

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-364 改2
提出年月日	平成30年6月28日

V-3-2-6 クラス3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 計算精度と数値の丸め方.....	3
1.4 材料の表示方法	4
2. クラス3容器の強度計算方法.....	5
2.1 共通記号の定義	5
2.2 原水タンクの構造及び強度.....	6
2.3 火災防護設備用水源タンク（原水タンクを除く）の構造及び強度	74

別紙 クラス3容器の強度計算書のフォーマット

1. 一般事項

1.1 概要

本資料は、添付書類「V-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、クラス3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、火災防護設備用水源タンク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））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。）及びJIS B 8501（1995）「鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」（以下「JIS B 8501」という。）の規定に基づく強度計算方法について説明する。なお、消火設備用ポンベ及び消火器については、添付書類「V-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針」に示すとおり、高圧ガス保安法又は消防法に適合したものを使用することとする。

設計・建設規格及びJIS B 8501の項目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, PVD-3010）

- 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. A S M E B 1 6 . 5（1996）「PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS」

(3) JIS B 8501の規定に基づく設計をされるタンクの管台については、原則JIS B 8501の「3.10 附属物」に規定される図及び表に適合するものを使用する設計とするが、特殊な形状又は寸法を用いる場合は、JIS B 8501に従い、強め材の検討として補強計算を実施する。

表1-1 設計・建設規格及びJIS B 8501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 JIS B 8501 項目番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考
PVD-3000 クラス3容器の設計 PVD-3010 (PVC-3920準用) PVD-3010 (PVC-3970準用) PVD-3010 (PVC-3980準用) PVD-3010, (PVC-3950, PVC-3160準用) PVD-3510 PVD-3010 (PVC-3162準用) PVD-3010 (PVC-3710準用) (JIS B 8265 (2003))	2.2.1 2.2.2 2.2.3 2.2.4 2.2.5 2.2.6	開放タンクの胴の計算 開放タンクの底板の計算 開放タンクの管台の計算 開放タンクの胴の穴の補強計算 開放タンクに穴を設ける場合の規定および補強不要となる穴の規定 2 つ以上の穴が設計しているときの補強計算 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)「圧力容器のボルト締めフランジ」)
JIS B 8501 鋼製石油貯槽の構造 (全溶接性) 3.5.2 3.4.2 3.5.5	2.3.1 2.3.2 2.3.3	側板の厚さ 底板の厚さ 側板の開口穴に対する補強

1.3 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1-1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	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		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
降伏点		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*1	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*2
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント		N・mm	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	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：開放タンクの胴内径

*2：絶対値が1,000以上のときは、べき数表示とする。

1.4 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・建設規格及び J I S に定める材料記号を原則とする。
- (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	$\left[\begin{array}{l} \text{付録材料図表 Part5 表 5} \\ \text{の許容引張応力の上段} \end{array} \right]$	SCMV3-1
SCMV3	$\left[\begin{array}{l} \text{付録材料図表 Part5 表 5} \\ \text{の許容引張応力の下段} \end{array} \right]$	SCMV3-2

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

(例) S45C (直径40mm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℃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. クラス3容器の強度計算方法

2.1 共通記号の定義

クラス3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。

計算書の表示	表示内容	単位
P	最高使用圧力	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 もしくは J I S で定める降伏点又は耐力	MPa
η	継手の効率 設計・建設規格 PVD-3110 もしくは JIS B 8501 に定める定数。	—
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。）並びに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	—
放射線検査の有無		
有り	発電用原子力設備規格（溶接規格 J S M E S N B 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	—
無し	その他のもの	—

2.2 原水タンクの構造及び強度

2.2.1 開放タンクの胴の計算

原水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010 及び PVD-3110（設計・建設規格 PVC-3920 準用）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。	—

(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、同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。

2.2.2 開放タンクの底板の計算

原水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3960 及び PVC-3970 準用）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 項の場合で上記以外の記号については、設計・建設規格 PVC-3220 及び PVC-3310 によるものとする。

(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 PVD-3010 により 3 mm 以上
- b. 上記以外のものの底板に必要な厚さ：t
設計・建設規格 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3970(2) 準用）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 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3970(2) 準用）より，設計・建設規格 PVC-3220 を準用する。

(b) 平板

設計・建設規格 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3970(2) 準用）より，設計・建設規格 PVC-3310 を準用する。

(4) 評価

底板の最小厚さ（t_b）≧底板に必要な厚さ（t）ならば十分である。

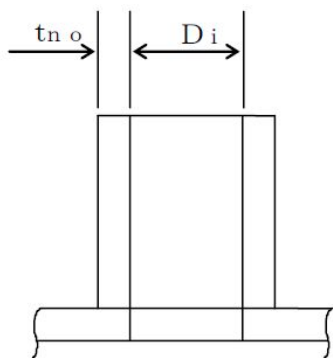
2.2.3 開放タンクの管台の計算

原水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010 及び PVD-3110（設計・建設規格 PVC-3980 準用）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. 管台の計算上の必要な厚さ： 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

(3) 算式

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。

2.2.4 開放タンクの胴の穴の補強計算

原水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010, PVD-3110 及び PVD-3510 (設計・建設規格 PVC-3160 及び PVC-3950 準用) を適用する。

なお、穴を設ける場合の規定及び補強不要となる穴の規定については以下の通りとする。

(PVD-3511, PVD-3512 適用)

- ・穴は、円形または楕円形であること。ただし、容器内の流体等の監視用のために設ける穴で長方形の両端が凸形に半円形状であるものについては、この限りではない。
- ・穴の径 (円形の穴については直径、だ円形の穴については長径をいう) が 85 mm 以下の場合は、補強計算は不要とする。

(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_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_r	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_{jr}	大きい穴の補強に有効な面積	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、最小内り断面に現われる穴の径	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
	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	
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	$P = 9.80665 \times 10^{-3} \cdot H \cdot \rho$	MPa	
	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 $D_{iL} \cdot K_1$ 全半球形鏡板にあつては鏡板の内半径	mm	
	S	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_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	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

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	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
	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	$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_s$	N
	W_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：胴の外側)	N
	W_{e2}	すみ肉溶接部のせん断力 (管台取付部：胴の内側)	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 (胴の部分径 D_{on} において)	N
	W_{e7}	突合せ溶接部の引張力 (胴の部分径 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
	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

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	W E L D -	管台溶接形式 (図 3-1~図 3-19 を参照)	—
	X	補強の有効範囲 (胴の面に沿った方向)	mm
	X ₁	補強の有効範囲	mm
	X ₂	大きい穴の補強に有効な範囲	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}	補強の有効範囲 (胴より外側)	mm
	Y ₁	補強の有効範囲 (胴より内側)	mm
	Y ₂	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	mm
	η		—
	π	円周率	—
	応力除去の有無		
	有 り	同左	—
	無 し	同左	—

注記 * 1 : 設計・建設規格 図 PVD-4112-3 による。

(2) 胴の補強計算

a. 管台の形式

図 2-1～図 2-19 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 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3161.3 準用）を適用する。

イ. 円筒形の胴の場合

(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

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

(ロ) 管台の一部分が胴の部分となっている場合

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

($S_n/S_s > 1$ 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 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3161.1 準用）を適用する。

$$X = X_1 + X_2$$

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

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

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

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 PVD-3010 及び PVD-3110（設計・建設規格 PVC-3161.2 準用）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-8，22，38 の場合

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

(ロ) 管台の一部分が胴の部分となっている場合

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

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が胴の内側に突出していない場合及びWELD-8，22，38 の場合

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

(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、

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

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

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

($S_e/S_s > 1$ 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 PVD-3010 及び PVD-3110 (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) 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WE L D-8, 22, 38 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 PVD-3010 及び PVD-3110 (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 1500mm 以下の場合

$$d_j = D_i / 2$$

ただし、500mm を超える場合は 500mm とする。

ロ. D_i が 1500mm を超える場合

$$d_j = D_i / 3$$

ただし、1000mm を超える場合は 1000mm 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

$$A_{j r} = \frac{2}{3} \cdot A_r$$

(d) 大きい穴の補強に有効な範囲

$$X_j = X_{j 1} + X_{j 2}$$

$$X_{j 1} = X_{j 2} = d / 2 + d / 4$$

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) 管台の一部分が胴の部分となっていない場合及び WELD-8, 22, 38 の場合

$$A_{j 1} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{s r}) \cdot (X_j - d)$$

(ロ) 管台の一部分が胴の部分となっている場合

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

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が胴の内側に突出していない場合及び WELD-8, 22, 38 の場合

$$A_{j 2} = 2 \cdot [\{ \text{Min} (X_j, D_{o n}) - d \} / 2 - t_{n r}] \cdot Y_1 \cdot S_n / S_s$$

(ロ) 管台が胴の内側に突出している場合

$$A_{j 2} = 2 \cdot [\{ (\text{Min} (X_j, D_{o n}) - d) / 2 - t_{n r} \} \cdot Y_1 + (\text{Min} (X_j, D_{o n}) - d) / 2 \cdot Y_2] \cdot S_n / S_s$$

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 PVD-3010（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

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

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, 38 の場合

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

管台の一部分が胴の部分となっている場合

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

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

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

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

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

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

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

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

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_s \cdot S_{w3} / 2$$

$\dots\dots\dots (\text{WELD-5, 6, 14, 35, 36, 44 以外の場合})$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2$$

$\dots\dots\dots (\text{WELD-5, 6, 14, 35, 36, 44 の場合})$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot t_s \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-6, 36 以外の場合})$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot L_4 \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-6, 36 の場合})$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_e \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-14, 44 以外の場合})$$

$$W_{e8} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_5 \cdot S_{w3} / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{WELD-14, 44 の場合})$$

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

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

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

(d) 予想される破断箇所の強さ

イ. WELD-1, 31 の場合

$$W_{ebp1} = \textcircled{W_{e1}} \textcircled{W_{e3}} \quad \dots\dots\dots \text{を通る強さ} = W_{e1} + W_{e5}$$

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

ロ. WELD-2, 32 の場合

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

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

ハ. WELD-3, 33 の場合

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

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

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

ニ. WELD-4, 34 の場合

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

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

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

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, 35 の場合

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

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

ヘ. WELD-6, 36 の場合

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

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

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

ト. WELD-8, 38 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e_{bp1}} &= \textcircled{W_{e_1}} \textcircled{W_{e_2}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e_1} + W_{e_2} \\
 W_{e_{bp2}} &= \textcircled{W_{e_{10}}} \textcircled{W_{e_{11}}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e_{10}} + W_{e_{11}}
 \end{aligned}$$

チ. WELD-9, 39 の場合

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

リ. WELD-11, 41 の場合

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

ヌ. WELD-12, 42 の場合

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

ル. WELD-13, 43 の場合

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

ヲ. WELD-14, 44 の場合

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

ワ. WELD-15, 16, 22, 45, 46 の場合

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

カ. WELD-17 の場合

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

コ. WELD-18, 48 の場合

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

タ. WELD-19, 19', 49 の場合

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

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)

2.2.5 2つ以上の穴が接近しているときの補強計算

原水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3162準用）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
t _{sr}	L _{1i} , L _{2i}	2つの穴のそれぞれの内側溶け込み深さ	mm
	L _{1o} , L _{2o}	2つの穴のそれぞれの外側溶け込み深さ	mm
t _{sr}	t ₁ , t ₂	2つの穴のそれぞれの管壁の厚さ	mm
	t _{sr}	胴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あうときは次による。

$$d = 1.5 \cdot \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)$$

$$A_r = 0.5 \cdot (A_{r1} + A_{r2})$$

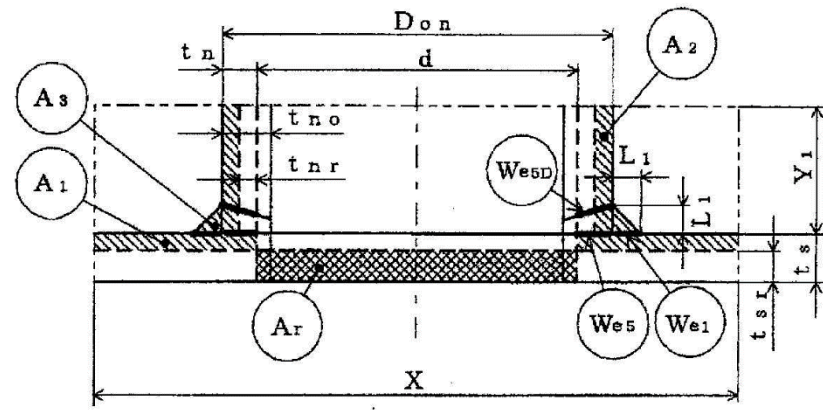
$$A_s = 0.7 \cdot \ell \cdot t_{sr} \cdot F \quad (\text{胴の補強計算の場合})$$

$$A_d = A_1 + A_2$$

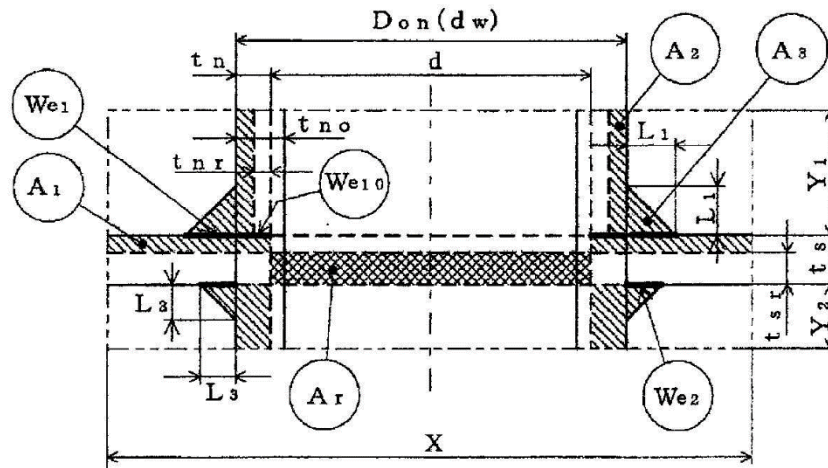
(2) 評価

下記の条件を満足すれば十分である。

$$\ell \geq d, \quad A_{rs} \geq A_r, \quad A_d \geq A_s$$



WELD-1



WELD-2

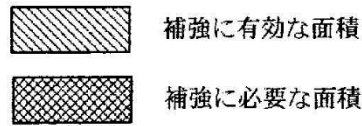
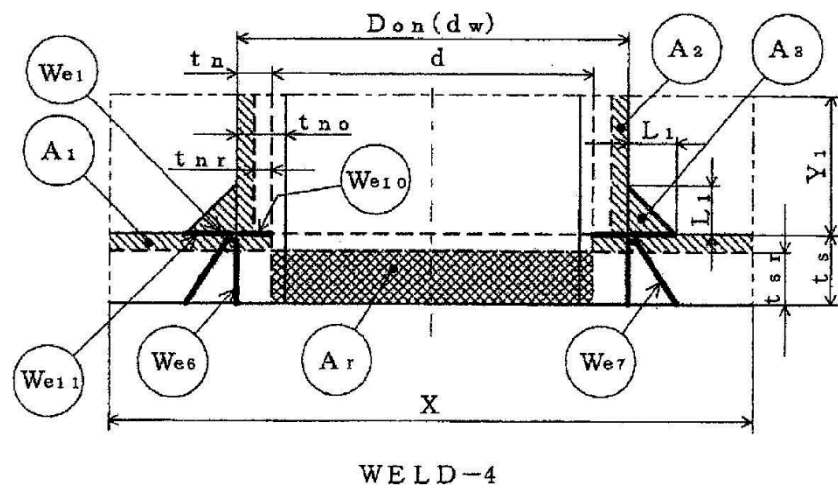
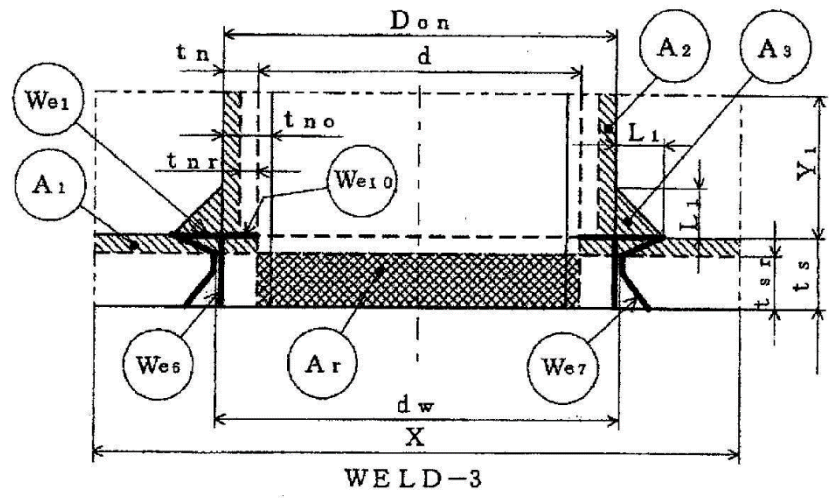


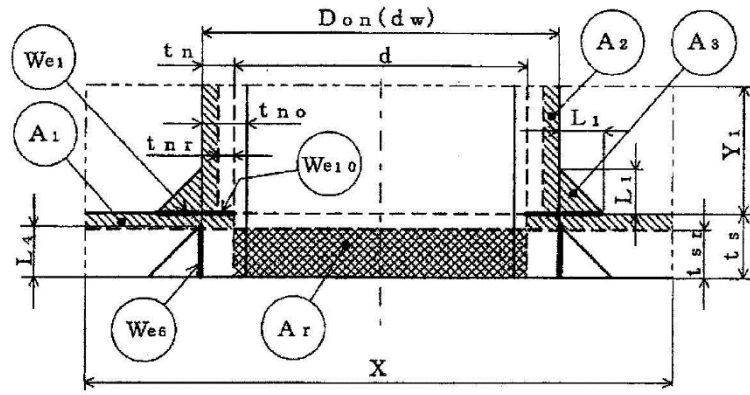
図 2-1

* : W_{e1} 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)

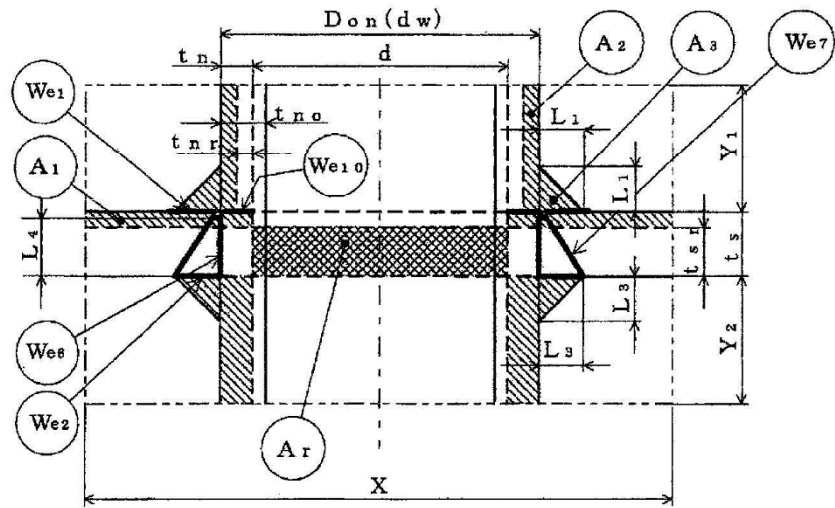


- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 2-2



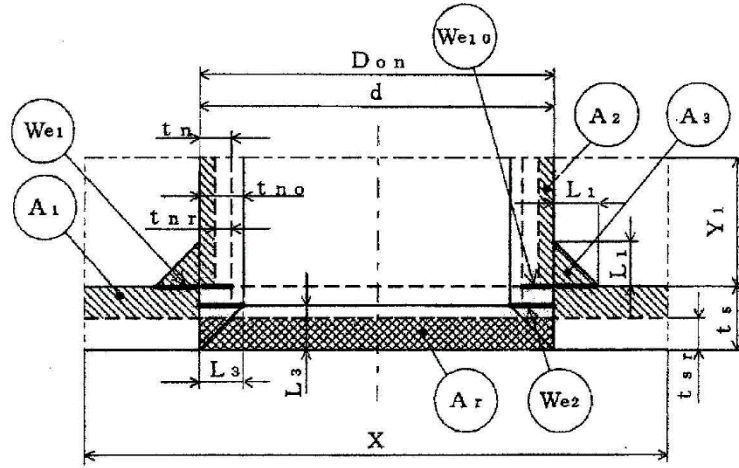
WELD-5



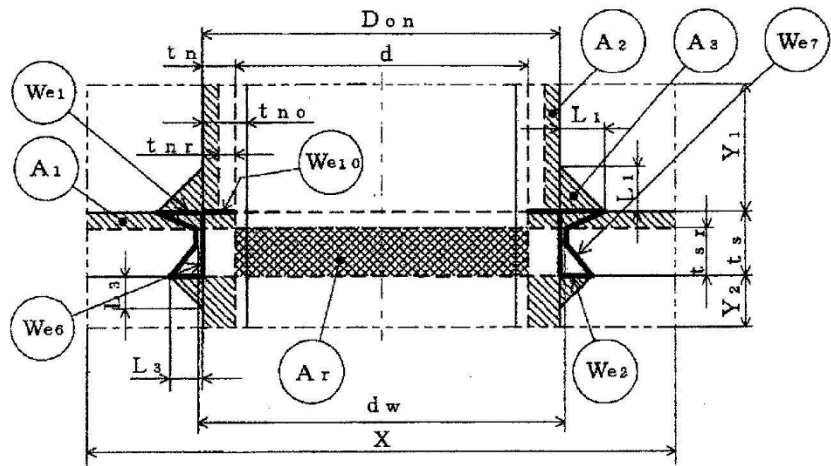
WELD-6

-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 2-3



WELD-8



WELD-9



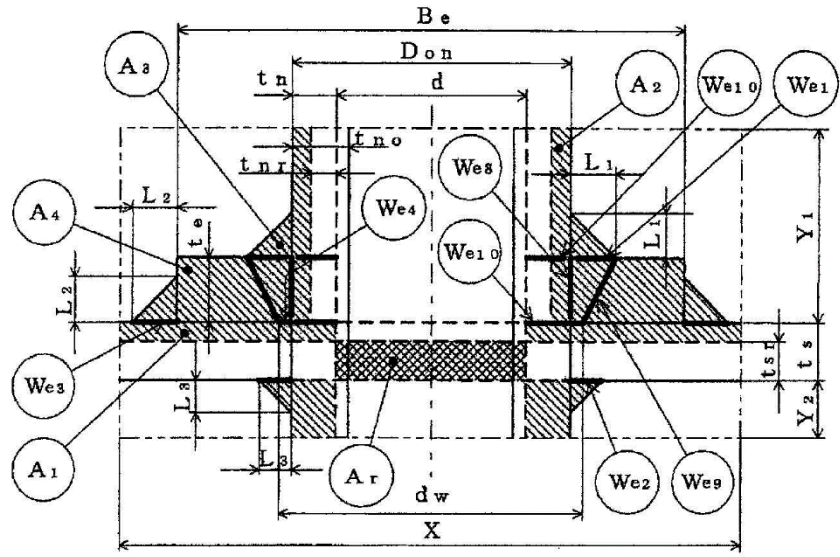
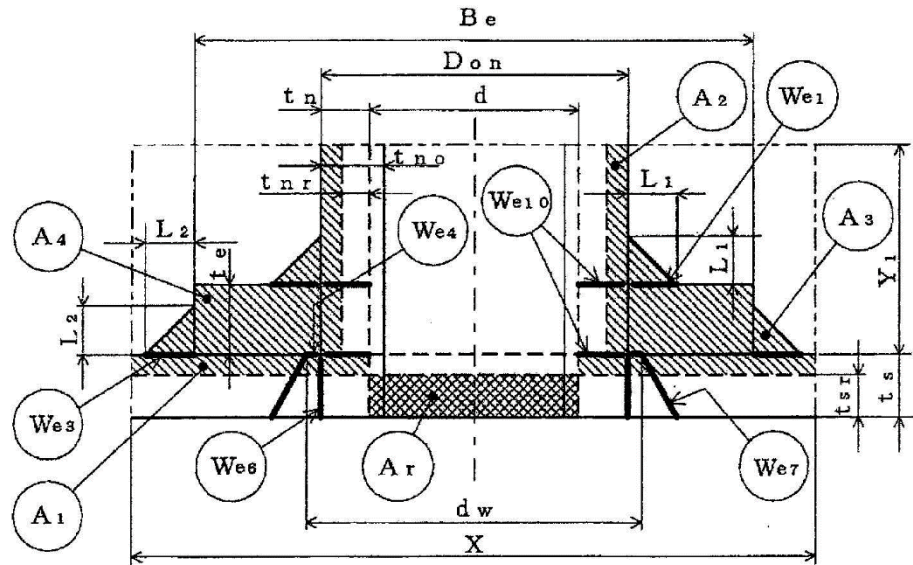
-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 2-4



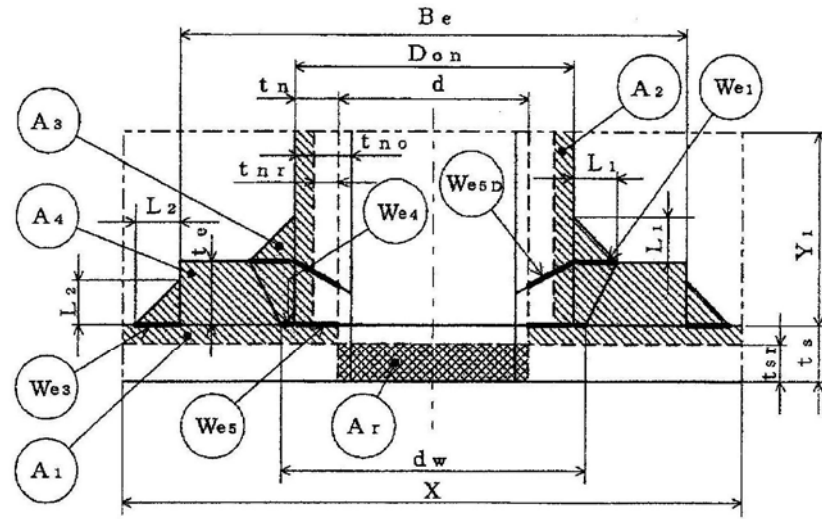
WELD-11



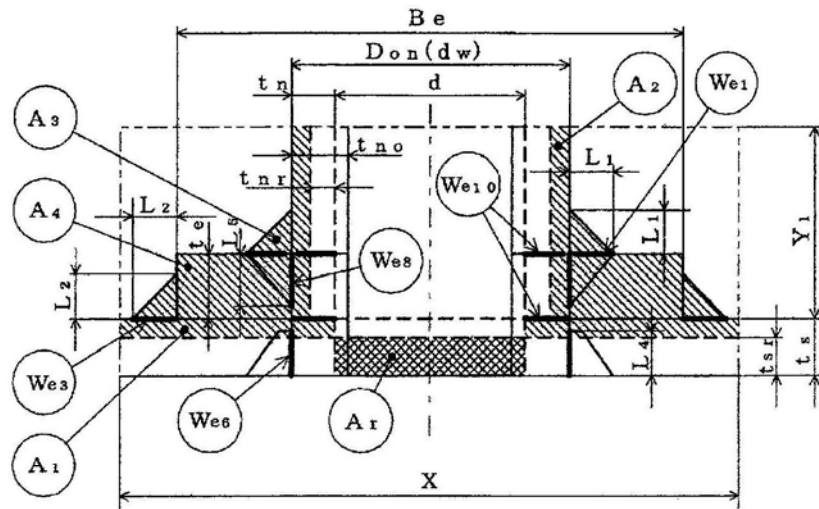
WELD-12

 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 2-5



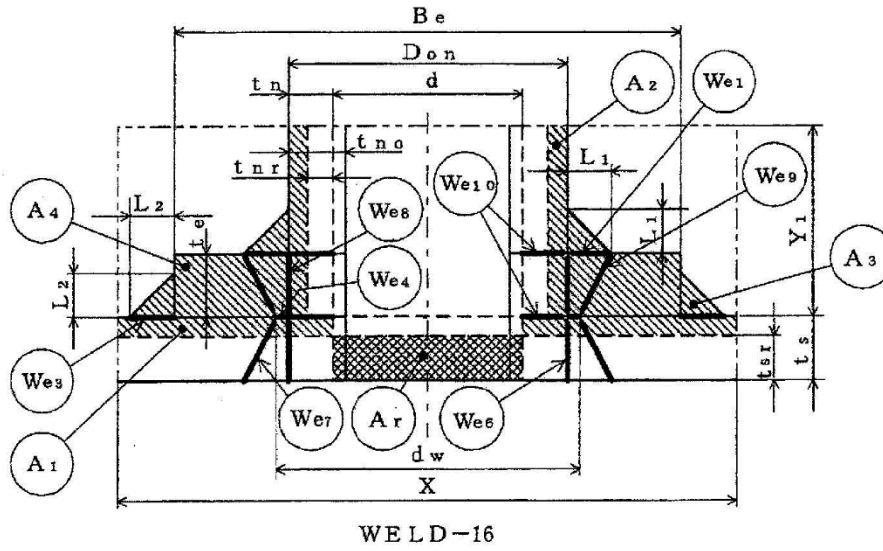
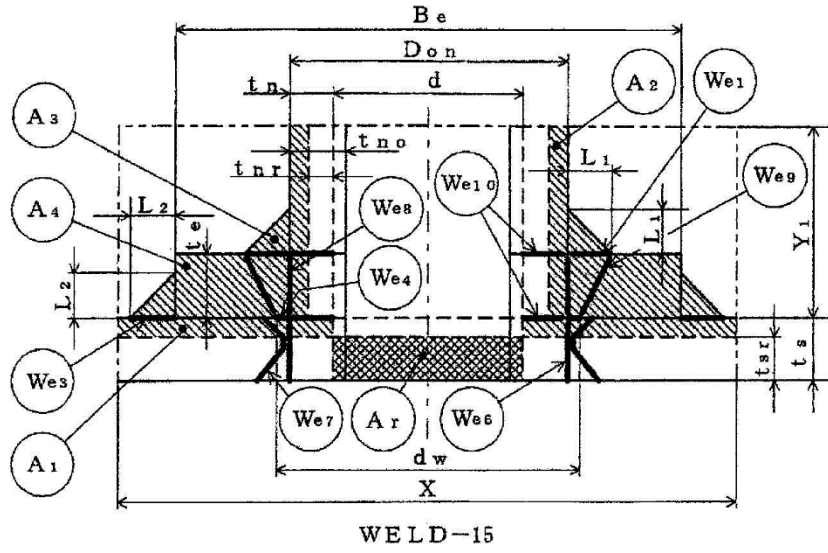
WELD-13



WELD-14

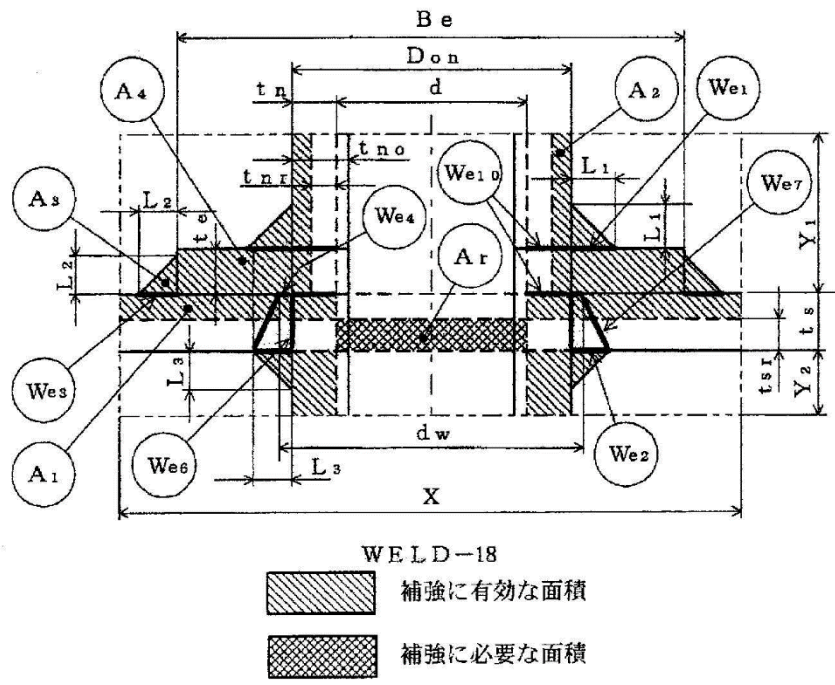
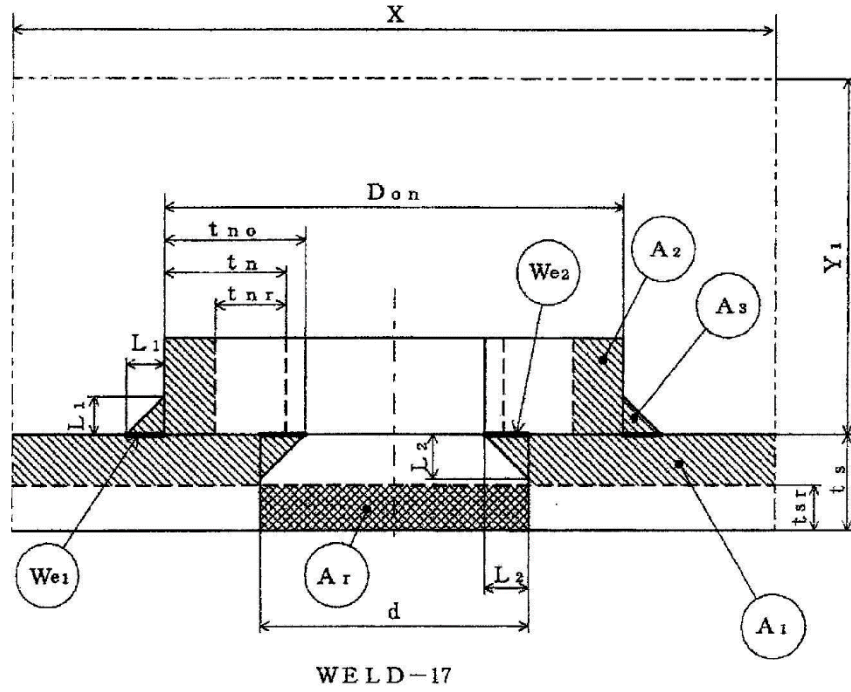


図 2-6



 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 2-7





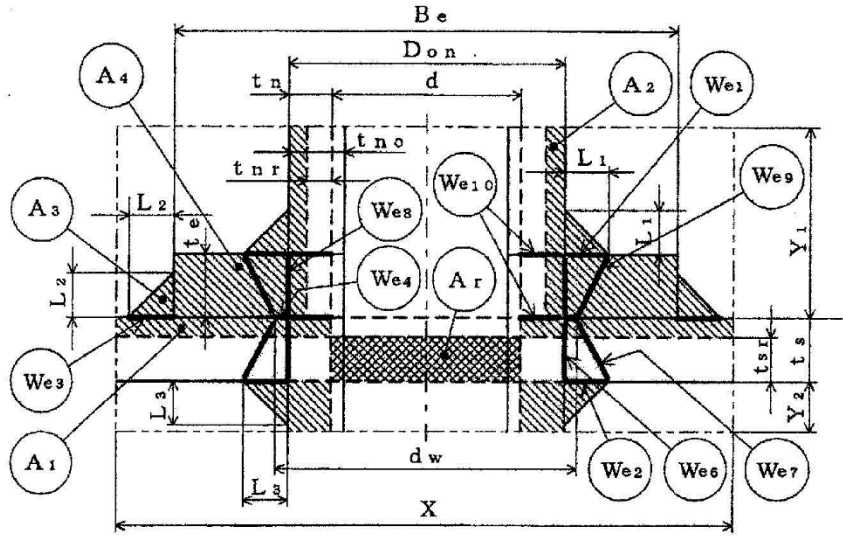
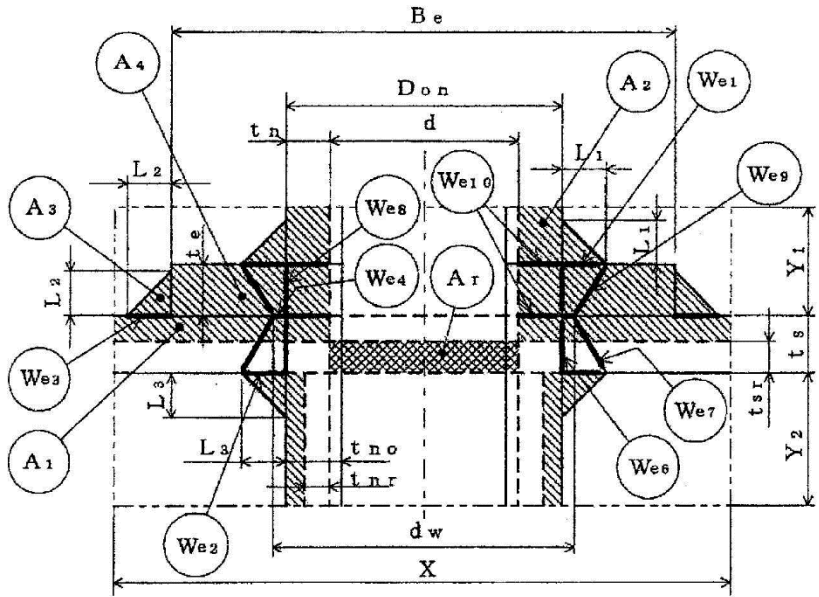
WELD-18
 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 2-8



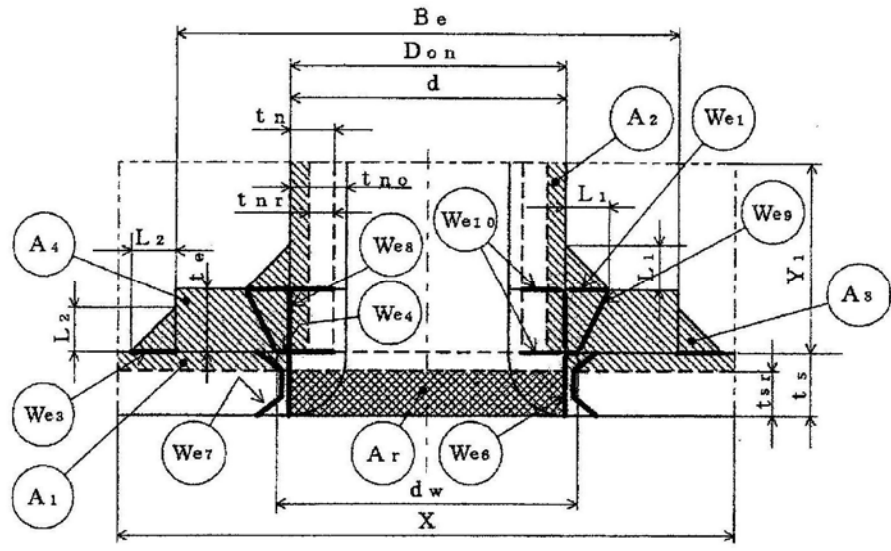
WELD-19



WELD-19'

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 2-9



WELD-22


-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 2-10

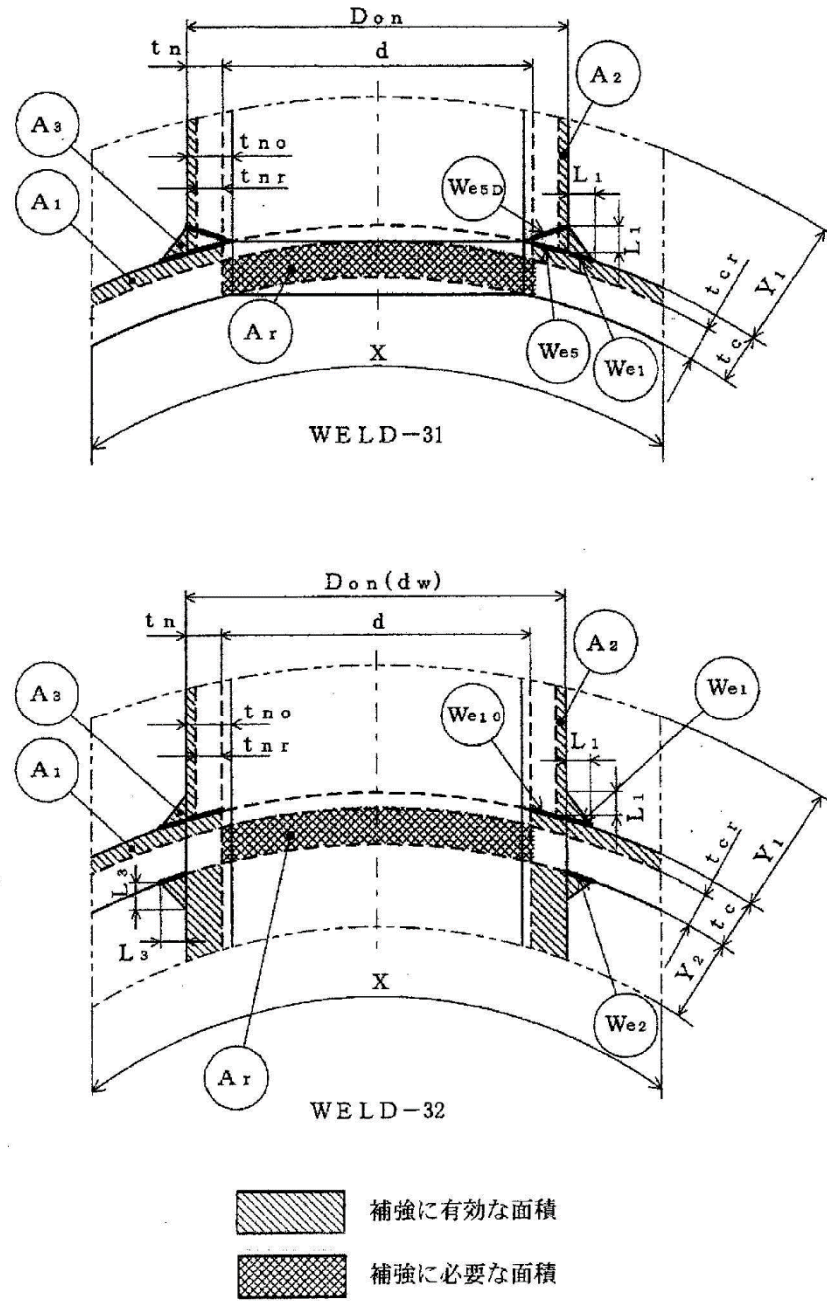
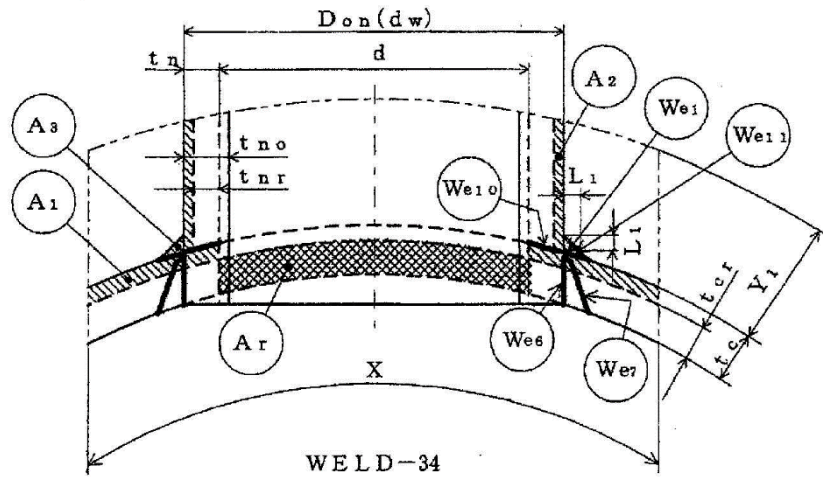
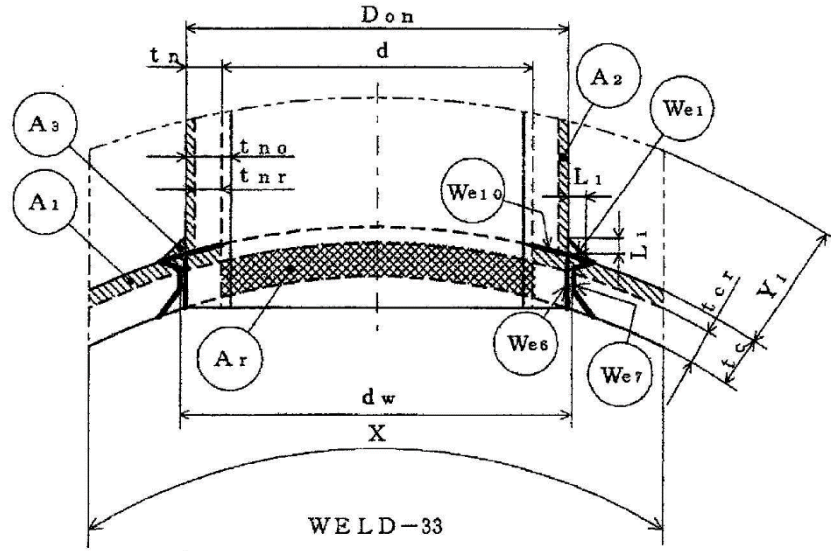


図 2-11



 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 2-12

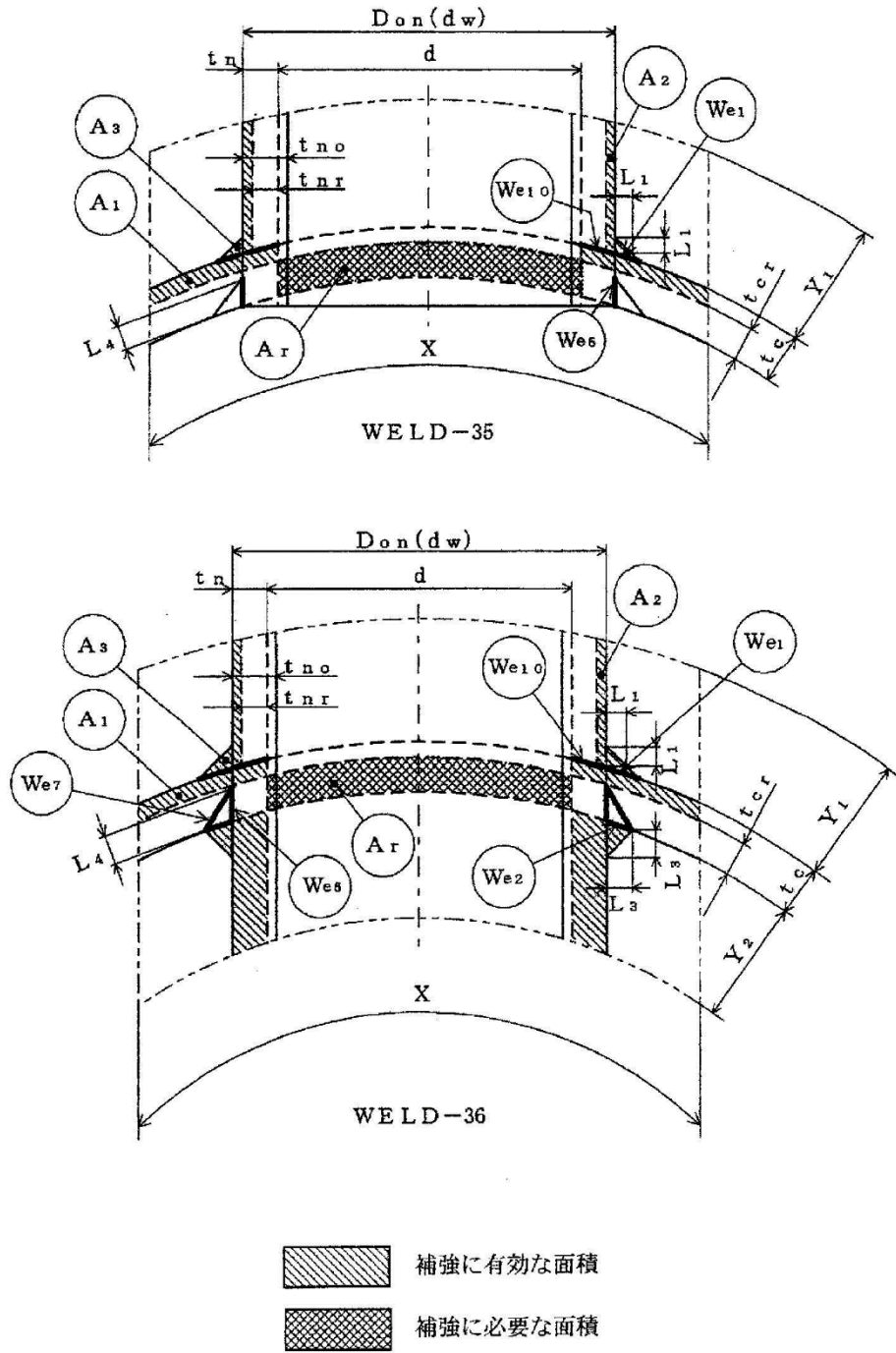
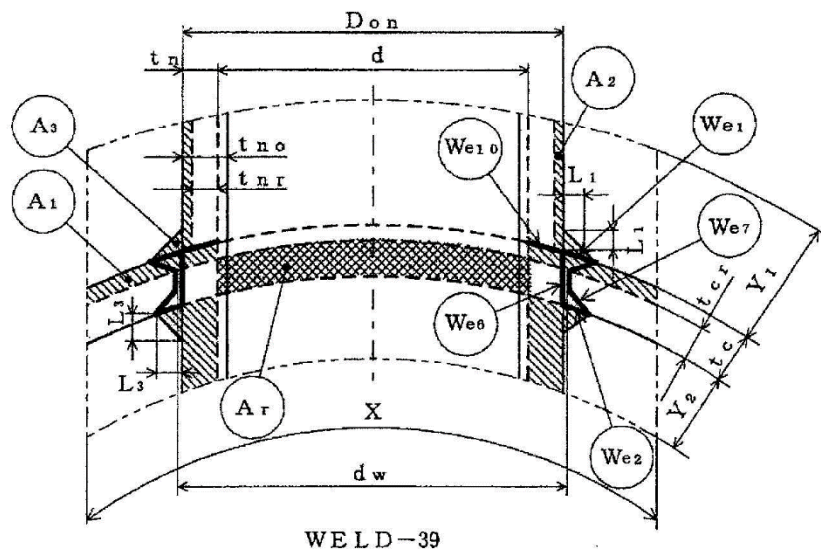
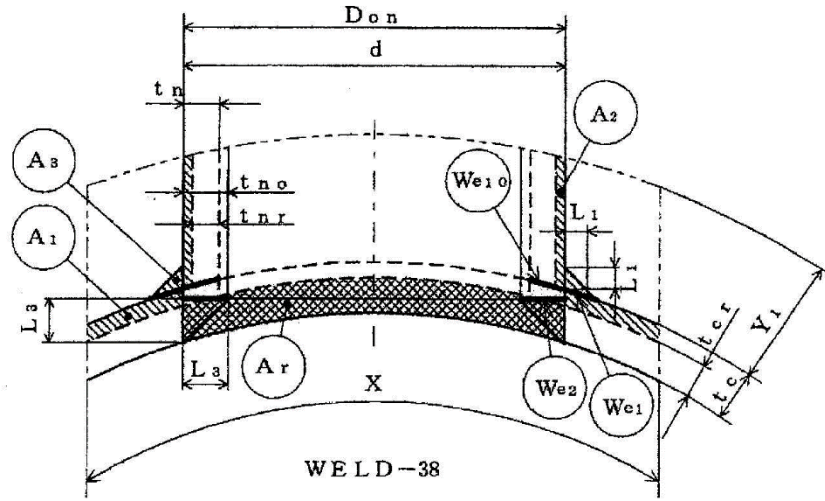


図 2-13



-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 2-14

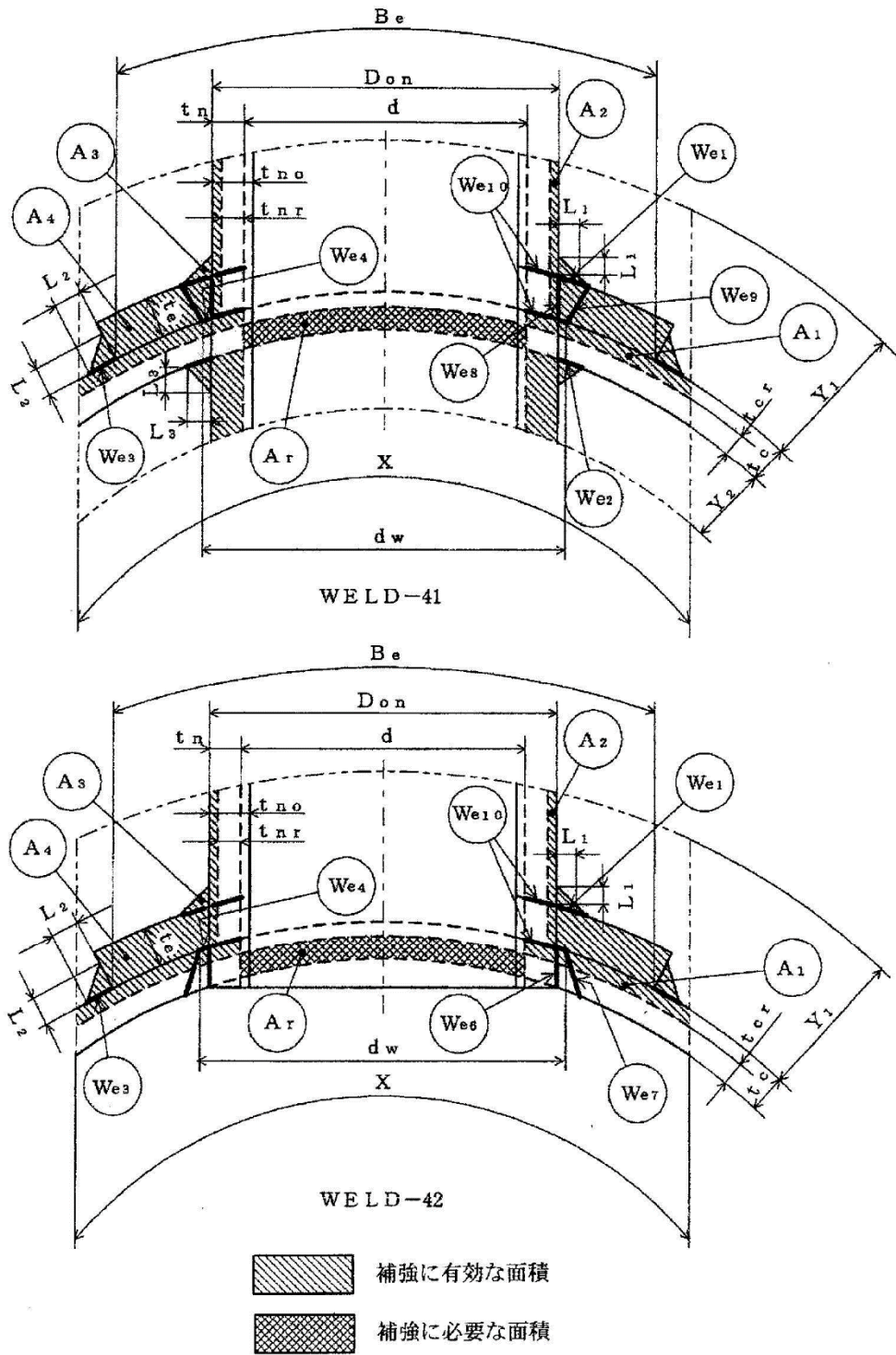


図 2-15

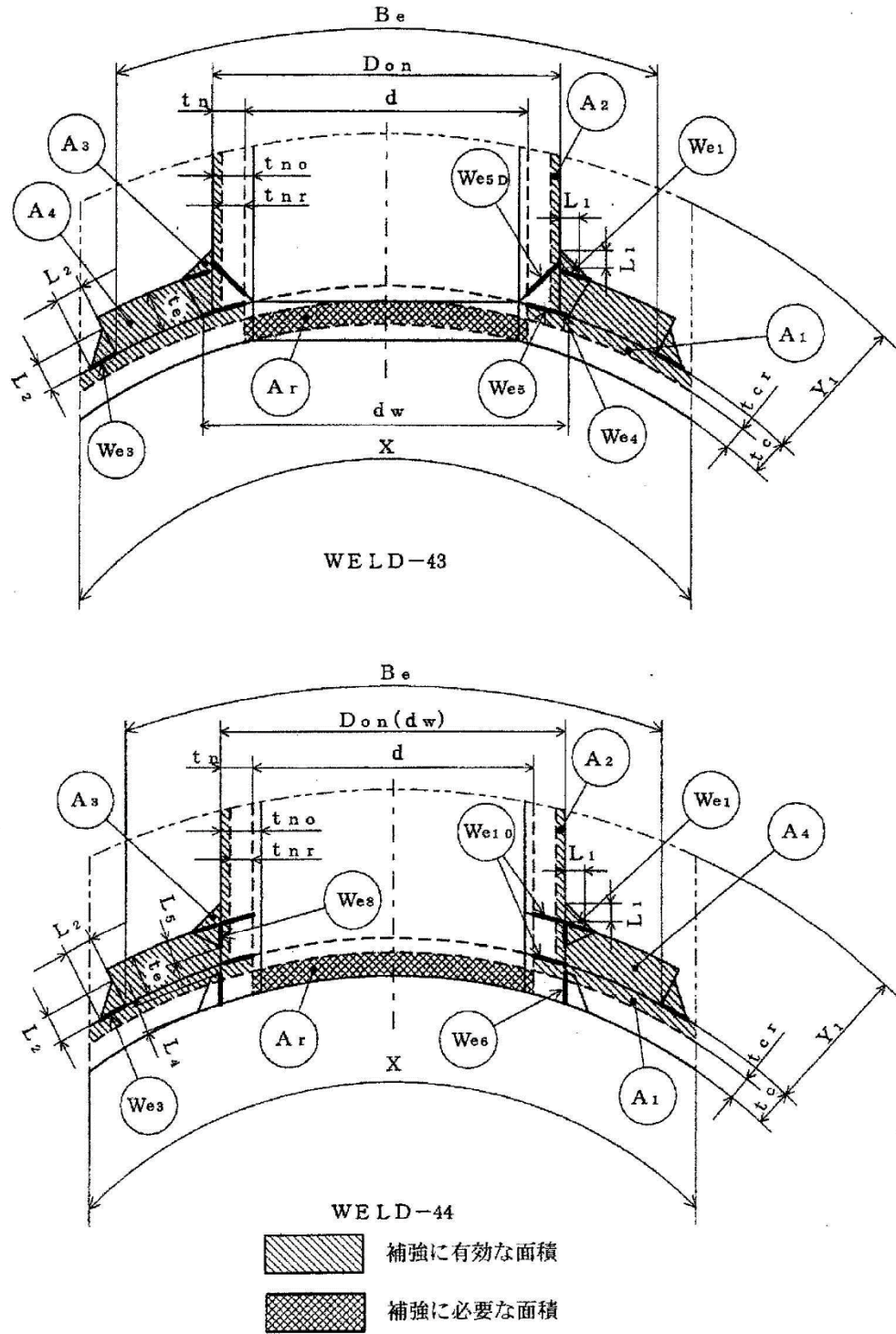
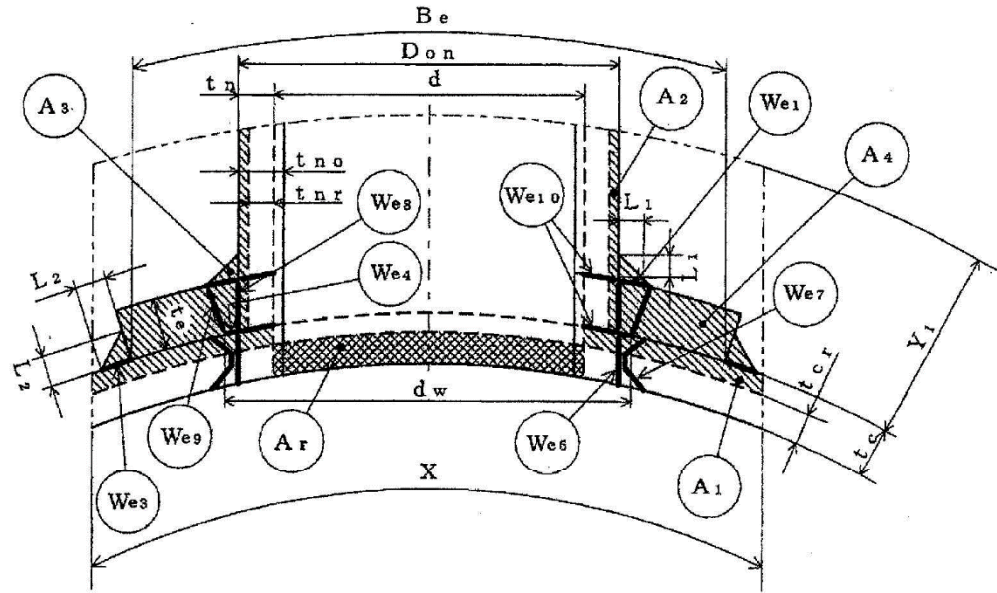
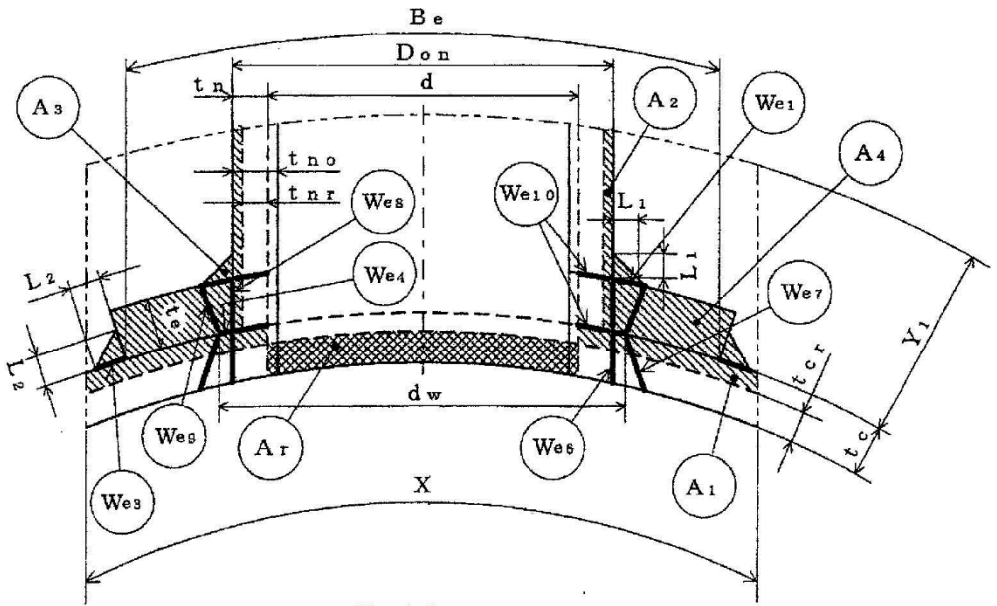


図 2-16



WELD-45



WELD-46

-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 2-17

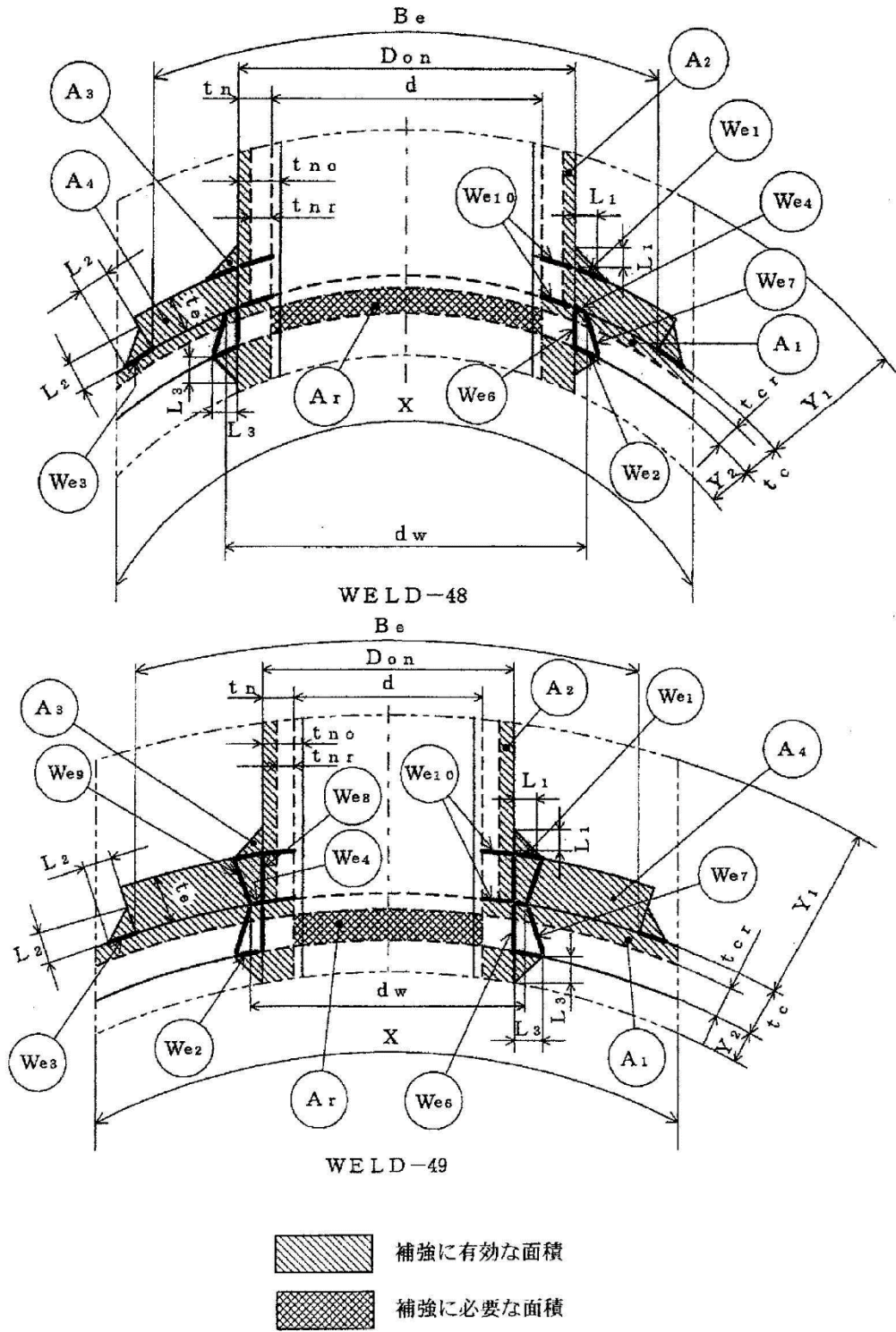


図 2-18

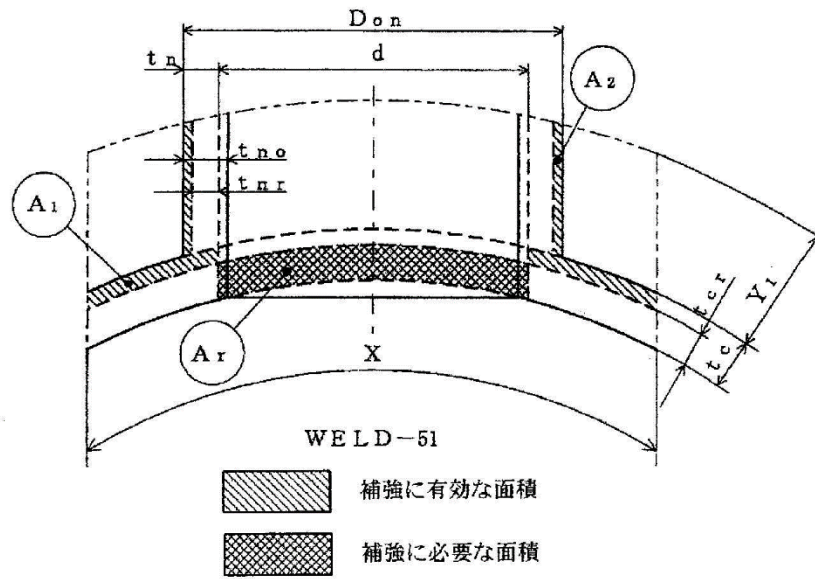


図 2-19

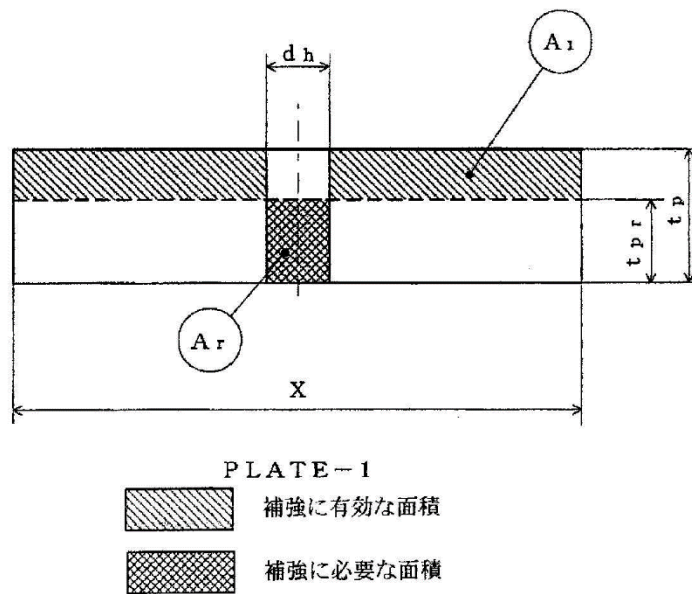
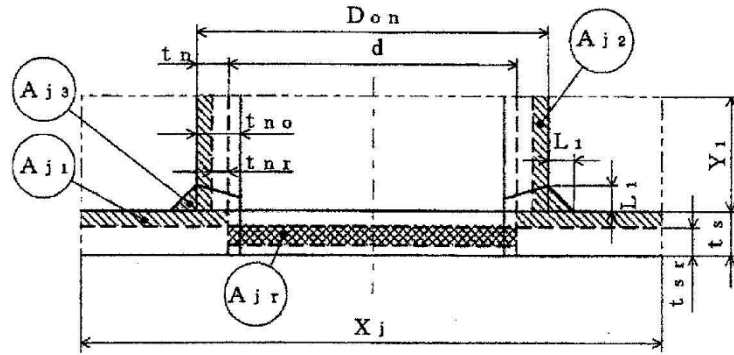
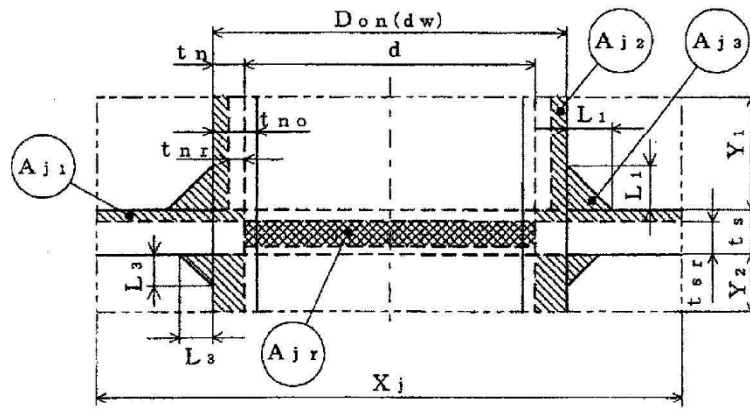


図 2-20



WELD-1



WELD-2



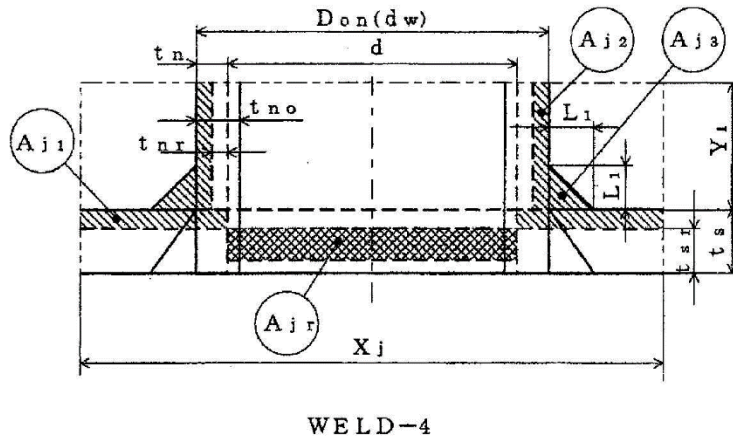
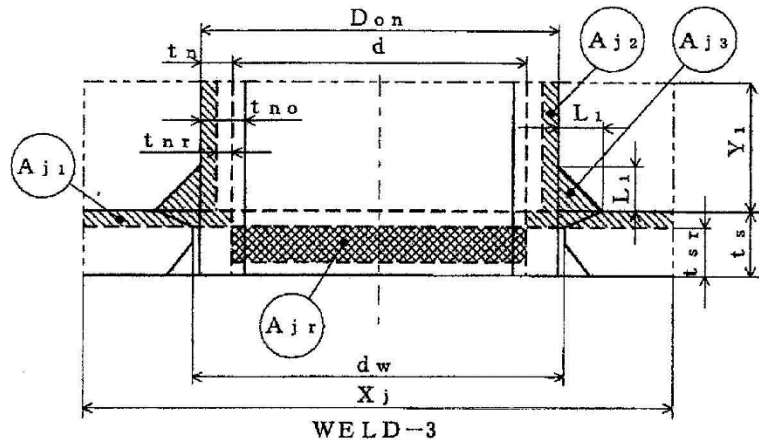
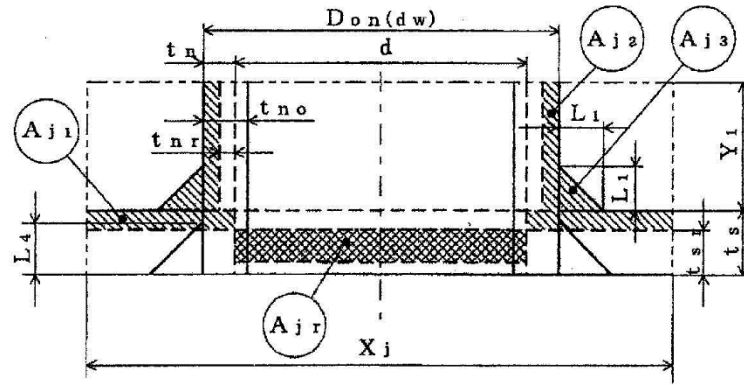
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-21

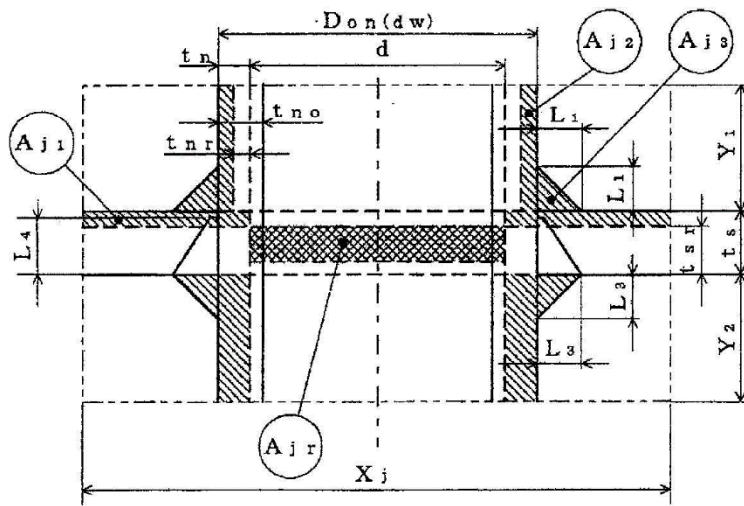


- 大きい穴の補強に有効な面積
- 大きい穴の補強に必要な面積

図 2-22



WELD-5



WELD-6

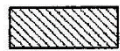
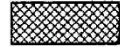
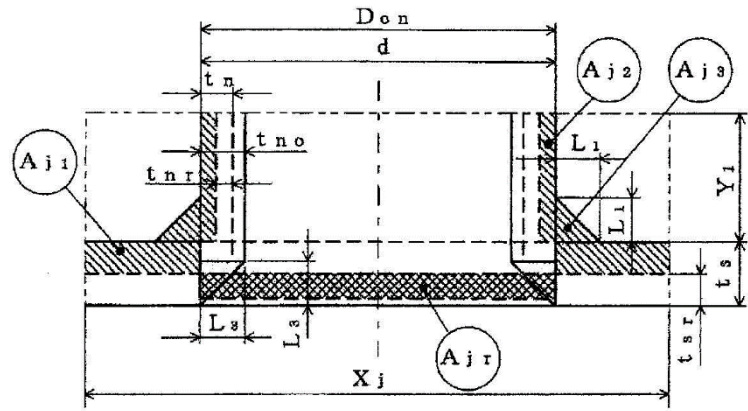
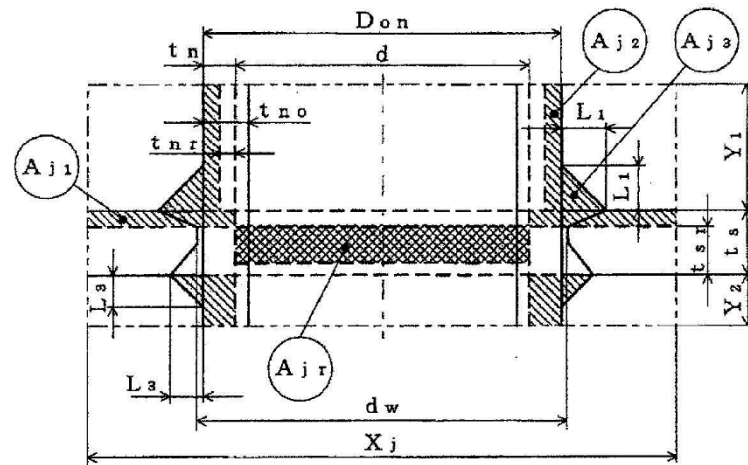
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-23



WELD-8



WELD-9


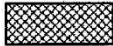
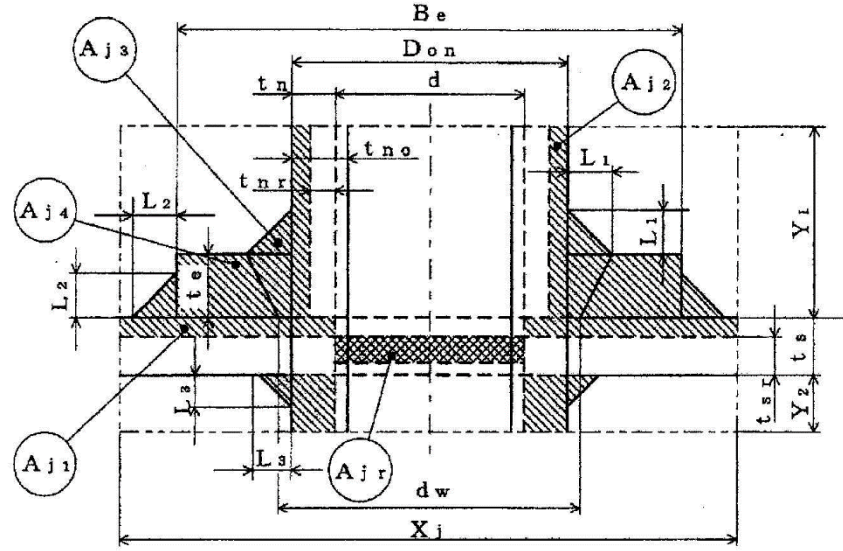
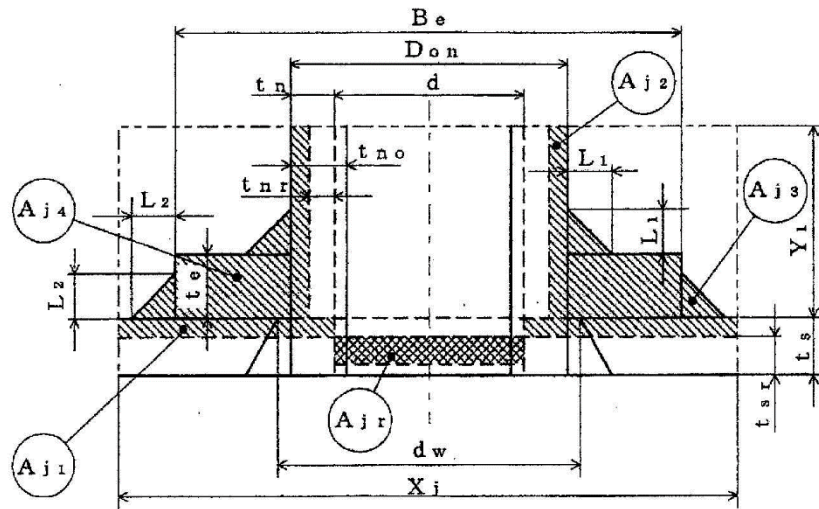
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-24



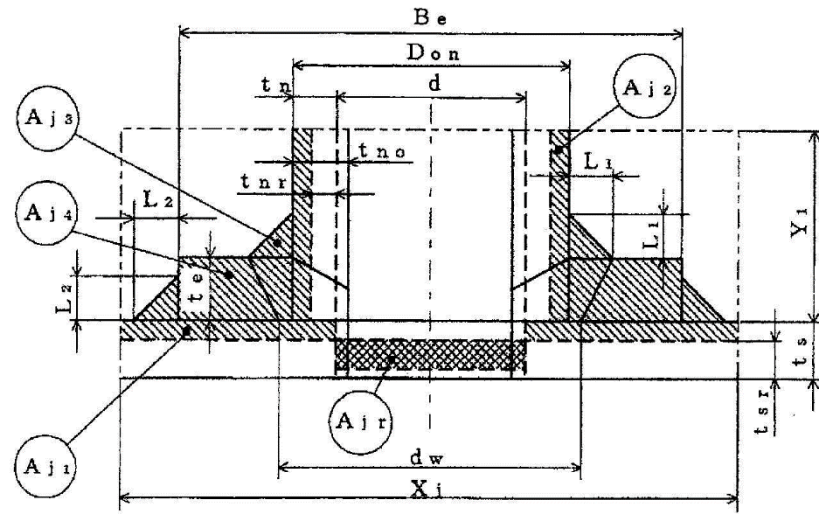
WELD-11



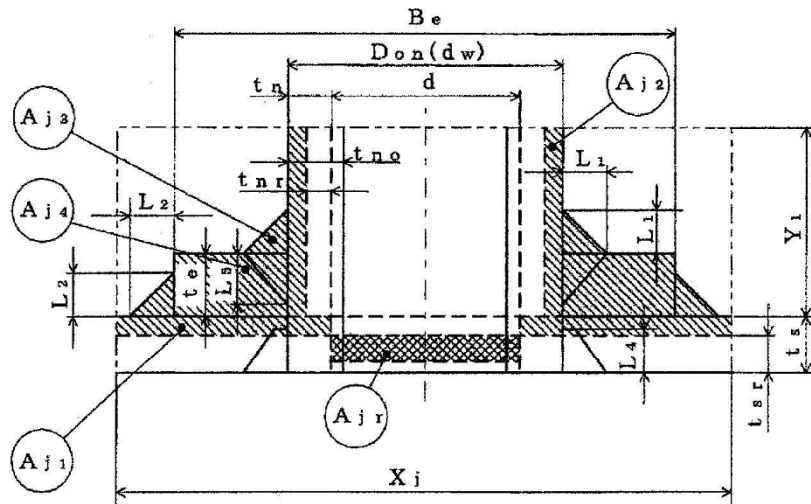
WELD-12

- 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 2-25



WELD-13



WELD-14



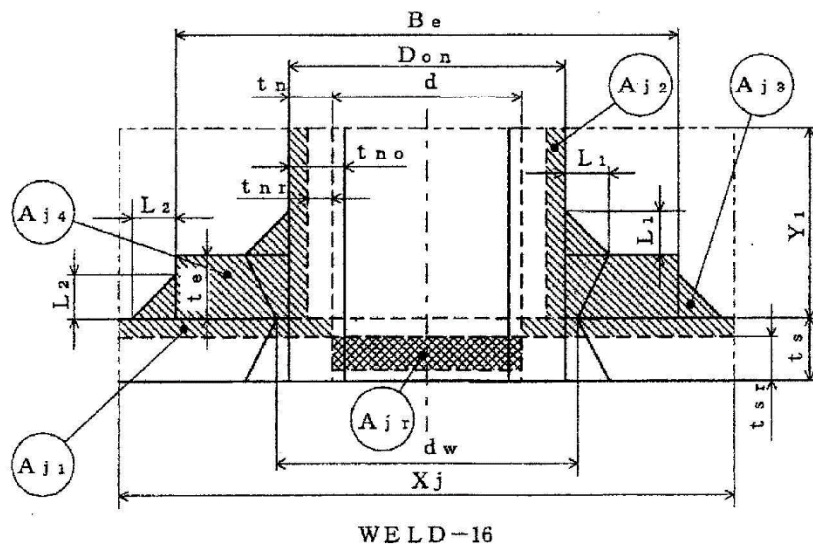
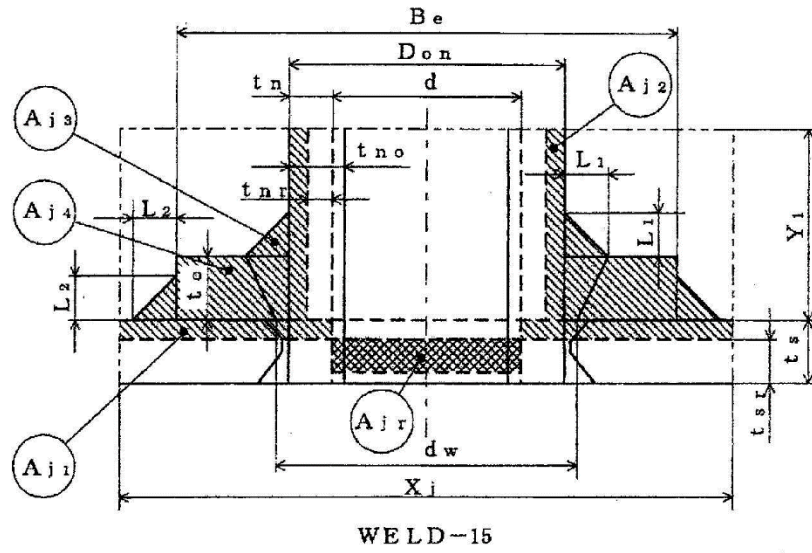
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-26





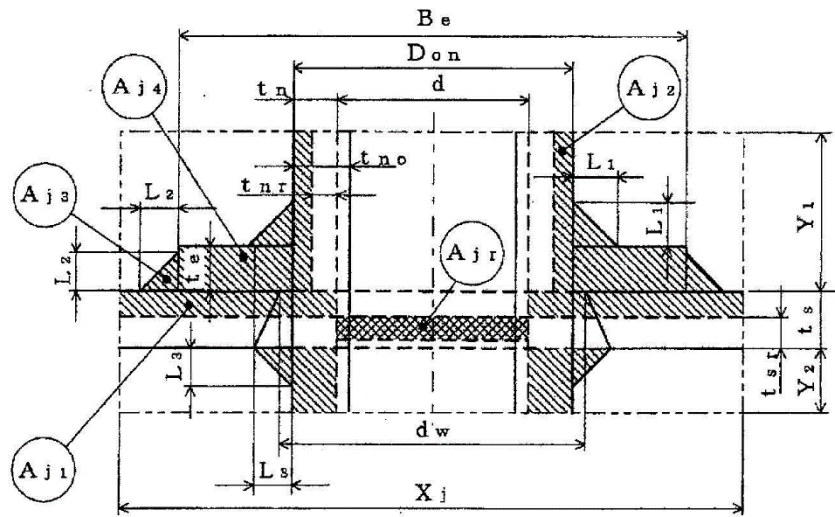
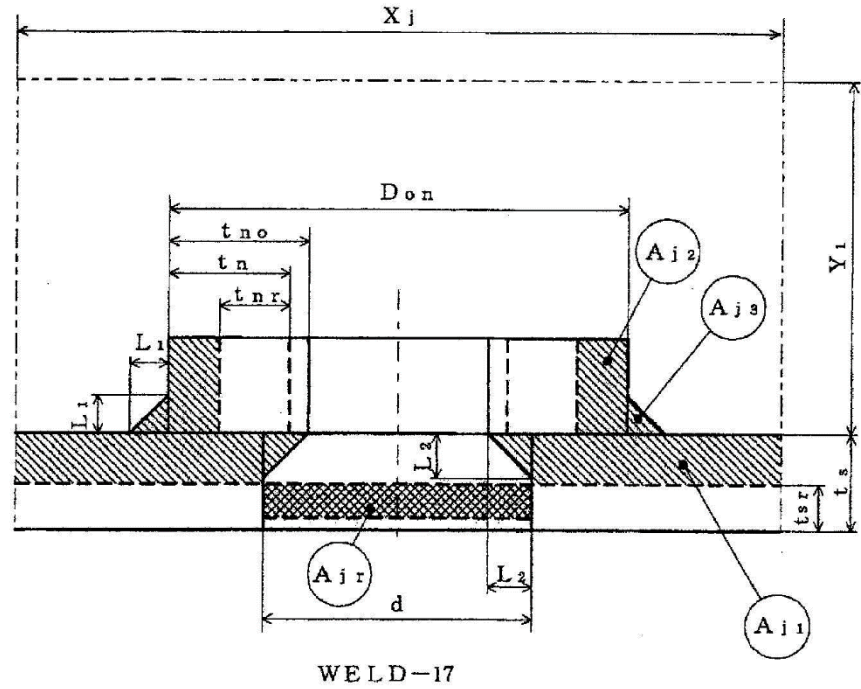
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-27

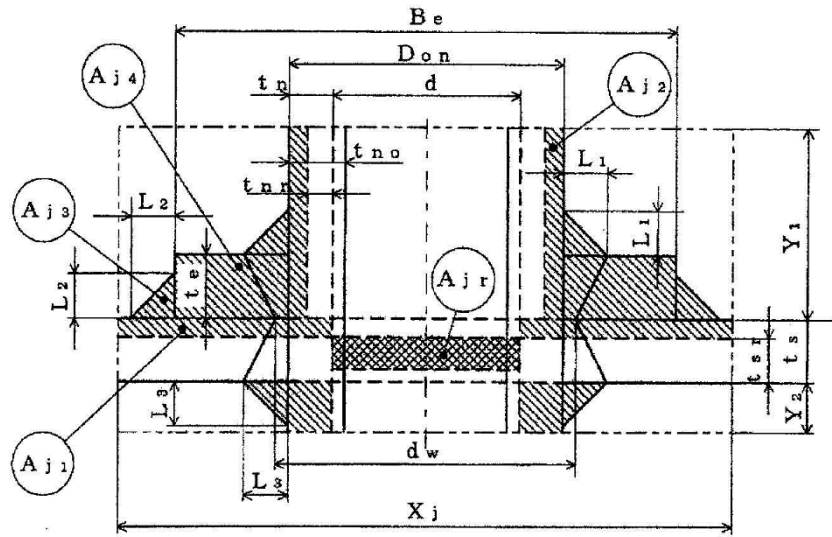


大きい穴の補強に有効な面積

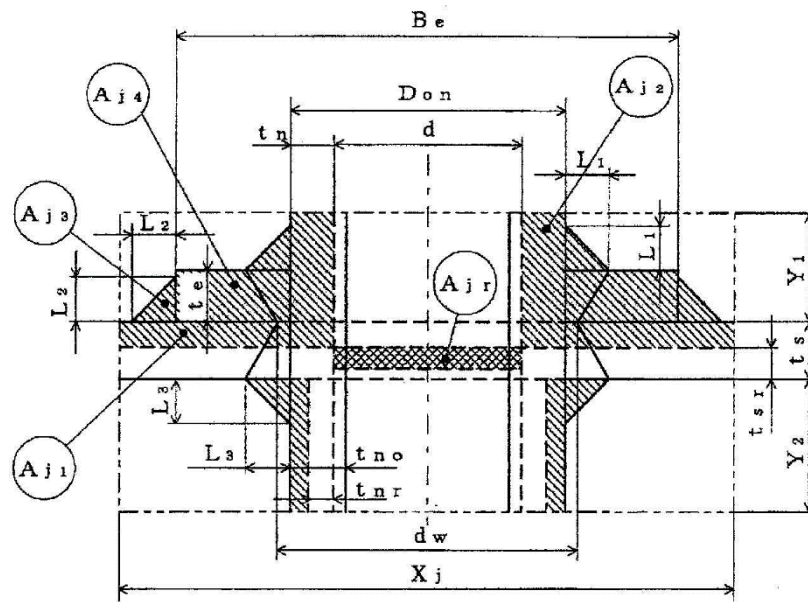


大きい穴の補強に必要な面積

図 2-28



WELD-19



WELD-19'

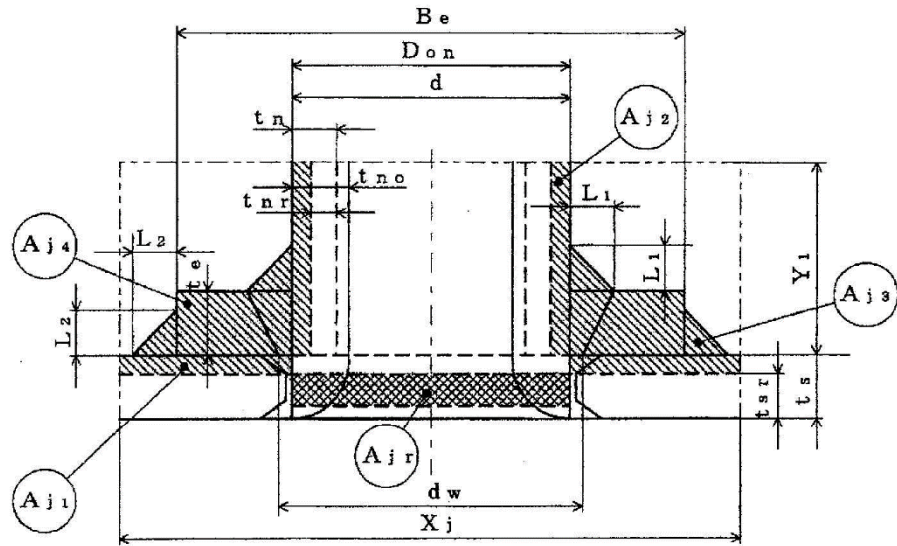


大きい穴の補強に有効な面積



大きい穴の補強に必要な面積

図 2-29



WELD-22



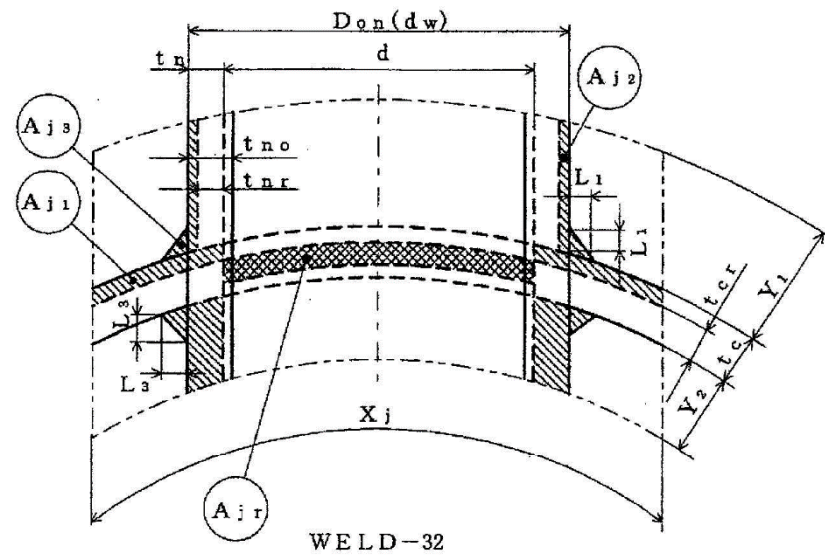
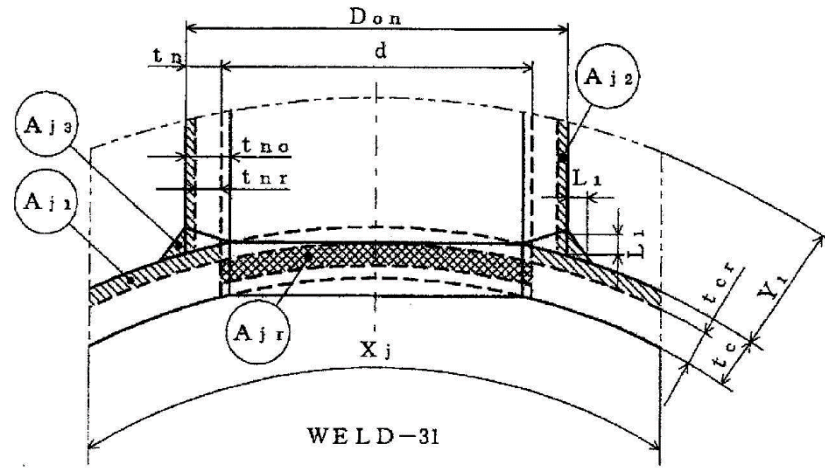
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-30





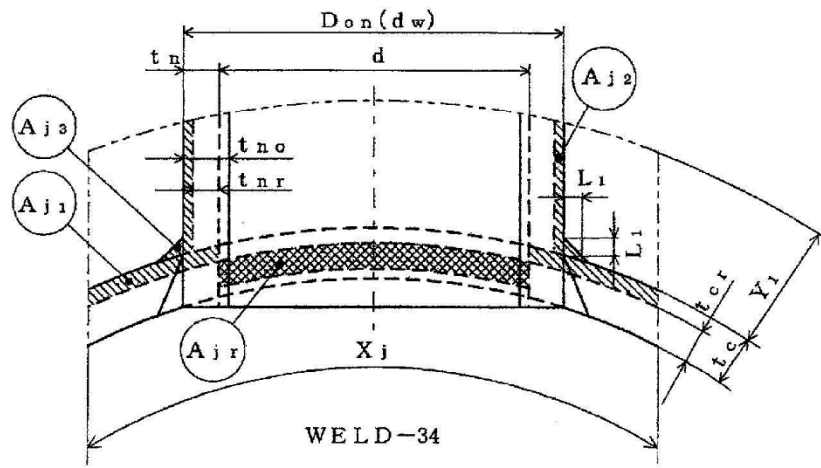
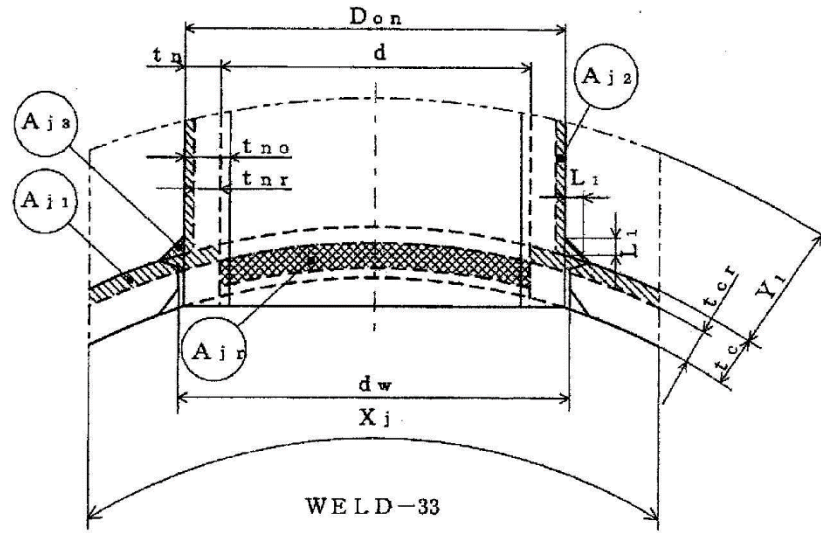
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 2-31





-  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 2-32

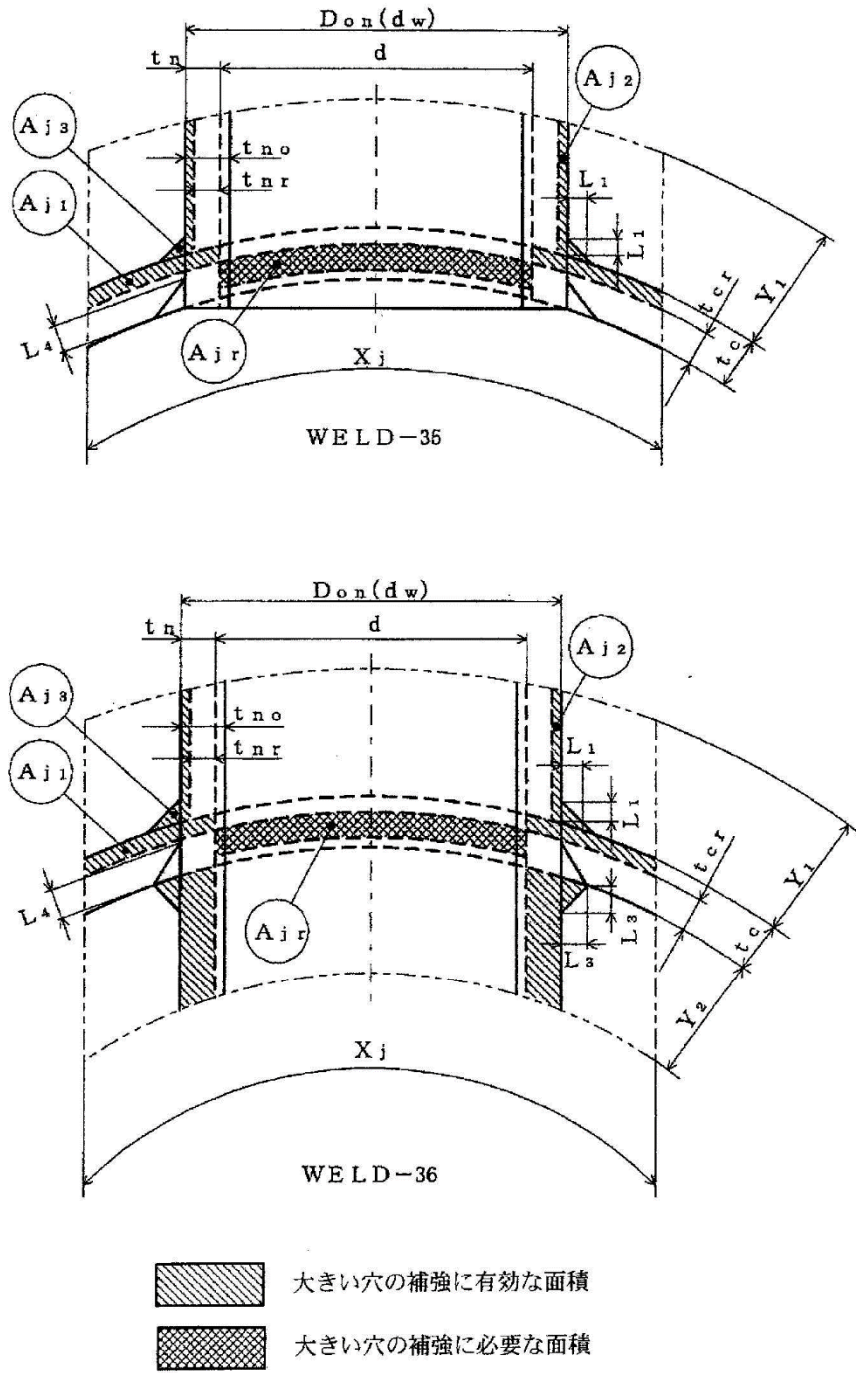
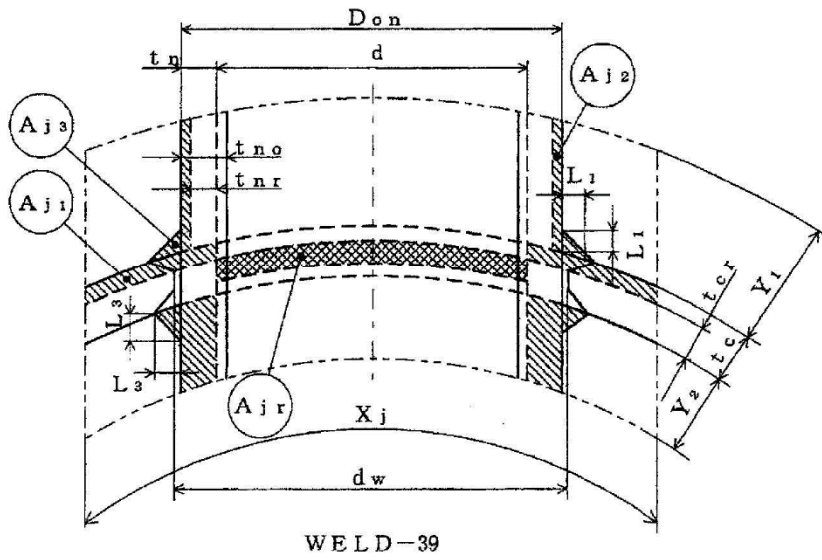
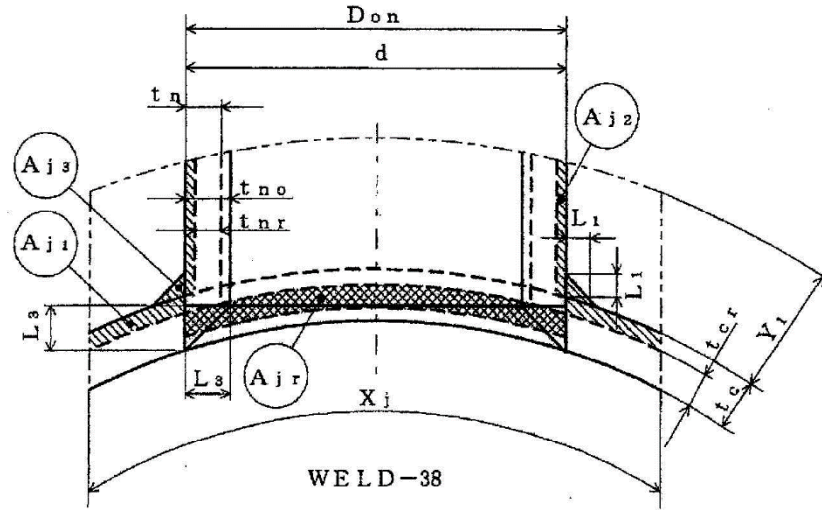


図 2-33



- 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 2-34

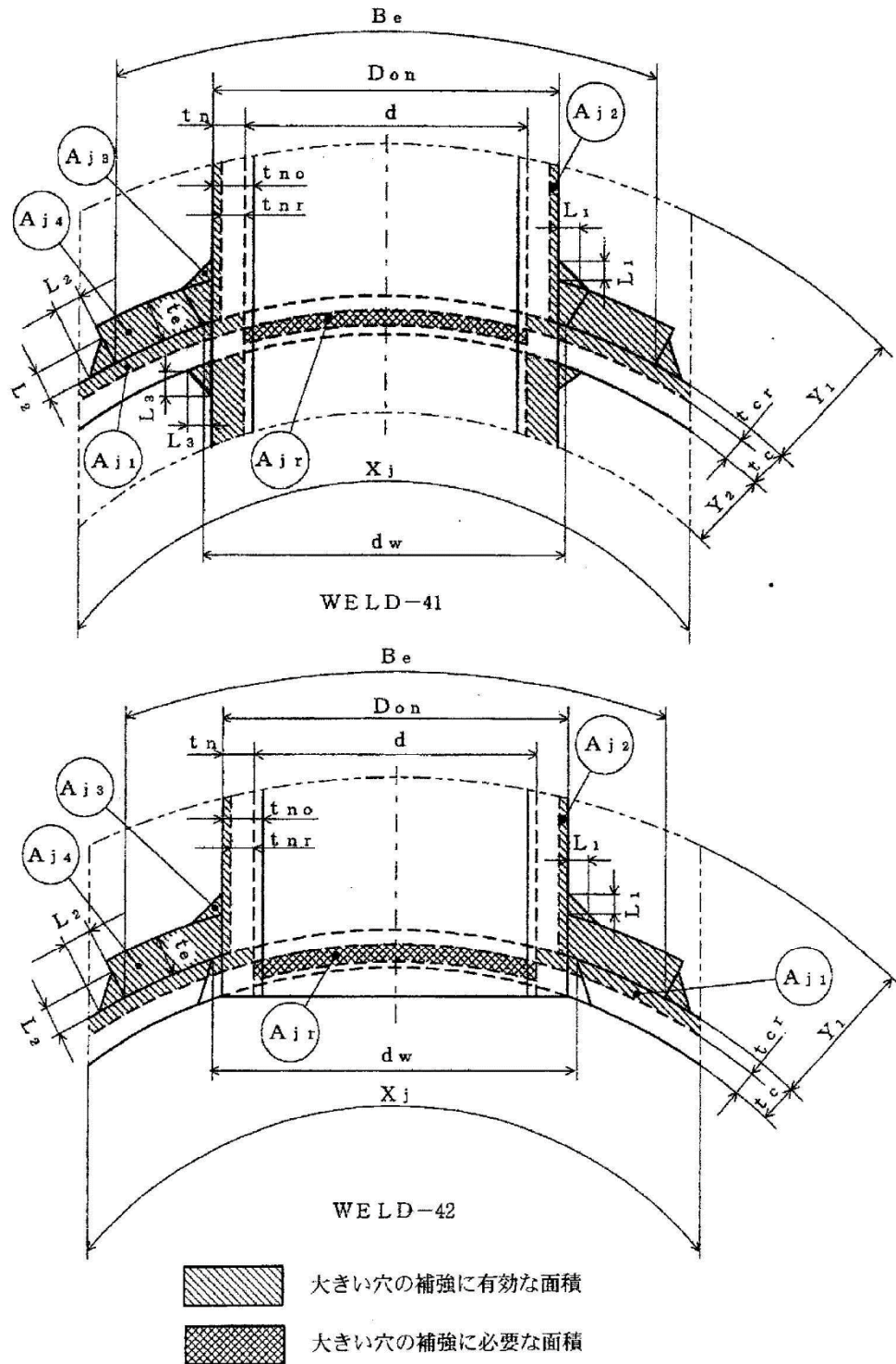


図 2-35

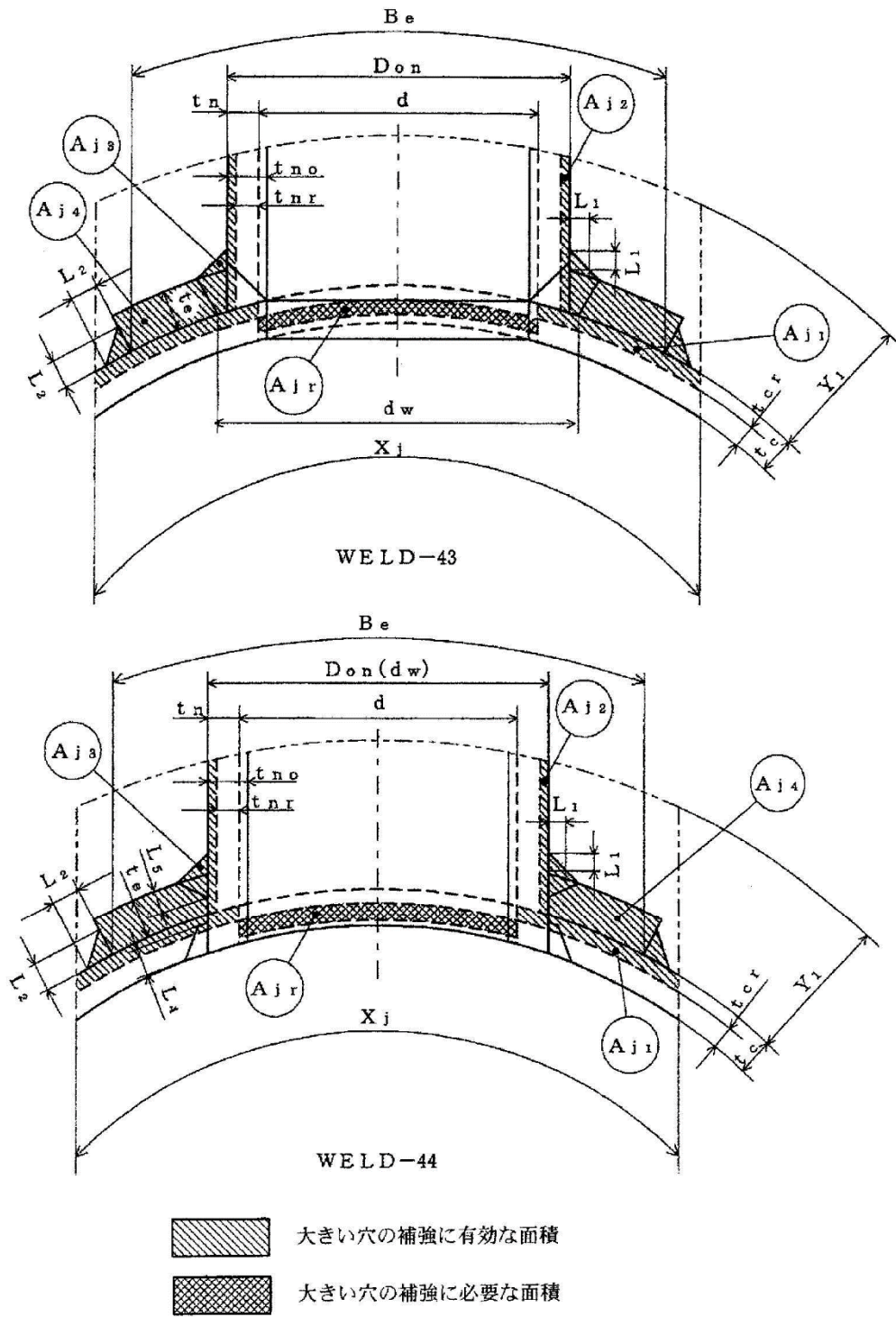


図 2-36

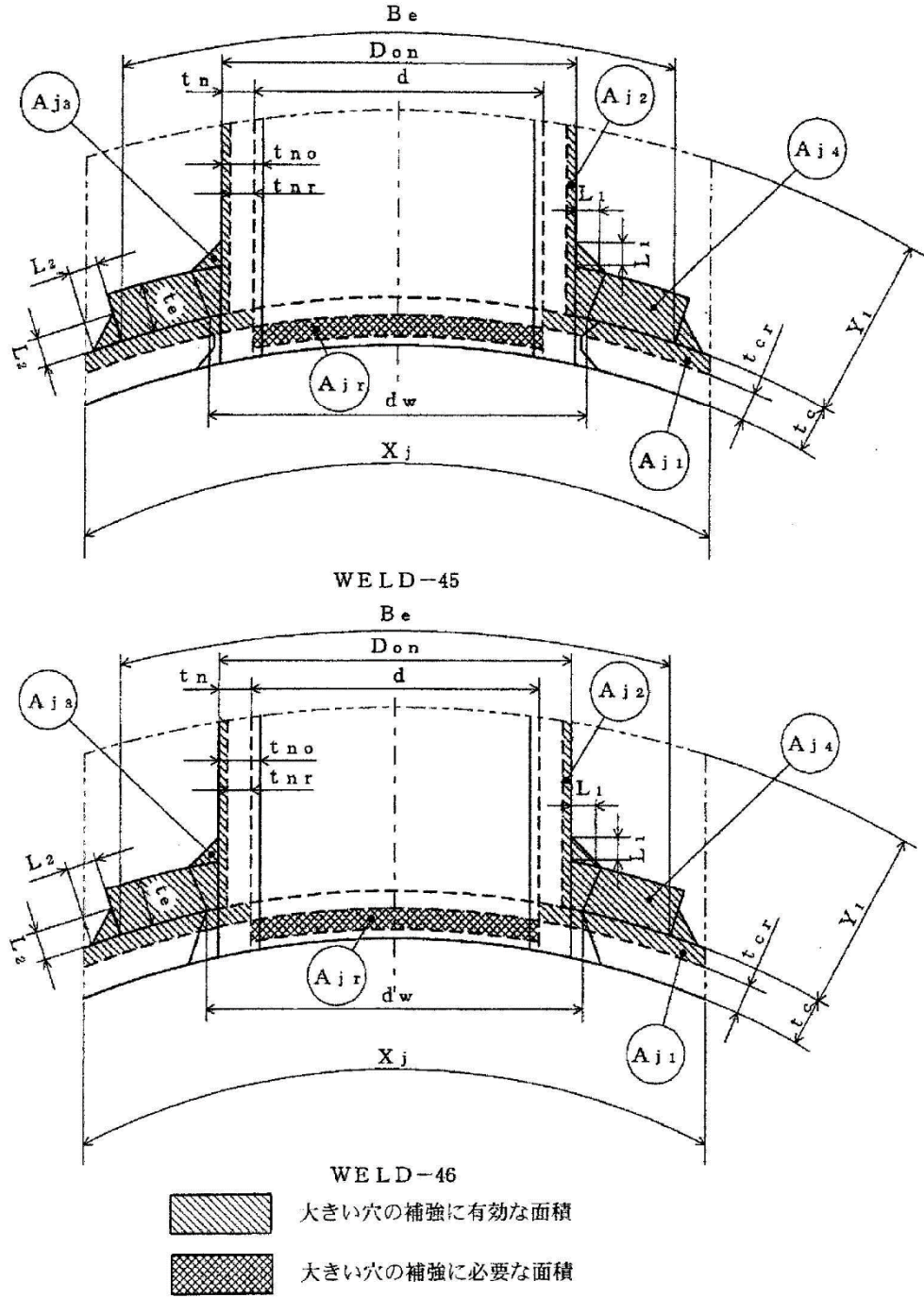


図 2-37

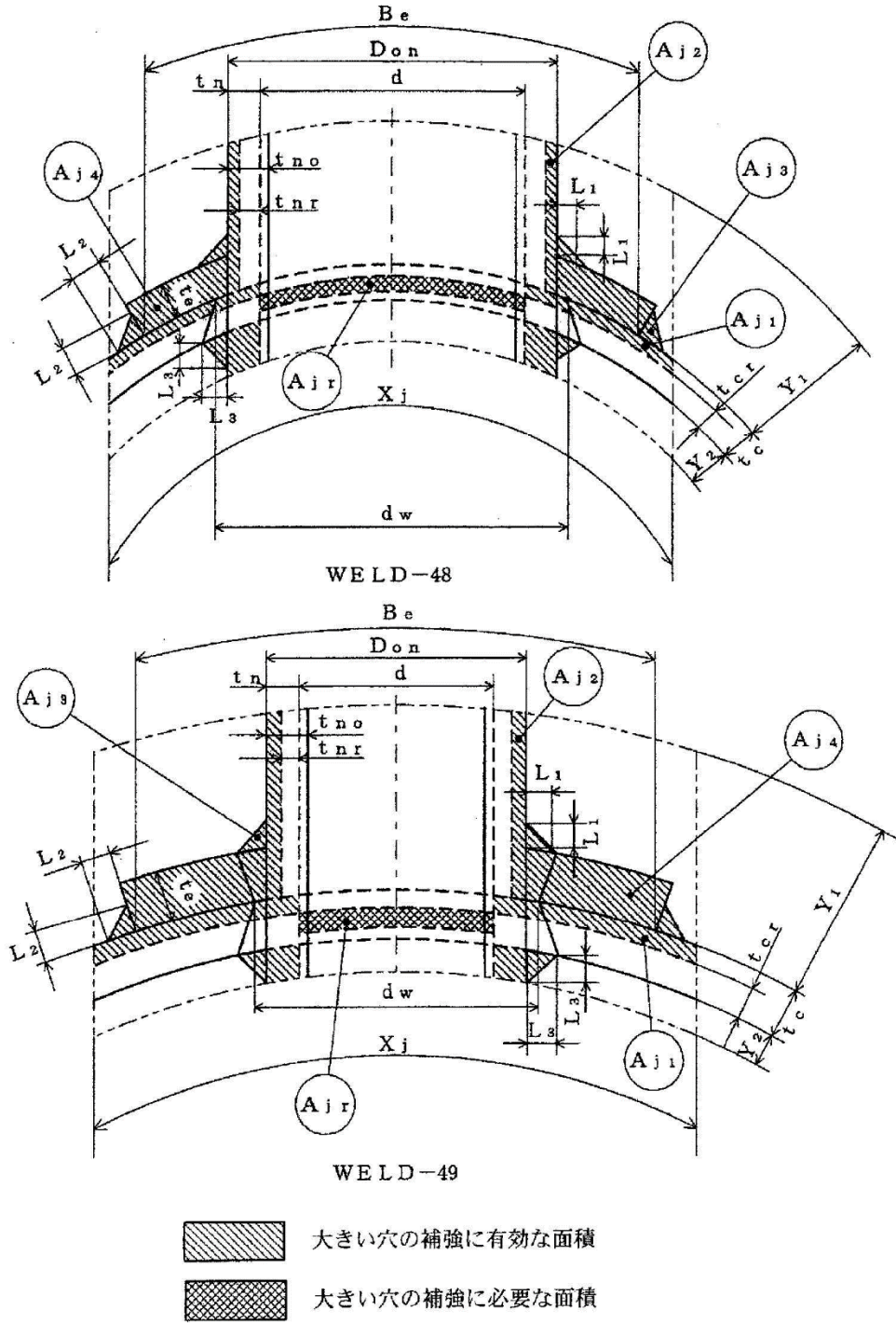


図 2-38

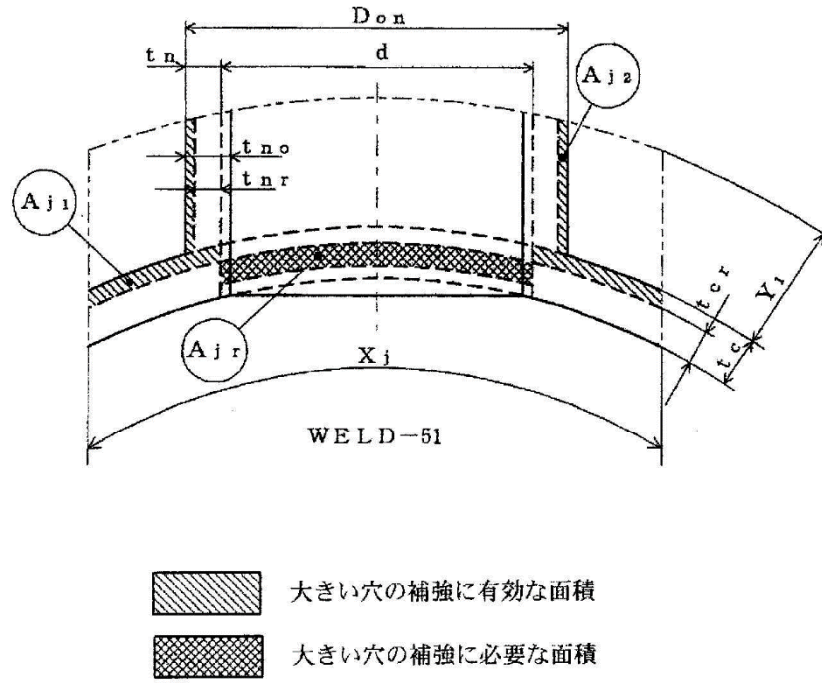


図 2-39

2.2.6 フランジの強度計算

原水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3710準用）を適用する。

計算は、JIS B 8265を適用し、フランジ形式及び各部の記号は図2-40～図2-42による。

なお、設計圧力及び使用温度は設計・建設規格における最高使用圧力及び最高使用温度とする。

(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 _o	b _o	ガスケット座の基本幅（JIS B 8265 附属書3 表3による。）	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	係数 $\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{U}{V} \cdot h_0 \cdot g_0^2 \right) \\ \text{(一体形フランジ及び一体形フランジとして計算する任意形フランジの場合)} \\ \left(\frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0^2 \right) \\ \text{(ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジとして計算する任意形フランジの場合)} \end{array} \right.$	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 _g	D _g	セルフシールガスケットの外径	mm

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
e	e	$\left\{ \begin{array}{l} = \left(\frac{F}{h_0} \right) \\ \text{(一体形フランジ及び一体形フランジとし} \\ \text{係数として計算する任意形フランジの場合)} \\ \\ = \left(\frac{F_L}{h_0} \right) \\ \text{(ルーズ形フランジ及びルーズ形フランジと} \\ \text{して計算する任意形フランジの場合)} \end{array} \right.$	mm ⁻¹
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 8265 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 8265 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 8265 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 8265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 _o	g _o	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、ガスケット又は継手接触面に加える圧縮力	N

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
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距離	mm
K	K	フランジの内外径の比, $\frac{A}{B}$	—
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_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
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	$K = \left(\frac{A}{B} \right)$ 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 又は図中の算式による。)	—
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 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系フランジの係数 (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。)	—

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
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 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	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ 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 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
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*

J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	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。

(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。

$$g_0 \leq 16\text{mm} \quad , \quad B / g_0 \leq 300$$

$$P \leq 2\text{MPa} \quad , \quad \text{最高使用温度} \leq 370^\circ\text{C}$$

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。

$b_0 \leq 6.35\text{mm}$ の場合

$$b = b_0$$

$$G = G_s - N$$

$b_0 > 6.35\text{mm}$ の場合

$$b = 2.52 \cdot b_0$$

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

b_0 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

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

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

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

(b) ガスケット締付時に必要なボルト荷重

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

熱交換器の管板を挟む一対のフランジのように、フランジ又はガスケット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スケット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、セルフシールガスケットを用いる場合は、

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

$$W_{m2} = 0$$

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

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

$$W_g = (A_m + A_b) \cdot \sigma_a / 2 \quad (\text{ガスケット締付時})$$

- 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_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	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C - C}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$
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	$\frac{C - E}{2}$	$\frac{C - C}{2}$	$\frac{h_D + h_G}{2}$
ラップジョイント形フランジ	$\frac{C - E}{2}$	$\frac{C - C}{2}$	$\frac{C - C}{2}$

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 項においても同じ。)

- g. 使用状態でフランジに作用するモーメント

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

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，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asket縮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，

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

$$h_0 = \sqrt{B \cdot g_0}$$

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0^2$$

(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のフランジの場合)

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_0 \cdot g_0^2$$

(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)

$$e = \frac{F}{h_0}$$

(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フランジの場合)

$$e = \frac{F_L}{h_0}$$

(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)

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

$$\sigma_H = 0$$

$$\sigma_R = 0$$

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M_0}{t^2 \cdot B}$$

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

$$\sigma_H = 0$$

$$\sigma_R = 0$$

$$\sigma_T = \frac{Y \cdot M_g}{t^2 \cdot B}$$

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

$$\text{使用状態にあつては} \quad \sigma_H \leq \text{Min} (1.5 \cdot \sigma_f, 1.5 \cdot \sigma_n)$$

$$\text{ガasket縮付時にあつては} \quad \sigma_H \leq \text{Min} (1.5 \cdot \sigma_{fa}, 1.5 \cdot \sigma_{na})$$

図2-40 FLANGE-2に示すハブ付き一体形フランジの場合

$$\text{使用状態にあつては} \quad \sigma_H \leq \text{Min} (1.5 \cdot \sigma_f, 2.5 \cdot \sigma_n)$$

$$\text{ガasket縮付時にあつては} \quad \sigma_H \leq \text{Min} (1.5 \cdot \sigma_{fa}, 2.5 \cdot \sigma_{na})$$

上記以外で鋳鉄以外の材料の場合

$$\text{使用状態にあつては} \quad \sigma_H \leq 1.5 \cdot \sigma_f$$

$$\text{ガasket縮付時にあつては} \quad \sigma_H \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$$

ハ. フランジの径方向応力

$$\text{使用状態にあつては} \quad \sigma_R \leq \sigma_f$$

$$\text{ガasket縮付時にあつては} \quad \sigma_R \leq \sigma_{fa}$$

二. 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asket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asket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asket締付時にあつては $\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} \leq \sigma_{fa}$

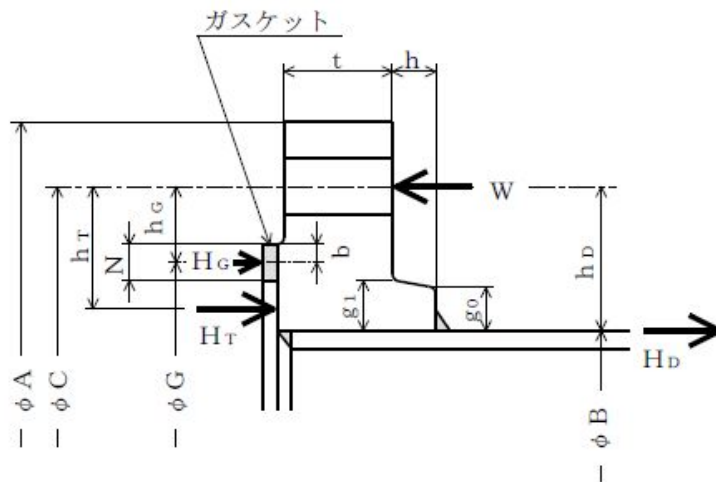
(b) ルーズ形フランジでハブがないもの、ハブを無視して計算するもの及びハブなしルーズ形フランジとして計算する任意形フランジ

イ. ボルトの総有効断面積 $A_b > A_m$

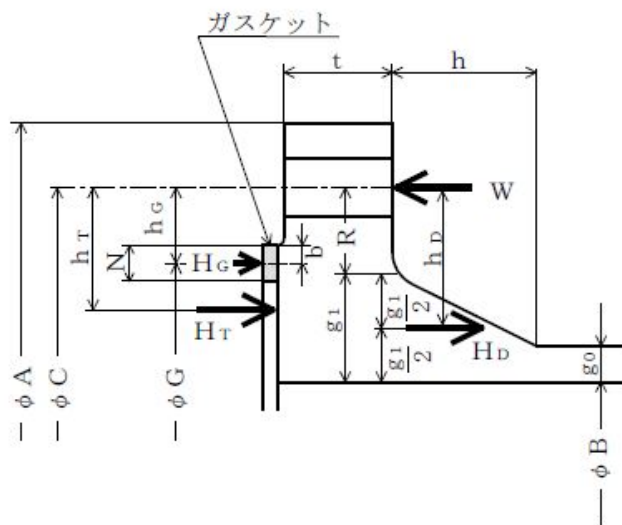
ロ. フランジの周方向応力

使用状態にあつては $\sigma_T \leq \sigma_f$

ガasket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)]

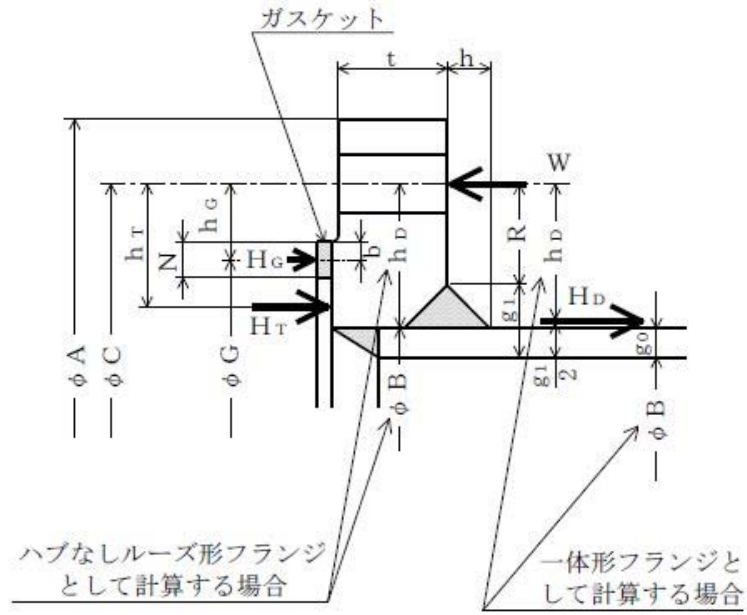


FLANGE-2 (JIS B 8265 附属書3 図2 7), 8), 9)
 [一体形フランジ]

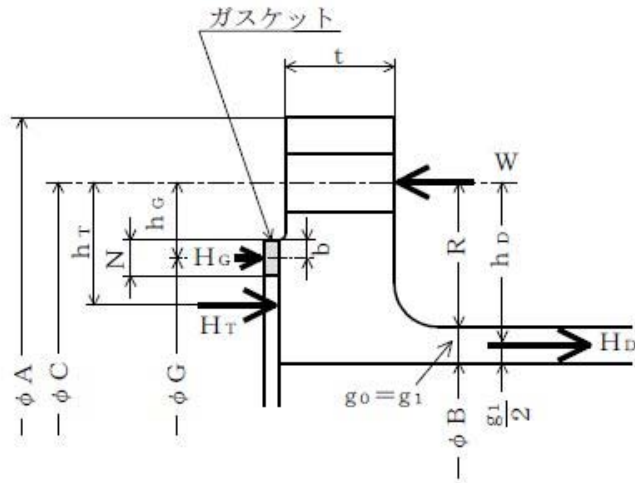
注1 : ここに示すフランジ形状は基本形式とする。

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

図 2-40



FLANGE-3 (JIS B 8265 附属書3 図2 11), 12), 13), 14), 15))
 [任意形フランジ]

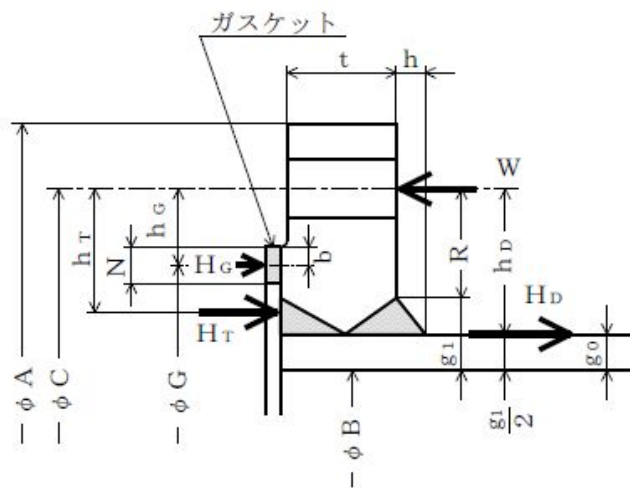


FLANGE-4 (JIS B 8265 附属書3 図2 6))
 [一体形フランジ]

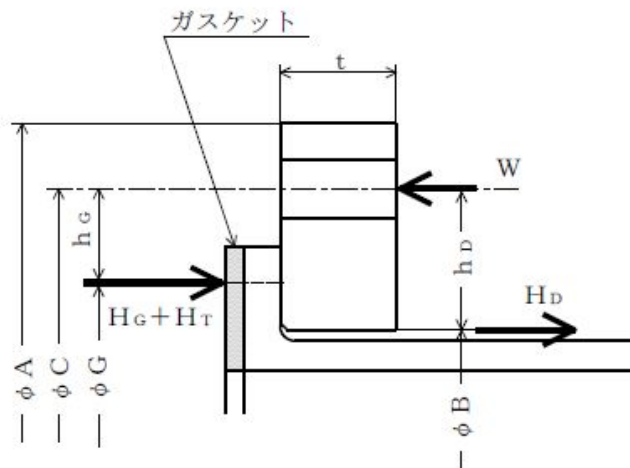
注1：ここに示すフランジ形状は基本形式とする。

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

図 2-41



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))
 [ラ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 2-42

2.3 火災防護設備用水源タンク（原水タンクを除く）の構造及び強度

2.3.1 側板の厚さ

クラス3容器のうち、火災防護設備用水源タンクについては、JIS B 8501 3.5.2（側板の厚さ）の規定を適用する。

(1) 記号の定義

計算書の表示	表示内容	単位
D_i	胴の内径	m
H	水頭	m
f	最高使用温度における胴の材料の許容引張応力で、当該日本興業規格の降伏点又は耐力の最小値の60%の値	MPa
t_a	胴に必要な厚さ	mm
t_1	胴の計算上必要な厚さ	mm
t_2	胴の内径に応じた必要厚さ	mm
t_3	胴の材料に応じた最大呼び厚さ	mm
t	胴の最小厚さ	mm
$t_{s.o.}$	胴の呼び厚さ	mm
ρ	液体の比重。ただし、1.00未満の場合は1.00とする。	—

(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. 胴の計算上必要な最小厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot (H - 0.3) \cdot \rho}{0.2 \cdot f \cdot \eta} + c$$

なお、火災防護用水源タンクは内外綿に塗装施工がされているため、腐食等による減肉（腐れ代c）は考慮しない。

- b. 胴の内径に応じた必要厚さ： t_2

胴の内径の区分に応じ JIS B 8501 表8に記載される厚さ以上とする。

- c. 胴の材料に応じた最大呼び厚さ： t_3

胴の材料に応じた最大呼び厚さ以下であることをあらかじめ確認しているため、計算書への記載は省略する。

(3) 評価

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

2.3.2 底板の厚さ

クラス3容器のうち、火災防護設備用水源タンクについては、JIS B 8501 3.4.2（底板の大きさ）の規定を適用する。

(1) 記号の定義

計算書の表示	表示内容	単位
t_b	底板の最小厚さ	mm
t_{bo}	底板の呼び厚さ	mm

(2) 厚さの制限

底板に使用する板の実際厚さは、6 mm未満となってはならない。

(3) 評価

底板の最小厚さ $t_b \geq 6$ mmならば十分である。

2.3.3 穴の補強計算

クラス3容器のうち、火災防護設備用水源タンクについては、JIS B 8501 3.5.5（側板の開口穴に対する補強）の規定を適用する。

(1) 記号の定義

計算書の表示	表示内容	単位
$A_1 \sim A_7$	補強に有効な断面積	mm^2
A_a	管台と強め材取付部の溶接部面積	mm^2
A_b	管台と胴取付部の溶接部面積	mm^2
A_{req}	補強に必要な面積	mm^2
A_t	補強に有機桜な断面積の和	mm^2
D_P	胴の開口径	mm
D_R	強め材の開口径	mm
$F_a \sim F_c$	溶接部の受持つ荷重	N
F_{req}	溶接部の負うべき荷重	N
t	胴の最小厚さ	mm
t_a	胴の必要厚さ	mm
t_n	管台の最小厚さ	mm
t_r	強め材の厚さ	mm
S_{un}	最高使用温度における管台の材料の引張強さ	MPa
S_{us}	最高使用温度における胴の材料の引張強さ	MPa
S_{yn}	最高使用温度における管台の材料の降伏点	MPa
S_{ys}	最高使用温度における胴の材料の降伏点	MPa
W_{ni}	管台と胴取付部の溶接脚長	mm
W_{no}	管台と強め材取付部の溶接脚長	mm
σ_{aF}	最高使用温度における強め材外周溶接部の許容せん断応力	MPa
σ_{at}	最高使用温度における側板の許容引張応力 (降伏点又は耐力の最小値の 60 %)	MPa

(2) 穴の補強計算

a. 補強の要否検討

火災防護設備用水源タンクの胴に穴を開けた場合、原則として補強する。
ただし、以下に示す条件を満足する場合は、補強を必要としない。

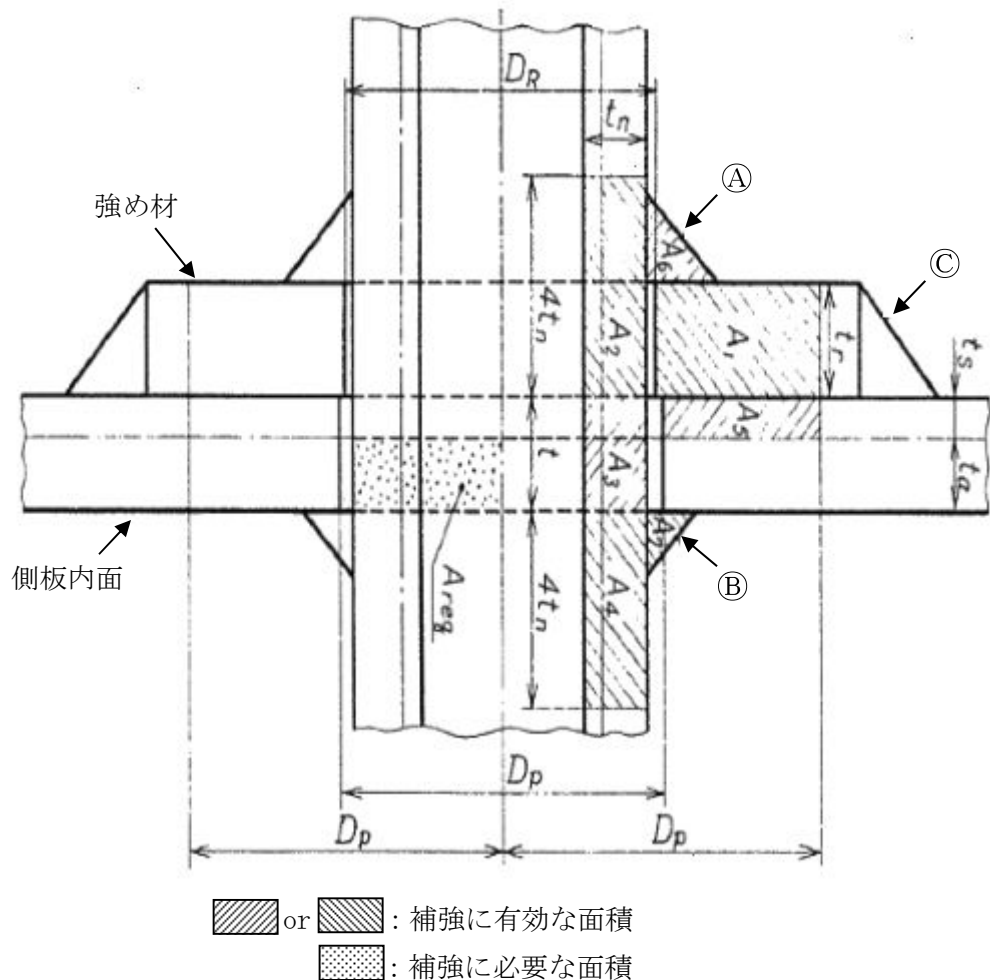
$$D_p < 85 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.1)$$

b. 補強計算

前述するa. 項の補強の要否検討において、(2.1) 式に示す条件に当てはまらない場合は、以下の手順により補強計算を行い、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、溶接部の強さが負うべき荷重より大きいことを確認する。

なお、JIS B 8501の「3.10 附属物」に規定される図及び表に従った構造であれば、補強計算の必要はない。

補強計算説明図の代表例を以下に示す。



(a) 面積計算

JIS B 8501該当部

$$\text{補強に必要な面積 } A_{req} = D_P \cdot t_a \cdots \cdots 3.5.5 (2)$$

$$\text{補強に有効な面積 } A_1 = 2 \cdot (D_P - D_R / 2) \cdot t_r \cdots \cdots 3.5.5 (1) (a)$$

$$A_2 = 2 \cdot (4 \cdot t_n) \cdot t_n \cdots \cdots 3.5.5 (3) (3.2)$$

$$A_3 = 2 \cdot t \cdot t_n \cdots \cdots 3.5.5 (3) (3.3)$$

$$A_4 = 2 \cdot t_n \cdot t_n \cdots \cdots 3.5.5 (3) (3.4)$$

$$A_5 = 2 \cdot (D_P / 2) \cdot (t - t_a) \cdots \cdots 3.5.5 (1) (d)$$

$$A_6 = 2 \cdot (1 / 2) \cdot W_{no}^2 \cdots \cdots 3.5.5 (2)$$

$$A_7 = 2 \cdot (1 / 2) \cdot W_{ni}^2 \cdots \cdots 3.5.5 (2)$$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

(b) 強め材外周溶接㉔の脚長の検討

イ. すみ肉溶接が荷重を受ける有効範囲内の面積

$$\text{㉔部の面積 } A_a = W_{no} \cdot \pi \cdot D_P \cdots \cdots 3.5.5 (4)$$

$$\text{㉔部の面積 } A_b = W_{ni} \cdot \pi \cdot D_P \cdots \cdots 3.5.5 (4)$$

ロ. すみ肉溶接が受持たなければならない全荷重: F_{req}

$$F_{req} = (A_{req} - A_5) \cdot \sigma_{at}$$

ハ. すみ肉溶接㉔部の受ける荷重: F_a

$$F_a = A_a \cdot \sigma_{aF}$$

ニ. すみ肉溶接㉔部の受ける荷重: F_b

$$F_b = A_b \cdot \sigma_{aF}$$

ホ. すみ肉溶接部㉔の受けもつ荷重: F_c

$$F_c = F_{req} - F_a - F_b$$

(c) 評価結果

イ. 面積計算 $A_t \geq A_{req}$ ならば十分である。ロ. 溶接部強さ $F_c \leq 0$ であることを確認する。

また、この時の脚長は4.5 mmとする。

別紙 クラス 3 容器の強度計算書のフォーマット

V-3-○-○-○ ○○○○○○○○○○○○○○○の強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-6 クラス3容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に基づき、火災防護設備用水源タンクについては評価条件整理表は不要とする。

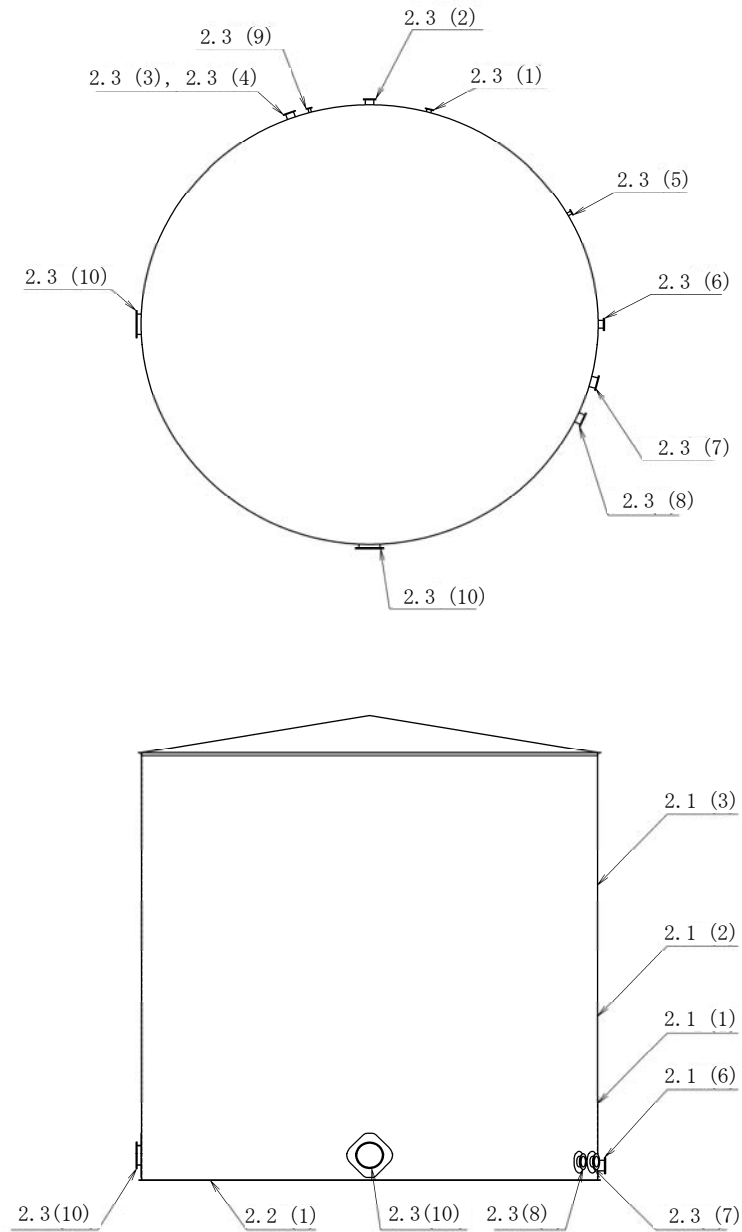
目次

1.	計算条件
1.1	計算部位
1.2	設計条件
2.	強度計算
2.1	〇〇の計算
2.2	△△の計算
2.3	□□の計算

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)	静水頭
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 PVD-3010, PVD-3110 (PVC-3920準用)

胴板名称			(1) 胴板
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			(°C)
胴の内径	D_i	(mm)	
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)	
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)	
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$, よって十分である。			

2.2 開放タンクの底板の厚さの計算

設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3960, PVC-3970準用)

(イ) 設計・建設規格 PVC-3960 (1)

底板の形：平板

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3970 (1)

底板名称		(1) 底板
材料		
必要厚さ	t (mm)	
呼び厚さ	t_{bo} (mm)	
最小厚さ	t_b (mm)	
評価： $t_b \geq t$ ，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 PVD-3010, PVD-3110 (PVC-3980準用)

管台名称			(1) ○○入口
材料			
水頭	H	(m)	
最高使用温度			(°C)
胴の内径	D_i	(mm)	
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)	
必要厚さ	t_2	(mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価	$t_n \geq t$, よって十分である。		

2.4 開放タンクの補強を要しない穴の最大径の計算
設計・建設規格 PVD-3511, PVD-3512

胴板名称	(1) 胴板
補強の計算を要する85mmを超える穴の名称	○○出口 (3.5 (1)) ○○入口 (3.5 (2))
※ただし、PVD-3511に記載される監視用に設ける穴であるものを除く	

2.5 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVD-3010, PVD-3110, PVD-3510 (PVC-3160, PVC-3950準用)

参照附図 WELD-11

部材名称	(1) ○○出口	
胴板材料		
管台材料		
強め板材料		
最高使用圧力	P	(MPa)
最高使用温度		(°C)
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)
穴の径	d	(mm)
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)
管台の最小厚さ	t_n	(mm)
胴板の継手効率	η	
係数	F	
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) ○○出口
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。	

2.1 側板の厚さの計算

JIS B 8501 3.5.2

胴板名称			(1) 側板
材料			
水頭	H	(m)	
胴の内径	D_i	(m)	
液体の比重	ρ		
許容引張応力	f^*	(MPa)	
継手効率	η		
放射線透過試験又は超音波探傷試験の有無			
必要厚さ	t_1	(mm)	
胴の内径に応じた必要厚さ	t_2	(mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t_a	(mm)	
呼び厚さ	$t_{s.o.}$	(mm)	
最小厚さ	t	(mm)	
評価： $t \geq t_a$ ，よって十分である。			

注記 *：降伏点又は耐力の最小値の60%

2.2 底板の厚さの計算

JIS B 8501 3.4.2

底板名称		(1) 底板
材料		
呼び厚さ	$t_{c.o}$ (mm)	
最小厚さ	t_b (mm)	
評価： $t_b \geq 6.0$ mm, よって十分である。		

2.3 穴の補強計算

a. 補強計算の要否検討

JIS B 8501 3.5.5

管台名称	胴の開口径 D _p (mm)	補強を 要しない 穴の径 (mm)	構造	補強計算 の要否*
(1) ○○入口			—	要
(2) ○○出口			JIS B 8501 「3.10 附属物」 による	否

注記 * : D_p > 85 mm もしくは JIS B 8501の「3.10 附属物」に規定される構造であれば、補強計算は不要とする。

b. 補強計算

JIS B 8501 3.5.5

管台名称		(1) ○○入口
胴の開口径	D_p (mm)	
強め材の開口径	D_R (mm)	
胴の最小厚さ	t (mm)	
胴の必要厚さ	t_a (mm)	
管台の最小厚さ	t_n (mm)	
強め材の厚さ	t_r (mm)	
管台と胴取付部の溶接脚長	W_{ni} (mm)	
管台と強め材取付部の溶接脚長	W_{no} (mm)	
補強に必要な面積	A_{req} (mm ²)	
補強に有効な面積 (mm ²)	A_1	
	A_2	
	A_3	
	A_4	
	A_5	
	A_6	
	A_7	
$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$		

溶接部強さ

溶接部の負うべき荷重	F_{req}	
溶接部の受持つ荷重 (A部)	F_a	
溶接部の受持つ荷重 (B部)	F_b	
溶接部の受持つ荷重 (C部)	F_c	
評価： $F_c \leq 0$, よって十分である。		