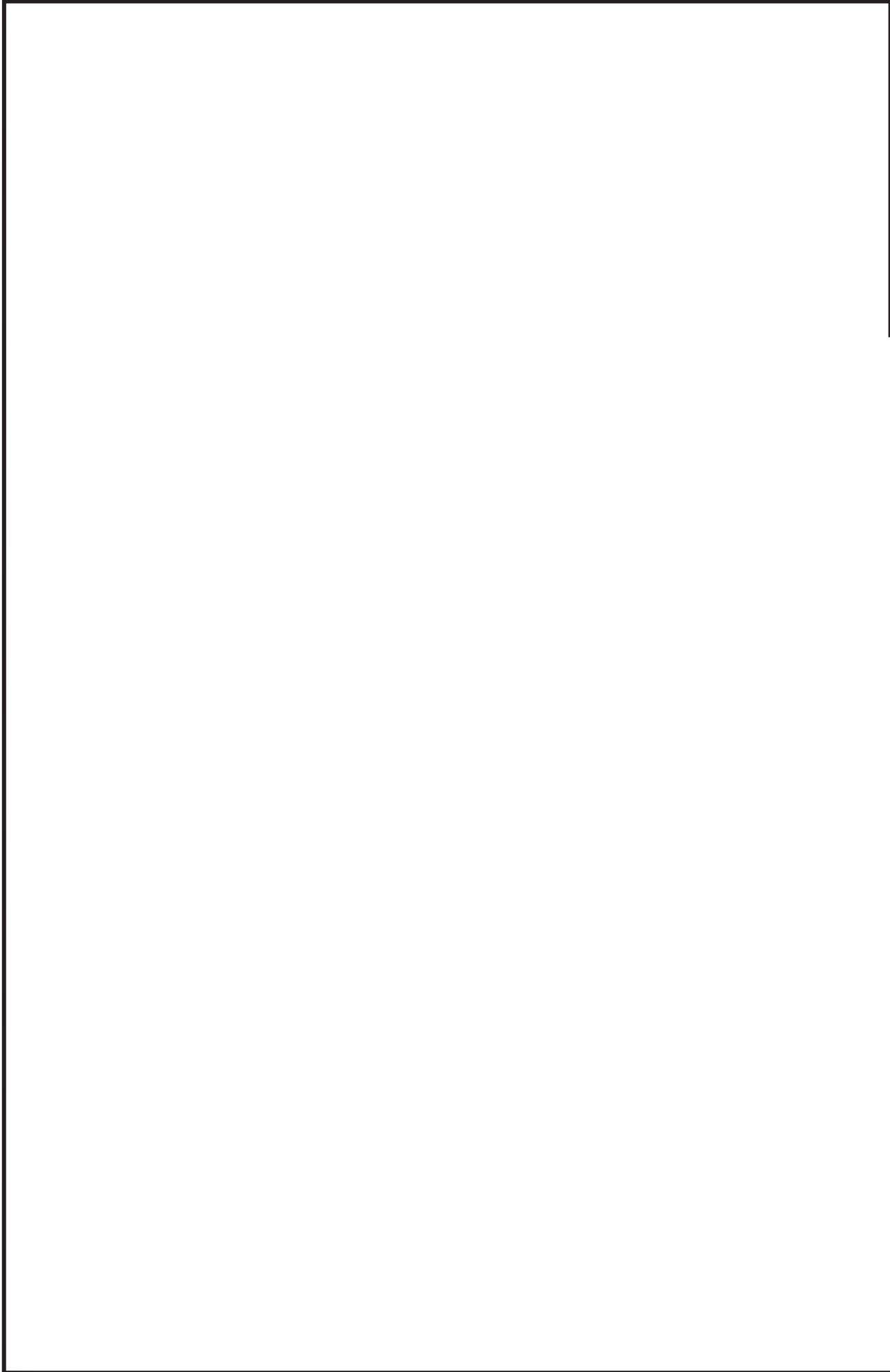
鳥瞰図 MS-001-3/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



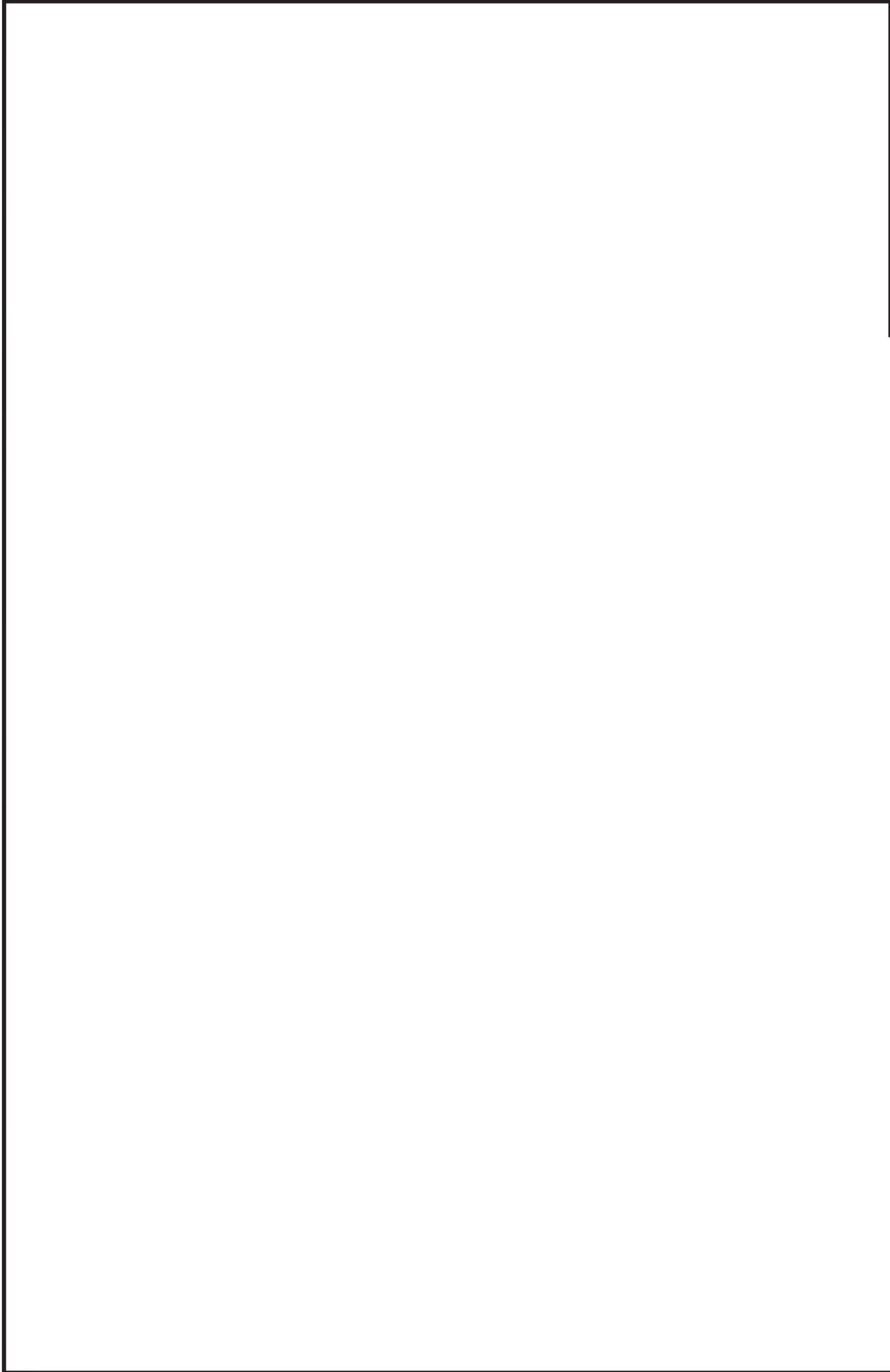
鳥瞰図 MS-001-4/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



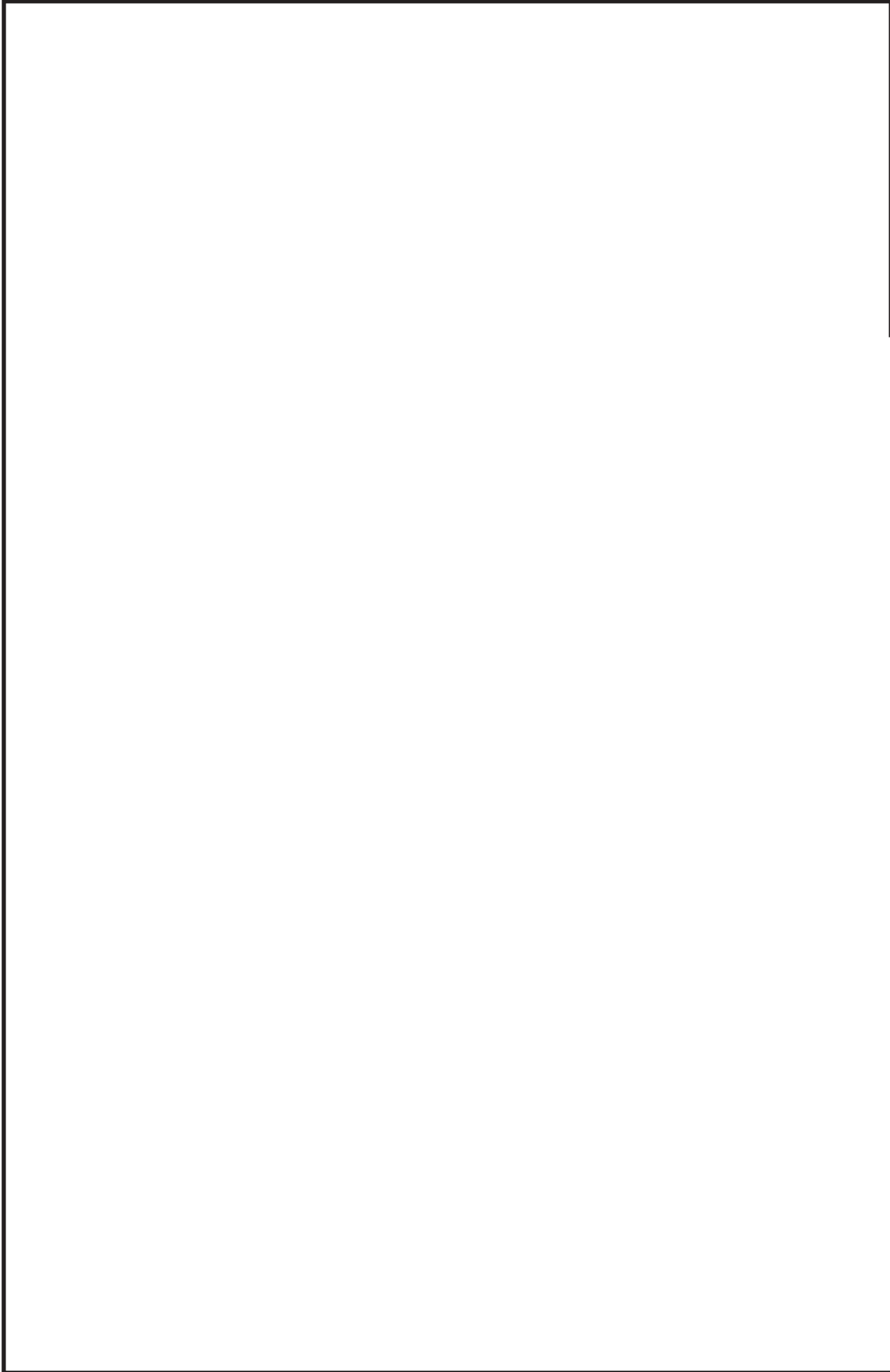
鳥瞰図 MS-001-5/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



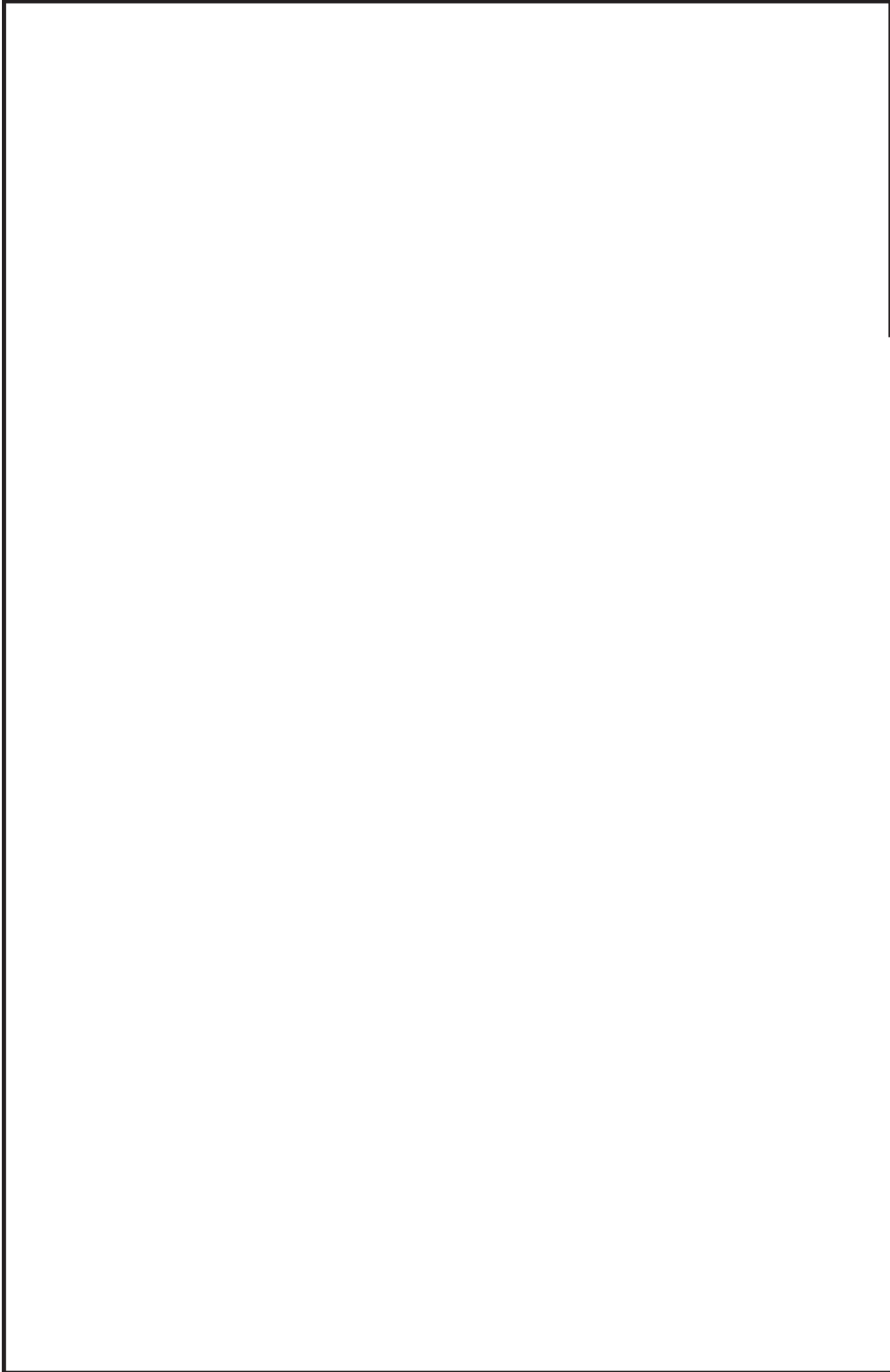
鳥瞰図 MS-001-6/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



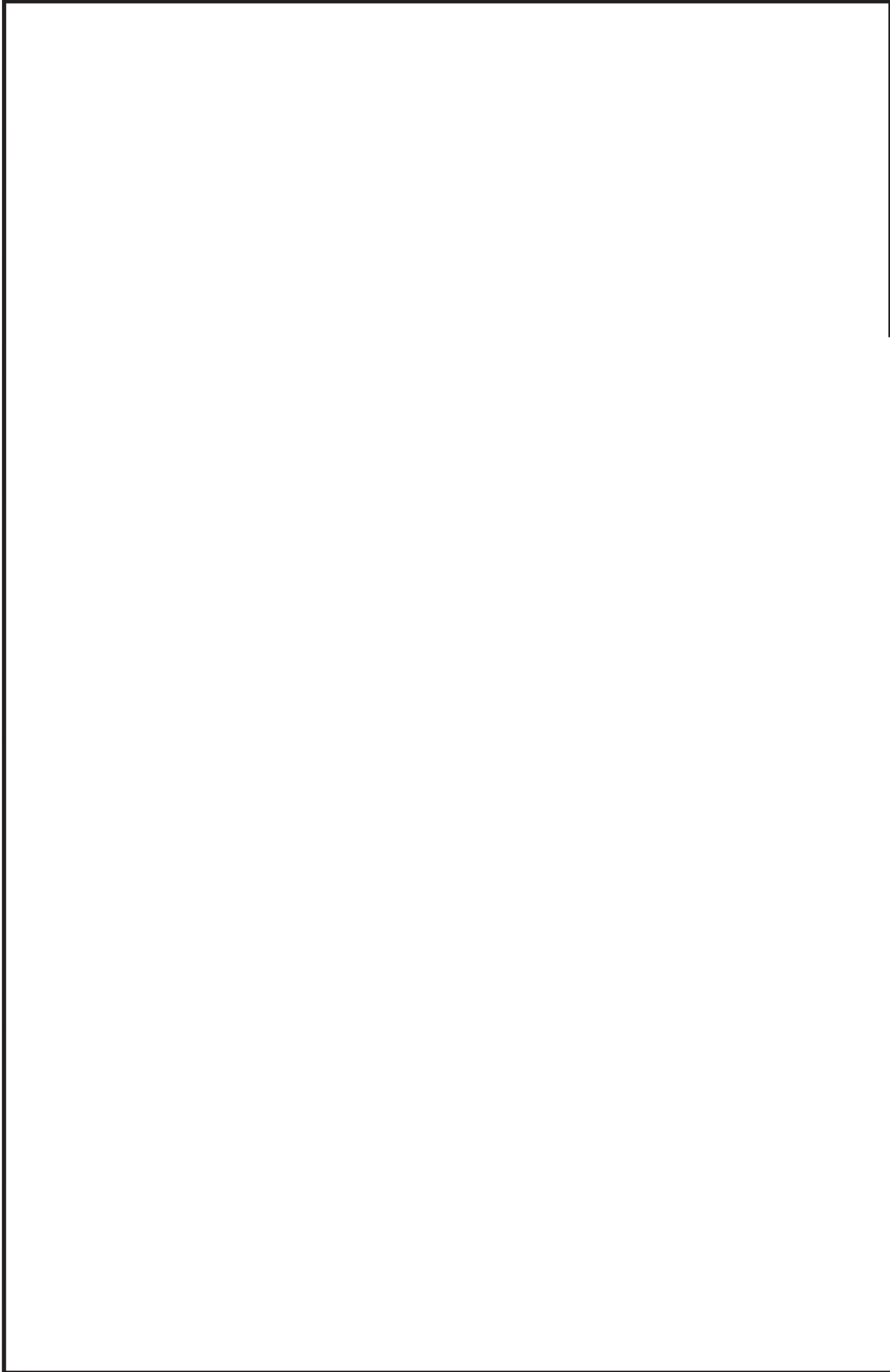
鳥瞰図 MS-001-7/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



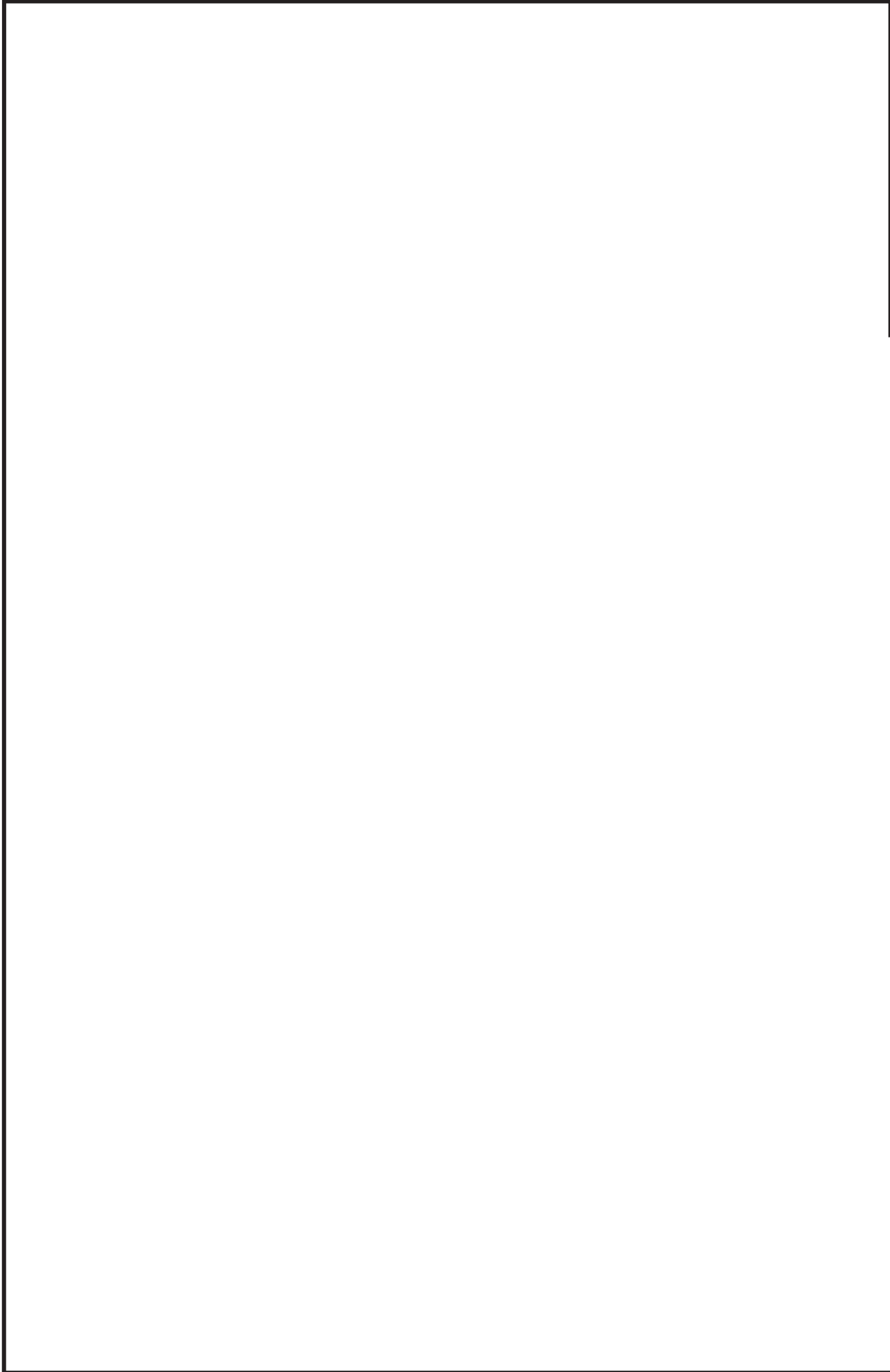
鳥瞰図 MS-001-8/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



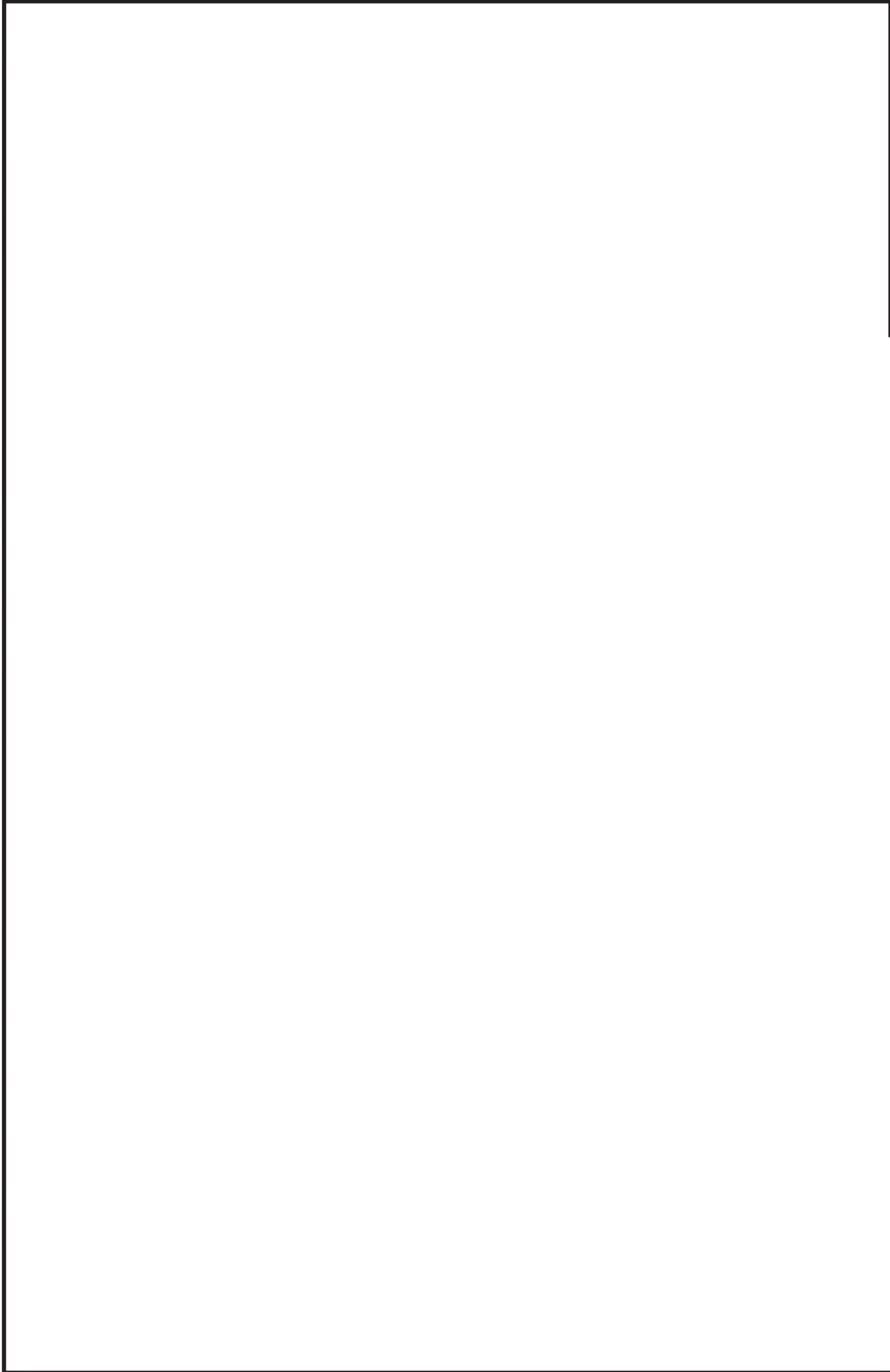
鳥瞰図 MS-001-9/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



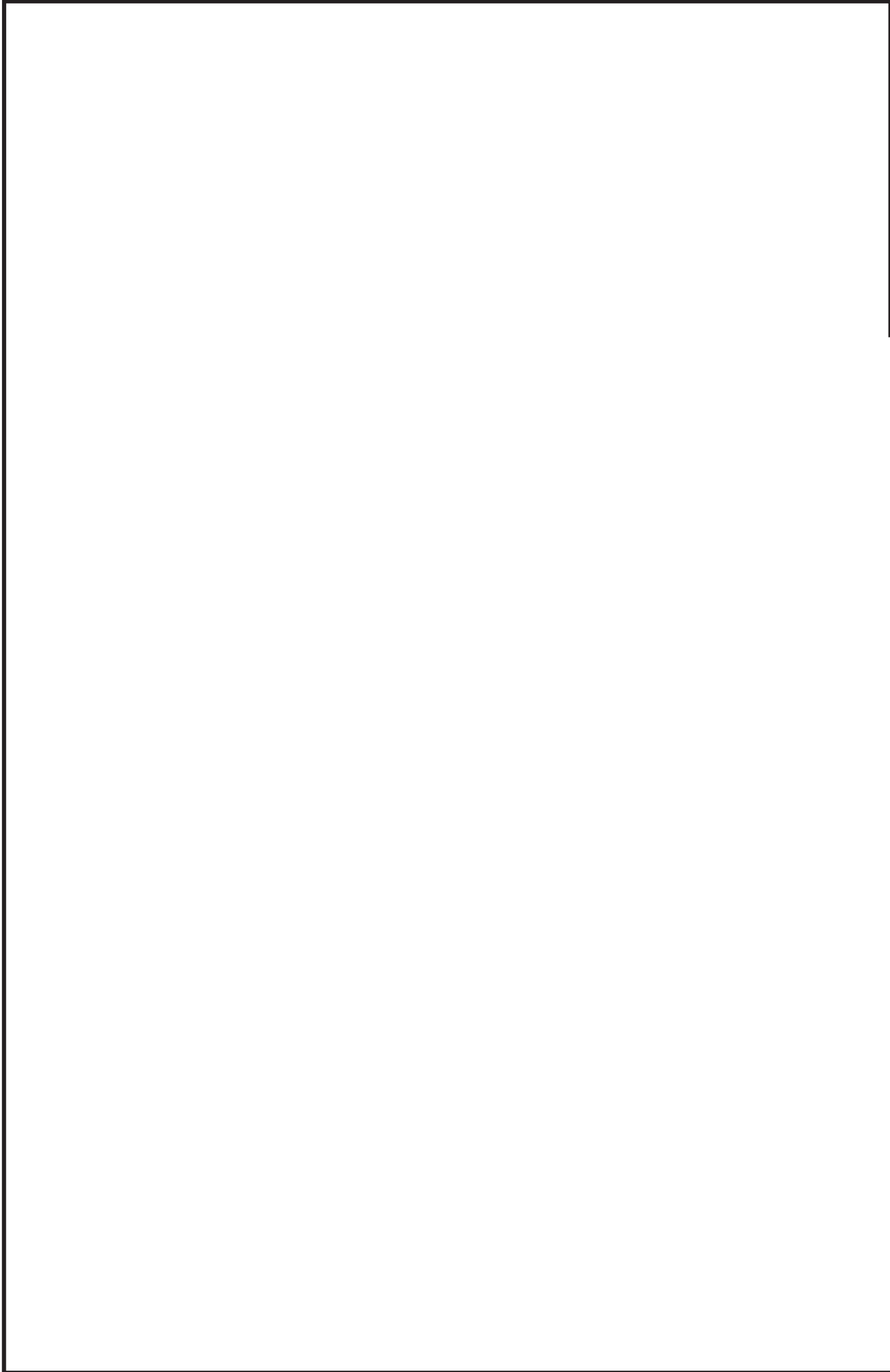
鳥瞰図 MS-001-10/10

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



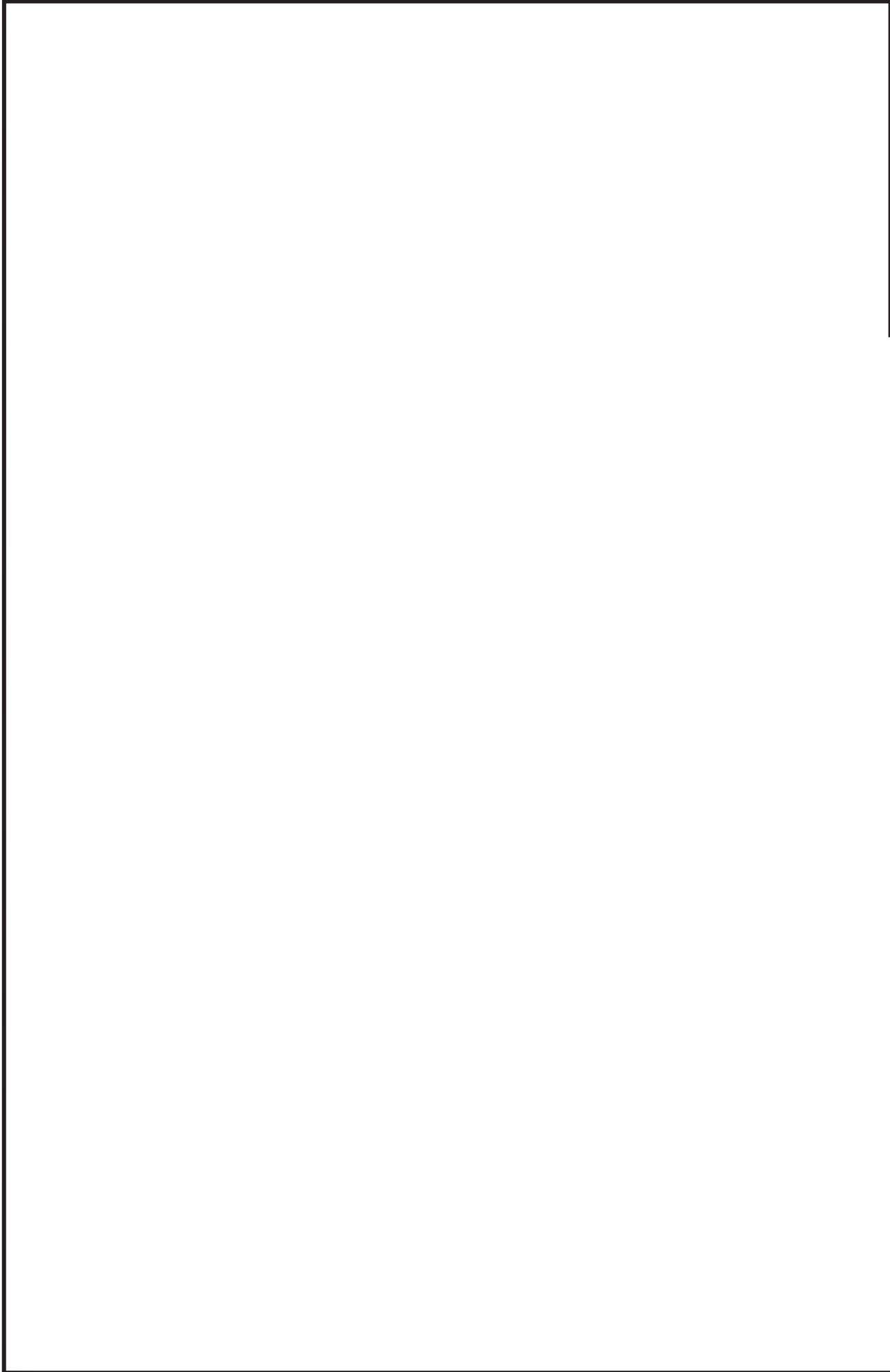
鳥瞰図 MS-002-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



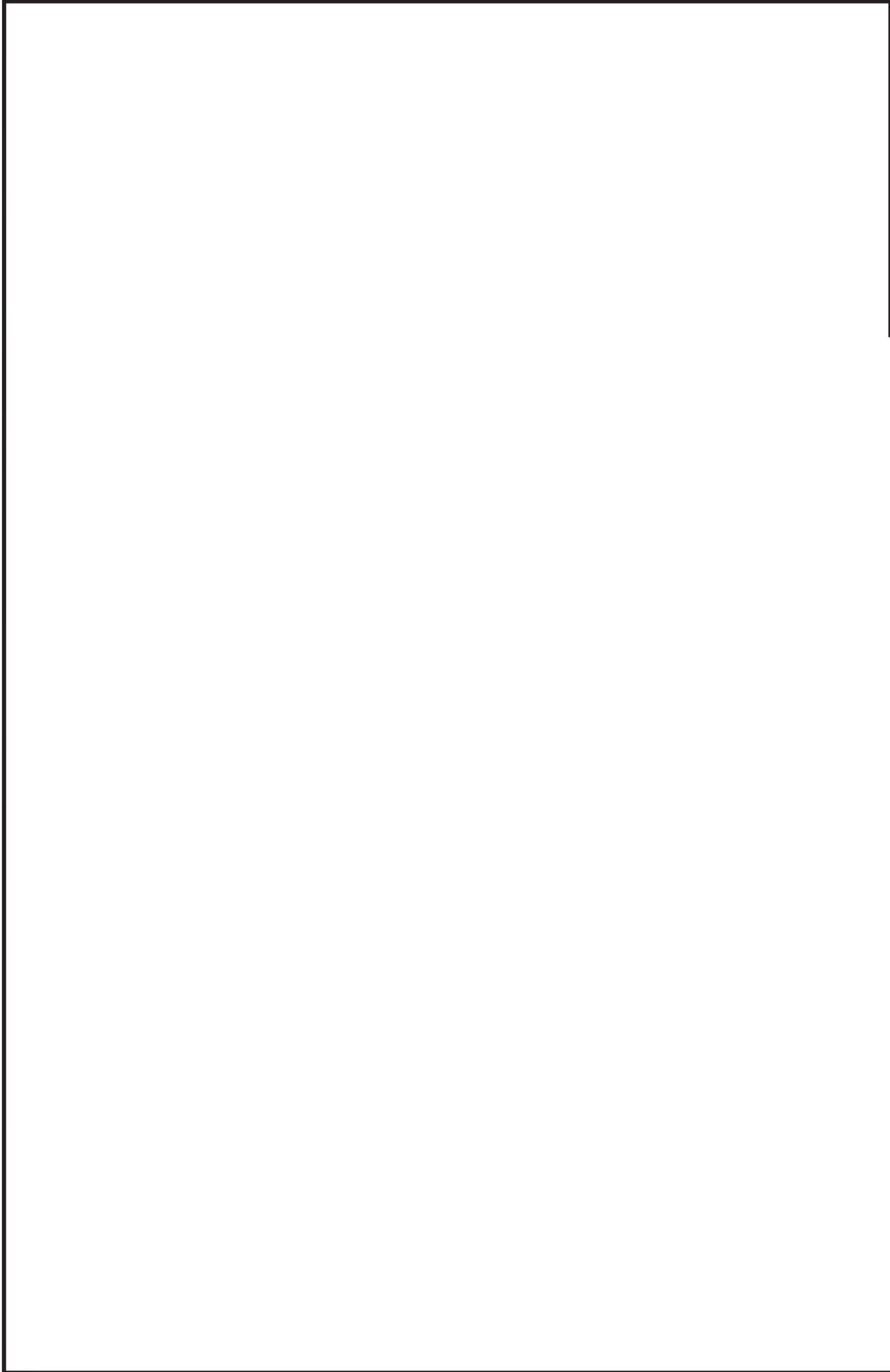
鳥瞰図 MS-002-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



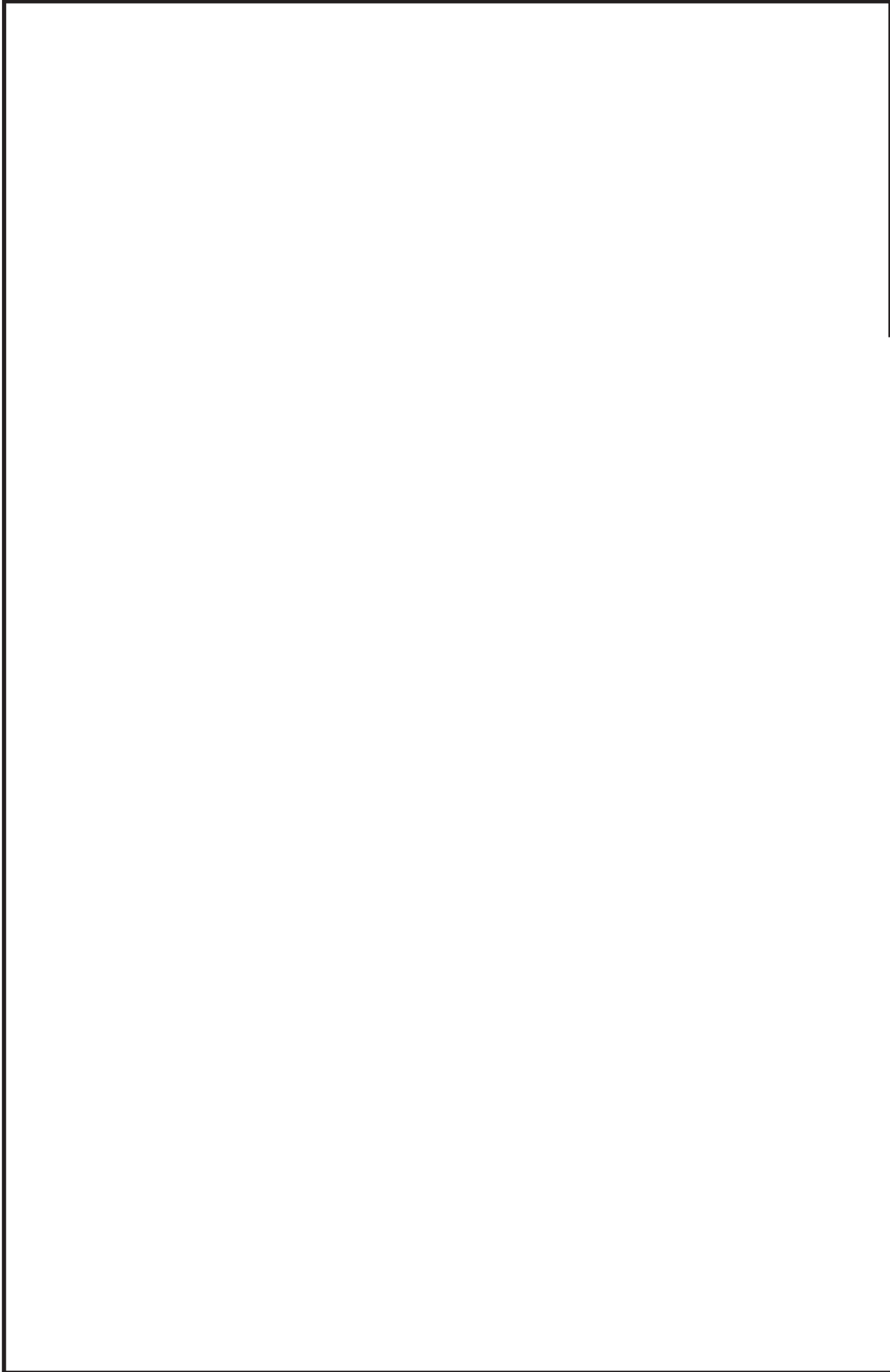
鳥瞰図 MS-002-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 MS-002-4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 MS-002-5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 MS-002-6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス1管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	10.34	315	609.6	31.0	STS49 (STS480)
2	10.34	315	228.6	33.0	SFVC2B

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス1管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	73	74	801	804	805	901	902	904	907		
2	12	14	16	19	44	45	50	51	56	57	62	63	81	82	83
	84														

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 MS-001（クラス1管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		9		17		74		901	
2		10		18		81		902	
3		11		19		82		904	
4		12		44		83		907	
5		13		50		84			
6		14		56		801			
7		15		62		804			
8		16		73		805			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1 弁 2 弁 3 弁 4

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
45		51		57		63	
46		52		58		64	
101		201		301		401	
47		53		59		65	
48		54		60		66	
49		55		61		67	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	46			
弁2	52			
弁3	58			
弁4	64			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス1管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
** 7 **						
** 9 **						
13						
** 15 **						
** 18 **						
** 901 **						
** 902 **						
** 904 **						
** 907 **						

--

O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

計算条件

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	4.71	262	267.4	15.1	STS42 STS410
2	4.71	262	267.4	15.1	STS42 STS410
3	4.71	262	267.4	15.1	SCS16A
4	4.71	262	323.9	17.5	SCS16A

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	101	102	103	104	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
	117	195	198	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
	213	214	215	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312
	313	314	315	316	317	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410
	411	412	414	415	416	417	418	419	491	806	807	808	914	920	
2	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
	147	148	150	151	152	153	154	155	156	157	190	191	192	193	194
	196	197	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227
	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242
	243	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258
	259	260	290	291	292	293	294	295	296	317	318	319	320	321	322
	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337
	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	351	352	353
	354	355	356	357	358	390	391	392	393	394	395	396	419	420	421
	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436
	437	438	439	440	441	442	443	444	446	447	448	449	450	451	452
	453	490	492	493	811	911	918	919							
3	157	158	260	261	358	359	453	454							
4	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172
	173	174	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273
	274	275	276	277	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369
	370	371	372	373	374	375	454	455	456	457	458	459	460	461	462
	463	464	465	466	467	468	469	470							

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 MS－001（クラス2以下の管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
101		169		253		335		421	
102		170		254		336		422	
103		171		255		337		423	
104		172		256		338		424	
106		173		257		339		425	
107		174		258		340		426	
108		190		259		341		427	
109		191		260		342		428	
110		192		261		343		429	
111		193		262		344		430	
112		194		263		345		431	
113		195		264		346		432	
114		196		265		347		433	
115		197		266		348		434	
116		198		267		349		435	
117		201		268		351		436	
118		202		269		352		437	
119		203		270		353		438	
120		204		271		354		439	
121		205		272		355		440	
122		206		273		356		441	
123		207		274		357		442	
124		208		275		358		443	
125		209		276		359		444	
126		210		277		360		446	
127		211		290		361		447	
128		212		291		362		448	
129		213		292		363		449	
130		214		293		364		450	
131		215		294		365		451	
132		216		295		366		452	
133		217		296		367		453	
134		218		301		368		454	
135		219		302		369		455	
136		220		303		370		456	
137		221		304		371		457	
138		222		305		372		458	
139		223		306		373		459	
140		224		307		374		460	
141		225		308		375		461	
142		226		309		390		462	
143		227		310		391		463	
144		228		311		392		464	
145		229		312		393		465	
146		230		313		394		466	
147		231		314		395		467	
148		232		315		396		468	
150		233		316		401		469	
151		234		317		402		470	
152		235		318		403		490	

O 2 ⑥ VI-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 MS-001（クラス2以下の管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
153		236		319		404		491	
154		237		320		405		492	
155		238		321		406		493	
156		239		322		407		806	
157		240		323		408		807	
158		241		324		409		808	
159		242		325		410		811	
160		243		326		411		911	
161		245		327		412		914	
162		246		328		414		918	
163		247		329		415		919	
164		248		330		416		920	
165		249		331		417			
166		250		332		418			
167		251		333		419			
168		252		334		420			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 102 **						
** 104 **						
** 106 **						
109						
112						
117						
** 117 **						
** 122 **						
** 128 **						
132						
135						
** 137 **						
149						
** 149 **						
** 152 **						
** 160 **						
162						
** 162 **						
164						
** 164 **						



O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
166						
** 166 **						
169						
** 169 **						
171						
** 171 **						
173						
** 173 **						
** 195 **						
** 196 **						
204						
207						
** 209 **						
212						
215						
** 215 **						
** 222 **						
225						
230						
** 232 **						
** 244 **						



O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
253						
** 255 **						
** 263 **						
265						
** 265 **						
267						
** 267 **						
269						
** 269 **						
272						
** 272 **						
274						
** 274 **						
276						
** 276 **						
** 295 **						
** 296 **						
302						
** 304 **						
307						
** 309 **						
313						



O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
317						
** 317 **						
** 326 **						
329						
334						
336						
350						
** 350 **						
** 353 **						
** 361 **						
363						
** 363 **						
365						
** 365 **						
367						
** 367 **						
370						
** 370 **						
372						
** 372 **						
374						
** 374 **						



O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 395 **						
** 396 **						
** 402 **						
** 404 **						
407						
409						
414						
** 417 **						
** 419 **						
** 421 **						
423						
** 426 **						
** 432 **						
** 434 **						
445						
** 445 **						
** 448 **						
** 456 **						
458						
** 458 **						



O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
460						
** 460 **						
462						
** 462 **						
465						
** 465 **						
467						
** 467 **						
469						
** 469 **						
** 911 **						
** 914 **						
919						
** 920 **						

O 2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

計算条件

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-002

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	4.71	262	267.4	15.1	STS42 STS410
2	4.71	262	267.4	15.1	STS42 STS410
3	4.71	262	267.4	15.1	SCS16A
4	4.71	262	323.9	17.5	SCS16A

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS-002

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
	116	117	118	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
	213	214	215	803	805	806	901	908	911	921					
2	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	141	142	143	144	145	146	147	148
	149	150	151	152	153	154	155	156	157	181	215	216	217	218	219
	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	249	250
	251	252	253	254	255	278	281	804	807	903	905	923			
3	157	158	255	256											
4	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172
	173	180	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268
	269	270	271	280											

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 MS-002

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
101		133		166		223		256	
102		134		167		224		257	
103		135		168		225		258	
104		136		169		226		259	
105		137		170		227		260	
106		138		171		228		261	
107		139		172		229		262	
108		141		173		230		263	
109		142		180		231		264	
110		143		181		232		265	
111		144		201		233		266	
112		145		202		234		267	
113		146		203		235		268	
114		147		204		236		269	
115		148		205		237		270	
116		149		206		238		271	
117		150		207		239		278	
118		151		208		240		280	
119		152		209		241		281	
120		153		210		242		803	
121		154		211		243		804	
122		155		212		244		805	
123		156		213		245		806	
124		157		214		246		807	
125		158		215		247		901	
126		159		216		249		903	
127		160		217		250		905	
128		161		218		251		908	
129		162		219		252		911	
130		163		220		253		921	
131		164		221		254		923	
132		165		222		255			

O2 ⑥ VI-3-3-2-1-3-2(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 104 **						
108						
110						
114						
117						
** 118 **						
** 121 **						
** 128 **						
** 130 **						
** 140 **						
149						
** 151 **						
** 159 **						
161						
** 161 **						
163						
** 163 **						
165						
** 165 **						



O2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
168						
** 168 **						
170						
** 170 **						
172						
** 172 **						
** 204 **						
** 208 **						
** 210 **						
214						
** 215 **						
** 219 **						
** 224 **						
** 233 **						
** 235 **						
248						
** 248 **						
** 250 **						
** 257 **						



O2 ⑥ VI-3-3-3-2-1-3-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
259						
** 259 **						
261						
** 261 **						
263						
** 263 **						
266						
** 266 **						
268						
** 268 **						
270						
** 270 **						
** 901 **						
** 903 **						
** 905 **						
** 908 **						
** 911 **						
** 921 **						
** 923 **						

--

O2 ⑥ VI-3-3-2-1-3-2(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)	
		S m	S h
SFVC2B	315	120	—
STS49	315	136	—
SCS16A	262	—	89
STS42 STS410	262	—	102

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)		
		S m	S y	S h
SFVC2B	315	123	184	—
STS49 (STS480)	315	136	205	—
SCS16A	262	—	—	98
STS42 STS410	262	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 3・S m
MS-001	16	S p r m	94	408

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 Min(3・S m, 2・S y)
MS-001	16	S p r m	96	408

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
告示第501号第56条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
MS-001	424 361	S p r m (1) S p r m (2)	37 91	S h 1.2・S h 102 106

注記 * : S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 告示第501号第56条第1号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
MS-001	424	S p r m (1)	S p r m (1)	1. 5 ・ S h
	361	S p r m (2)	S p r m (2)	1. 8 ・ S h

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520 (1) , (2) に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
告示第501号第56条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
MS-002	226	S p r m (1)	39	102
	257	S p r m (2)	81	106

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 告示第501号第56条第1号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
MS-002	226	S p r m (1)	S p r m (1)	1. 5 ・ S h
	257	S p r m (2)	S p r m (2)	1. 8 ・ S h

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520 (1) , (2) に基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス1管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *				代表
		一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	
1	MS-001	16	94	408	4.34	○
2	MS-002	17	93	408	4.38	—
3	MS-003	17	91	408	4.48	—
4	MS-004	15	80	408	5.10	—

注記*：告示第501号第46条第1号及び第3号に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス1管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *				代表
		一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	
1	MS-001	16	96	408	4.25	○
2	MS-002	17	95	408	4.29	—
3	MS-003	17	93	408	4.38	—
4	MS-004	15	81	408	5.03	—

注記* : 設計・建設規格 PPB-3520 及びPPB-3562 に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *1				運転状態 (V) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	MS-001	424	37	102	2.75	—	361	91	106	1.16	○
2	MS-002	226	39	102	2.61	○	257	81	106	1.30	—
3	MS-003	128	35	102	2.91	—	251	76	106	1.39	—
4	MS-004	131	36	102	2.83	—	237	79	122	1.54	—
5	MS-05	3	19	113	5.94	—	3	20	135	6.75	—
6	MS-06	4	15	113	7.53	—	4	16	135	8.43	—
7	MS-07	4	14	113	8.07	—	4	15	135	9.00	—
8	MS-08	5	14	113	8.07	—	5	15	135	9.00	—
9	MS-09	4	16	113	7.06	—	4	17	135	7.94	—
10	MS-10	4	13	113	8.69	—	4	14	135	9.64	—
11	MS-11	4	14	113	8.07	—	4	15	135	9.00	—

注記*1: 告示第501号第56条第1号(イ)に基づき計算した一次応力を示す。

*2: 告示第501号第56条第1号(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *1				運転状態 (V) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
12	MS-12	3	13	113	8.69	—	3	14	135	9.64	—
13	MS-13	6	14	113	8.07	—	6	15	135	9.00	—
14	MS-14	3	10	113	11.30	—	3	11	135	12.27	—
15	MS-15	3	14	113	8.07	—	3	15	135	9.00	—
16	MS-16	4	15	113	7.53	—	4	16	135	8.43	—
17	MS-17	4	11	113	10.27	—	4	12	135	11.25	—
18	MS-18	4	11	113	10.27	—	4	12	135	11.25	—
19	MS-19	3	10	113	11.30	—	3	11	135	12.27	—
20	MS-20	3	19	113	5.94	—	3	20	135	6.75	—
21	MS-21	4	12	113	9.41	—	4	13	135	10.38	—

注記*1：告示第501号第56条第1号（イ）に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号（ロ）に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *1				供用状態 (E) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	MS-001	424	53	154	2.90	—	361	158	176	1.11	○
2	MS-002	226	56	154	2.75	○	257	138	176	1.27	—
3	MS-003	128	50	154	3.08	—	251	129	176	1.36	—
4	MS-004	425	49	154	3.14	—	459	125	176	1.40	—
5	MS-05	3	23	169	7.34	—	3	24	203	8.45	—
6	MS-06	4	19	169	8.89	—	4	20	203	10.15	—
7	MS-07	4	18	169	9.38	—	4	19	203	10.68	—
8	MS-08	5	18	169	9.38	—	5	19	203	10.68	—
9	MS-09	4	20	169	8.45	—	4	21	203	9.66	—
10	MS-10	4	17	169	9.94	—	4	18	203	11.27	—
11	MS-11	4	18	169	9.38	—	4	19	203	10.68	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *1				供用状態 (E) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
12	MS-12	3	17	169	9.94	—	3	18	203	11.27	—
13	MS-13	6	21	169	8.04	—	6	22	203	9.22	—
14	MS-14	3	14	169	12.07	—	3	15	203	13.53	—
15	MS-15	3	18	169	9.38	—	3	19	203	10.68	—
16	MS-16	4	19	169	8.89	—	4	20	203	10.15	—
17	MS-17	4	15	169	11.26	—	4	16	203	12.68	—
18	MS-18	4	15	169	11.26	—	4	16	203	12.68	—
19	MS-19	3	14	169	12.07	—	3	15	203	13.53	—
20	MS-20	3	23	169	7.34	—	3	24	203	8.45	—
21	MS-21	4	16	169	10.56	—	4	17	203	11.94	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-2-2 復水給水系の強度計算書

目 次

VI-3-3-3-2-2-1 管の強度計算書（復水給水系）

VI-3-3-3-2-2-1 管の強度計算書（復水給水系）

目 次

VI-3-3-3-2-2-1-1 管の基本板厚計算書（復水給水系）

VI-3-3-3-2-2-1-2 管の応力計算書（復水給水系）

VI-3-3-3-2-2-1-1 管の基本板厚計算書（復水給水系）

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2 管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
その他1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	S55告示	既工認	—	SA-2
その他 C1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	10.34	315	S55告示	既工認	—	SA-2
その他 T1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	10.34	315	S55告示	既工認	—	SA-2

*：既工認において評価を実施しており，かつ評価で使用する圧力及び温度は設計基準対象施設としての使用時における最高使用圧力及び最高使用温度であり評価条件に変更はないことから，評価結果については平成3年6月19日付け 第4回 3資庁第1003号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-2-1-8-8-1 管の基本板厚計算書」による。

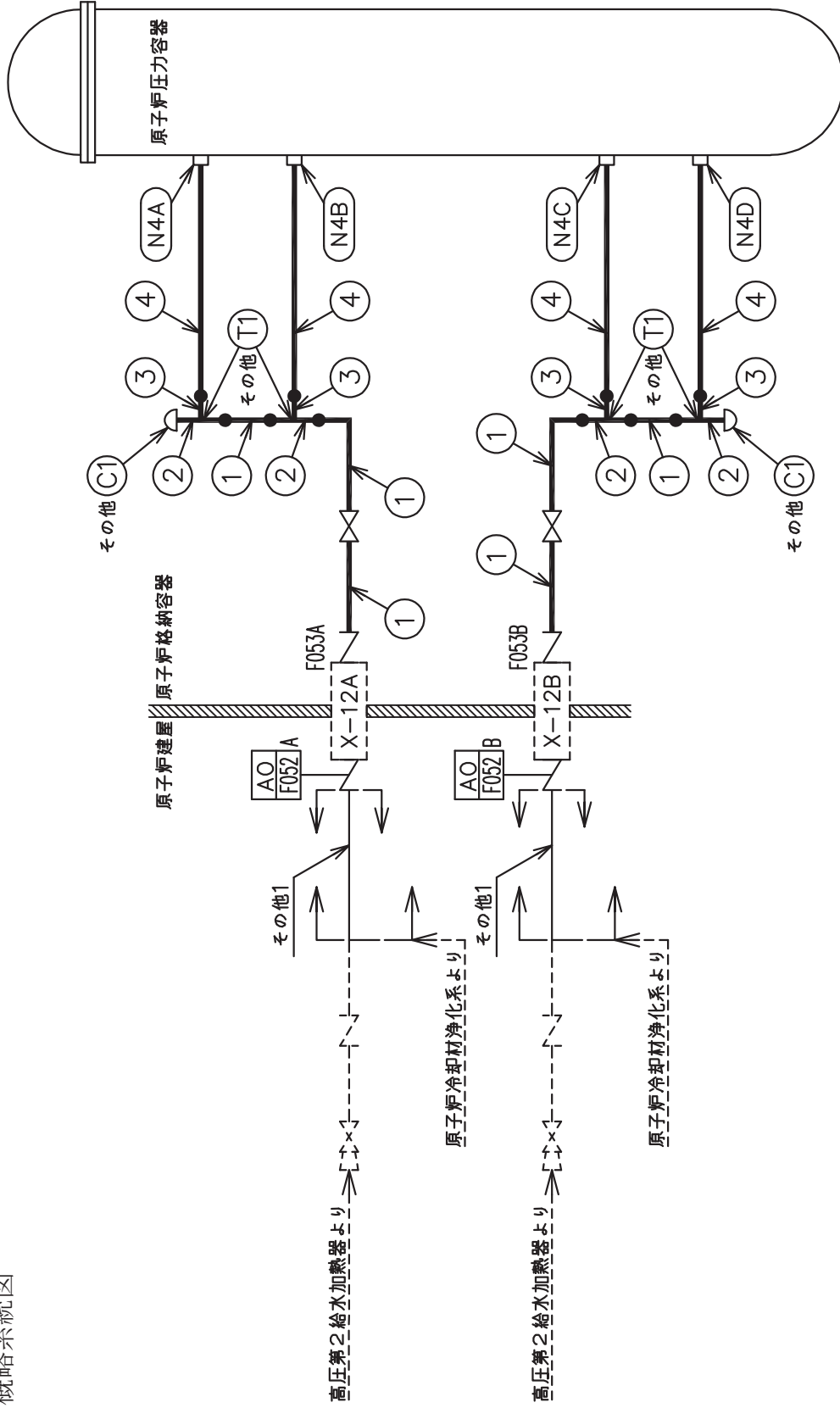
・適用規格の選定

管No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号
3	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	許容値	告示第501号
4	管の板厚計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2

1. 概略系統図



その他 (C1) (T1) 本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け 第4回 3審庁第1003号にて認可された工事計画書の添付書類「IV-2-1-8-8-1 管の基本板厚計算書」による。

復水給水系概略系統図

2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス 2 管)
設計・建設規格 PPB-3411 及び PPB-3561 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 _m (MPa)	Q	t _s (mm)	t* (mm)	算 式	t _r (mm)	事故時圧力 P _E (MPa)	許容圧力 P _{aE} (MPa)
1	8.62	302	457.20	29.40	STS42 (STS410)	S	1	122	12.5%	25.72	15.71	A	15.71	10.34	17.24
4	8.62	302	318.50	21.40	STS42 (STS410)	S	1	122	12.5%	18.72	10.95	A	10.95	10.34	17.24

* : 最高使用圧力 P により計算した必要厚さ。

評価 : $t_s \geq t_r$, $P_E \leq P_{aE}$, 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）
告示第49条第1項及び4項2号 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 _m (MPa)	Q	t _s (mm)	t* (mm)	算 式	t _r (mm)	事故時圧力 P _E (MPa)	許容圧力 P _{aE} (MPa)
2	8.62	302	457.20	29.40	SFVC2B	S	1	122	12.5%	25.72	15.71	A	15.71	10.34	17.24
3	8.62	302	318.50	21.40	SFVC2B	S	1	122	12.5%	18.72	10.95	A	10.95	10.34	17.24

*：最高使用圧力Pにより計算した必要厚さ。

評価：t_s ≧ t_r, P_E ≦ P_{aE}, よって十分である。

VI-3-3-3-2-2-1-2 管の応力計算書（復水給水系）

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-3 クラス2機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法」並びに「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)					SA条件 温度 (°C)
FDW-001	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	S55告示	既工認	—	SA-2
	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	8.62	302	8.62	302	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	11.77	66	11.77	66	S55告示	既工認	—	SA-2

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	11
3.1 設計条件	11
3.2 材料及び許容応力	13
4. 評価結果	15
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	17

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-3 クラス2機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。



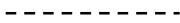


(1) 管

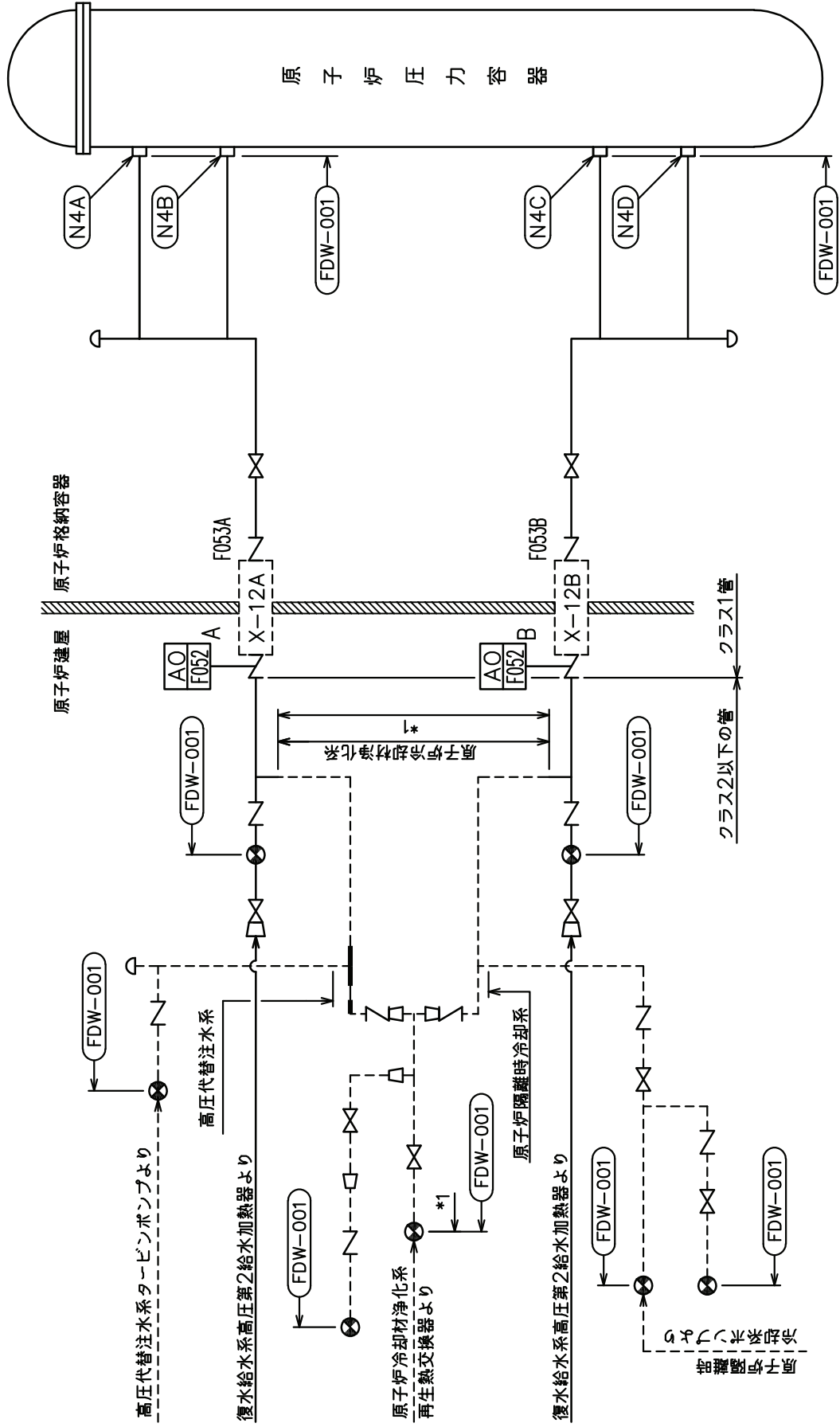
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全1モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ


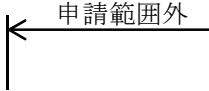


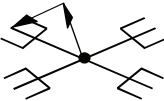
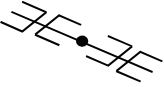

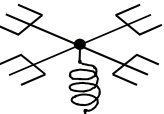


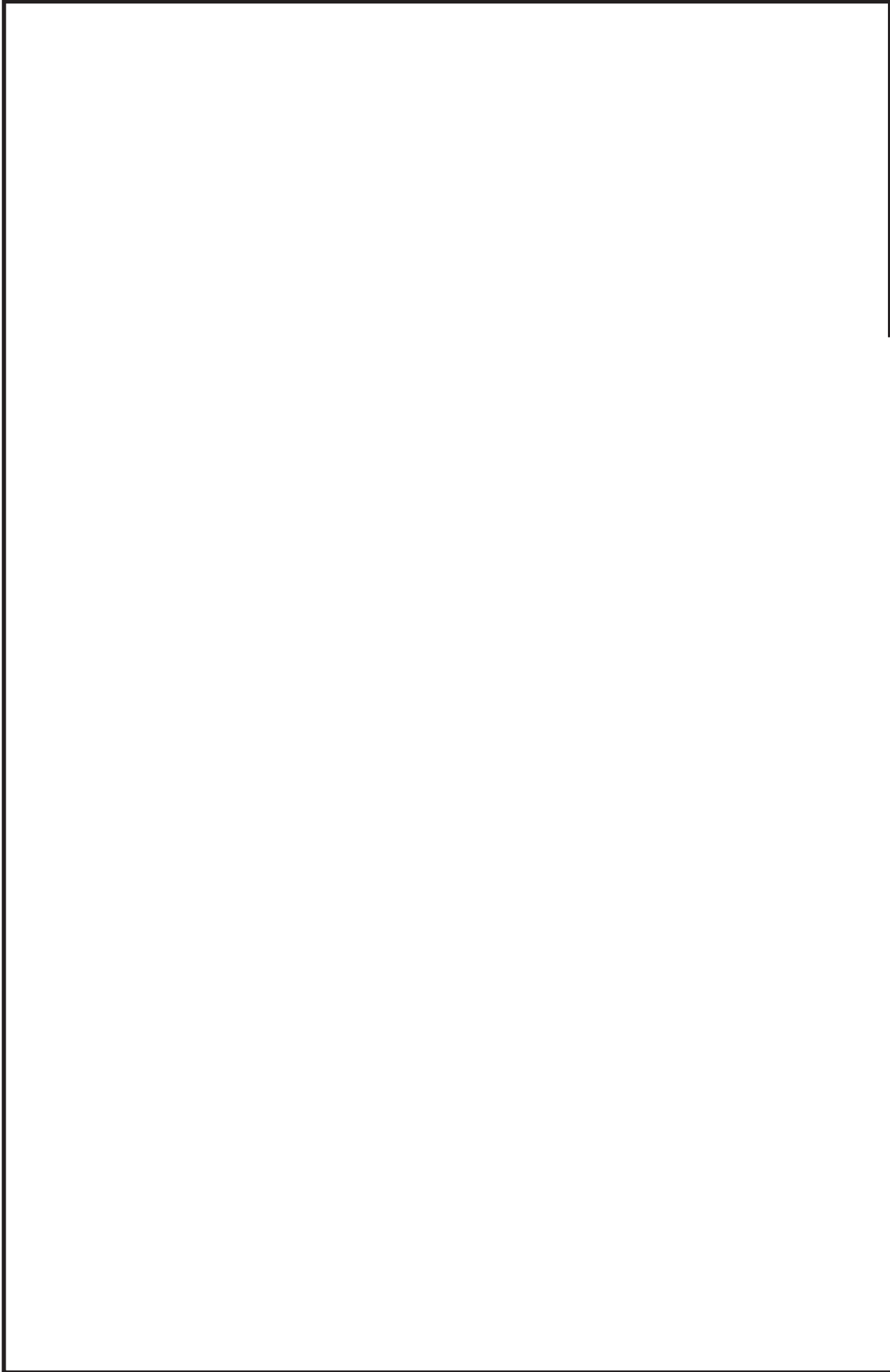
注記 *1: 原子炉冷却材浄化系
解析モデル上本系統に含める。

復水給水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

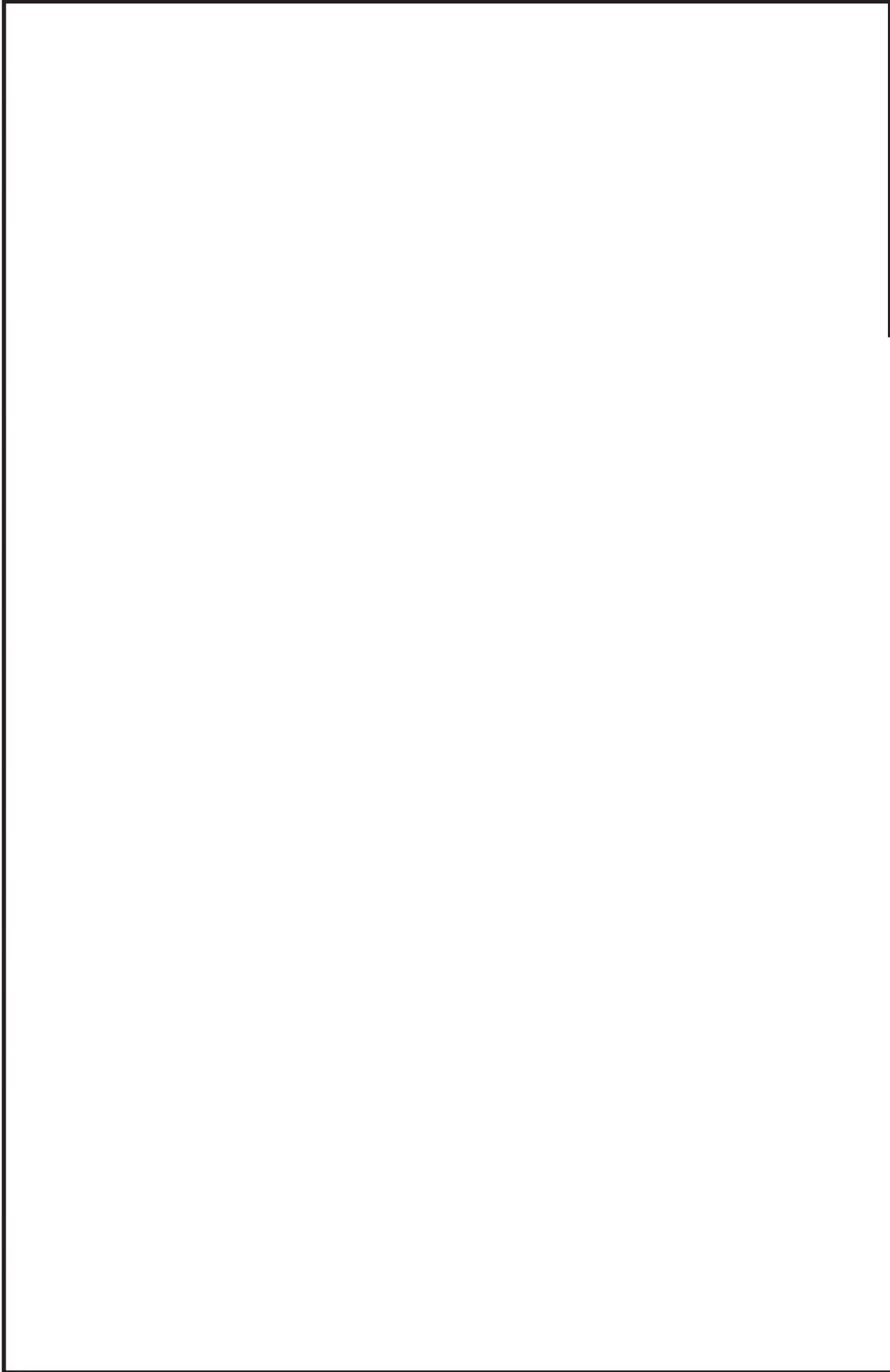
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナツバについても同様とする。)</p>
	<p>スナツバ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>



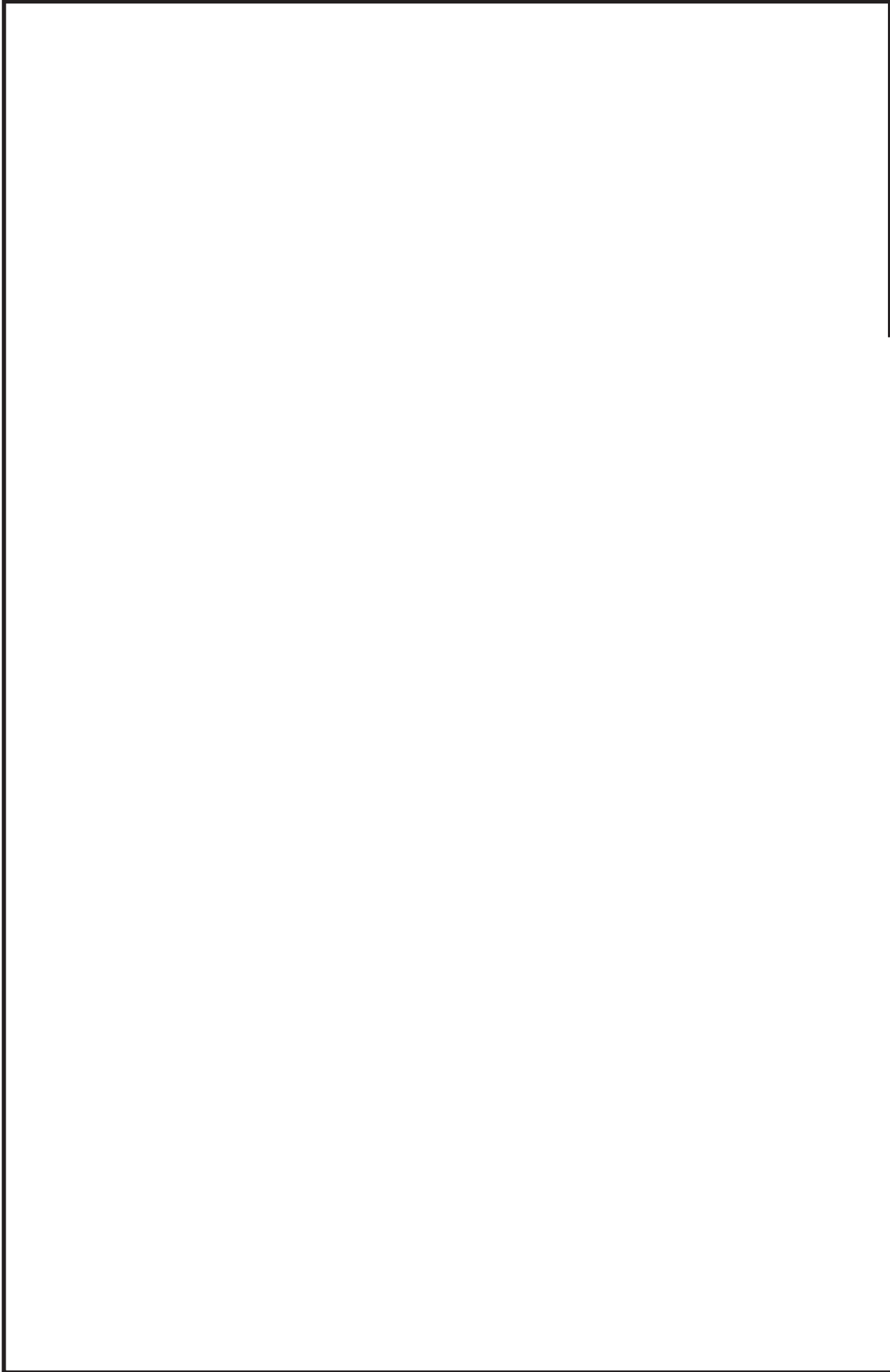
鳥瞰図 | FDW-001-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



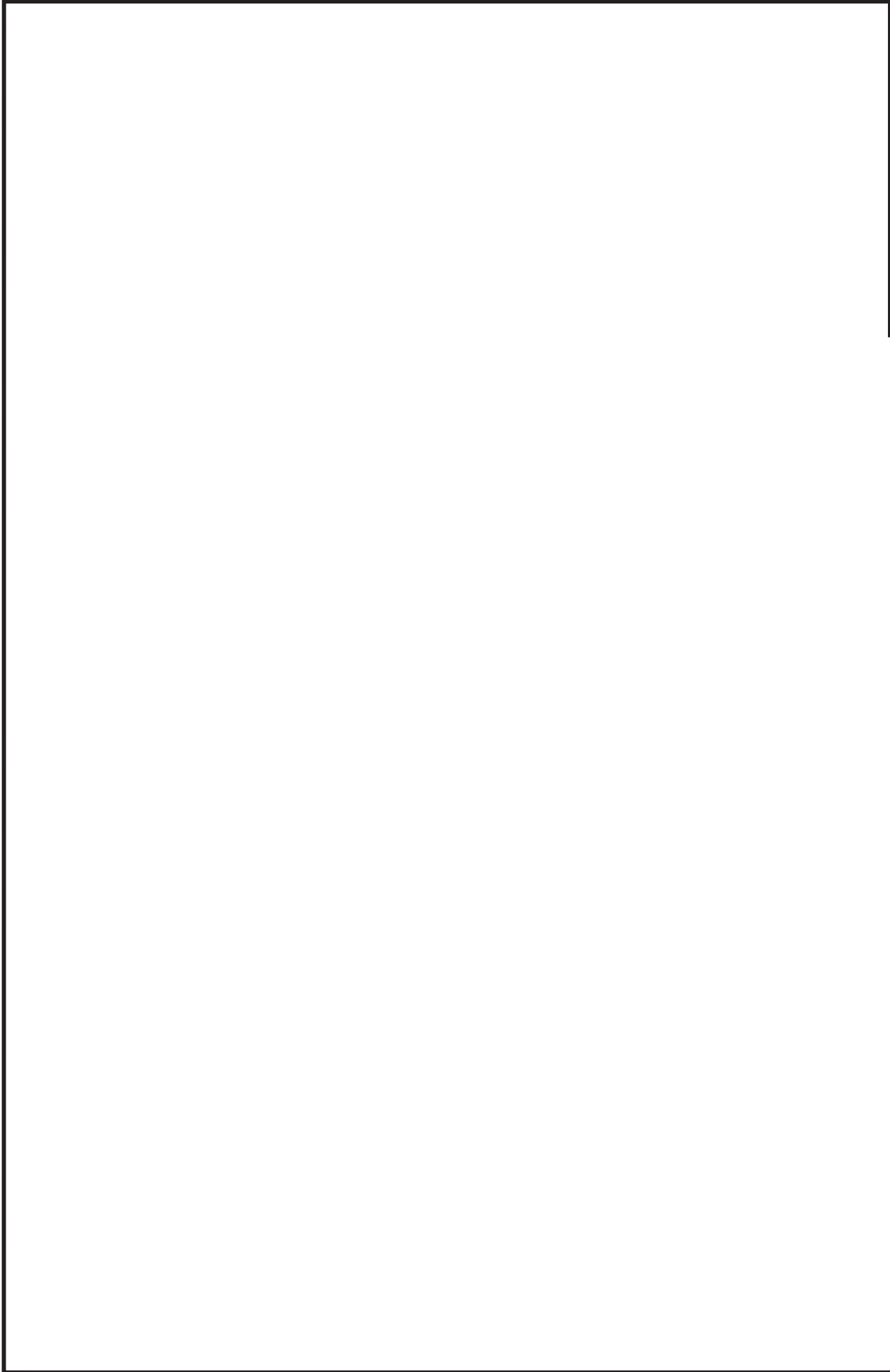
鳥瞰図 | FDW-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



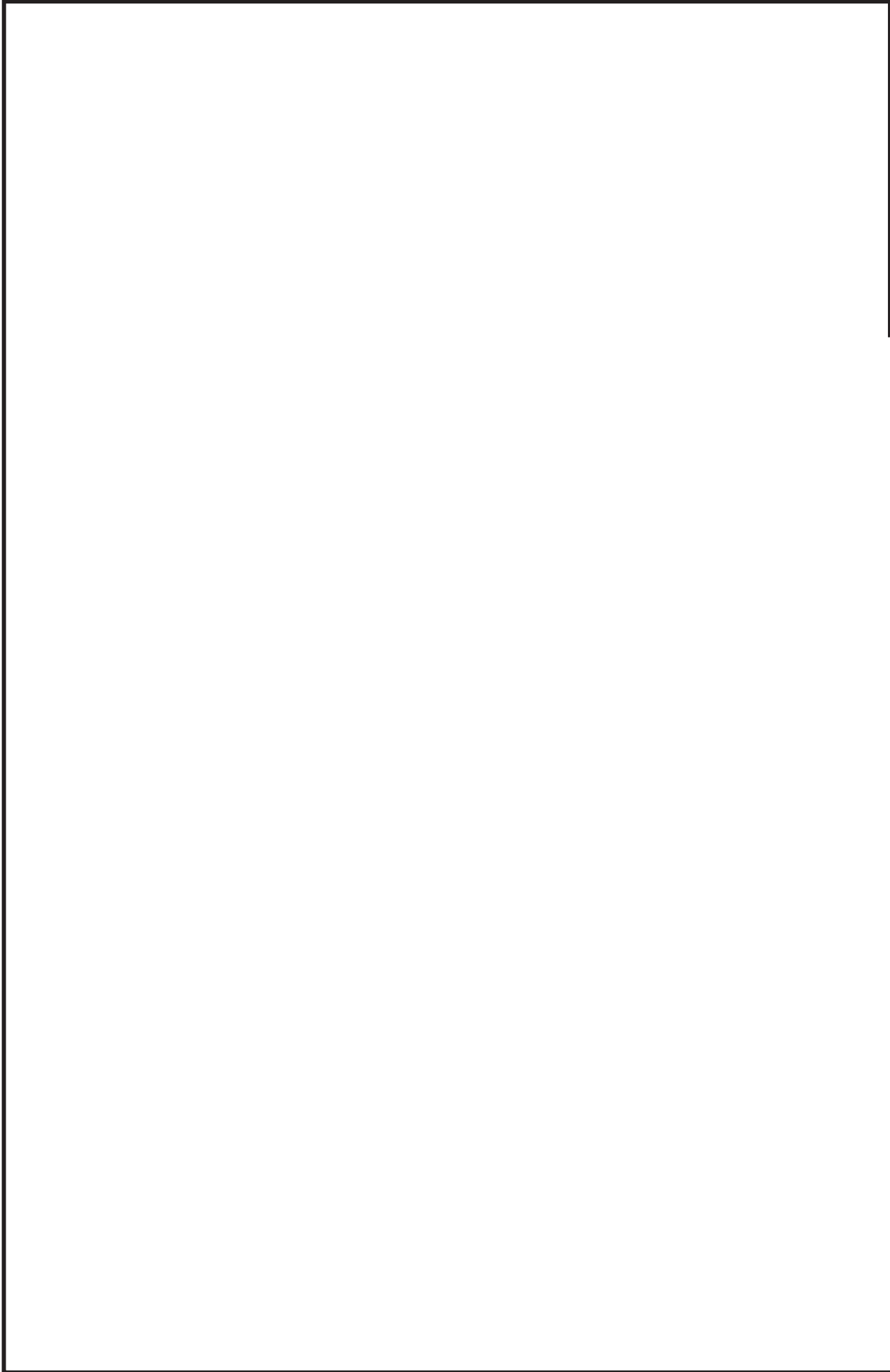
鳥瞰図 | FDW-001-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



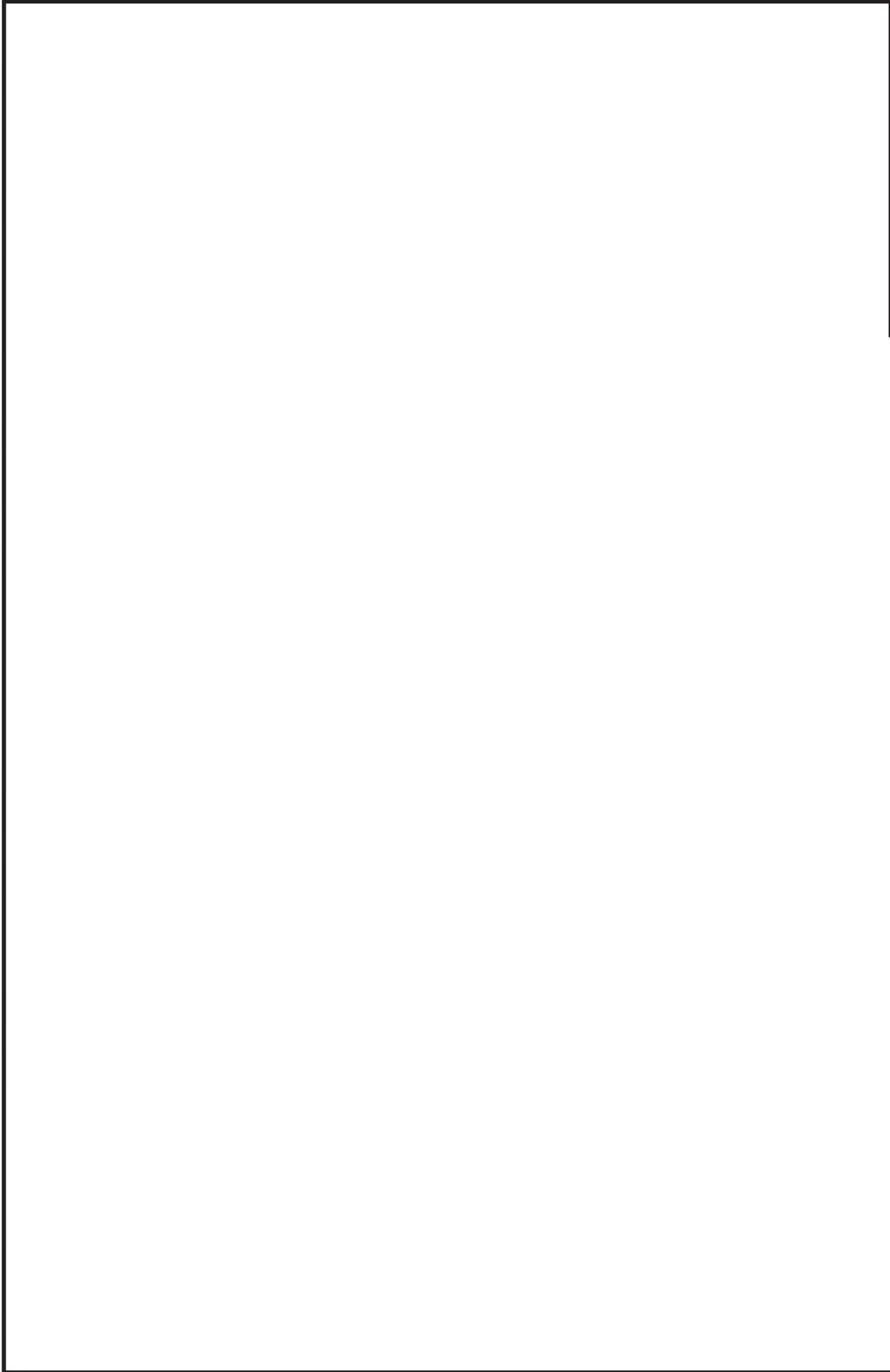
鳥瞰図 | FDW-001-4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | FDW-001-5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | FDW-001-6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B
2	8.62	302	165.2	14.3	STS410

設計条件

管名称と対応する評価点
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	634 635 814
2	627 822 823

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
627		635		822	
634		814		823	

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S _h
SFVC2B	302	119
STS410	302	102

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)
		S h
SFVC2B	302	120
STS410	302	103

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管
告示第 5 0 1 号第 56 条による評価結果

鳥瞰図	運転状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力*2
FDW-001	(I, II)	627	S p r m (1)	29	102	—	—
	(I, II)	627	S n (a)	—	—	73	255
	(I, II)	627	S p r m (2)	32	122	—	—
	(I, II)	627	S n (b)	—	—	76	275

注記 *1: S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 1 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力, S n (a), S n (b)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a (c), S a (d)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(ハ), (ニ)に基づき計算した許容応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	供用 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力*2
FDW-001	(A, B)	627	S p r m(1)	32	154	—	—
	(A, B)	627	S n(a)	—	—	76	257
	(A, B)	627	S p r m(2)	35	185	—	—
	(A, B)	627	S n(b)	—	—	79	278

注記 *1: S p r m(1), S p r m(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力, S n(a), S n(b)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3530(1)a, bに基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a(c), S a(d)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3530(1)c, dに基づき計算した許容応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2管)

No.	配管モデル	運転状態 (I, II) *1				運転状態 (I, II) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FDW-001	627	29	102	3.51	○	627	32	122	3.81	○

注記*1：告示第501号第56条第1号(イ)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス 2 管)

No.	配管モデル	運転状態 (I, II) *3				運転状態 (I, II) *4					
		一次+二次応力				一次+二次応力					
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度 代表	評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度 代表		
1	FDW-001	627	73	255	3.49	○	627	76	275	3.61	○

注記*3：告示第501号第56条第2号（イ）に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：告示第501号第56条第2号（ロ）に基づき計算した一次+二次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2管)

No.	配管モデル	供用状態 (A, B) *1				供用状態 (A, B) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FDW-001	627	32	154	4.81	○	627	35	185	5.28	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2管)

No.	配管モデル	供用状態 (A, B) *3				供用状態 (A, B) *4					
		一次+二次応力				一次+二次応力					
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度 代表	評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度 代表		
1	FDW-001	627	76	257	3.38	○	627	79	278	3.51	○

注記*3：設計・建設規格 PPC-3530(1)a に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：設計・建設規格 PPC-3530(1)b に基づき計算した一次+二次応力を示す。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	11
3.1 設計条件	11
3.2 材料及び許容応力	21
4. 評価結果	23
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	27

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。



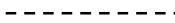
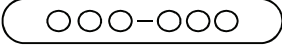

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 1 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図


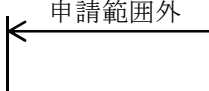
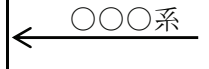


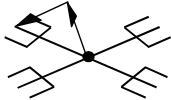
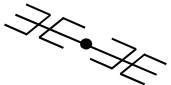
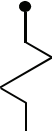
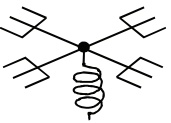
2.1 概略系統図

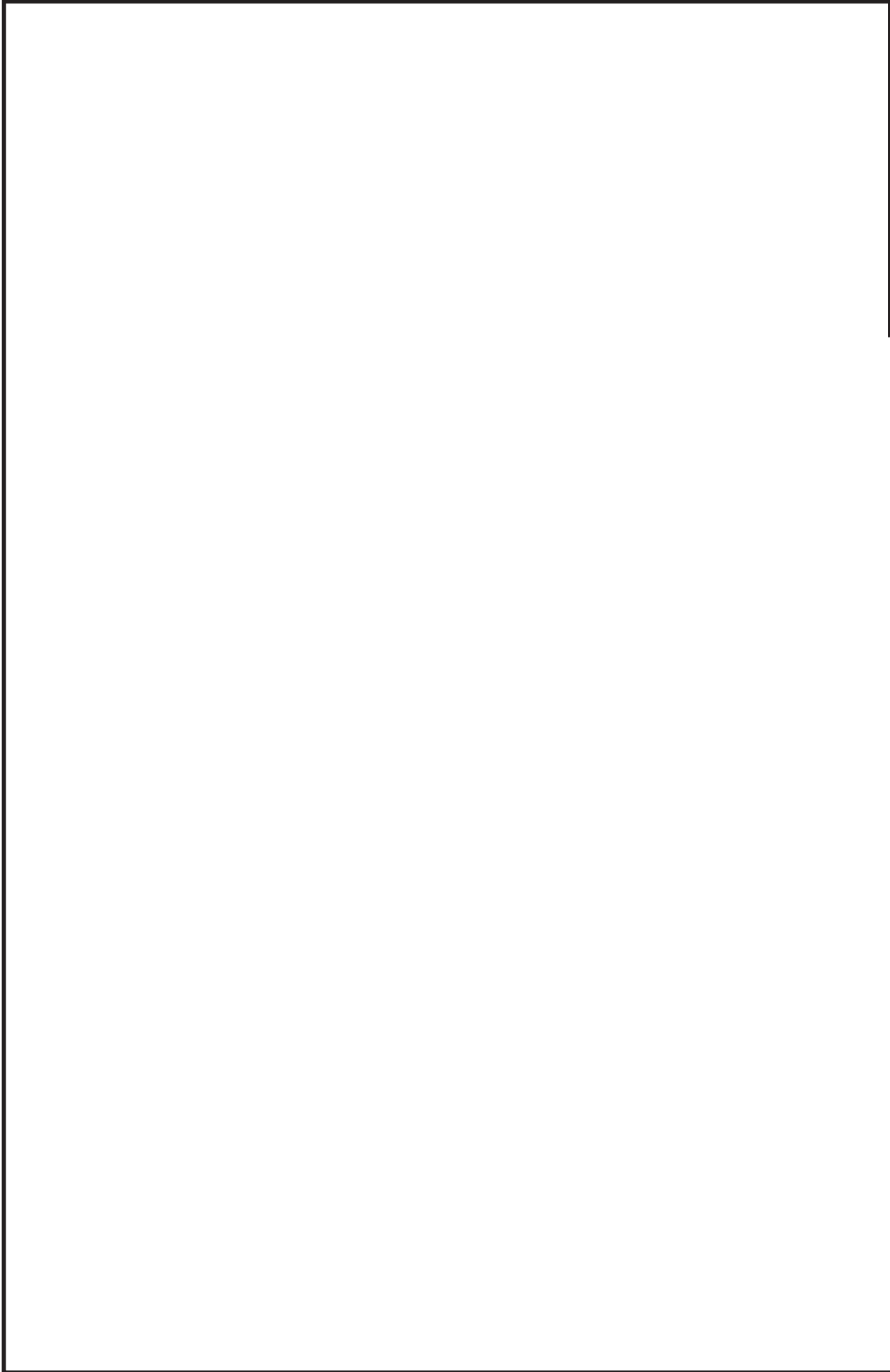
概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

2.2 鳥瞰図

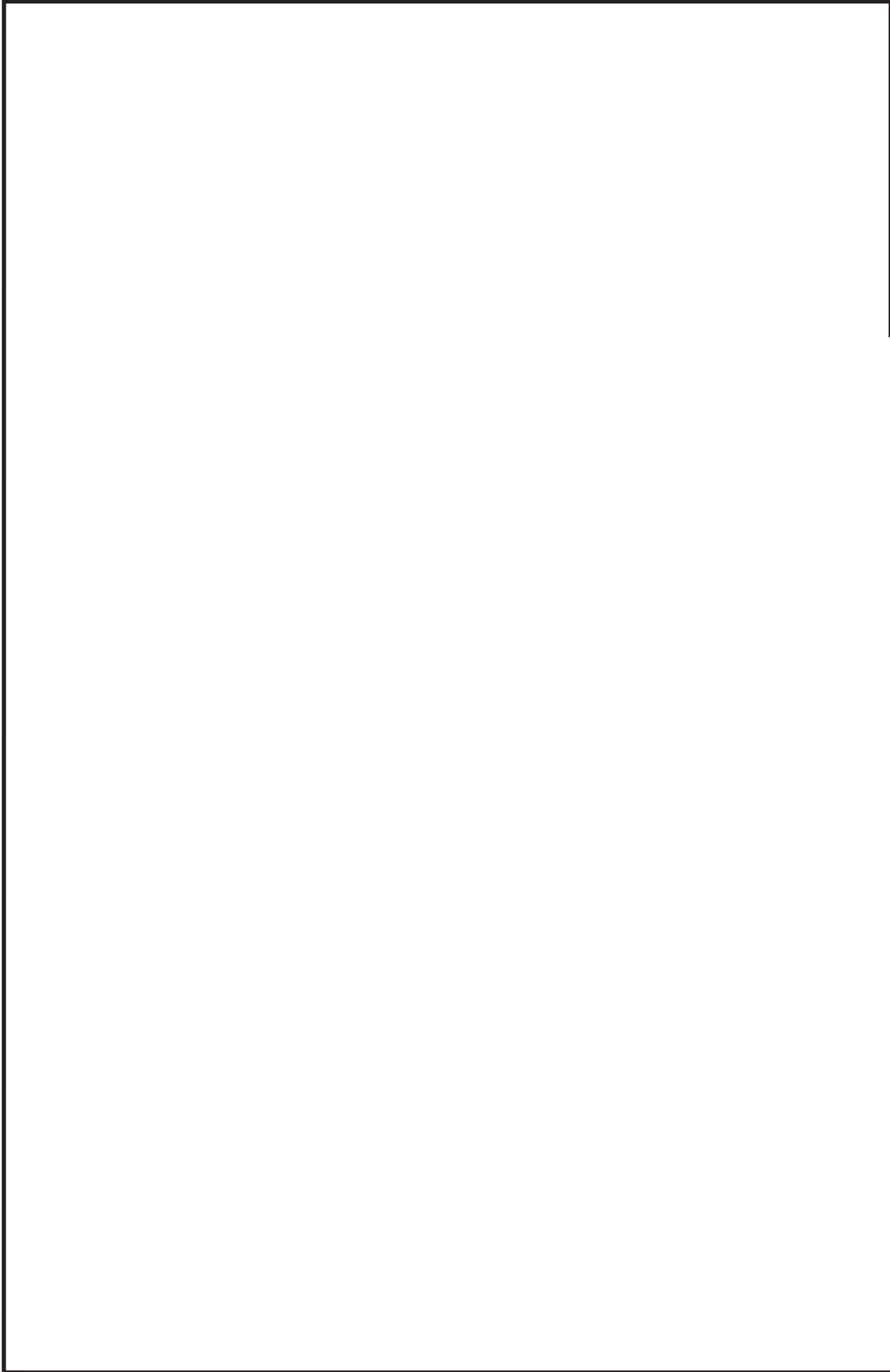
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>



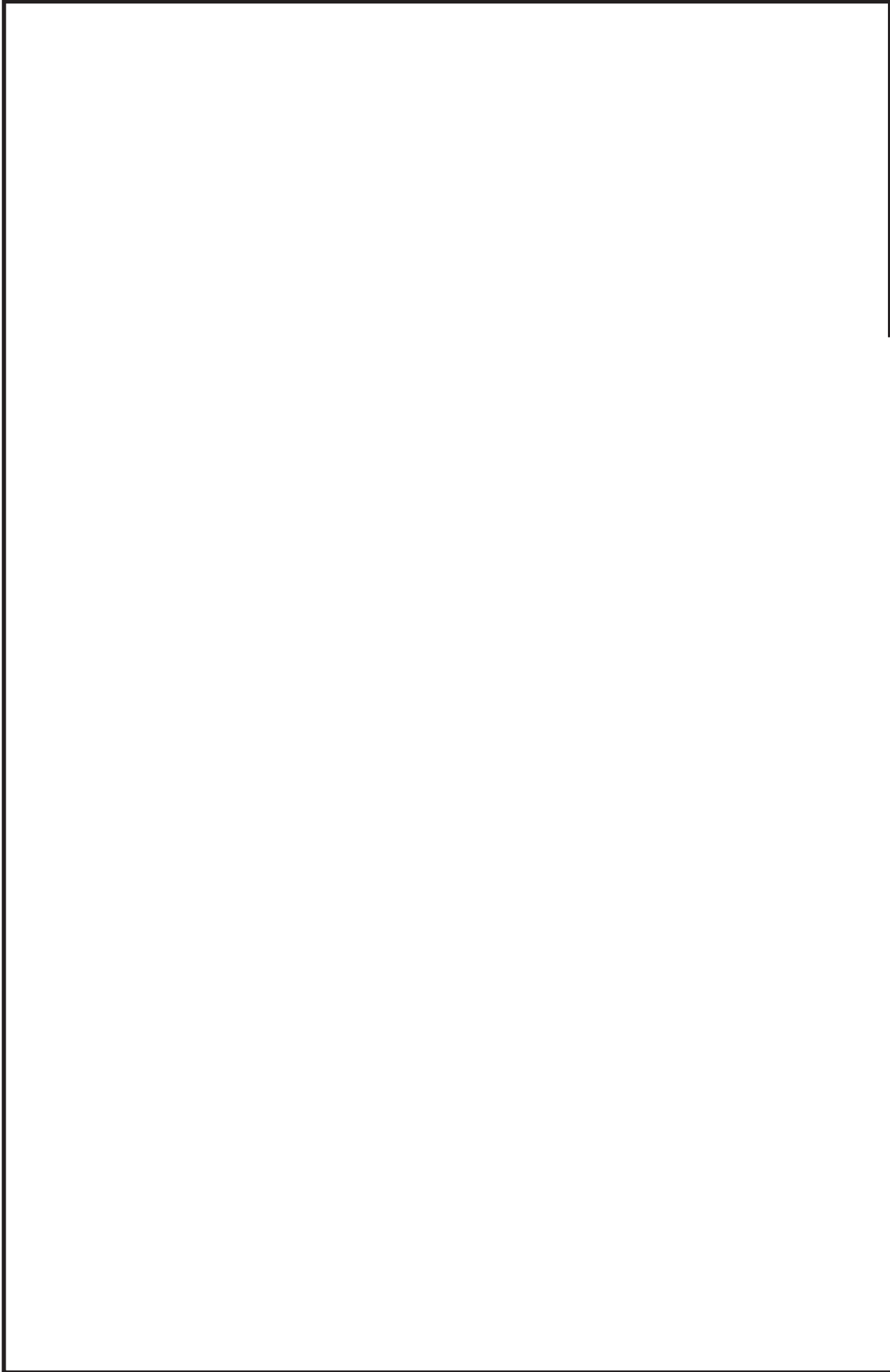
鳥瞰図 | FDW-001-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



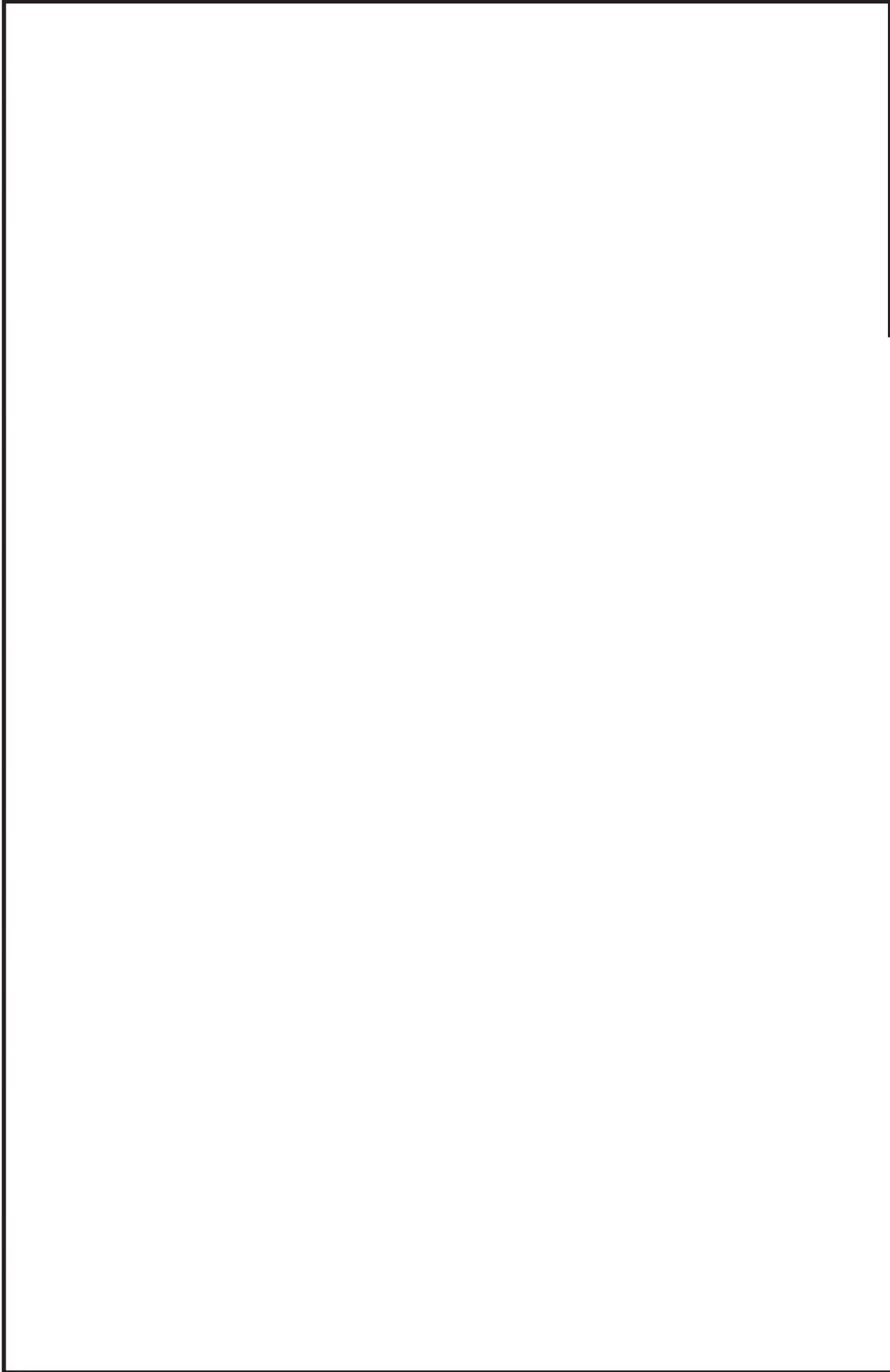
鳥瞰図 | FDW-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



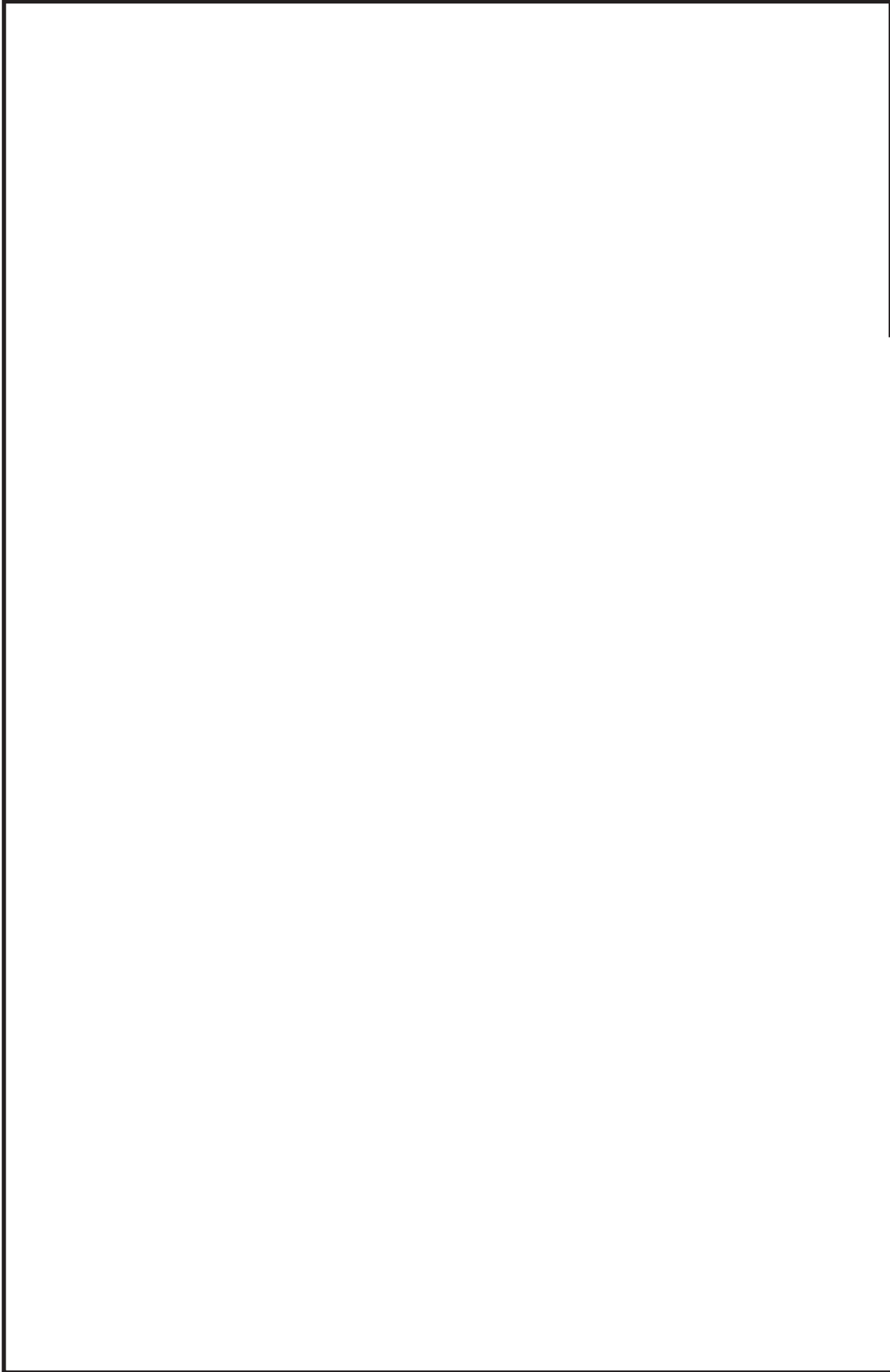
鳥瞰図 | FDW-001-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



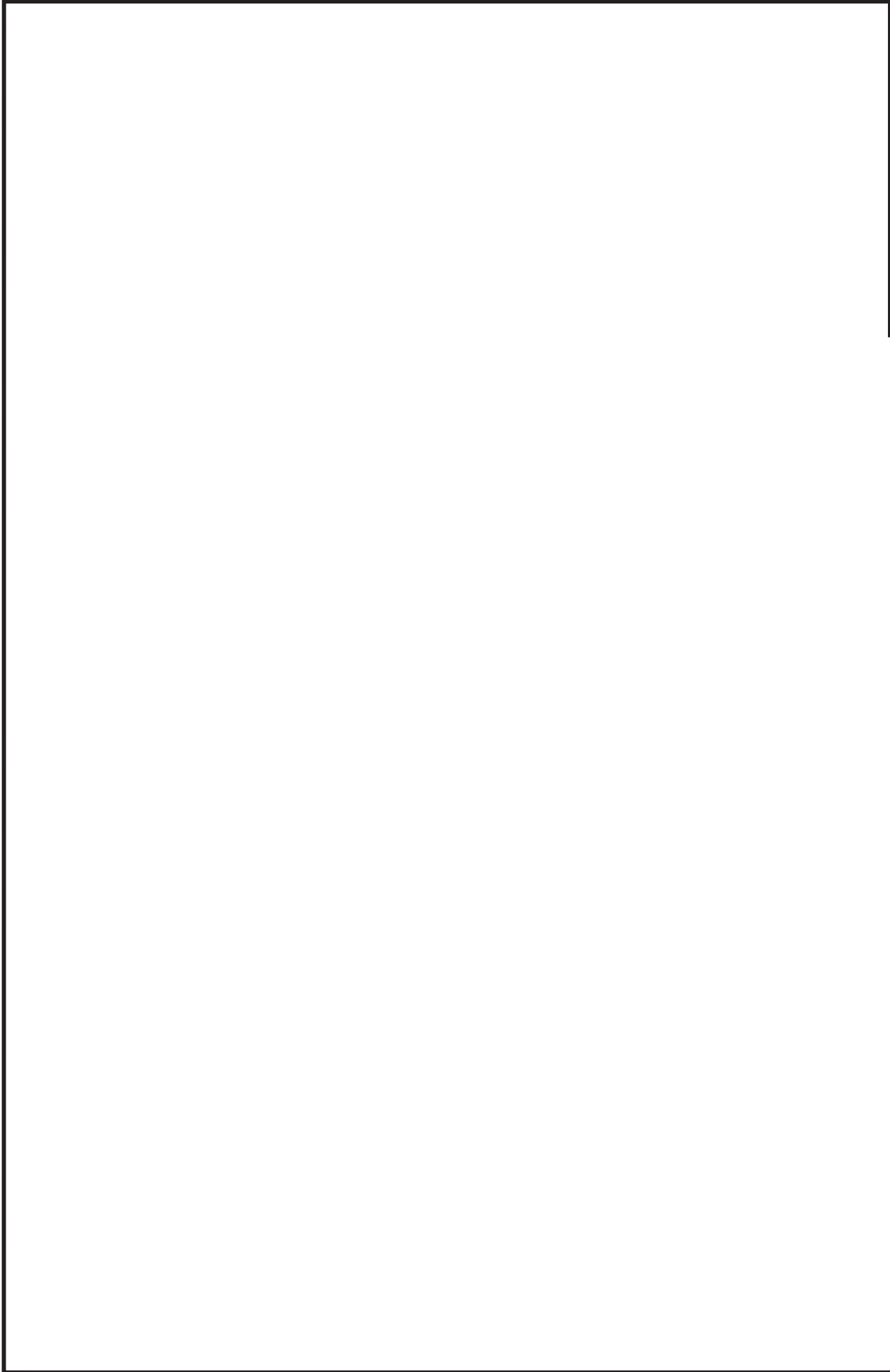
鳥瞰図 | FDW-001-4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | FDW-001-5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | FDW-001-6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (クラス1管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	10.34	315	457.2	29.4	STS42 (STS410)
2	10.34	315	457.2	29.4	SFVC2B
3	10.34	315	318.5	21.4	SFVC2B
4	10.34	315	318.5	21.4	STS42 (STS410)

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 FDW-001 (クラス1管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	33	34	35	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	117
	118	119	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133
	134	135	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	803	804
	840	850	941	951											
2	35	36	37	47	48	49	135	136	137	147	148	149			
3	36	48	66	78	136	148	166	178							
4	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	150
	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	812	813
	912	913	914	915											

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 （クラス1管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
18		47		73		141		167	
22		48		74		142		168	
23		49		75		143		169	
24		50		76		144		170	
25		51		77		145		171	
26		52		78		146		172	
27		53		118		147		173	
28		54		122		148		174	
29		55		123		149		175	
30		56		124		150		176	
31		57		125		151		177	
32		58		126		152		178	
33		59		127		153		803	
34		60		128		154		804	
35		61		129		155		812	
36		62		130		156		813	
37		63		131		157		840	
38		64		132		158		850	
39		65		133		159		912	
40		66		134		160		913	
41		67		135		161		914	
42		68		136		162		915	
43		69		137		163		941	
44		70		138		164		951	
45		71		139		165			
46		72		140		166			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
8		15		19		108		115	
9		16		20		109		116	
10		17		21		110		117	

弁 6

評価点	質量(kg)
119	
120	
121	

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	9			
弁2	16			
弁3	20			
弁4	109			
弁5	116			
弁6	120			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (クラス1管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
18						
22						
** 27 **						
31						
** 34 **						
** 40 **						
43						
** 44 **						
** 46 **						
50						
** 59 **						
67						
** 75 **						
** 77 **						
118						
122						
** 127 **						
131						
** 134 **						
** 140 **						
143						
** 144 **						
** 146 **						

--

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
150						
** 159 **						
167						
** 175 **						
** 177 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 914 **						
** 915 **						
** 941 **						
** 951 **						

02 ⑥ VI-3-3-3-2-2-1-2(重) R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (クラス2以下の管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	8.62	302	165.2	14.3	STS410

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615
	617	618	619	620	623	624	625	626	627	816	819	820	823		

配管の質量 (付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
601		607		613		624		820	
602		608		614		625		823	
603		609		618		626			
604		610		619		627			
605		611		620		816			
606		612		623		819			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
615	
616	
617	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	616			

O 2 ⑥ VI-3-3-2-2-1-2(重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
601						
608						
611						
614						
618						
620						
623						

--

3.2 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)	
		S m	S h
SFVC2B	315	120	—
STS42	302	—	102
STS410	315	120	—

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)		
		S m	S y	S h
SFVC2B	315	123	184	—
STS42	302	—	—	103
STS410	315	120	180	—

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 3・S m
FDW-001	63	S p r m	84	360

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3500による評価結果

高圧図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 Min(3・S m, 2・S y)
FDW-001	63	S p r m	83	360

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
告示第501号第56条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
F D W - 0 0 1	623 623	S p r m (1) S p r m (2)	37 37	S h 1 . 2 ・ S h 102 122

注記 * : S p r m (1) , S p r m (2) はそれぞれ, 告示第501号第56条第1号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
FDW-001	623	S p r m (1)	S p r m (1)	1. 5・S h
	623	S p r m (2)	S p r m (2)	1. 8・S h

注記 * : S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と余裕を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス1管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *				
		一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕度	
1	FDW-001	63	84	360	4.28	○

注記*：告示第501号第46条第1号及び第3号に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *				
		一次応力				
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度 代表	
1	FDW-001	63	83	360	4.33	○

注記*：設計・建設規格 PPB-3520 及び PPB-3562 に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 以下の管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *1				運転状態 (V) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	FDW-001	623	37	102	2.75	○	623	37	122	3.29	○

注記*1：告示第 501 号第 56 条第 1 号 (イ) に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第 501 号第 56 条第 1 号 (ロ) に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *1				供用状態 (E) *2					
		一次応力				一次応力					
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	FDW-001	623	51	154	3.01	○	623	51	185	3.62	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。