

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-002-05
提出年月日	2022年1月31日

VI-3-2-5 クラス3容器の強度計算方法

2022年1月

中国電力株式会社

## 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	3
1.5 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	5
2.2 円形平板の計算	6
2.3 開放タンクの胴の計算	10
2.4 開放タンクの底板の計算	12
2.5 開放タンクの管台の計算	13
3. 穴の補強計算	14
3.1 記号の説明	14
3.2 容器の穴の補強計算	16
3.3 開放タンクの胴の穴の補強計算	19
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、VI-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、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。））JISME S NC 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。

また、消火設備用ポンベ及び消火器については、VI-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」

### 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 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応（クラス3容器）

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
PVD-3010（クラス2容器の規定を準用する項の規定） PVD-3100（容器の胴の規定） 準用 PVC-3160 PVD-3300（容器の平板についての規定） PVD-3310	   3.2   2.2	   容器の穴の補強計算   円形平板の計算
PVD-3500（開放タンクについての規定） 準用 PVC-3920 PVD-3510 準用 PVC-3950  PVC-3960 PVC-3970 PVC-3980	   2.3 3.3   2.4  2.5	   開放タンクの胴の計算 開放タンクの胴の穴の補強計算   開放タンクの底板の計算  開放タンクの管台の計算

S2 補 VI-3-2-5 R0

## 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	
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	
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 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 <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3	
比 重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	

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。

\*2：開放タンクの胴内径

\*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。

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

発電用原子力設備のうちクラス3容器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
P	P	最高使用圧力	MPa
$\eta$	$\eta$	継手の効率 クラス3容器については設計・建設規格PVD-3110に規定している継手の種類に応じた効率を使用する。	—
	継手の種類		
	継手無し	同左	—
	突合せ両側溶接	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 JSME S NB 1-2001）（日本機械学会 2001年2月）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 円形平板の計算

クラス3容器については設計・建設規格 PVD-3310を適用する。

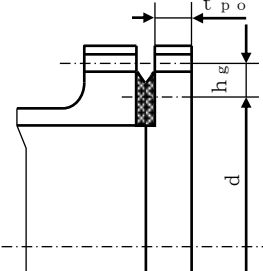
### (1) 記号の説明

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 <sup>2</sup>
A <sub>m</sub>	A <sub>m</sub>	ボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m1</sub>	A <sub>m1</sub>	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>m2</sub>	A <sub>m2</sub>	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm <sup>2</sup>
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b <sub>o</sub>	b <sub>o</sub>	ガスケット座の基本幅 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表3による。 )	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d, G	d	クラス3容器は設計・建設規格 表PVD-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径 ( ガスケットの場合 d = G )	mm
d <sub>b</sub>	d <sub>b</sub>	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部のいずれか小さい方の径	mm
F	F	全体のボルトに作用する力	N
G	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G <sub>s</sub>	ガスケット接触面の外径	mm
H	H	内圧によってフランジに加わる全荷重	N
h <sub>G</sub>	h <sub>G</sub>	ボルト穴の中心円からガスケット荷重作用点までの半径方向の距離	mm
h <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	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
H <sub>P</sub>	H <sub>P</sub>	気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力	N
K	K	平板の厚さ計算における取付け方法による係数	—
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	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	—



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	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
$\sigma_a$	S <sub>a</sub>	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
$\sigma_b$	S <sub>b</sub>	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表7による。	MPa
t	t	平板の計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>p</sub>	平板の最小厚さ	mm
	t <sub>p o</sub>	平板の呼び厚さ	mm
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W <sub>g</sub>	W <sub>g</sub>	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W <sub>m1</sub>	W <sub>m1</sub>	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>m2</sub>	W <sub>m2</sub>	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W <sub>o</sub>	W <sub>o</sub>	使用状態でのボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 ( J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2による。 )	N/mm <sup>2</sup>
$\pi$	$\pi$	円周率	—
	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。 )	—

(2) 形状の制限

取 付 け 方 法	取 付 け 方 法	形 状 の 制 限
(n)		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
(n)	$0.20 + \frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}^*$

注記\* : F, h<sub>g</sub>, 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<sub>o</sub>に従い以下のように求める。

b<sub>o</sub> > 6.35mmの場合

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

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

b<sub>o</sub>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

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

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

$$W = H$$

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

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

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

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

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

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

(d) フランジの計算に用いるボルト荷重

$$W_o = W_{m1} \text{ (使用状態)}$$

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

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

(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

$$h_g = (C - G) / 2$$

(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。

### 2.3 開放タンクの胴の計算

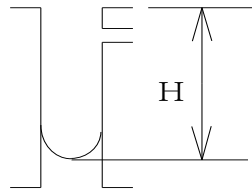
クラス3容器については設計・建設規格 PVD-3010及びPVD-3110（設計・建設規格 PVC-3920準用）を適用する。

#### (1) 記号の説明

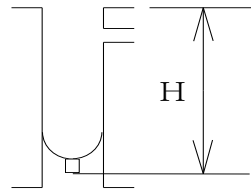
設計・建設規格の記号	計算書の表示	表 示 内 容	単 位
$D_i$	$D_i$	胴の内径	m
H	H	水頭*	m
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5 又は表6による。	MPa
t	t	胴に必要な厚さ	mm
	$t_1$	胴の規格上必要な最小厚さ	mm
	$t_2$	胴の計算上必要な厚さ	mm
	$t_3$	胴の内径に応じた必要厚さ	mm
	$t_s$	胴の最小厚さ	mm
$\rho$	$t_{s0}$	胴の呼び厚さ	mm
	$\rho$	液体の比重。ただし、1.00未満の場合は1.00とする。	—

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。

- a. 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
- b. 底板に管台が取り付けの場合は、第1溶接継手まで



a 項の場合



b 項の場合

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3mm，その他の材料で作られた場合は1.5mm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：  $t_s$

胴の内径が5m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。

## 2.4 開放タンクの底板の計算

クラス3容器については設計・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 <sub>b</sub>	底板の最小厚さ	mm
	t <sub>bo</sub>	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、平板の項を参照のこと。

### (2) 形状の制限

平板であること。

### (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  
クラス3容器については設計・建設規格 PVD-3010により3mm以上とする。
- b. 上記以外のものの底板に必要な厚さ：t  
クラス3容器については設計・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) 平板

クラス3容器については設計・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。

2.2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<sub>b</sub>）≧底板に必要な厚さ（t）ならば十分である。

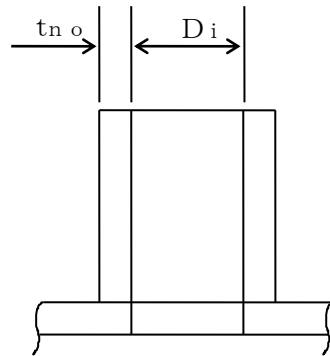
2.5 開放タンクの管台の計算

クラス3容器については設計・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 付録材料図表 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
$\rho$	$\rho$	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。

### 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	$\text{mm}^2$
	$A_1$	胴の部分の補強に有効な面積	$\text{mm}^2$
	$A_2$	管台の部分の補強に有効な面積	$\text{mm}^2$
	$A_3$	すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積	$\text{mm}^2$
$A_r$	$A_4$	強め板の部分の補強に有効な面積	$\text{mm}^2$
	$A_r$	穴の補強に必要な面積	$\text{mm}^2$
d	$B_e$	強め板の外径	mm
	d	胴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、 $d_w = D_{on} + \alpha$ （ $\alpha$ 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	mm
	$D_{on}$	管台の外径	mm
F	F	係数	—
	$L_1$	溶接の脚長*	mm
	$L_2$	溶接の脚長*	mm
	$L_3$	溶接の脚長*	mm
	$S_e$	強め板材の許容引張応力	MPa

設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6による。



設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
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	$S_s$	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
	$t_e$	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
$t_s$	$t_s$	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
	$W_2$	$W_2 = (d_w \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$	N
	WELD-	管台溶接形式 (図3-1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
	$X_2$	補強の有効範囲	mm
	$Y_1$	補強の有効範囲 (胴より外側)	mm
	$Y_2$	補強の有効範囲 (胴より内側)	mm
$\eta$	$\eta$	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	—

注記\* : クラス3容器については設計・建設規格 図PVD-4112-3による。

### 3.2 容器の穴の補強計算

容器に穴を設ける場合は以下の手順により補強計算を行う。

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

クラス 3 容器については設計・建設規格 PVD-3010 及び PVD-3110（設計・建設規格 PVC-3160 準用）を適用する。

##### a. 管台の形式

図3-1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

クラス 3 容器については設計・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

クラス 3 容器については設計・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、強め板がない場合には  $t_e = 0$  とする。

## (c) 補強に有効な面積

クラス3容器については設計・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

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

(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,

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

## 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

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

## c. 大きい穴の補強

クラス3容器については設計・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。

## d. 溶接部の強度

クラス3容器については設計・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。

## 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。

$$A_o > A_r$$

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

### 3.3 開放タンクの胴の穴の補強計算

クラス3容器については設計・建設規格 PVD-3010, PVD-3110及びPVD-3510（設計・建設規格 PVC-3950準用）を適用する。

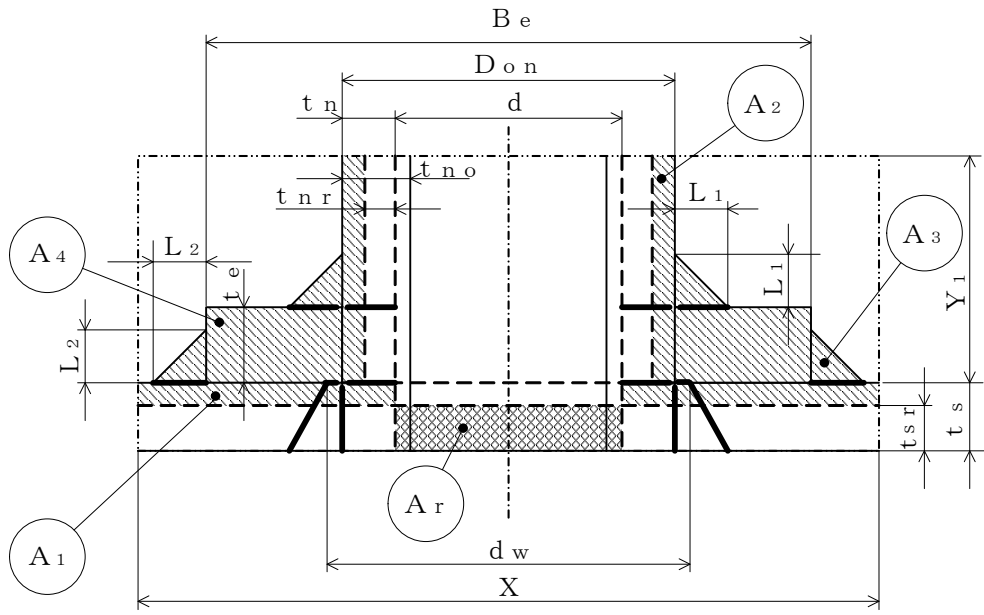
穴は、円形またはだ円形であることとする。

ただし、穴の径が85mm以下の場合は計算を行わない。

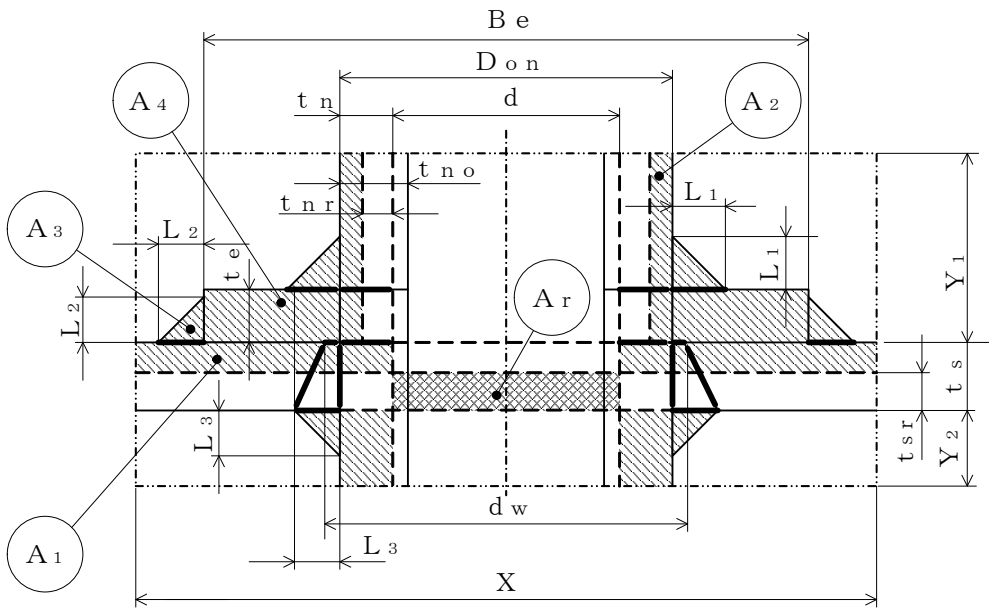
ここで、最高使用圧力Pは、次の式による値とする。

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

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。



WELD-12



WELD-18

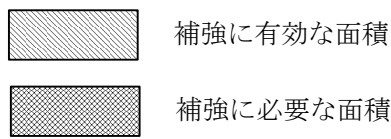


図3-1

別紙 容器の強度計算書のフォーマット

VI-3-○-○-○ ○○○の強度計算書



まえがき

本計算書は、VI-3-1-4「クラス3機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-5「クラス3容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。  
 評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス			
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件								
											圧力 (MPa)	温度 (°C)						

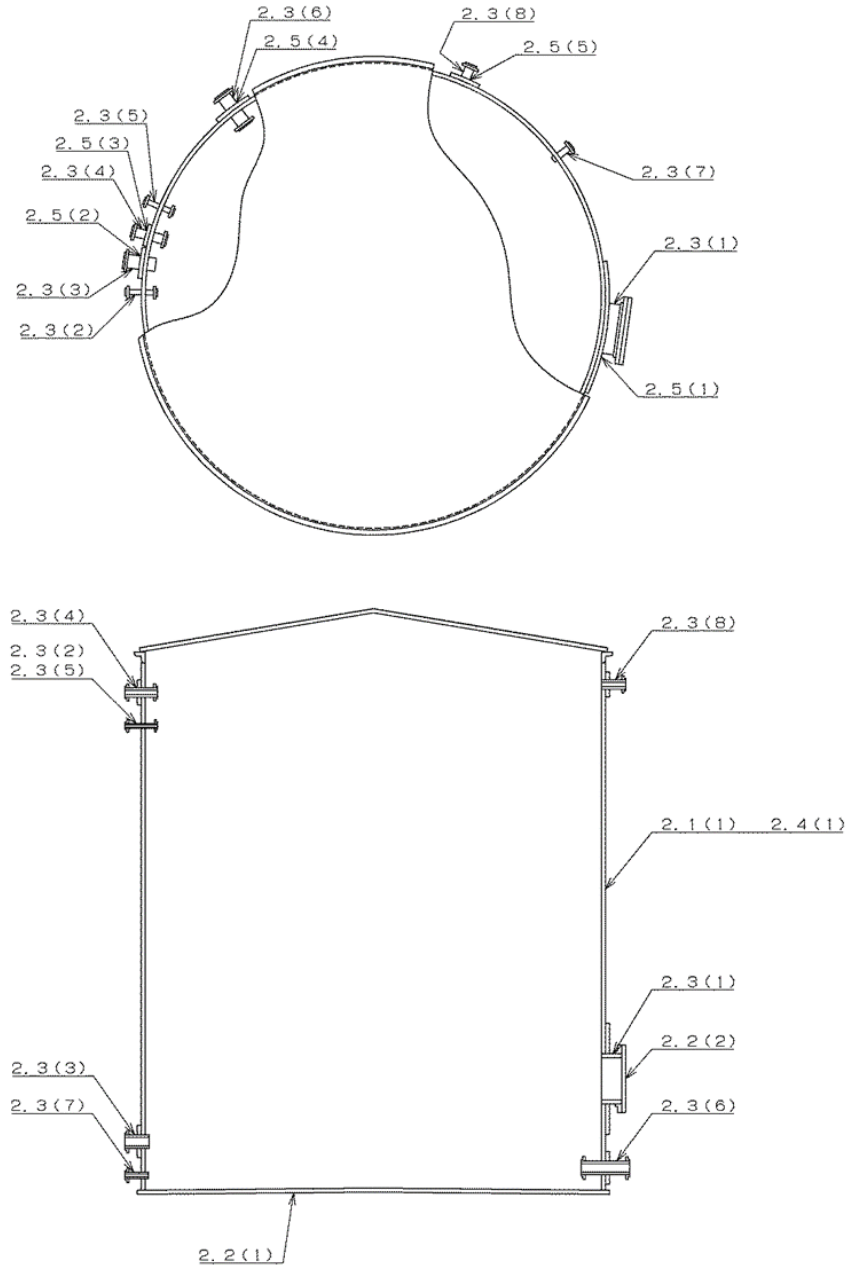
## 目 次

1. 計算条件 .....	
1.1 計算部位 .....	
1.2 設計条件 .....	
2. 強度計算 .....	
2.1 開放タンクの胴の厚さの計算 .....	
2.2 開放タンクの底板の厚さの計算 .....	
2.3 開放タンクの管台の厚さの計算 .....	
2.4 開放タンクの補強を要しない穴の最大径の計算 .....	
2.5 開放タンクの穴の補強計算 .....	

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の  
計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	静水頭
最高使用温度 (°C)	***

## 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及び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	$D_i$ (m)	
液体の比重	$\rho$	
許容引張応力	S (MPa)	
継手効率	$\eta$	
継手の種類		
放射線検査の有無		
必要厚さ	$t_1$ (mm)	
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	$t_{s.o}$ (mm)	
最小厚さ	$t_s$ (mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。		

## 2.2 開放タンクの底板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3960(1)準用)

底板の形：平板

(ロ) 設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3970(1)準用)

底板の厚さ

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。		

開放タンクの底板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3960(1)準用)

底板の形：平板

(ロ) 設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3970(2)準用)

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(2) 側マンホール平板
平板の取付け方法	(n)
平板の穴の有無	無し

(ハ) 設計・建設規格 PVD-3310 (J I S B 8 2 6 5 附属書3適用)

平板の厚さ

平板名称	(2) 側マンホール平板	
平板材料		
ボルト材料		
ガスケット材料		
ガスケット厚さ	(mm)	
ガスケット座面の形状		
最高使用圧力	P	(MPa)
最高使用温度		(°C)
平板の許容引張応力	S	(MPa)
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時) (20°C)	S <sub>a</sub> (MPa)
	最高使用温度(使用状態)	S <sub>b</sub> (MPa)
ボルト中心円の直径	C	(mm)
ボルト呼び		
ボルト本数	n	
ボルト谷径	d <sub>b</sub>	(mm)
実際のボルト総有効断面積	A <sub>b</sub>	(mm <sup>2</sup> )
ガスケット接触面の外径	G <sub>s</sub>	(mm)
ガスケット接触面の幅	N	(mm)
ガスケット係数	m	
最小設計締付圧力	y	(N/mm <sup>2</sup> )
ガスケット座の基本幅	b <sub>o</sub>	(mm)
ガスケット座の有効幅	b	(mm)
平板の径(ガスケット有効径)	d = G	(mm)
内圧による全荷重	W = H	(N)
使用状態での最小ボルト荷重	W <sub>m1</sub>	(N)
ガスケット締付最小ボルト荷重	W <sub>m2</sub>	(N)
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A <sub>m1</sub> (mm <sup>2</sup> )
	ガスケット締付時	A <sub>m2</sub> (mm <sup>2</sup> )
	いずれか大きい値	A <sub>m</sub> (mm <sup>2</sup> )
ボルト荷重	使用状態	W <sub>o</sub> (N)
	ガスケット締付時	W <sub>g</sub> (N)
	いずれか大きい値	F (N)
モーメントアーム	h <sub>g</sub>	(mm)
取付け方法による係数	K	
必要厚さ	t	(mm)
呼び厚さ	t <sub>p o</sub>	(mm)
最小厚さ	t <sub>p</sub>	(mm)
評価： t <sub>p</sub> ≥ t, よって十分である。		

### 2.3 開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVD-3010及び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)	
管台の内径	$D_i$ (m)	
液体の比重	$\rho$	
許容引張応力	S (MPa)	
継手効率	$\eta$	
継手の種類		
放射線検査の有無		
必要厚さ	$t_1$ (mm)	
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
評価：補強の計算を要する85mmを超える穴の名称	



## 2.5 開放タンクの穴の補強計算

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

参照附図 WELD-18

部材名称			(1) ○○○入口
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	$\eta$		
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 <sup>2</sup> )	
補強の有効範囲	$X_1$	(mm)	
補強の有効範囲	$X_2$	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	$Y_1$	(mm)	
補強の有効範囲	$Y_2$	(mm)	
強め板の最小厚さ	$t_e$	(mm)	
強め板の外径	$B_e$	(mm)	
管台の外径	$D_{on}$	(mm)	
溶接寸法	$L_1$	(mm)	
溶接寸法	$L_2$	(mm)	
溶接寸法	$L_3$	(mm)	
胴板の有効補強面積	$A_1$	(mm <sup>2</sup> )	
管台の有効補強面積	$A_2$	(mm <sup>2</sup> )	
すみ肉溶接部の有効補強面積	$A_3$	(mm <sup>2</sup> )	

部材名称	(1) ○○○入口	
強め板の有効補強面積	$A_4$	( $\text{mm}^2$ )
補強に有効な総面積積	$A_0$	( $\text{mm}^2$ )
評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。		
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径	$d_j$	(mm)
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。		
溶接部にかかる荷重	$W_1$	(N)
溶接部にかかる荷重	$W_2$	(N)
溶接部の負うべき荷重	$W$	(N)
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。		