

VI-3-2 強度計算方法

目 次

- VI-3-2-1 強度計算方法の概要
- VI-3-2-2 クラス 1 管の強度計算方法
- VI-3-2-3 クラス 1 弁の強度計算方法
- VI-3-2-4 クラス 2 管の強度計算方法
- VI-3-2-5 クラス 2 弁の強度計算方法
- VI-3-2-6 クラス 3 容器の強度計算方法
- VI-3-2-7 クラス 3 管の強度計算方法
- VI-3-2-8 重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法
- VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法
- VI-3-2-10 重大事故等クラス 2 ポンプの強度計算方法
- VI-3-2-11 重大事故等クラス 2 弁の強度計算方法
- 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
- 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
- VI-3-2-14 重大事故等クラス 3 機器の強度評価方法

VI-3-2-1 強度計算方法の概要

目次

1. 概要	1
2. 評価条件整理表	2

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-1 強度計算の基本方針」に基づき、クラス1機器、クラス2機器、クラス3機器、重大事故等クラス2機器、重大事故等クラス2支持構造物及び重大事故等クラス3機器が十分な強度を有することを確認するための方法について説明するものであり、以下の資料により構成する。

- VI-3-2-2 クラス1管の強度計算方法
- VI-3-2-3 クラス1弁の強度計算方法
- VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法
- VI-3-2-5 クラス2弁の強度計算方法
- VI-3-2-6 クラス3容器の強度計算方法
- VI-3-2-7 クラス3管の強度計算方法
- VI-3-2-8 重大事故等クラス2容器の強度計算方法
- VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法
- VI-3-2-10 重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法
- VI-3-2-11 重大事故等クラス2弁の強度計算方法
- 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
- 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
- VI-3-2-14 重大事故等クラス3機器の強度評価方法

2. 評価条件整理表

添付書類「VI-3-1 強度計算の基本方針」に示す強度計算の方針との整合を図るため、各強度計算書において、「評価条件整理表」を添付する。本項では「評価条件整理表」で整理する項目について説明する。なお、強度評価対象機器のうち以下の機器については、評価条件及び適用規格の比較等が不要であることから「評価条件整理表」は添付しないこととする。

- ・ 重大事故等クラス2 機器であって原子炉格納容器
- ・ 消火設備用ポンベ又は消火器
- ・ 重大事故等クラス3 機器

(1) 新設又は既設の判定

当該設備が新設又は既設であるかを記載する。

(2) 施設時の技術基準における規定の有無

表 2-1 施設時の技術基準における規定の有無の判定区分*

項目	説明
有	施設時の技術基準が 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和 55 年 10 月 30 日 通商産業省告示第 5 0 1 号) (以下「昭和 55 年告示第 5 0 1 号」という。) 又は 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(平成 6 年 7 月 21 日 通商産業省告示第 5 0 1 号 (以下「平成 6 年告示第 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。)) <第 I 編 軽水炉規格> 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。)) である機器
無	「施設時の技術基準における規定がない機器」

注記 * : 「新設する機器 (重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む)」については「有」「無」に分類可能なものであっても「-」とする。

(3) 機器クラス

- ・クラスアップの有無

表 2-2 クラスアップの有無の判定区分*¹

項目	説明
有	「原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲でありクラス 2 機器からクラス 1 機器になる機器」* ² 、「施設時に規定がなかった機器のうち今回クラス 3 機器に分類される機器」* ² 、又は「クラス 1 機器又はクラス 2 機器に属さない機器のうち重大事故等クラス 2 機器となる機器」
無	上記以外の強度評価対象機器

注記 *1:「施設時の技術基準における規定がない機器」又は「新設する機器（重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む）」については「有」「無」に分類可能なものであっても「－」とする。

*2: クラスアップする理由を評価条件整理表に注記として追加する。

- ・施設時機器クラス

表 2-3 施設時機器クラスの判定区分*

項目	説明
DB-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）（以下「技術基準規則」という。）第 2 条第 2 項第 32 号に規定する「クラス 1 容器」、「クラス 1 管」、「クラス 1 ポンプ」又は「クラス 1 弁」及びこれらを支持する構造物
DB-2	技術基準規則第 2 条第 2 項第 33 号に規定する「クラス 2 容器」、「クラス 2 管」、「クラス 2 ポンプ」又は「クラス 2 弁」及びこれらを支持する構造物
DB-3	技術基準規則第 2 条第 2 項第 34 号に規定する「クラス 3 容器」、「クラス 3 管」
DB-4	技術基準規則第 2 条第 2 項第 35 号に規定する「クラス 4 管」
Non	上記以外の容器、管、ポンプ、弁又は支持構造物
－	新設する機器（重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む）又は上記以外の機器

注記 * : 施設時の適用規格が昭和 55 年告示第 5 0 1 号又は平成 6 年告示第 5 0 1 号の場合には、技術基準規則における機器クラスに読み替えて記載する。

- ・DB クラス：設計基準対象施設としての機器クラス

表 2-4 DB クラスの判定区分

項目	説明
DB-1	技術基準規則第 2 条第 2 項第 32 号に規定する「クラス 1 容器」、「クラス 1 管」、「クラス 1 ポンプ」又は「クラス 1 弁」及びこれらを支持する構造物
DB-2	技術基準規則第 2 条第 2 項第 33 号に規定する「クラス 2 容器」、「クラス 2 管」、「クラス 2 ポンプ」又は「クラス 2 弁」及びこれらを支持する構造物
DB-3	技術基準規則第 2 条第 2 項第 34 号に規定する「クラス 3 容器」、「クラス 3 管」
DB-4	技術基準規則第 2 条第 2 項第 35 号に規定する「クラス 4 管」
Non	重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用する機器であり、上記以外の容器、管、ポンプ、弁又は支持構造物
—	重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器であり、上記以外の機器

- ・SA クラス：重大事故等対処設備としての機器クラス

表 2-5 SA クラスの判定区分

項目	説明
SA-2	技術基準規則第 2 条第 2 項第 38 号に規定する「重大事故等クラス 2 容器」、「重大事故等クラス 2 管」、「重大事故等クラス 2 ポンプ」又は「重大事故等クラス 2 弁」及びこれらを支持する構造物
—	設計基準対象施設としてのみ使用する機器

(4) 評価条件

- ・条件アップの有無

表 2-6 条件アップの有無の判定区分*

項目	説明
有	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に、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が包絡されない機器
無	上記以外の強度評価対象機器

注記 *：「施設時の技術基準における規定がない機器」又は「新設する機器（重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む）」は「有」「無」に分類可能なものであっても「—」とする。

- ・DB 条件：最高使用圧力及び最高使用温度
- ・SA 条件：重大事故等時における使用時の圧力及び温度

(5) 既工認における評価結果の有無

表 2-7 既工認における評価結果の有無の判定区分*

項目	説明
有	既工認において同等以上の評価条件にて評価されている機器
無	上記以外の強度評価対象機器

注記 * : 「施設時の技術基準における規定がない機器」, 「クラスアップする機器」, 「条件アップする機器」又は「新設する機器（重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む）」は「有」「無」に分類可能なものであっても「-」とする。

(6) 施設時の適用規格

表 2-8 施設時の評価規格の判定区分*

項目	説明
S55 告示	施設時の適用規格が昭和 55 年告示第 5 0 1 号である機器
H6 告示	施設時の適用規格が平成 6 年告示第 5 0 1 号である機器
設計・建設規格	施設時の適用規格が設計・建設規格である機器

注記 * : 「施設時の技術基準に対象とする施設の規定がない機器」, 「施設時に上記以外の規格にて評価を実施している機器」又は「新設する機器（重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む）」は「-」とする。

(7) 評価区分

表 2-9 評価区分

項目	説明
既工認	既工認における評価結果の確認による評価
設計・建設規格 又は告示	設計・建設規格又は告示第 5 0 1 号* ¹ のいずれか安全側の規格による評価* ²
設計・建設規格	設計・建設規格による評価* ³ , * ⁴
同等性* ⁵	同等性を示す手法による評価

注記 *1:「告示第 5 0 1 号」とは昭和 55 年告示第 5 0 1 号を指す。

*2:安全側の規格が容易に判断できない場合は、両規格による評価を実施する。

*3:施設時の適用規格が設計・建設規格の場合又は施設時の技術基準に規定がない場合

*4:平成 6 年告示第 5 0 1 号のものについては、公式及び解析による評価において設計・建設規格と差異がないことから、設計・建設規格に基づき評価を実施する。

*5:一部の部位のみ同等性を示す手法による評価を実施する場合においても列記する。

(8) 同等性評価区分

- a. 評価式が規定されていない場合
 - (a) 長方形板の大たわみ式を用いた評価
 - (b) クラス 3 ポンプの規定を準用した評価
 - (c) ねじ山のせん断破壊式を用いた評価
- b. 精緻な評価を実施する必要がある場合
 - (a) クラス 1 容器の規定を準用した評価

(9) 評価クラス

- (1)～(8)の分類に基づき、評価クラスを判別する。

VI-3-2-2 クラス1管の強度計算方法

目次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用基準	1
2. クラス1管の強度計算方法	1
2.1 計算方針	1
2.2 計算方法	2
3. 計算書の構成	17
3.1 管の応力計算書	17

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 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 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (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 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）

2. クラス 1 管の強度計算方法

2.1 計算方針

設計基準対象施設は、それぞれの施設の評価条件での設計・建設規格による評価を実施する。技術基準規則解釈において、技術基準規則第 17 条に規定の要求に適合する材料及び構造とは、設計・建設規格によることから、クラス 1 管は、設計・建設規格 PPB-3500 による評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第 5 0 1 号の範囲については、告示第 5 0 1 号第 46 条から第 48 条までの規定に基づく評価を実施する。

2.2 計算方法

2.2.1 解析による計算

応力計算は、三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。なお、解析は解析コード「SOLVER」、「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、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方向を固定として扱う。
 - 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）
 - d. 熱膨張及び熱による支持点の変位による応力
 - e. 配管肉厚方向の温度こう配及び管軸に沿った構造上不連続部に生じる熱応力

2.2.2 計算式

2.2.2.1 記号の定義

計算式中に説明のない記号の定義は下表のとおりとする。

記号	単位	定義
$B_1, B_2,$ B_{2b}, B_{2r}	—	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）
$C_1, C_2, C_{2b},$ C_{2r}, C_3, C_3'	—	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＋二次応力の計算に使用するもの）
C_4	—	フェライト系材料に対し 1.1, オーステナイト系材料に対し 1.3
D_0	mm	管の外径
E	MPa	告示第501号別表第11及び設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定する縦弾性係数
E_{ab}	MPa	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した点又は材質を異にする点を境とするそれぞれの側の室温における告示第501号別表第11及び設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定する縦弾性係数の平均値
$K_1, K_2, K_{2b},$ K_{2r}, K_3	—	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（ピーク応力の計算に使用するもの）

記号	単位	定義
$M_{b p}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重により生ずるモーメント
$M_{b r}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
$M_{b s}$	N・mm	<p>(S_n, S_p) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重（自重を除く。）により生ずるモーメント</p> <p>(S_n') : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の支持点の変位（熱によるものを除く。）及び機械的荷重（自重を除く。）により生ずるモーメント</p> <p>(S_e) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント</p>
M_c	N・mm	管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント
$M_{i p}$	N・mm	管の機械的荷重により生ずるモーメント

記号	単位	定義
$M_{i s}$	N・mm	<p>(S_n, S_p): 管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント</p> <p>(S_n'): 管の支持点の変位 (熱によるものを除く。) 及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント</p> <p>(S_e): 管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント</p>
$M_{r p}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重により生ずるモーメント
$M_{r s}$	N・mm	<p>(S_n, S_p): 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント</p> <p>(S_n'): 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の支持点の変位 (熱によるものを除く。) 及び機械的荷重 (自重を除く。) により生ずるモーメント</p> <p>(S_e): 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント</p>
n_i	—	繰返し荷重 i の実際の繰返し回数
N_i	—	繰返し荷重 i の許容繰返し回数
P	MPa	最高使用圧力
P_0	MPa	運転状態 I 及び II (供用状態 A 及び B) において生ずる圧力
P_0'	MPa	供用状態における最大圧力

記号	単位	定義
S_c	MPa	室温における告示第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_e	MPa	熱膨張応力
S_θ	MPa	繰返しピーク応力強さ（告示第501号第46条第5項及び設計・建設規格 PPB-3533 による。）
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_n	MPa	一次＋二次応力
S_n'	MPa	一次＋二次応力（熱によるものを除く。）
S_p	MPa	ピーク応力
$S_{pr m}$	MPa	一次応力
S_y	MPa	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
t	mm	管の厚さ
T_a, T_b	℃	構造上の不連続部のうち応力集中度が最も高いと推定した点又は材質を異にする点を境とするそれぞれの側における次の計算式により計算した範囲 ℓ_a, ℓ_b 内の平均温度 $\ell_a = \sqrt{(d_a t_a)}, \ell_b = \sqrt{(d_b t_b)}$ d_a 及び d_b ：構造上の不連続部のうち応力集中度が最も高いと推定した点を境とするそれぞれの側における管の内径(mm) t_a 及び t_b ： ℓ_a 及び ℓ_b の範囲内における管の平均厚さ(mm)
ΔT	℃	温度差の変動範囲
ΔT_1	℃	線形化した厚さ方向の温度分布における管の内外面温度差
ΔT_2	℃	管の内面又は外面において生ずる温度とそれに対応する線形化した温度との差のうちいずれか大きい方の温度（負の場合は0とする。）

記号	単位	定義
Z, Z_i	mm^3	管の断面係数
Z_b	mm^3	管台又は突合せ溶接式テーパ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ーパーに接続される主管の断面係数
α	$\text{mm}/\text{mm}^\circ\text{C}$	室温における告示第 5 0 1 号別表第 12 及び設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 2 に規定する熱膨張係数
α_a, α_b	$\text{mm}/\text{mm}^\circ\text{C}$	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した 点を境とするそれぞれの側の室温における告示第 5 0 1 号別 表第 12 及び設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 2 に 規定する熱膨張係数
ε_e	—	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、弾性解析 により計算したときのひずみであり、次の計算式により計算 した値 $\varepsilon_e = \bar{\sigma}^* / E$ $\bar{\sigma}^*$: 弾性解析によるミーゼス相当応力
ε_{ep}	—	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、材料の応 力-ひずみ関係として、降伏応力を S_m の 1.5 倍の値とした 弾完全塑性体とした弾塑性解析により計算したときのひずみ であり、次の計算式により計算した値 $\varepsilon_{ep} = \bar{\sigma} / E + \bar{\varepsilon}^p$ $\bar{\sigma}$: 弾塑性解析によるミーゼス相当応力 $\bar{\varepsilon}^p$: 弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ

2.2.2.2 応力計算

(1) 告示第501号第46条から第48条による評価

a. 一次応力 (告示第501号第46条第1号イ及びロ)

(a) 管台及び突合せ溶接式テイナー

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

(b) (a)以外の管

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

b. 一次応力 (告示第501号第46条第2号)

(a) 管台及び突合せ溶接式テイナー

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

(b) (a)以外の管

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

c. 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イナー

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

(b) (a)以外の管

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

d. 一次+二次応力 (告示第501号第46条第4号イ及びロ)

(a) 管台及び突合せ溶接式テイナー

$$S_n = C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r + E \cdot \alpha \cdot | \Delta T_1 | / 1.4 + C_3 \cdot E_{ab} \cdot | \alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b | \leq 3 \cdot S_m$$

(b) (a)以外の管

$$S_n = C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + C_2 \cdot M_{is} / Z_i + E \cdot \alpha \cdot | \Delta T_1 | / 1.4 + C_3 \cdot E_{ab} \cdot | \alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b | \leq 3 \cdot S_m$$

e. ピーク応力 (告示第501号第46条第5号イ及びロ)

(a) 管台及び突合せ溶接式テイナー

$$S_p = K_1 \cdot C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + K_{2b} \cdot C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + K_{2r} \cdot C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r + K_3 \cdot E \cdot \alpha \cdot | \Delta T_1 | / 1.4 + K_3 \cdot C_3 \cdot E_{ab} \cdot | \alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b | + E \cdot \alpha \cdot | \Delta T_2 | / 0.7$$

(b) (a)以外の管

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

- f. 繰返しピーク応力強さ（告示第501号第46条第5号）

$$S_0 = S_p / 2$$

- g. 許容繰返し回数（告示第501号第46条第5号）

告示第501号 別図第1又は別図第2を用いて、繰返しピーク応力強さに対応する許容繰返し回数 N_i を算出する。

- h. 疲労累積係数（告示第501号第46条第5号）

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

- i. 簡易弾塑性解析（告示第501号第47条）

- (a) 告示第501号 別表第2に定める当該部分の材料の最小降伏点と最小引張強さとの比が0.8以下であること。（告示第501号第47条第1号）

- (b) 運転状態Ⅰ及びⅡにおいて生ずる当該部分の温度は、次の値を超えないこと。（告示第501号第47条第2号）

イ. 低合金鋼，マルテンサイト系ステンレス鋼及び炭素鋼 375°C

ロ. オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金 425°C

- (c) 一次＋二次応力(熱によるものを除く。)（告示第501号第47条第3号）

イ. 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

ロ. イ.以外の管

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

- (d) 運転状態Ⅰ及びⅡにおける告示第501号第46条第5号の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとした値は、告示第501号 別図第1又は別図第2における10回の許容繰返し回数に対応する許容繰返しピーク応力強さの値を超えないこと。（告示第501号第47条第4号）

- (e) 運転状態Ⅰ及びⅡにおける次の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとし、告示第501号 別図第1又は別図第2において、これに対応する許容繰返し回数が実際の繰返し回数以上であること。この場合において、実際の繰返し回数が2種類以上ある場合は、疲労累積係数が1以下でなければならない。（告示第501号第47条第5号）

イ. $S_n < 3 \cdot S_m$ の場合

$$S_0 = S_p / 2$$

ロ. $3 \cdot S_m \leq S_n \leq m \cdot 3 \cdot S_m$ の場合

$$S_0 = \text{MAX} [K_e \cdot S_p / 2, \{S_p + A_0 \cdot S_n \cdot (S_p / 3 \cdot S_m - 1)\} / 2]$$

$$K_e = 1 + (1 - n) \cdot (S_n / 3 \cdot S_m - 1) / \{n \cdot (m - 1)\}$$

m, n, A₀ : 下表に掲げる材料の種類に応じ, それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	m	n	A ₀
低合金鋼	2.0	0.2	1.0
マルテンサイト系ステンレス鋼	2.0	0.2	1.0
炭素鋼	3.0	0.2	0.66
オーステナイト系ステンレス鋼	1.7	0.3	0.7
高ニッケル合金	1.7	0.3	0.7

ハ. $m \cdot 3 \cdot S_m < S_n$ の場合

$$S_e = S_p / (2 \cdot n)$$

(f) 熱膨張応力 (告示第 501 号第 47 条第 6 号)

イ. 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

ロ. イ以外の管

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

(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-3520)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

(b) (a)以外の管

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

b. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3552)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

(b) (a)以外の管

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

c. 一次応力 (設計・建設規格 PPB-3562)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

(b) (a)以外の管

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

d. 一次+二次応力 (設計・建設規格 PPB-3531)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

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

(b) (a)以外の管

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

e. ピーク応力 (設計・建設規格 PPB-3532)

(a) 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_p = K_1 \cdot C_1 \cdot P_0 \cdot D_0 / (2 \cdot t) + K_{2b} \cdot C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + \\ K_{2r} \cdot C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r + K_3 \cdot E \cdot \alpha \cdot | \Delta T_1 | / 1.4 + K_3 \cdot C_3 \cdot E_{ab} \cdot \\ | \alpha_a \cdot T_a - \alpha_b \cdot T_b | + E \cdot \alpha \cdot | \Delta T_2 | / 0.7$$

(b) (a)以外の管

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

- f. 繰返しピーク応力強さ（設計・建設規格 PPB-3533）

$$S_e = S_p / 2$$

- g. 許容繰返し回数（設計・建設規格 PPB-3534）

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

- h. 疲労累積係数（設計・建設規格 PPB-3535）

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

- i. 簡易弾塑性解析（設計・建設規格 PPB-3536）

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

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

イ. 低合金鋼，マルテンサイト系ステンレス鋼及び炭素鋼 370°C

ロ. オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金 430°C

- (c) 一次＋二次応力(熱によるものを除く。)

- イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

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

- ロ. イ. 以外の管

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

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

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

$$S_e = K_e \cdot S_p / 2$$

K_e : 次の計算式により計算した値

- イ. $S_n < 3 \cdot S_m$ の場合

$$K_e = 1$$

ロ. $S_n \geq 3 \cdot S_m$ の場合

(イ) $K < B_0$ の場合

i. $S_n / (3 \cdot S_m) < [(q + A_0 / K - 1)$

$$- \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0) \text{ の場合}$$

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

ii. $S_n / (3 \cdot S_m) \geq [(q + A_0 / K - 1)$

$$- \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0) \text{ の場合}$$

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

(ロ) $K \geq B_0$ の場合

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

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

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

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

ここで,

$$K = S_p / S_n,$$

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

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

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

$S_n \geq 3 \cdot S_m$ の場合, 2.2.2.2(2)i.(e)ロ.に関わらず, 次の計算式により計算した値を用いても良い。

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

(f) 熱膨張応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

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

ロ. (イ)以外の管

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

(g) 管の内外面の温度差の変動範囲

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

y : xの値に応じ下表に示す値

x	0.3	0.5	0.7	0.8
y	3.33	2.00	1.20	0.80

(備考) 表中の値の中間の値は、比例法によって計算する。

x : 次式により計算した値

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

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	設備	荷重の組合せ	状態
クラス 1 管	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	P + M + D	設計条件
		P + M + T + O	運転状態 I, II 供用状態 A, B
		P + M + D	運転状態 III 供用状態 C
		P + M + D	運転状態 IV 供用状態 D

表 2-1 中の記号

P : 内圧による荷重

M : 機械荷重 (自重除く。)

D : 配管の自重による荷重

T : 配管の熱膨張荷重 (支持点の熱膨張変位を含む。)

O : 過渡熱による荷重

表 2-2 許容応力（告示第 5 0 1 号第 46 条から第 48 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
設計条件	$1.5 \cdot S_m$	—	—
運転状態 I, II	—	$3 \cdot S_m$	疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
運転状態 III	$2.25 \cdot S_m$	—	—
運転状態 IV	$3 \cdot S_m$	—	—

表 2-3 許容応力（設計・建設規格 PPB-3500）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
設計条件	$1.5 \cdot S_m$	—	—
供用状態 A, B	—	$3 \cdot S_m$	疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
供用状態 C	$\text{Min} (2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$	—	—
供用状態 D	$\text{Min} (3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$	—	—

2.2.4 計算精度と桁処理方法

計算精度は6桁以上を確保する。表示する数値の桁処理方法は表2-4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	下記以外の温度	℃	—	—	整数位
	過渡変化温度差	℃	小数点以下第1位	切上げ	整数位
	許容温度差	℃	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3桁	四捨五入	有効桁数2桁
回転ばね定数		N・mm/rad	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
方向余弦		—	小数点以下第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
疲労累積係数		—	小数点以下第5位	切上げ	小数点以下第4位

注記 *1：必要に応じてkPaを使用する。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図を添付する。ただし、以下に該当する場合は、その旨を記載のうえ、添付を省略する。

(a) 既工認における評価結果の確認による評価を実施した範囲

既工認の計算書番号等を記載の上、添付を省略する。

(3) 計算条件

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

a. 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、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)

弁部の質量を下表に示す。

鳥瞰図番号

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)

支持点及び貫通部ばね定数

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

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条から第48条による評価結果
鳥瞰図番号

運転状態	最大応力評価点	配管要素名称	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)				疲労評価
				一次応力 S_{perm}	許容応力 $1.5 \cdot S_m$ $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	一次+二次応力 S_n	熱膨張応力 S_e	熱を除いた一次+二次応力 S_n'	許容応力 $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 U
(I, II)			$S_{perm} (1)$	Max	$1.5 \cdot S_m$					
(I, II)			S_n			Max			$3 \cdot S_m$	
(I, II)			S_e				Max		$3 \cdot S_m$	
(I, II)			S_n'					Max	$3 \cdot S_m$	
(I, II)			U							Max
III			$S_{perm} (2)$	Max	$2.25 \cdot S_m$					
IV			$S_{perm} (3)$	Max	$3 \cdot S_m$					

b. 設計・建設規格 PPB-3500 による評価結果
鳥瞰図番号

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

注記* : 本書 2.2.2.2(2) i. (g) に基づき計算した値 $(1.4 \cdot y \cdot S_y / (E \cdot \alpha) \cdot C_4)$ を記載する。

(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（クラス1範囲 運転状態Ⅰ，Ⅱ）

No	配管モデル	運転状態(Ⅰ, Ⅱ)												
		一次応力(膜+曲げ)					一次+二次応力(Sn)					疲労評価		
		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	評価点	疲労累積係数	代表
1	***-1	1	**	***	*,**	—	11	**	***	*,**	—	17	*,****	—
2	***-2	2	**	***	*,**	—	12	**	***	*,**	○	18	*,****	—
3	***-3	3	**	***	*,**	—	13	**	***	*,**	—	19	*,****	○
4	***-4	4	**	***	*,**	○	14	**	***	*,**	—	20	*,****	—
5	***-5	5	**	***	*,**	—	15	**	***	*,**	—	21	*,****	—
6	***-6	6	**	***	*,**	—	16	**	***	*,**	—	22	*,****	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス1範囲 運転状態Ⅲ，Ⅳ）

No	配管モデル	運転状態Ⅲ					運転状態Ⅳ				
		一次応力(膜+曲げ)					一次応力(膜+曲げ)				
		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	23	**	***	*,**	—	29	**	***	*,**	—
2	***-2	24	**	***	*,**	—	30	**	***	*,**	—
3	***-3	25	**	***	*,**	—	31	**	***	*,**	—
4	***-4	26	**	***	*,**	○	32	**	***	*,**	○
5	***-5	27	**	***	*,**	—	33	**	***	*,**	—
6	***-6	28	**	***	*,**	—	34	**	***	*,**	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス1範囲 供用状態A, B）

No	配管モデル	供用状態(A, B)												
		一次応力(膜+曲げ)					一次+二次応力(Sn)					疲労評価		
		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	評価点	疲労累積係数	代表
1	***-1	1	**	***	*,**	—	11	**	***	*,**	—	17	*,****	—
2	***-2	2	**	***	*,**	—	12	**	***	*,**	○	18	*,****	—
3	***-3	3	**	***	*,**	—	13	**	***	*,**	—	19	*,****	○
4	***-4	4	**	***	*,**	○	14	**	***	*,**	—	20	*,****	—
5	***-5	5	**	***	*,**	—	15	**	***	*,**	—	21	*,****	—
6	***-6	6	**	***	*,**	—	16	**	***	*,**	—	22	*,****	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス1範囲 供用状態C, D）

No	配管モデル	供用状態C					供用状態D				
		一次応力(膜+曲げ)					一次応力(膜+曲げ)				
		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	23	**	***	*,**	—	29	**	***	*,**	—
2	***-2	24	**	***	*,**	—	30	**	***	*,**	—
3	***-3	25	**	***	*,**	—	31	**	***	*,**	—
4	***-4	26	**	***	*,**	○	32	**	***	*,**	○
5	***-5	27	**	***	*,**	—	33	**	***	*,**	—
6	***-6	28	**	***	*,**	—	34	**	***	*,**	—

VI-3-2-3 クラス1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	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. クラス1弁の強度計算方法	6
2.1 弁箱に係るものの応力評価	6
2.2 弁体の一次応力	14
2.3 フランジ及びボルトの強度計算	20
2.4 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	28
2.5 弁箱の形状規定	30
3. 添付図	31

別紙 クラス1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-3-1-2 クラス1機器の強度計算の基本方針」に基づき、クラス1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。）及び発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007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号各条項及び設計・建設規格規格番号と本資料との対応は、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。）と本資料との対応は、表1-2に示すとおりである。

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項及び設計・建設規格 規格番号と強度計算書との対応

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	本資料の計算式 (章節番号)	備考
VVB-3300 弁の応力評価	2.1	弁箱に係るものの応力評価
VVB-3320 ^{*1}	2.1.1	一次応力
VVB-3330 ^{*1}	2.1.2	配管反力による応力
VVB-3340 ^{*1}	2.1.3	一次＋二次応力
VVB-3350 ^{*1, *2}	2.1.4	一次局部応力
VVB-3360 ^{*1}	2.1.5	起動時及び停止時の繰返しピーク応力 強さ
VVB-3370 ^{*1}	2.1.6	繰返しピーク応力強さ
VVB-3380 ^{*1}	2.2	弁体の一次応力
VVB-3390	2.3	フランジの強度計算
VVB-3390(1) ^{*1 a}	2.3	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析
VVB-3390(1) ^{*1 b}	2.3	フランジボルトの応力解析
第 82 条 弁の形状等 第 1 項第 1 号	2.4	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
VVB-3200 耐圧部の設計		
VVB-3210	2.4	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算
VVB-3400 弁の形状	2.5	弁箱の形状規定
VVB-3410 ^{*1}	2.5	弁箱のネック部内径と弁入口流路内径 の比
VVB-3411(1) ^{*1}	2.5	弁箱のネック部と流路部が交わる部分 の外表面の丸みの半径
VVB-3411(2) ^{*1}	2.5	弁箱の弁座挿入部のすみの丸みの半径

注記 *1：設計・建設規格 VVB-3320, 3330, 3340, 3350, 3360, 3370, 3380, 3390(1)a, 3390(1)b, 3410, 3411(1), 3411(2)による計算は、接続管の外径が 115mm を超える弁について適用する。

*2：設計・建設規格 VVB-3350 に対する確認については、弁の最高使用圧力を決定する時点でその 1.1 倍を超えないよう安全弁等を設置するため、供用状態 C においても最高使用圧力の 1.2 倍を超えることはない。

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		本資料の計算式 (章節番号)	備考
No.	項		
J I S B 8 2 6 5 (2003)		2.3	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」	4		

注記 * : 設計・建設規格 VVB-3390 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ので、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。

*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 1 弁の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス 1 弁の強度計算に用いる計算式と記号を以下に示す。

2.1 弁箱に係るものの応力評価

設計・建設規格 VVB-3320, 3330, 3340, 3350, 3360, 3370 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_0	A_0	設計・建設規格 PVB-3315 の表 PVB-3315-1 より求めた値	—
A_1	A_1	接続管の断面積の 2 分の 1	mm^2
A_2	A_2	図 3-2 に示す A～A 断面における金属部の断面積	mm^2
A_f	A_f	図 3-1 に示す流体部面積	mm^2
(A_{f1}, A_{f2})	(A_{f1}, A_{f2})		
A_m	A_m	図 3-1 に示す金属部面積	mm^2
(A_{m1}, A_{m2})	(A_{m1}, A_{m2})		
B_0	B_0	設計・建設規格 PVB-3315 の表 PVB-3315-1 より求めた値	—
C_2	C_2	応力係数で設計・建設規格 VVB-3340 の表 VVB-3340-1 より求めた値	—
C_3	C_3	応力係数で設計・建設規格 VVB-3360 の表 VVB-3360-1 より求めた値	—
C_4	C_4	応力係数で設計・建設規格 VVB-3340 の表 VVB-3340-2 より求めた値	—
C_5	C_5	応力係数で設計・建設規格 VVB-3370 の表 VVB-3370-1 より求めた値	—
C_b	C_b	応力係数で設計・建設規格 VVB-3330 式(VVB-9) より求めた値	—
d	d	図 3-1 に示す寸法	mm
E	E	260 °C の温度における設計・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	MPa
	E_m	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 に規定する材料の縦弾性係数	MPa
	I_t	疲労累積係数	—
K	K	ネック部の角度による係数	—
K_e	K_e	設計・建設規格 PVB-3315(2)(3) より求まる係数	—
L_A	L_A	図 3-1 に示す A_f 及び A_m の範囲	mm
L_N	L_N	図 3-1 に示す A_f 及び A_m の範囲	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	N (1)	S ℓ (1) に対応する許容繰返し回数	—
	N (2)	S ℓ (2) に対応する許容繰返し回数	—
	N _i	実際の繰返し回数	—
	N _{r i}	許容繰返し回数	—
P	P	最高使用圧力	MPa
P ₁	P ₁	最高使用温度における設計・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
P _b	P _b	配管反力による弁箱の応力（設計・建設規格 VVB-3330 による。）	MPa
P _d	P _d	配管反力による弁箱の応力（設計・建設規格 VVB-3330 による。）	MPa
P _e	P _e	P _d 、P _b 及びP _t の中の最大応力	MPa
P _{r 1}	P _{r 1}	260℃の温度における設計・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 _{r 2}	P _{r 2}	260℃の温度における設計・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
P _s	P _s	260℃における許容圧力	MPa
P _t	P _t	配管反力による弁箱の応力（設計・建設規格 VVB-3330 による。）	MPa
$\Delta P_{f m}$	$\Delta P_{f m}$	供用状態 A 及び供用状態 B（供用状態 C において開閉操作を必要とする弁については、供用状態 A、供用状態 B 及び供用状態 C）において生じる圧力の段階的な変化の最大値と最小値との差（運転条件図により求める。起動時及び停止時を除く。）	MPa
Q _T	Q _T	厚さ方向の温度勾配による最大熱応力で設計・建設規格 VVB-3360 の表 VVB-3360-2 より求めた値	MPa
q	q	設計・建設規格 PVB-3315 の表 PVB-3315-1 より求めた値	—
r	r	図 3-2 に示す A～A 断面における平均半径 $r = r_i + t_e / 2$	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
r_1	r_1	図 3-1 に示すネック部と流路部が交わる部分の外表面の丸みの半径	mm
r_i	r_i	図 3-2 に示す A～A 断面における内半径	mm
S	S	弁箱の一次応力又は一次局部応力	MPa
S_0	S_0	繰返しピーク応力強さ（設計・建設規格 VVB-3370 による。）	MPa
S_0	$S_0(1)$	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ（設計・建設規格 VVB-3360 式(VVB-14.1)による。）	MPa
S_0	$S_0(2)$	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ（設計・建設規格 VVB-3360 式(VVB-14.2)による。）	MPa
S_m	S_m	弁箱材料の 260 °C の温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 1 に定める値	MPa
S_n	S_n	設計・建設規格 VVB-3370 式(VVB-15)の計算式により求めた応力	MPa
S_n	$S_n(1)$	弁箱の一次＋二次応力（設計・建設規格 VVB-3340 式(VVB-10.1)による。）	MPa
S_n	$S_n(2)$	弁箱の一次＋二次応力（設計・建設規格 VVB-3340 式(VVB-10.2)による。）	MPa
S_p	S_p	設計・建設規格 VVB-3370 式(VVB-17)の計算式により求めた応力	MPa
S_y	S_y	接続管の 260 °C の温度における設計・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	MPa
T_b	T_b	図 3-1 に示す弁箱の厚さ	mm
t_e	t_e	図 3-2 に示す A～A 断面における金属部の厚さ	mm
T_{e1}	T_{e1}	図 3-3 及び図 3-4 に示す寸法	mm
T_{e2}	T_{e2}	図 3-3 及び図 3-4 に示す寸法	mm
	T_m	最高使用温度	°C
T_r	T_r	図 3-1 に示す弁箱の厚さ	mm
Z_1	Z_1	接続管の断面係数	mm ³
Z_2	Z_2	図 3-2 に示す A～A 断面における断面係数	mm ³
Z_p	Z_p	図 3-2 に示す A～A 断面における極断面係数	mm ³
α	α	260 °C の温度における設計・建設規格付録材料図表 Part6 表 2 に規定する材料の熱膨張係数	mm/mm°C
ε_e	ε_e	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、弾性解析により計算したときのひずみ	—

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
ϵ_{ep}	ϵ_{ep}	S _p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、材料の応力-ひずみ関係として、降伏応力をS _m の1.5倍とした弾完全塑性体とした弾塑性解析より計算したときのひずみ	—
ϵ^{-p}	ϵ^{-p}	弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ	—
θ	θ	ネック部の中心線と流路中心線との交角	°
$\frac{\sigma}{\sigma^*}$		弾塑性解析によるミーゼス相当応力	MPa
$\frac{\sigma}{\sigma}$		弾性解析によるミーゼス相当応力	MPa
ΔT	ΔT	設計・建設規格 VVB-3340 式(VVB-12)より求めた値	°C
ΔT_f	ΔT_f	流体温度変動の振幅（運転条件図により求める。14°C以上のものに限る。）	°C
ΔT_{fm}	ΔT_{fm}	供用状態 A 及び供用状態 B（供用状態 A において開閉操作を必要とする弁にあつては、供用状態 A、供用状態 B 及び供用状態 C）において生じる流体温度の段階的な温度変化の最大値と最小値との差（運転条件図により求める。起動時及び停止時を除く。）	°C

2.1.1 一次応力

設計・建設規格 VVB-3320 を適用する。

(1) 算式

弁箱の一次応力は次の式による。

$$S = P_s \cdot \left(\frac{A_f^*}{A_m} + 0.5 \right)$$

注記 * : $\frac{A_f}{A_m}$ は図 3-1 の(4)の場合, $\frac{A_{f1}}{A_{m1}}$ と $\frac{A_{f2}}{A_{m2}}$ のいずれか大きい値を用いる。

ここで,

$$P_s = P_{r1} + \left(\frac{P - P_1}{P_2 - P_1} \right) \cdot (P_{r2} - P_{r1})$$

A_m 及び A_f を求める時に用いる L_A 及び L_N は次の式で求める。

$L_A = 0.5 \cdot d - T_b$, $L_A = T_r$ のいずれか大きい値を用いる。

$$L_N = 0.5 \cdot r_1 + 0.354 \cdot \sqrt{T_b \cdot (d + T_b)}$$

(2) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$S \leq S_m$$

2.1.2 配管反力による応力

設計・建設規格 VVB-3330 を適用する。

(1) 算式

配管反力による弁箱の応力は次の式による。

$$P_d = \frac{A_1 \cdot S_y}{A_2}$$

$$P_b = \frac{C_b \cdot Z_1 \cdot S_y}{Z_2}$$

$$P_t = \frac{2 \cdot Z_1 \cdot S_y}{Z_p}$$

(2) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$P_d \leq 1.5 \cdot S_m$$

$$P_b \leq 1.5 \cdot S_m$$

$$P_t \leq 1.5 \cdot S_m$$

2.1.3 一次＋二次応力

設計・建設規格 VVB-3340 を適用する。

(1) 算式

供用状態 A 及び供用状態 B（供用状態 C において開閉操作を必要とする弁にあっては、供用状態 A、供用状態 B 及び供用状態 C）における弁箱の一次＋二次応力は次の式による。

$$S_n(1) = 3 \cdot K \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + P_e + 2 \cdot \alpha \cdot E \cdot C_2 \cdot \Delta T$$

$$S_n(2) = 3 \cdot K \cdot \Delta P_{fm} \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + \alpha \cdot E \cdot C_2 \cdot C_4 \cdot \Delta T_{fm}$$

ここで

$$K = 0.2 + \frac{0.8}{\sin \theta}$$

(2) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$S_n(1) \leq 3 \cdot S_m$$

$$S_n(2) \leq 3 \cdot S_m$$

2.1.4 一次局部応力

設計・建設規格 VVB-3350 を適用する。

(1) 算式

供用状態 C において開閉操作を必要とする弁以外の弁については、弁箱の一次局部応力は次の式による。

$$S = 1.5 \cdot K \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + 1.2 \cdot P_e$$

(2) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$S \leq 2.25 \cdot S_m$$

2.1.5 起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ

設計・建設規格 VVB-3360 を適用する。

(1) 算式

弁箱の起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さは次の式による。

$$S_l(1) = 2 \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + \frac{P_e}{2} + \alpha \cdot E \cdot C_3 \cdot \Delta T + 1.3 \cdot Q_T$$

$$S_l(2) = 1.2 \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + P_e + 2 \cdot \alpha \cdot E \cdot C_3 \cdot \Delta T$$

(2) 評価

設計・建設規格 添付 4-2 3.1 又は 3.2 において、 $S_l(1)$ 及び $S_l(2)$ に対応する許容繰返し回数 $N(1)$ 及び $N(2)$ がそれぞれ 2000 回以上であること。

2.1.6 繰返しピーク応力強さ

設計・建設規格 VVB-3370 を適用する。

(1) 算式

供用状態 A 及び供用状態 B（供用状態 C において開閉操作を必要とする弁にあっては、供用状態 A、供用状態 B 及び供用状態 C）における弁箱の繰返しピーク応力強さは次の式による。

$$S_n = 3 \cdot \Delta P_{f m} \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + \alpha \cdot E \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \Delta T_{f m} \quad \dots\dots\dots (2.1.6.1)$$

a. (2.1.6.1) 式で計算した値が弁箱材料の 260 °C における設計・建設規格 付録材料 図表 Part5 表 1 に定める値 (S_m) の 3 倍未満の場合 ($S_n < 3 \cdot S_m$)

$$S_\theta = \frac{S_p}{2}$$

ここで

$$S_p = 4 \cdot \Delta P_{f m} \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + \alpha \cdot E \cdot \Delta T_f \cdot (C_3 \cdot C_4 + C_5)$$

b. (2.1.6.1) 式で計算した値が弁箱材料の 260 °C における設計・建設規格 付録材料 図表 Part5 表 1 に定める値 (S_m) の 3 倍以上の場合 ($S_n \geq 3 \cdot S_m$)

$$S_\theta = \frac{K_e \cdot S_p}{2}$$

(a) $K < B_0$ (K_e 式 (以下、 A_0 式と呼ぶ) と K_e' 式が交わる場合)

$$\text{イ. } \frac{S_n}{3 \cdot S_m} < \frac{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1 \right) - \sqrt{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1 \right)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)}}{2 \cdot A_0}$$

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

$$\text{ロ. } \frac{S_n}{3 \cdot S_m} \geq \frac{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1 \right) - \sqrt{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1 \right)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)}}{2 \cdot A_0}$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot S_m}{S_n} \right)$$

(b) $K \geq B_0$ (A_0 式と K_e' 式が交わらない場合)

$$\text{イ. } \frac{S_n}{3 \cdot S_m} < \frac{(q-1) - \sqrt{A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}}{a}$$

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

$$\text{ロ. } \frac{S_n}{3 \cdot S_m} \geq \frac{(q-1) - \sqrt{A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}}{a}$$

$$K_e = K_e' = 1 + (q-1) \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot S_m}{S_n}\right)$$

$$K = \frac{S_p}{S_n}$$

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

c. (2.1.6.1)式で計算した値が弁箱材料の260℃における設計・建設規格 付録材料 図表 Part5 表1に定める値 (S_m) を乗じた値の3倍以上の場合 ($S_n \geq 3 \cdot S_m$) b. 項に係らず、次の計算式により計算した値を用いてもよい。

$$S_0 = \frac{K_e \cdot S_p}{2}$$

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

$$\varepsilon_{ep} = \frac{\sigma}{E} + \frac{1}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E}$$

K_e は S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して安全側となるようにサイクルを設定してよい。

(2) 評価

設計・建設規格 添付4-2 3.1又は3.2において、 S_0 に対応する許容繰返し回数 (N_{ri}) が実際の繰返し回数 (N_i) 以上であること。この場合において、実際の繰返し回数が2種類以上あるときは、疲労累積係数 (I_t) が1以下であること。

すなわち、

$$I_t = \sum \frac{N_i}{N_{ri}} \leq 1$$

であること。

2.2 弁体の一次応力

設計・建設規格 VVB-3380 を適用する。

具体的な計算方法は、VVB-3380 解説による。

(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' B B'	機械工学便覧新版A4 編表 26 (以下「便覧」という。)より求めた値 (添字の数字は、便覧の荷重状態のNo.を示す。)	—	
	a		円板の外周半径	mm
	a ₁		円板の外周半径 (形式G2の場合)	mm
	b		円板の内周半径	mm
	h	弁体の厚さ	mm	
	(h ₁ , h ₂)	(h ₁ 及びh ₂ は形式G2の場合)		
	P	最高使用圧力	MPa	
	P _c	機械的荷重を含む集中荷重	N	
	(P ₁ , P ₂)			
	S _m	弁体材料の最高使用温度における設計・建設規格付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa	
	ν	ポアソン比 (0.3)	—	
	π	円周率	—	
	σ _D σ _{D1} σ _{D2} σ _{D3}	弁体に発生する一次応力 (σ _{D1} , σ _{D2} 及びσ _{D3} は形式G2の場合)	MPa*	
	σ, σ'		便覧より求めた応力 (添字の数字は、便覧の荷重状態のNo.を示す。)	MPa*

注記 * : 便覧は「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。

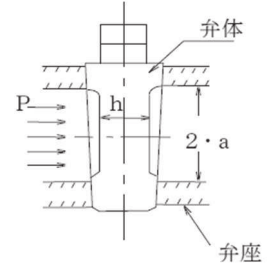
(2) 算式

弁体にかかる最高使用圧力及び機械的荷重により生じる荷重状態をモデル化し、円板の理論式により各弁体に応じて一次応力を計算する。

a. 形式W1

右図のような弁体形状のもの

$$\sigma_D = \frac{3 \cdot (3 + \nu) \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h^2} \quad *1$$



b. 形式W2

右図のような弁体形状のもの

$$\sigma_D = |\sigma_{11}| + |\sigma_{15}|$$

$$\sigma_{11} = \frac{3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left\{ 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{11} + \ell_n \frac{a}{b} \right) - (1 - \nu) \cdot \left(1 - B_{11} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\} \quad *2$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(1 - \nu) \cdot a^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2} \cdot \left\{ 1 - \left(1 + 2 \cdot \ell_n \frac{a}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} \right\}$$

$$B_{11} = \frac{2 \cdot b^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2} \cdot \left\{ (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} + 1 \right\}$$

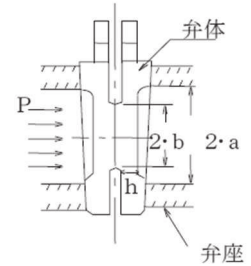
$$\sigma_{15} = \frac{3 \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h^2} \cdot$$

$$\left\{ (3 + \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2} + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{15} + \ell_n \frac{a}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} - (1 - \nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot b^2}{a^2} + B_{15} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\} \quad *3$$

$$A_{15} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{a^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2}$$

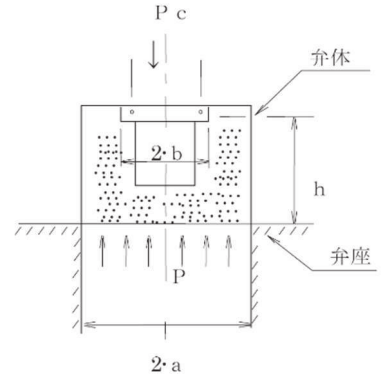
$$\cdot \left[(3 + \nu) \cdot \frac{a^2}{b^2} + (1 - \nu) \cdot \left\{ \left(4 \cdot \ell_n \frac{a}{b} + 3 \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} - 2 \right\} \right]$$

$$B_{15} = \frac{b^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2} \cdot \left[(3 + \nu) - \left\{ (5 + \nu) + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} \right\} \cdot \frac{b^2}{a^2} \right]$$



c. 形式G1

右図のような弁体形状のもの



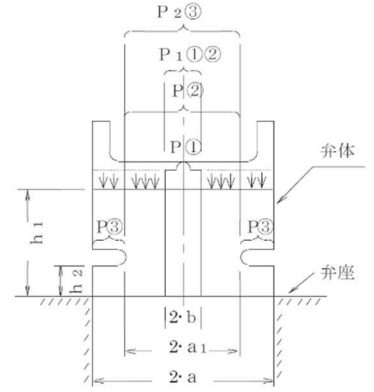
$$\sigma_D = |\sigma_5| + |\sigma_7|$$

$$\sigma_5 = \frac{3 \cdot P_c}{8 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left\{ 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} + 4 - (1 - \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2} \right\}^{*4}$$

$$\sigma_7 = \frac{3 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left\{ (1 - \nu) \cdot \left(1 - \frac{b^2}{a^2} \right) + 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} \right\}^{*5}$$

d. 形式G2

右図のような弁体形状のもの



σ_D は σ_{D1} , σ_{D2} 及び σ_{D3} の最大のもの

(a) 図の①の荷重状態の場合

$$\sigma_{D1} = |\sigma_{13}| + |\sigma_9| \quad (P \text{ 及び } P_1 \text{ は図の①})$$

$$\sigma_{13} = \frac{3 \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h_1^2} \cdot \left\{ (1 + 3 \cdot \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2} + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{13} + \ell_n \frac{a}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} + (1 - \nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot b^2}{a^2} + B_{13} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\}^{*6}$$

$$A_{13} = \frac{b^2}{a^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b} - \frac{1}{4 \cdot (1 + \nu)} \cdot \left\{ (1 + 3 \cdot \nu) + (3 + \nu) \cdot \frac{a^2}{b^2} \right\}$$

$$B_{13} = \frac{1}{1 - \nu} \cdot \left\{ 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b} - (3 + \nu) \right\} \cdot \frac{b^2}{a^2}$$

$$\sigma_9 = \frac{3 \cdot P_1}{4 \cdot \pi \cdot h_1^2} \cdot \left\{ 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_9 + \ell_n \frac{a}{b} \right) + (1 - \nu) \cdot \left(1 - B_9 \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\}^{*7}$$

$$A_9 = \frac{1 - \nu}{2 \cdot (1 + \nu)} + \frac{b^2}{a^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b}$$

$$B_9 = -\frac{2 \cdot (1 + \nu)}{1 - \nu} \cdot \frac{b^2}{a^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b}$$

(b) 図の②の荷重状態の場合

$$\sigma_{D2} = \left| \sigma'_{13} \right| + \left| \sigma'_{9} \right| \quad (P \text{ 及び } P_1 \text{ は図の②})$$

$$\sigma'_{13} = \frac{3 \cdot P \cdot a_1^2}{8 \cdot h_1^2} \cdot \left\{ (1+3 \cdot \nu) \cdot \frac{b^2}{a_1^2} + 4 \cdot (1+\nu) \cdot \left(A'_{13} + \ell_n \frac{a_1}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a_1^2} + (1-\nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot b^2}{a_1^2} + B'_{13} \cdot \frac{a_1^2}{b^2} \right) \right\}^{*6}$$

$$A'_{13} = \frac{b^2}{a_1^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b} - \frac{1}{4 \cdot (1+\nu)} \cdot \left\{ (1+3 \cdot \nu) + (3+\nu) \cdot \frac{a_1^2}{b^2} \right\}$$

$$B'_{13} = \frac{1}{1-\nu} \cdot \left\{ 4 \cdot (1+\nu) \cdot \frac{b^2}{a_1^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b} - (3+\nu) \right\} \cdot \frac{b^2}{a_1^2}$$

$$\sigma'_{9} = \frac{3 \cdot P_1}{4 \cdot \pi \cdot h_1^2}$$

$$\cdot \left\{ 2 \cdot (1+\nu) \cdot \left(A'_{9} + \ell_n \frac{a_1}{b} \right) + (1-\nu) \cdot \left(1 - B'_{9} \cdot \frac{a_1^2}{b^2} \right) \right\}^{*7}$$

$$A'_{9} = \frac{1-\nu}{2 \cdot (1+\nu)} + \frac{b^2}{a_1^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b}$$

$$B'_{9} = -\frac{2 \cdot (1+\nu)}{1-\nu} \cdot \frac{b^2}{a_1^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b}$$

(c) 図の③の荷重状態の場合

$$\sigma_{D3} = \left| \sigma'_{15} \right| + \left| \sigma'_{11} \right| \quad (P \text{ 及び } P_1 \text{ は図の③})$$

$$\sigma'_{15} = \frac{3 \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h_2^2} \cdot \left\{ (3+\nu) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} + 4 \cdot (1+\nu) \cdot \left(A'_{15} + \ell_n \frac{a}{a_1} \right) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} - (1-\nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot a_1^2}{a^2} + B'_{15} \cdot \frac{a^2}{a_1^2} \right) \right\}^{*8}$$

$$A'_{15} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{a^2}{(1+\nu) \cdot a^2 + (1-\nu) \cdot a_1^2}$$

$$\cdot \left[(3+\nu) \cdot \frac{a^2}{a_1^2} + (1-\nu) \cdot \left\{ \left(4 \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} + 3 \right) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} - 2 \right\} \right]$$

$$B'_{15} = \frac{a_1^2}{(1+\nu) \cdot a^2 + (1-\nu) \cdot a_1^2}$$

$$\cdot \left[(3+\nu) - \left\{ (5+\nu) + 4 \cdot (1+\nu) \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} \right\} \cdot \frac{a_1^2}{a^2} \right]$$

$$\sigma_{11} = \frac{3 \cdot P_2}{4 \cdot \pi \cdot h_2^2} \cdot \left\{ 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{11} + \ell_n \frac{a}{a_1} \right) - (1 - \nu) \cdot \left(1 - B_{11} \cdot \frac{a^2}{a_1^2} \right) \right\}^{*9}$$

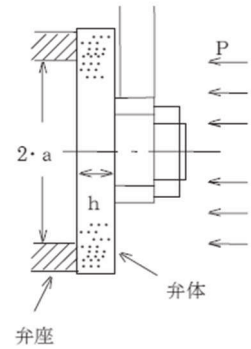
$$A_{11} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(1 - \nu) \cdot a^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot a_1^2} \cdot \left\{ 1 - \left(1 + 2 \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} \right) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} \right\}$$

$$B_{11} = \frac{2 \cdot a_1^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot a_1^2} \cdot \left\{ (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} + 1 \right\}$$

e. 形式C1

右図のような弁体形状のもの

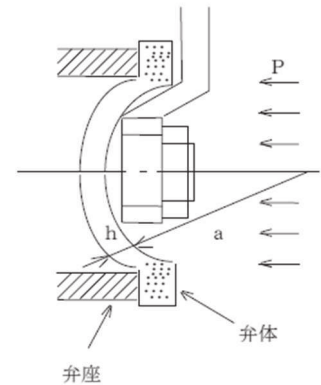
$$\sigma_D = \frac{3 \cdot (3 + \nu) \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h^2} \quad *10$$



f. 形式C2

右図のような弁体形状のもの

$$\sigma_D = \frac{P \cdot a}{1.2 \cdot h} \quad *11$$



(3) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$\sigma_D \leq 1.5 \cdot S_m$$

注記 *1: 便覧 No. 1 による。

*2: 便覧 No. 11 による。

ただし、 $P_c = \pi \cdot b^2 \cdot P$ とする。

*3: 便覧 No. 15 による。

*4: 便覧 No. 5 による。

ただし、 $P = \frac{P_c}{\pi \cdot b^2}$ とする。

*5: 便覧 No. 7 による。

ただし、 $P_c = \pi \cdot a^2 \cdot P$ とする。

*6 : 便覧 No. 13 による。

ただし, $h = h_1$ とする。

*7 : 便覧 No. 9 による。

ただし, $P_c = P_1$ 及び $h = h_1$ とする。

*8 : 便覧 No. 15 による。

ただし, $h = h_2$ とする。

*9 : 便覧 No. 11 による。

ただし, $P_c = P_2$ 及び $h = h_2$ とする。

*10 : 便覧 No. 1 による。

*11 : 設計・建設規格 PMC-3410(2)b. より応力値を求める式に変換した。

2.3 フランジ及びボルトの強度計算

設計・建設規格 VVB-3390 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 (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

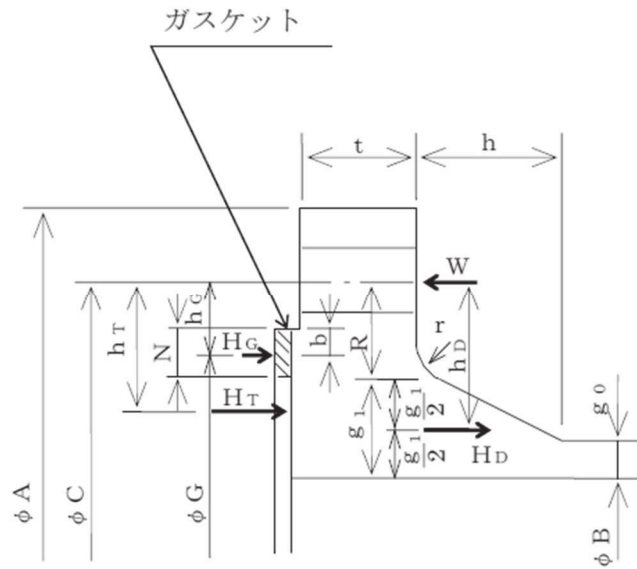
J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
g_0	g_0	ハブ先端の厚さ	mm
g_1	g_1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
h	h	ハブの長さ	mm
H_D	H_D	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
h_D	h_D	ボルト穴の中心円から H_D 作用点までの半径方向の距離	mm
H_G	H_G	ガスケット荷重	N
h_G	h_G	ボルト穴の中心円から H_G 作用点までの半径方向の距離	mm
h_0	h_0	$\sqrt{B \cdot g_0}$	mm
H_P	H_P	気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力	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荷重によるモーメント	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
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2に定める設計応力強さ	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2に定める設計応力強さ	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1に定める設計応力強さ	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1に定める設計応力強さ	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



(J I S B 8 2 6 5 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) $b_o \leq 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$G = G_s - N$$

$$b = b_o$$

(b) $b_o > 6.35 \text{ mm}$ 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

$$W_o = W_{m1} \quad (\text{使用状態})$$

$$W_g = \frac{A_m + A_b}{2} \cdot \sigma_a \quad (\text{ガasket縮付部})$$

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*	$R + 0.5 \cdot g_1$	$\frac{C-G}{2}$	$\frac{R + g_1 + h_G}{2}$

$$\text{ただし, } R = \frac{C-B}{2} - g_1$$

注記 * : クラス1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

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_O = M_D + M_G + M_T$$

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

$$\sigma_{H_o} = \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P \cdot B}{4 \cdot g_o} \quad *1, *2$$

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

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

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

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

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

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_{H_o} 及び σ_{H_g} 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 $\sigma_{H_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f b}$

ガスケット締付時にあつては $\sigma_{H_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f a}$

- c. フランジの半径方向応力

使用状態にあつては $\sigma_{R_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f b}$

ガスケット締付時にあつては $\sigma_{R_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f a}$

- d. フランジの周方向応力

使用状態にあつては $\sigma_{T_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f b}$

ガスケット締付時にあつては $\sigma_{T_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f a}$

2.4 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算

告示第501号第82条第1項第1号又は設計・建設規格 VVB-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 3-5 に示す弁入口流路内径	mm
d_n	d_n	図 3-5 に示すネック部の内径	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_m	T_m	最高使用温度	°C
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_m	t_{ab}	弁箱の最小厚さ	mm
	t_{af}	弁ふたの最小厚さ	mm
	t_m	ネック部の計算上必要な厚さ	mm
	t_{ma}	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

$$t = t_1 + \frac{(P - P_1) \cdot (t_2 - t_1)}{(P_2 - P_1)}$$

- 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

$$t_m = t$$

- (b)
- $\frac{d_n}{d_m} > 1.5$
- の場合

$$t_m = \frac{2 \cdot d_n \cdot t}{3 \cdot d_m}$$

(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

$$t_{ma} \geq t_m$$

2.5 弁箱の形状規定

設計・建設規格 VVB-3410, 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_m	d_m	図 3-5 に示す弁入口流路内径	mm
d_n	d_n	図 3-5 に示すネック部の内径	mm
h	h	図 3-6 に示す弁座挿入部の高さ	mm
r_1	r_1	図 3-1 に示すネック部と流路部が交わる部分の外表面の丸みの半径	mm
r_2	r_2	図 3-6 に示す弁座挿入部のすみの丸みの半径	mm
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（設計・建設規格 VVB-3210 による。）	mm

(2) 評価

弁箱の形状は以下の条件を満足するものとする。

- a. ネック部と流路部が交わる部分の外表面の丸みの半径

$$r_1 \geq 0.3 \cdot t$$

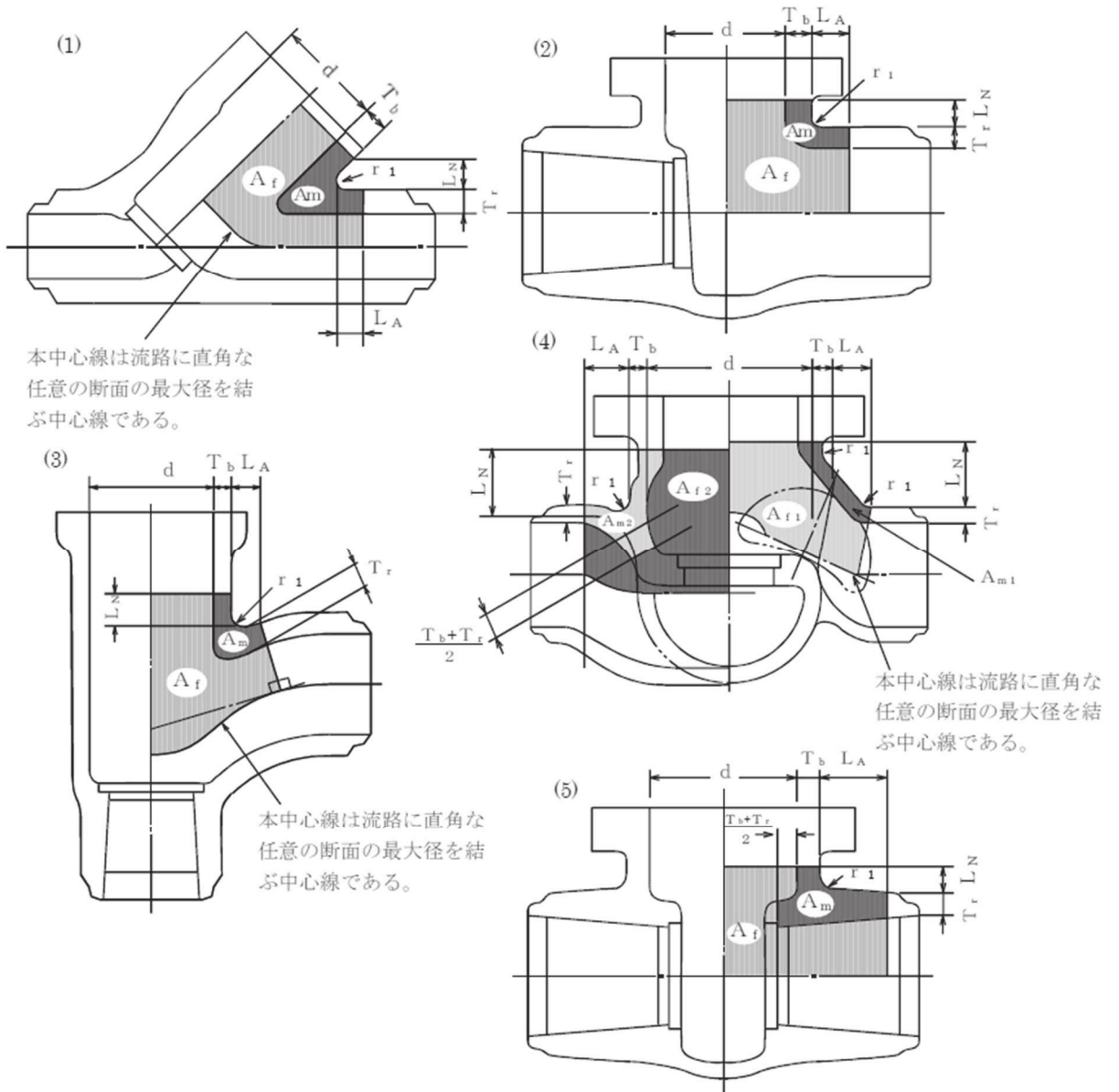
- b. 弁座挿入部のすみの丸みの半径

$$r_2 \geq \text{Max} (0.05 \cdot t, 0.1 \cdot h)$$

- c. ネック部の内径と弁入口流路内径の比

$$\frac{d_n}{d_m} < 2$$

3. 添付図

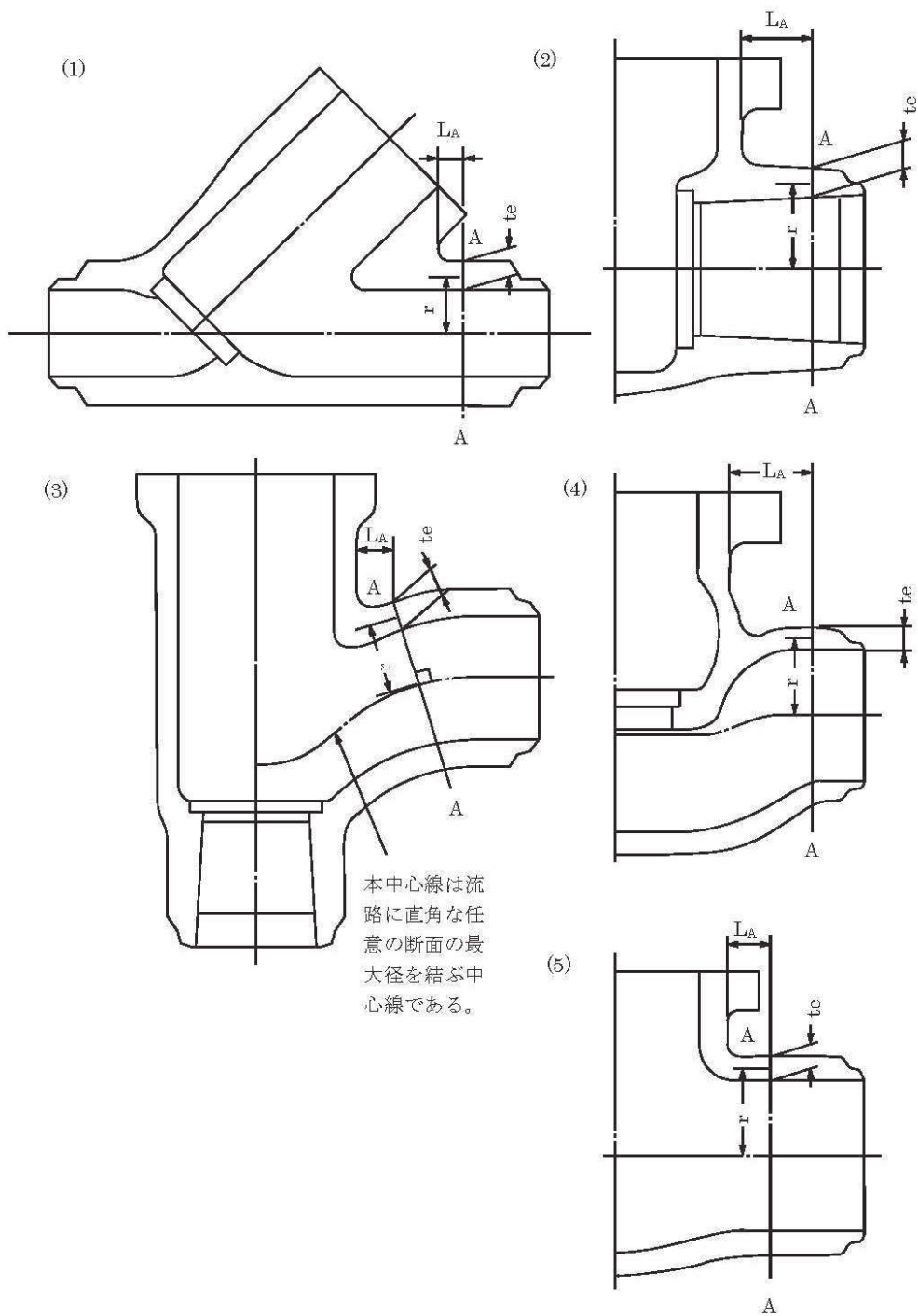


注 1 : 本図は設計・建設規格 VVB-3320 の図 VVB-3320-1 と同じ。

注 2 : (4) の場合、 A_f 及び A_m の値は、図 A_{f1} 及び A_{f2} 並びに A_{m1} 及び A_{m2} のうち

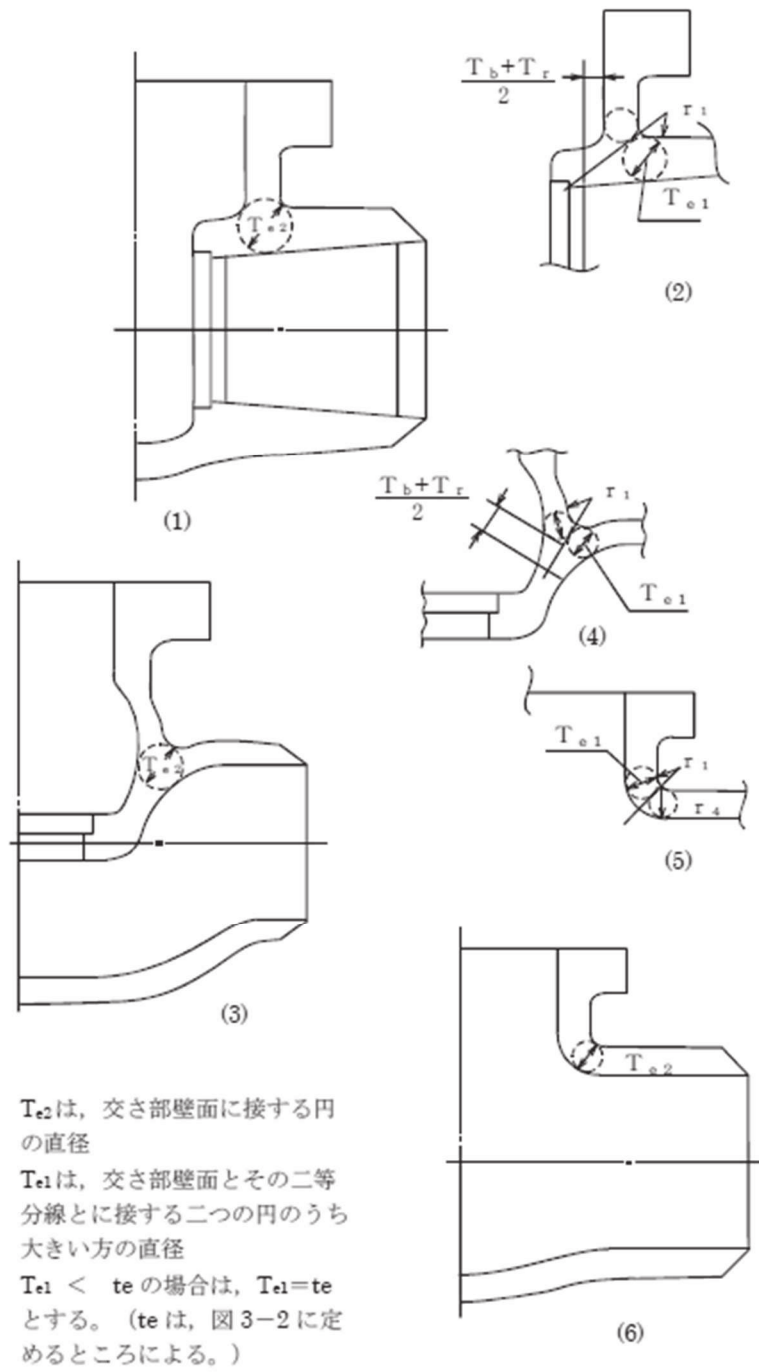
$$\frac{A_{f1}}{A_{m1}} \text{ と } \frac{A_{f2}}{A_{m2}} \text{ の値が大きい方の組合せを用いる。}$$

図 3-1 A_f 及び A_m の範囲を明示した図



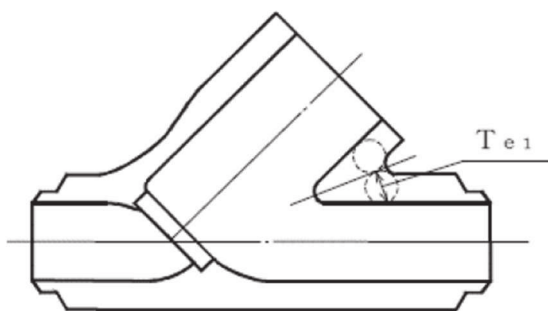
注 : 本図は設計・建設規格 VVB-3330 の図 VVB-3330-1 と同じ。

図 3-2 t_e 及び r を明示した図



注 : 本図は設計・建設規格 VVB-3340 の図 VVB-3340-1 と同じ。

図 3-3 T_{e1} 及び T_{e2} を明示した図

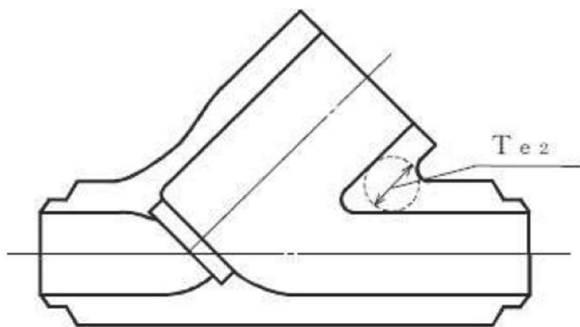


T_{e1} は、交差部壁面とその二等分線とに接する二つの円のうち大きい方の直径

$T_{e1} < t_e$ の場合は、 $T_{e1} = t_e$ とする。

(t_e は、図3-2に定めるところによる。)

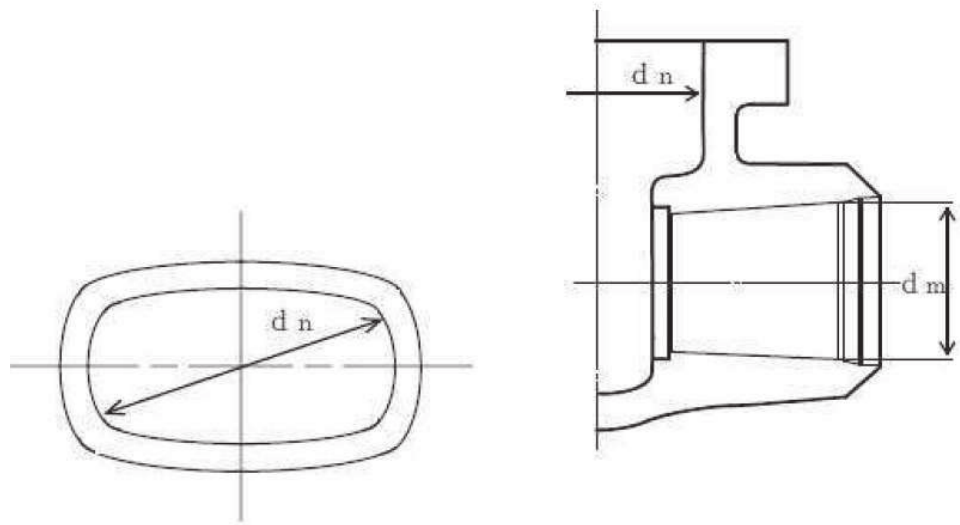
注：本図は図3-3の(4)の内容を図3-2(1)の構造に適用したもの



T_{e2} は、交差部壁面に接する円の直径

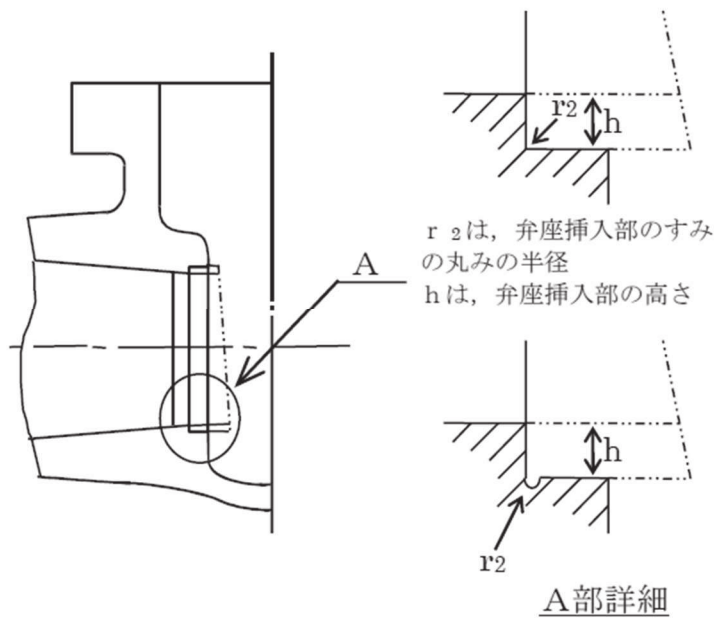
注：本図は図3-3の(3)の内容を図3-2(1)の構造に適用したもの

図3-4 T_{e1} 及び T_{e2} を明示した図



注 : 本図は設計・建設規格 VVB-3210 解説図 VVB-3210-3 と同じ。

図 3-5 d_m 及び d_n を明示した図



注 : 本図は設計・建設規格 VVB-3411 の図 VVB-3411-2 と同じ。

図 3-6 h 及び r_2 を明示した図

別紙 クラス1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-3-1-2 クラス1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-3-2-3 クラス1弁の強度計算方法」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 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)

1. 設計仕様

系統：

機器の区分		クラス1弁				
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料			
			弁箱	弁ふた	弁体	ボルト

2. 強度計算書

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

O 2 ① VI-3-2-3 R 0

設計条件		弁箱の一次+二次応力評価	
最高使用圧力 P (MPa)		t_e (mm)	
最高使用温度 T_m (°C)		T_{e1} (mm)	
弁箱材料		T_{e2} (mm)	
接続管材料		r_i (mm)	
接続管外径 (mm)		θ (°)	
接続管内径 (mm)		K	
添付図番号		P_e (MPa)	
	図 3-3	(2) (一例)	$\alpha \times 10^{-6}$ (mm/mm°C)
内圧による弁箱の一次応力評価		E (MPa)	
		C_2	
P_1 (MPa)		ΔT (°C)	
P_2 (MPa)		C_4	
P_{r1} (MPa)		ΔP_{fm} (MPa)	
P_{r2} (MPa)		ΔT_{fm} (°C)	
P_s (MPa)		$S_n (1)$ (MPa)	
d (mm)		$S_n (2)$ (MPa)	
T_b (mm)		$3 \cdot S_m$ (MPa)	
T_r (mm)		評価： $S_n (1) \leq 3 \cdot S_m$ $S_n (2) \leq 3 \cdot S_m$ よって十分である。	
L_A (mm)			
L_N (mm)			
A_f (mm ²)	$\times 10^4$		
A_m (mm ²)	$\times 10^4$	弁箱の局部一次応力評価	
r_1 (mm)		S (MPa)	
S (MPa)		$2.25 \cdot S_m$ (MPa)	
S_m (MPa)		評価： $S \leq 2.25 \cdot S_m$ よって十分である。	
評価： $S \leq S_m$ よって十分である。			
配管反力による弁箱の二次応力評価		起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ	
A-A断面の弁外径 (mm)		C_3	
A_1 (mm ²)	$\times 10^3$	Q_T (MPa)	
A_2 (mm ²)	$\times 10^4$	$S_l (1)$ (MPa)	
C_b		$S_l (2)$ (MPa)	
Z_1 (mm ³)	$\times 10^5$	E_m (MPa)	
Z_2 (mm ³)	$\times 10^6$	N (1)	
Z_p (mm ³)	$\times 10^6$	N (2)	
S_y (MPa)		評価： $N (1) \geq 2000$ $N (2) \geq 2000$ よって十分である。	
P_d (MPa)			
P_b (MPa)			
P_t (MPa)			
$1.5 \cdot S_m$ (MPa)			
評価： $P_d \leq 1.5 \cdot S_m$ $P_b \leq 1.5 \cdot S_m$ $P_t \leq 1.5 \cdot S_m$ よって十分である。			

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

繰返しピーク応力強さ (疲労累積係数)						
q	A _o	B _o	C ₅	S _n (MPa)	3・S _m (MPa)	
ΔT _f (°C)	S _p (MPa)	K _e	S _θ (MPa)	N _i	N _{r i}	N _i /N _{r i}
評価：疲労累積係数 $I_t = \sum \frac{N_i}{N_{r i}} = \leq 1$						
よって十分である。						
弁箱の形状規定			弁体の一次応力評価			
r ₁	(mm)		材料			
r ₂	(mm)		形式			
0.3・t	(mm)		P	(MPa)		
0.05・t	(mm)		P _c (P ₁ , P ₂)	(N)		
0.1・h	(mm)		h	(mm)		
d _n /d _m			a	(mm)		
評価：r ₁ ≥ 0.3・t r ₂ ≥ Max (0.05・t, 0.1・h) $\frac{d_n}{d_m} < 2$			b	(mm)		
			σ _D	(MPa)		
			1.5・S _m	(MPa)		
			評価：σ _D ≤ 1.5・S _m			
よって十分である。			よって十分である。			

O 2 ① VI-3-2-3 R 0

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。									

O2 ① VI-3-2-3 R0

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

O2 ① VI-3-2-3 R0

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	J I S B 8 2 6 5 附属書 3 b) 7) (例)	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_s (N)	$\times 10^6$		
評価： $A_m < A_b$		よって十分である。	

外径 115 mm 以下の管に接続される弁のフォーマット

外径 115 mm 以下の管に接続される弁は、以下の計算を省略する。

設計・建設規格 VVB-3010 による。

- ・弁箱の応力解析
- ・弁体の応力解析
- ・フランジの応力計算

1. 設計仕様

系統：

機器の区分		クラス1 弁				
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料			
			弁箱	弁ふた	弁体	ボルト

2. 強度計算書

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

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。			

O2 ① VI-3-2-3 ROE

VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法

まえがき

本強度計算方法は、工事計画認可申請書に添付するクラス2管の強度計算について説明するものである。

本書は、以下により構成される。

クラス2管の応力計算方法

クラス 2 管の応力計算方法

目次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用基準	1
2. クラス2管の強度計算方法	1
2.1 計算方針	1
2.2 計算方法	1
3. 計算書の構成	9
3.1 管の応力計算書	9

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 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 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「技術基準規則解釈」という。）
- (3) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007 年）（以下「設計・建設規格」という。）
- (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 5 0 1 号（以下「告示第 5 0 1 号」という。）

2. クラス 2 管の強度計算方法

2.1 計算方針

技術基準規則解釈において、技術基準規則第 17 条に規定の要求に適合する材料及び構造とは、施設時の規格によることから、クラス 2 管は、設計・建設規格 PPC-3500 と告示第 5 0 1 号 第 56 条のいずれか安全側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」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. スナップ：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）
 - d. 熱膨張及び熱による支持点の変位による応力

2.2.2 計算式

2.2.2.1 記号の定義

計算式中に説明のない記号の定義は下表のとおりとする。

記号	単位	定義
$B_1, B_2,$ B_{2b}, B_{2r}	—	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次応力の計算に使用するもの)
D_0	mm	管の外径
f	—	設計・建設規格 PPC-3530 に規定する許容応力低減係数
i_1	—	・告示第501号第57条に規定する値又は1.33のいずれか大きい方の値 ・設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は1.33のいずれか大きい方の値
i_2	—	・告示第501号第57条に規定する値又は1.0のいずれか大きい方の値 ・設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は1.0のいずれか大きい方の値
M_a	N・mm	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
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。）により生ずるモーメント
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。）により生ずるモーメント
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。）により生ずるモーメント

記号	単位	定義
$M_{b b}$	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。）により生ずるモーメント
$M_{b r}$	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る。）により生ずるモーメント
M_c	N・mm	管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント
P	MPa	最高使用圧力
P_m	MPa	内面に受ける最高の圧力
S_a	MPa	告示第501号第56条第2号又は設計・建設規格 PPC-3530に規定する許容応力
S_c	MPa	室温における告示第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
S_h	MPa	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
S_n	MPa	一次＋二次応力
$S_{p r m}$	MPa	一次応力
t	mm	管の厚さ
Z, Z_i	mm ³	管の断面係数
Z_b	mm ³	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数
Z_r	mm ³	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数

2.2.2.2 応力計算

(1) 告示第501号第56条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

$$S_{pr m} = P \cdot D_0 / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot M_a / Z \leq S_h$$

(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

$$S_{pr m} = P_m \cdot D_0 / (4 \cdot t) + 0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b) / Z \leq 1.2 \cdot S_h$$

b. 一次＋二次応力（告示第501号第56条第2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＋二次応力

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

(b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重（自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重）による一次＋二次応力

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

(c) (a)に対する許容応力

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

(d) (b)に対する許容応力

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

(2) 設計・建設規格 PPC-3500 による評価

a. 一次応力（設計・建設規格 PPC-3520）

(a) 最高使用圧力及び機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）による一次応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot M_{ab} / Z_b + B_{2r} \cdot M_{ar} / Z_r \leq 1.5 \cdot S_h$$

ロ. イ.以外の管

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_2 \cdot M_a / Z \leq 1.5 \cdot S_h$$

(b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重（自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重）による一次応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{pr m} = B_1 \cdot P_m \cdot D_0 / (2 \cdot t) + B_{2b} \cdot (M_{ab} + M_{bb}) / Z_b + B_{2r} \cdot (M_{ar} + M_{br}) / Z_r \leq 1.8 \cdot S_h$$

ロ. イ.以外の管

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

b. 一次＋二次応力（設計・建設規格 PPC-3530）

- (a) 最高使用圧力及び機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）による一次＋二次応力

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

- (b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重（自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重）による一次＋二次応力

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

- (c) (a)に対する許容応力

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

- (d) (b)に対する許容応力

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

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	荷重の組合せ	状態
クラス 2 管	P + D	運転状態 I, II 供用状態 A, B
	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。)	一次+二次応力
運転状態 I, II	P + D	S_h	$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$
	P + D + M	$1.2 S_h$	$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1.2 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$

表 2-3 許容応力 (設計・建設規格 PPC-3500)

状態	荷重の組合せ	一次応力 (曲げ応力 を含む。)	一次+二次応力
供用状態 A, B	P + D	$1.5 S_h$	$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$
	P + D + M	$1.8 S_h$	$S_a = 1.25 \cdot f \cdot S_c + (1.2 + 0.25 \cdot f) \cdot S_h$

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 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁
回転ばね定数		N・mm/rad	有効桁数 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁
方向余弦		—	小数点以下第 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。

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。

(3) 計算条件

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

a. 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、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

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501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
				$S_{prm}(1)$	S_h	$S_n(a)$	$S_a(c)$
				$S_{prm}(2)$	$1.2 \cdot S_h$	$S_n(b)$	$S_a(d)$
鳥瞰図 番号	(I, II)		$S_{prm}(1)$	Max	S_h		
	(I, II)		$S_n(a)$			Max	$S_a(c)$
	(I, II)		$S_{prm}(2)$	Max	$1.2 \cdot S_h$		
	(I, II)		$S_n(b)$			Max	$S_a(d)$

注記 *1: $S_{prm}(1)$, $S_{prm}(2)$ はそれぞれ、告示501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501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501号第56条第2号(ハ), (ニ)に基づき計算した許容応力を示す。

b. 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
				$S_{prm}(1)$	$1.5 \cdot S_h$	$S_n(a)$	$S_a(c)$
				$S_{prm}(2)$	$1.8 \cdot S_h$	$S_n(b)$	$S_a(d)$
鳥瞰図番号	(A, B)		$S_{prm}(1)$	Max	$1.5 \cdot S_h$	Max	$S_a(c)$
	(A, B)		$S_n(a)$				
	(A, B)		$S_{prm}(2)$	Max	$1.8 \cdot S_h$	Max	$S_a(d)$
	(A, B)		$S_n(b)$				

注記 *1: $S_{prm}(1)$, $S_{prm}(2)$ 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 (クラス 2 範囲)

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	***-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（クラス 2 範囲）

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	***-1	1	**	***	*,**	—	9	**	***	*,**	—
2	***-2	2	**	***	*,**	○	10	**	***	*,**	○
3	***-3	3	**	***	*,**	—	11	**	***	*,**	—
4	***-4	4	**	***	*,**	—	12	**	***	*,**	—
5	***-5	5	**	***	*,**	—	13	**	***	*,**	—
6	***-6	6	**	***	*,**	—	14	**	***	*,**	—
7	***-7	7	**	***	*,**	—	15	**	***	*,**	—
8	***-8	8	**	***	*,**	—	16	**	***	*,**	—

注記 *3：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 範囲）

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	***-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。

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 範囲）

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	***-1	1	**	***	*,**	—	9	**	***	*,**	—
2	***-2	2	**	***	*,**	○	10	**	***	*,**	○
3	***-3	3	**	***	*,**	—	11	**	***	*,**	—
4	***-4	4	**	***	*,**	—	12	**	***	*,**	—
5	***-5	5	**	***	*,**	—	13	**	***	*,**	—
6	***-6	6	**	***	*,**	—	14	**	***	*,**	—
7	***-7	7	**	***	*,**	—	15	**	***	*,**	—
8	***-8	8	**	***	*,**	—	16	**	***	*,**	—

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

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

VI-3-2-5 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. 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 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-3-1-3 クラス2機器の強度計算の基本方針」に基づき、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。）及び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。

なお、告示第501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、設計・建設規格側が安全側であることを確認した。そのため、設計・建設規格による評価を行う。

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 VVC-3410）

- a. J I S B 2 2 3 8 (1996) 「鋼製管フランジ通則」

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
VVC-3200 耐圧部の設計 VVC-3210	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-3300 弁の応力評価 VVC-3310 (a) * VVC-3310 (b) *	2.2 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 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」	4		
附属書 4 (規定)	3		
「全面形非金属ガスケットを用いる	4		
全面座フランジ」			

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ので、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
	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。

*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。

*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 2 弁の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス 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

設計・建設規格 VVC-3210 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_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	設計・建設規格 別表 3 の呼び圧力 (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	設計・建設規格 別表 3 の呼び圧力 (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	℃
t_m	t_{m1}	\varnothing の範囲内のネック部の計算上必要な厚さ	mm
t_m	t_{m2}	\varnothing 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は、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、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。

- 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 WVC-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

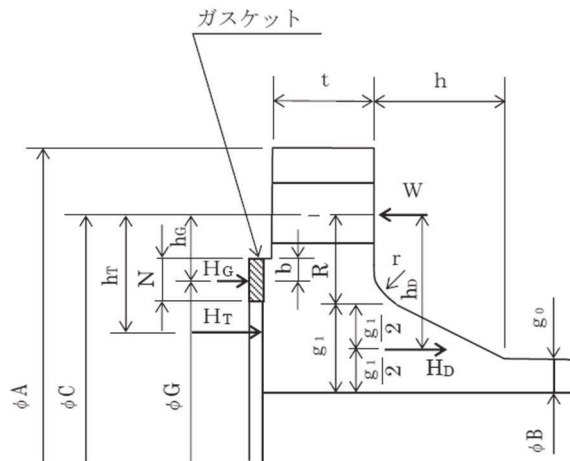
J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
g_0	g_0	ハブ先端の厚さ	mm
g_1	g_1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
h	h	ハブの長さ	mm
H_D	H_D	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
h_D	h_D	ボルト穴の中心円から H_D 作用点までの半径方向の距離	mm
H_G	H_G	ガスケット荷重	N
h_G	h_G	ボルト穴の中心円から H_G 作用点までの半径方向の距離	mm
h_o	h_o	$\sqrt{B \cdot g_o}$	mm
H_P	H_P	気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力	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 _{F D}	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



(J I S B 8 2 6 5 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) $b_o \leq 6.35 \text{ mm}$ の場合

$$G = G_s - N$$

$$b = b_o$$

(b) $b_o > 6.35 \text{ mm}$ 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 * : 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

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

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

$$\sigma_{Ho} = \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P \cdot B}{4 \cdot g_o} \quad *1, *2$$

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

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

(b) ガasket縮付時のフランジの応力

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

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

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

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

$$\sigma_{H_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f b}$$

ガスケット締付時にあつては

$$\sigma_{H_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f a}$$

- c. フランジの半径方向応力

使用状態にあつては

$$\sigma_{R_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f b}$$

ガスケット締付時にあつては

$$\sigma_{R_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f a}$$

- d. フランジの周方向応力

使用状態にあつては

$$\sigma_{T_o} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f b}$$

ガスケット締付時にあつては

$$\sigma_{T_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{f a}$$

2.2.2 全面座フランジ

設計・建設規格 VVC-3310 を適用する。

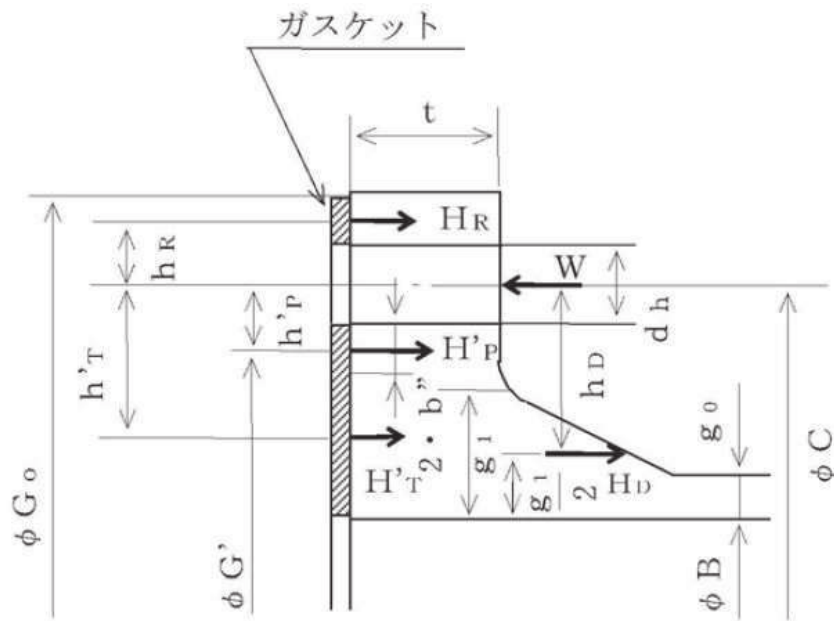
(1) 記号の説明

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。

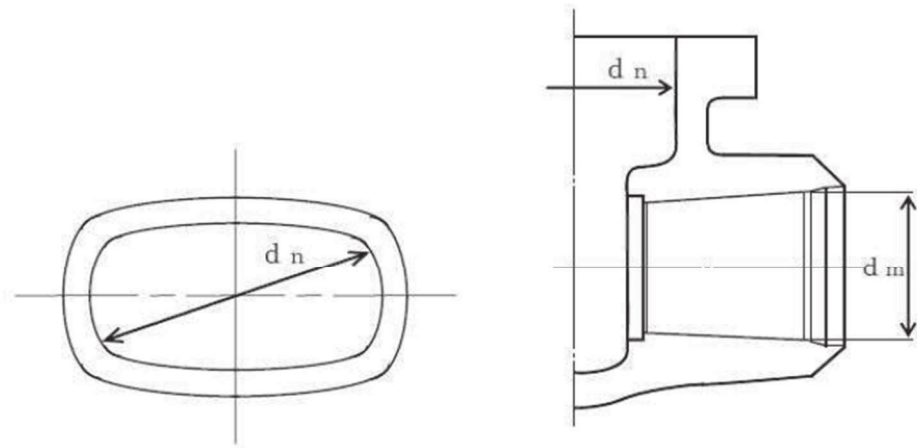
a. ボルトの総有効断面積

$$A_b > A_m$$

b. フランジの厚さ

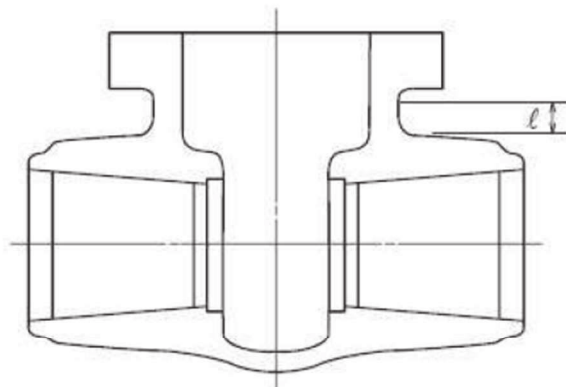
$$t_{fl} \geq t$$

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 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

○ 2 ① VI-3-2-5 R 0

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-3-2-5 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. クラス2弁	.....
1.1 設計仕様	.....
1.2 強度計算書	.....

○2 ① VI-3-2-5 R0

1. クラス 2 弁

1.1 設計仕様

系統：

機器の区分		クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト

○ 2 ① VI-3-2-5 R 0

1.2 強度計算書

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

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		ℓ (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。			

O2 ① VI-3-2-5 R0

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

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_s (N)	$\times 10^6$		
評価： $A_m < A_b$		よって十分である。	

O2 ① V-3-2-5 ROE

VI-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 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	6
2.1 共通記号	6
2.2 開放タンクの構造及び強度	7
2.2.1 開放タンクの胴の計算	7
2.2.2 開放タンクの平板の厚さの計算	8
2.2.3 開放タンクの底板の計算	18
2.2.4 開放タンクの管台の計算	19
2.2.5 開放タンクの胴の穴の補強計算	20
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「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。)) 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。

また、消火設備用ポンベ及び消火器については、添付書類「VI-3-1-4 クラス 3 機器の強度計算の基本方針」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ので、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

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-3000 クラス 3 容器の設計 PVD-3010 (PVC-3920 準用) PVD-3310 PVD-3010 (PVC-3960, PVC-3970 準用) PVD-3010 (PVC-3980 準用) PVD-3010 (PVC-3160, PVC-3950 準用) PVD-3510	2.2.1 2.2.2 2.2.3 2.2.4 2.2.5	開放タンクの胴の計算 開放タンクの平板の厚さの計算 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

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	
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}	
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 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 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、JIS B 8265 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

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。

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
η	η	継手の効率	—
	継手の種類	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 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 開放タンクの構造及び強度

2.2.1 開放タンクの胴の計算

消火水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010（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 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_3

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。

2.2.2 開放タンクの平板の厚さの計算

消火水タンクについては、設計・建設規格 PVD-3310 を適用する。

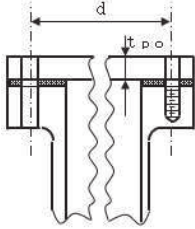
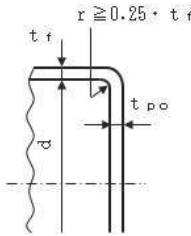
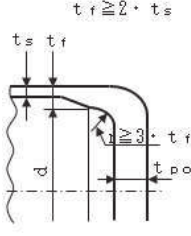
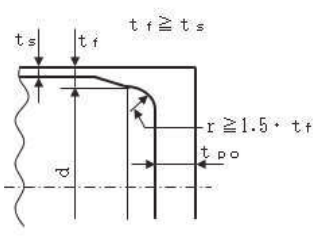
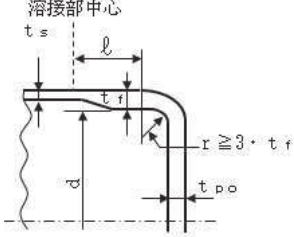
(1) 記号の説明

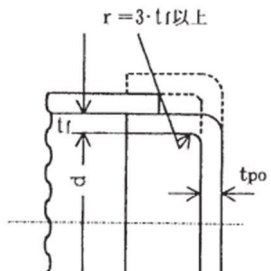
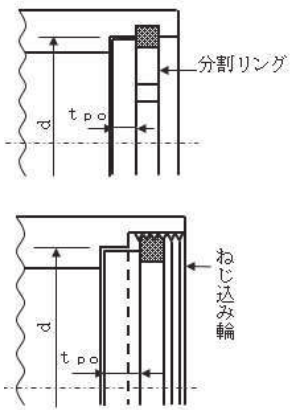
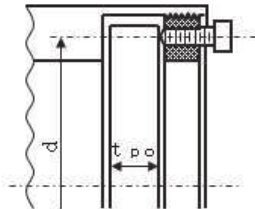
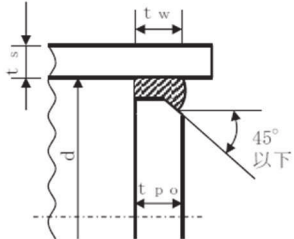
設計・建設規格, J I S の記号	計算書の 表示	表示内容	単位
A_b	A_b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm^2
A_m	A_m	ボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m1}	A_{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m2}	A_{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm^2
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b_o	b_o	ガスケット座の基本幅 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d, G	d	設計・建設規格 表 PVD-3310-1 に規定する方法によって測った平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
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	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

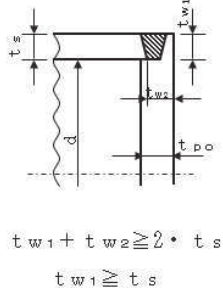
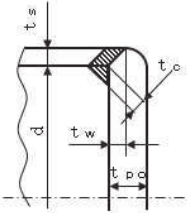
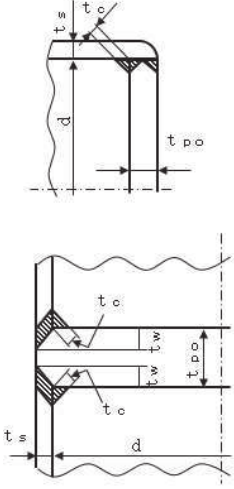
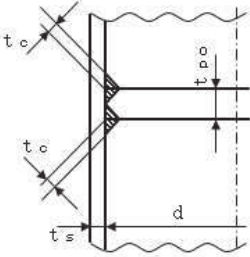
設計・建設規格, J I S の記号	計算書の 表示	表示内容	単位
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 6 5 附 属書 3 表 2 による。)	—
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 3 による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
P	P	最高使用圧力	MPa
r	r	すみの丸みの内半径	mm
S	S	内圧時の最高使用温度における材料の許容引 張応力	MPa
σ_a	S_a	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。 常温におけるボルト材料の許容引張応力	MPa
σ_b	S_b	設計・建設規格 付録材料図表 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
t	t	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。 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_w	t_w	設計・建設規格 表 PVD-3310-1 による。	mm
$t_{w 1}$	$t_{w 1}$	設計・建設規格 表 PVD-3310-1 による。	mm
$t_{w 2}$	$t_{w 2}$	設計・建設規格 表 PVD-3310-1 による。	mm

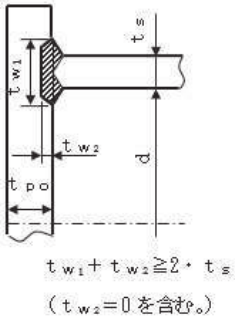
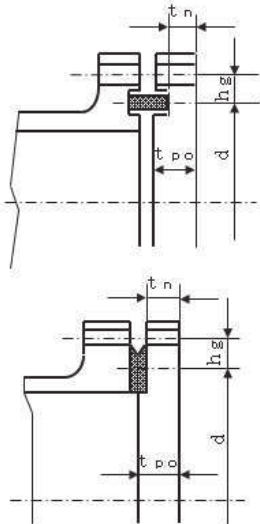
設計・建設規格, J I S の記号	計算書の 表示	表示内容	単位
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W_g	W_g	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W_{m1}	W_{m1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W_{m2}	W_{m2}	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W_o	W_o	使用状態でのボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	N/mm ²
π	π	円周率	—
	σ_p	平板に作用する力によって生じる応力	MPa
	ガスケット座面の形状	ガスケット座面の形状 (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	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)		<p>$0.8 \cdot S_b \geq \sigma_p$ かつ, $r \geq 3 \cdot t_f$ であること。</p>
(g)		<p>$0.8 \cdot S \geq \sigma_p$ であること。</p>
(h)		<p>$0.8 \cdot S_b \geq \sigma_p$ であること。</p>
(i)		<p>$t_w \geq 2 \cdot t_{sr}$ かつ, $t_w \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。</p>

	取付け方法	形状の制限
(j)	 <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, $t_s \geq 1.25 \cdot t_{s_r}$ であること。
(k) (1)		$t_w \geq \text{Min}(0.5 \cdot t_s, 0.25 \cdot t_{p_o})$ かつ, $t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(k) (2)		$t_w \geq \text{Min}(1.0 \cdot t_s, 0.5 \cdot t_{p_o})$ かつ, $t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(l)		$t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。

	取付け方法	形状の制限
(m)	 <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。)
(n)		無し。
(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(0.2, 0.33・m) ここで、 $m = t_{sr} / t_s$
(e)	0.17 0.10*1
(f)	
(g)	0.20
(h)	
(i)	Max(0.2, 0.33・m) ここで、 $m = t_{sr} / t_s$
(j)	0.33
(k) (1)	
(k) (2)	Max(0.2, 0.33・m)
(l)	ここで、 $m = t_{sr} / t_s$
(m)	
(n)	$0.20 + \frac{1.0 \cdot F \cdot h_g}{W \cdot d}$ 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
(o)	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 $l \geq \left(1.1 - 0.8 \cdot \frac{t_s^2}{t_f^2}\right) \cdot \sqrt{d \cdot t_f}$ の場合

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

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

注記 *2: 取付け方法 (n) 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

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

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

$$W = H$$

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

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

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

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

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

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

(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

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

(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。

2.2.3 開放タンクの底板の計算

消火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
	t	底板の規格上必要な厚さ	mm
	t_b	底板の最小厚さ	mm
	t_{bo}	底板の呼び厚さ	mm

(2) 形状の制限

a. 平板

(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 3mm 以上

(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。

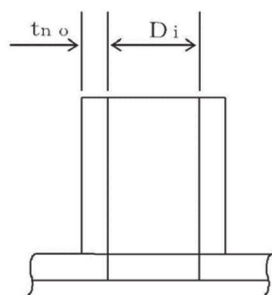
2.2.4 開放タンクの管台の計算

消火水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010（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	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_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

(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。

2.2.5 開放タンクの胴の穴の補強計算

消火水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010 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、円形またはだ円形であること。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 85mm 以下の場合、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_r	A_r	穴の補強に必要な面積	mm^2
	A_{rD}	片側断面についての穴の補強に必要な面積	mm^2
	B_e	強め板の外径	mm
d	d	胴の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 _i	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、 $d_w = D_{o.n} + \alpha$ （ α はルート間隔の 2 倍）、それ以外の管台については、 $d_w = D_{o.n}$ ）	mm	
	D _i	円筒胴にあつては胴の内径。	mm	
	D _{o.n}	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	—
		L ₁	溶接の脚長* ¹	mm
		L ₂	溶接の脚長* ¹	mm
	S	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
		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 _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_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	$W_2 = (d \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$ 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
η	W E L D -	管台溶接形式 (図 2-1~図 2-10 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
	η	穴が長手継手又は胴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: 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 2-10 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) 管台の一部が胴の部分となっていない場合及び W E L D - 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 PVD-3010（設計・建設規格 PVC-3161.1 準用）を適用する。

$$X = X_1 + X_2$$

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

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

$$Y_2 = \text{M i n} (2.5 \cdot t_s, 2.5 \cdot t_n)$$

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,

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

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. 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(d) 予想される破断箇所の強さ

イ. WELD-1 の場合

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

リ. W E L D - 11 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e b p 1} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 2} \\
 W_{e b p 2} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 8}} \textcircled{W_{e 2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 8} + W_{e 2} \\
 W_{e b p 3} &= \textcircled{W_{e 9}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 9} + W_{e 4} + W_{e 2} \\
 W_{e b p 4} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 10} \\
 W_{e b p 5} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}
 \end{aligned}$$

ヌ. W E L D - 12 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e b p 1} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 6} \\
 W_{e b p 2} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 7}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 7} \\
 W_{e b p 3} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 6} \\
 W_{e b p 4} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 10} \\
 W_{e b p 5} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}
 \end{aligned}$$

ル. W E L D - 13 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e b p 1} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 5D}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 5} \\
 W_{e b p 2} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 5}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 5}
 \end{aligned}$$

ヲ. W E L D - 14 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e b p 1} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 6} \\
 W_{e b p 2} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 8}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 8} + W_{e 6} \\
 W_{e b p 3} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 10} \\
 W_{e b p 4} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}
 \end{aligned}$$

ワ. W E L D - 15, 16, 22 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e b p 1} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 8}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 8} + W_{e 6} \\
 W_{e b p 2} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 7}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 7} \\
 W_{e b p 3} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 6} \\
 W_{e b p 4} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 10} \\
 W_{e b p 5} &= \textcircled{W_{e 9}} \textcircled{W_{e 7}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 9} + W_{e 7} \\
 W_{e b p 6} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}
 \end{aligned}$$

カ. W E L D - 17 の場合

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

コ. W E L D - 18 の場合

$$\begin{aligned}
 W_{e b p 1} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 6}} \textcircled{W_{e 2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 6} + W_{e 2} \\
 W_{e b p 2} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 7}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 7} \\
 W_{e b p 3} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 6}} \textcircled{W_{e 2}} \\
 &\quad \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 6} + W_{e 2} \\
 W_{e b p 4} &= \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 10} \\
 W_{e b p 5} &= \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}
 \end{aligned}$$

タ. WELD-19, 19' の場合

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

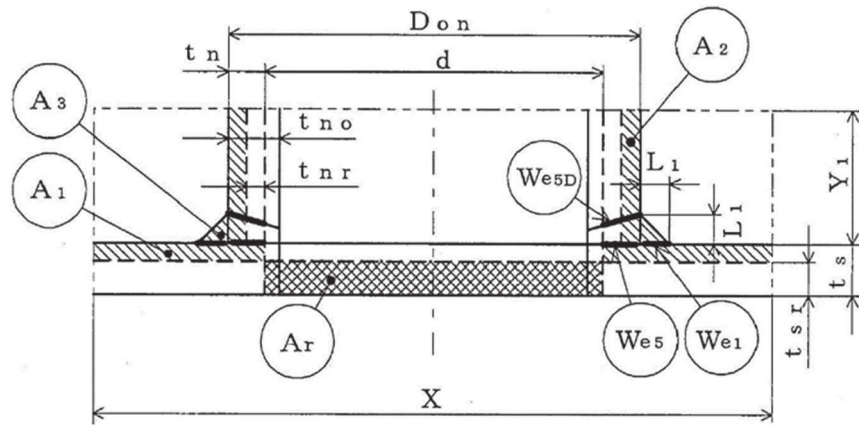
d. 評価

胴の穴の補強は、下記の条件を満足すれば十分である。

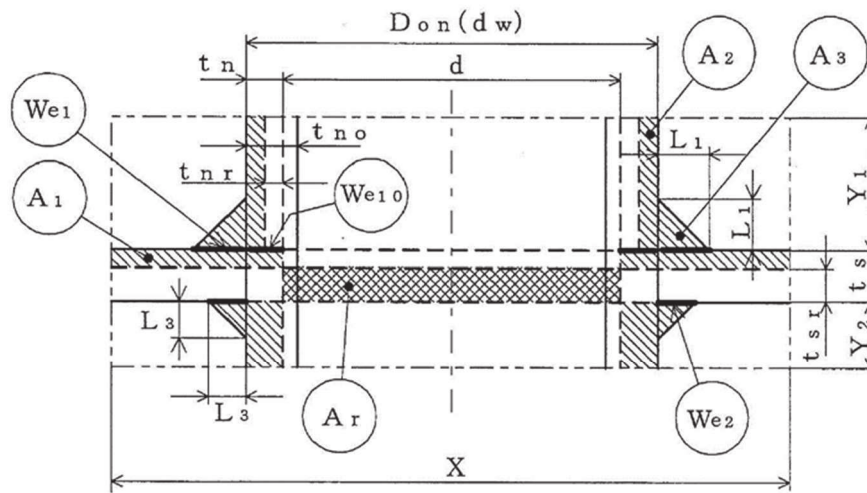
$$A_0 > A_r$$

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

すべての破断箇所の強さ $\geq W$ (ただし, W が正の場合のみ)



WELD-1

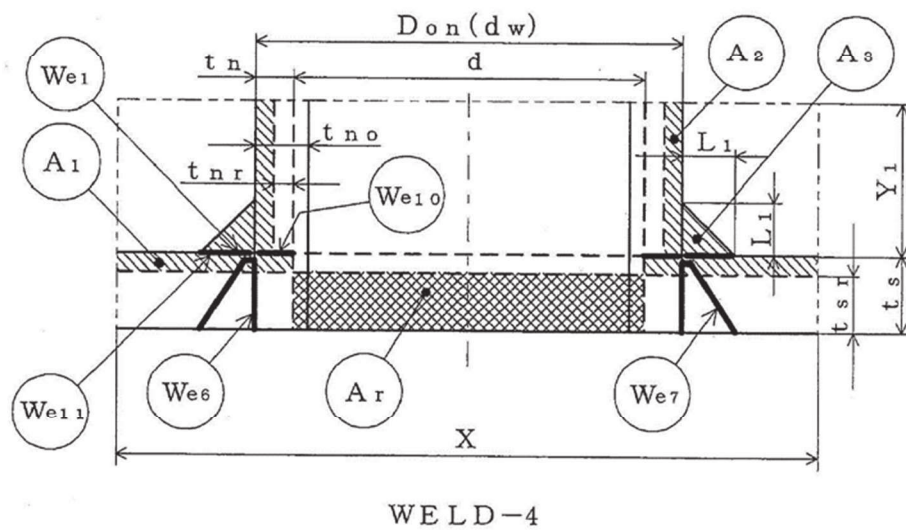
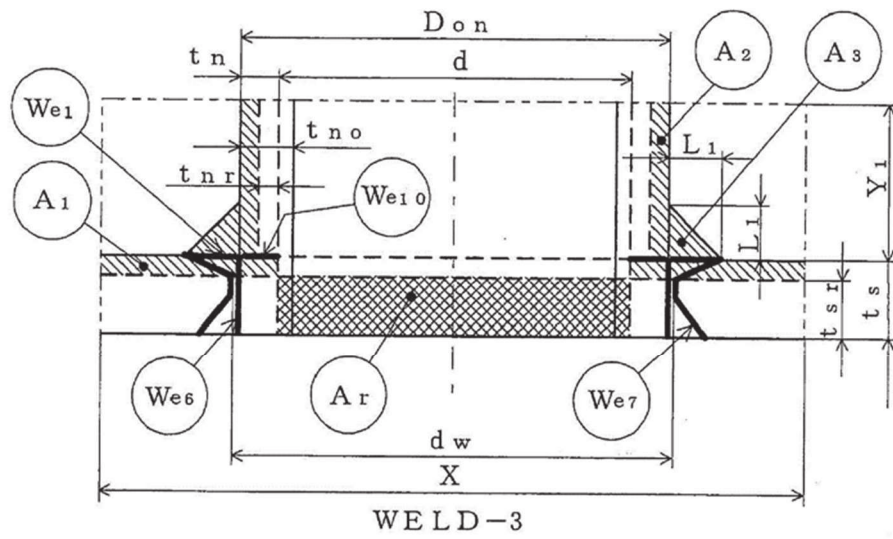


WELD-2



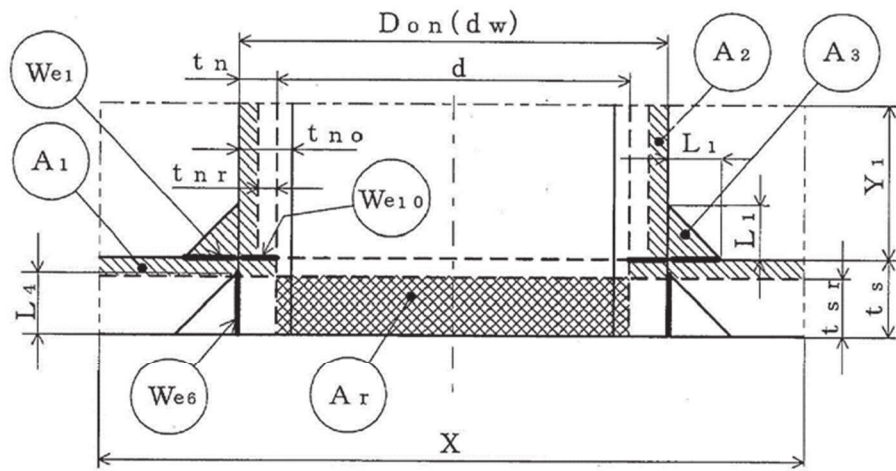
図 2-1

* : 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)

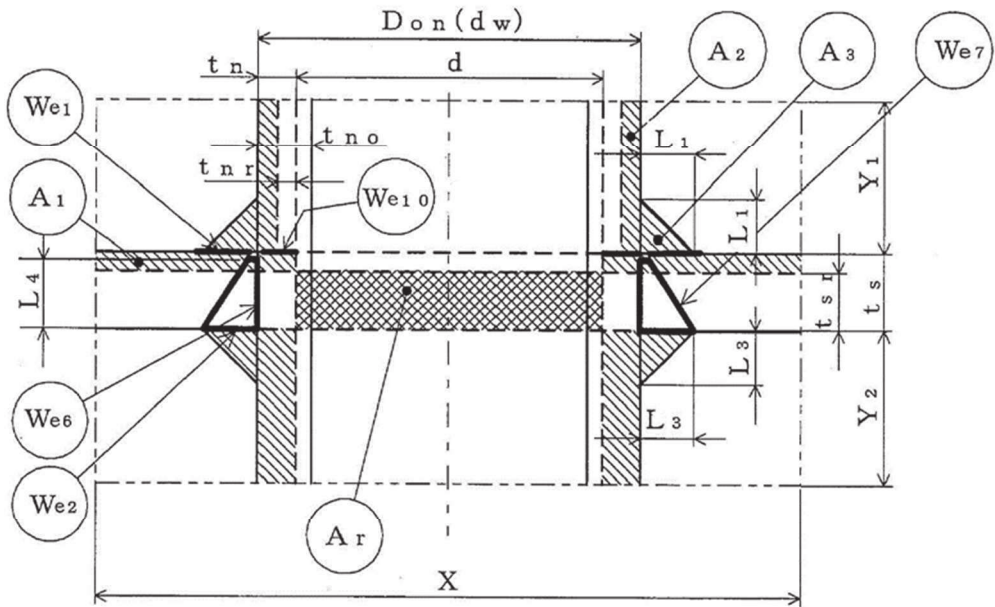


- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 2-2



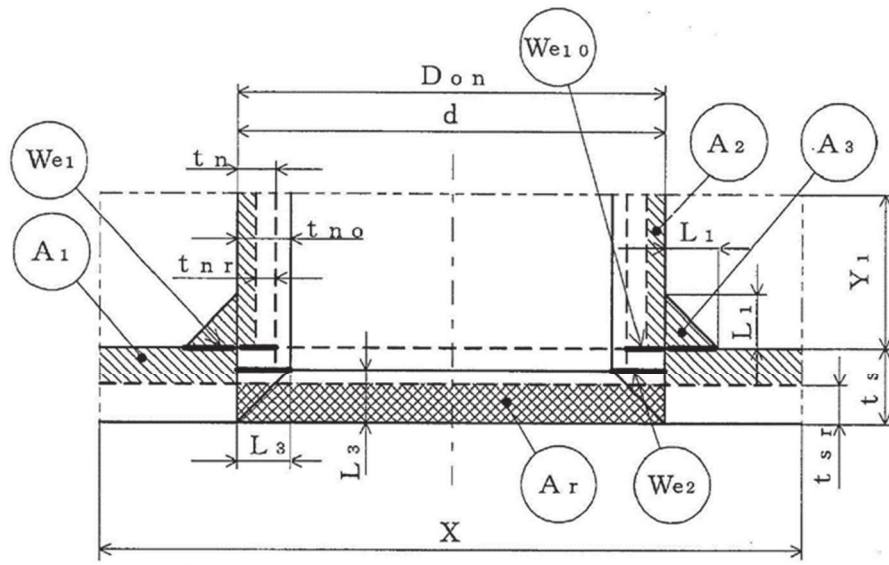
WELD-5



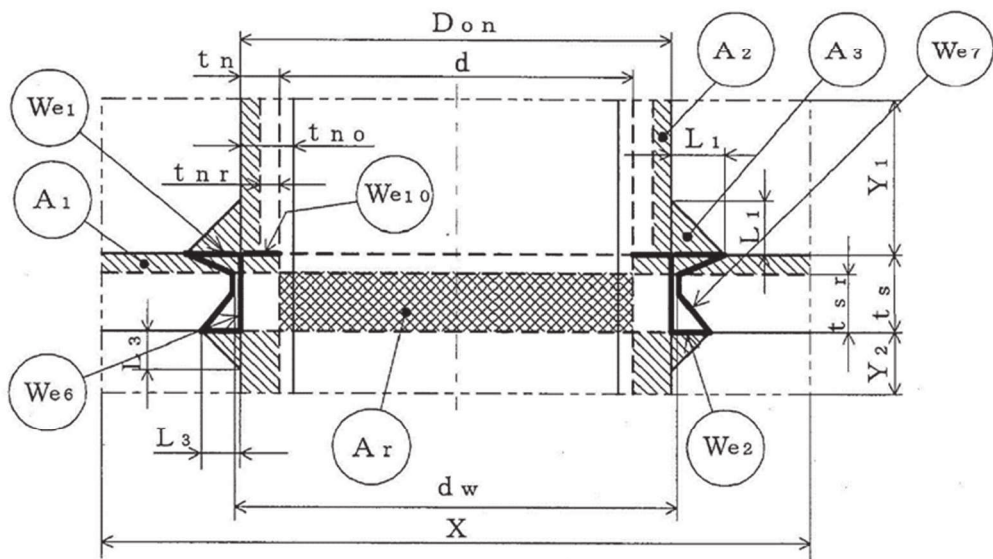
WELD-6

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 2-3



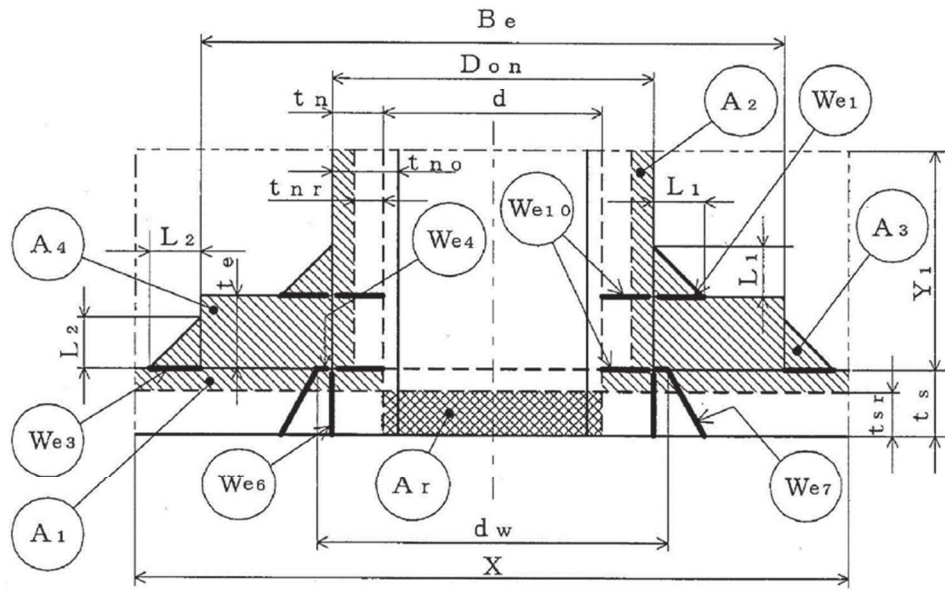
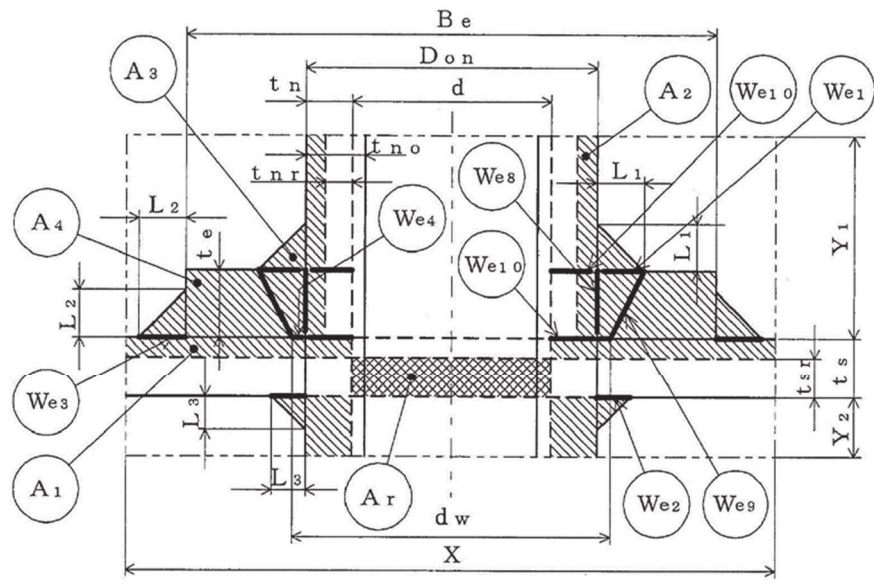
WELD-8



WELD-9

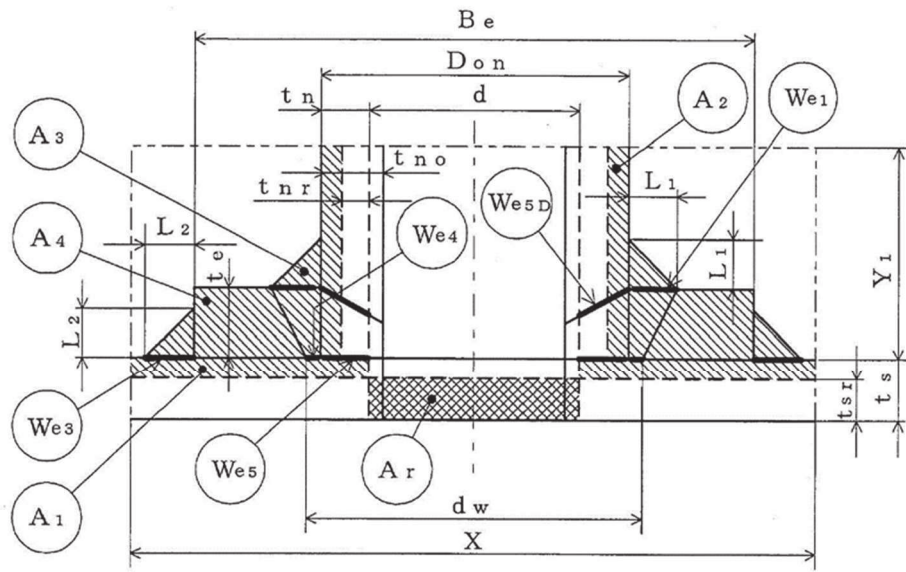


図 2-4

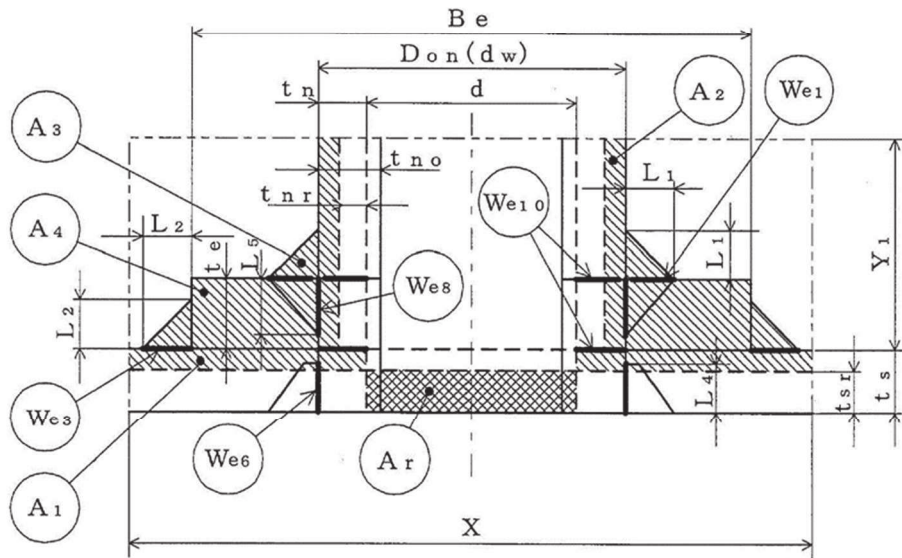


 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 2-5



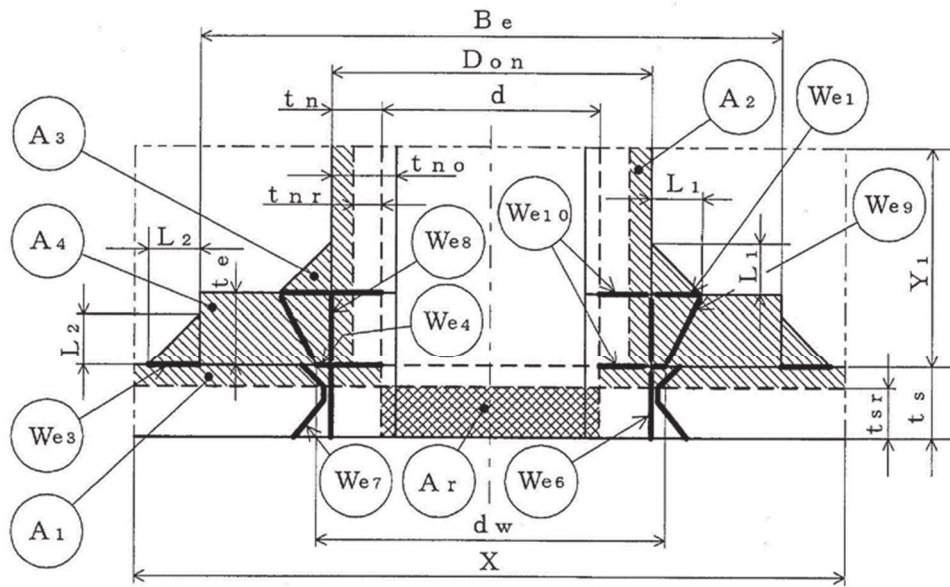
WELD-13



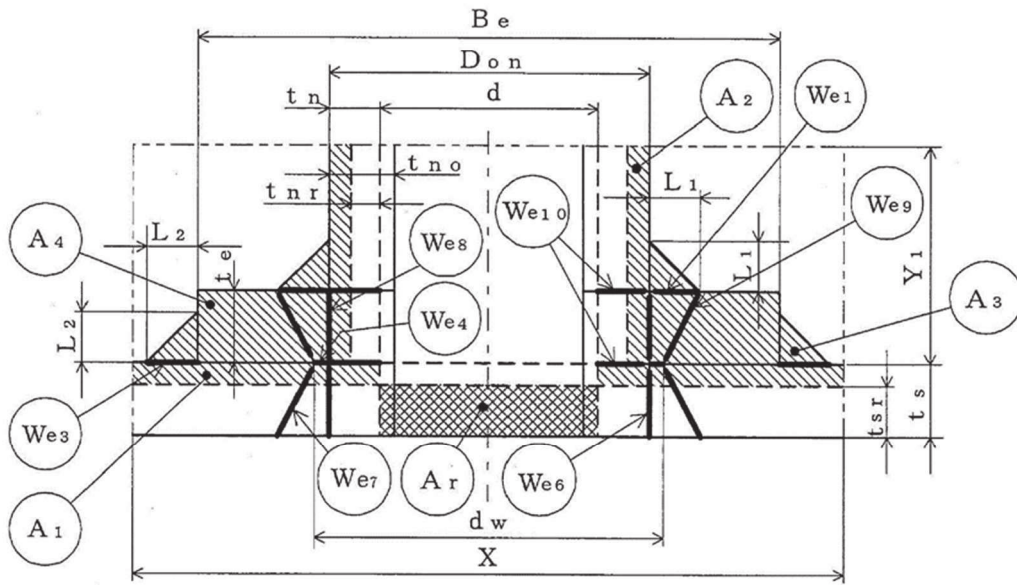
WELD-14



図 2-6



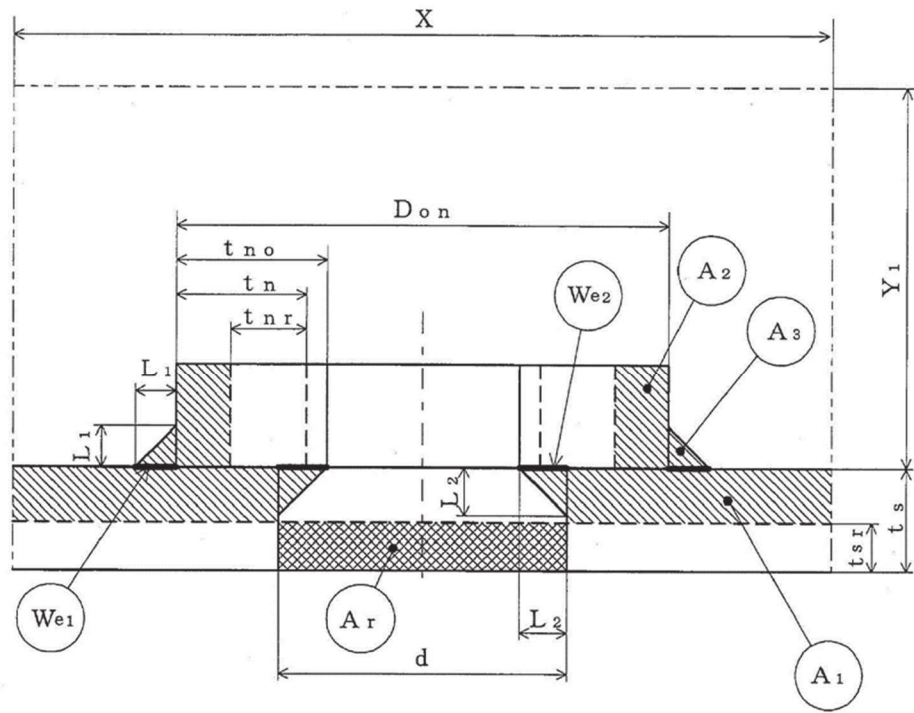
WELD-15



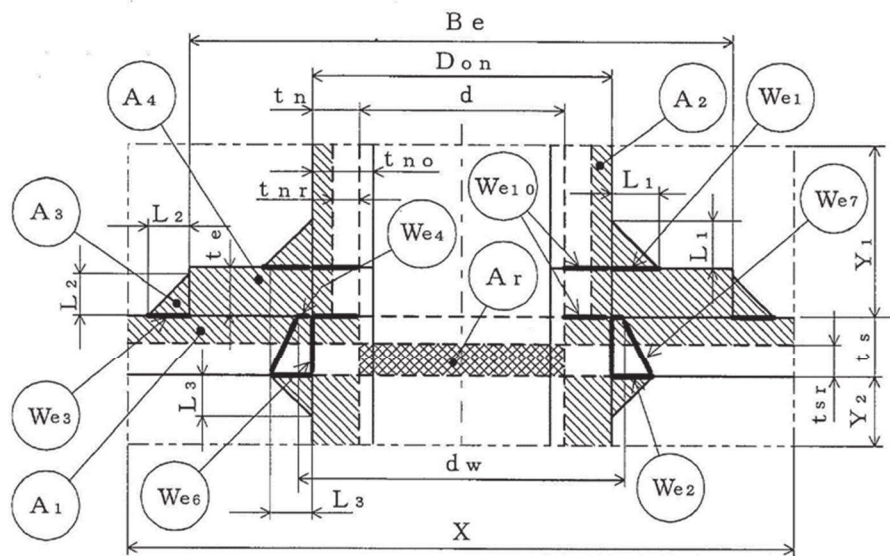
WELD-16



図 2-7



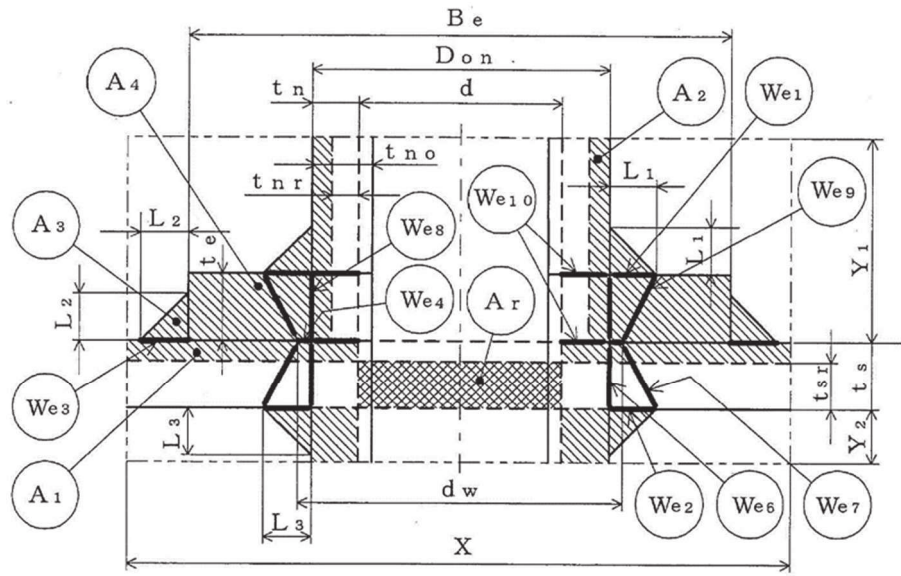
WELD-17



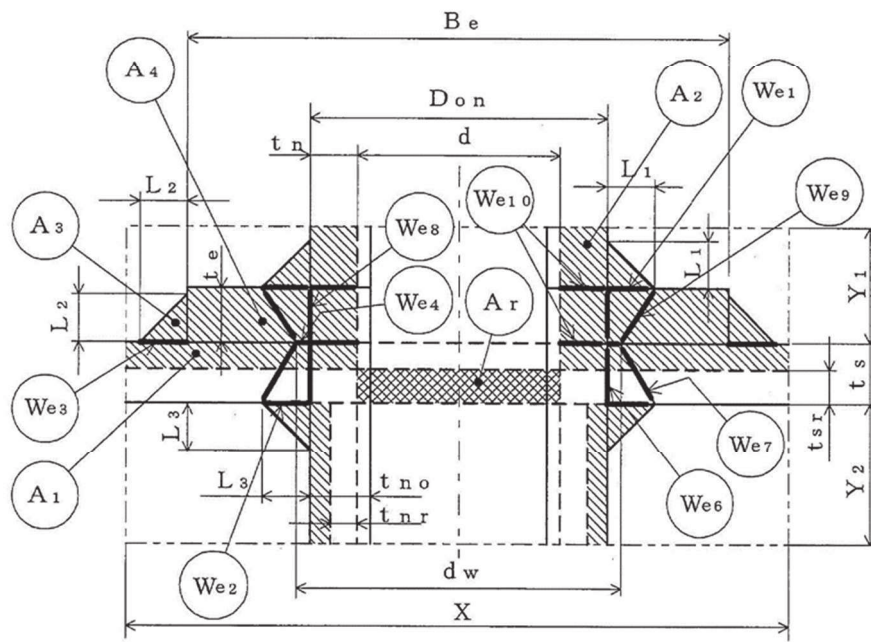
WELD-18



図 2-8



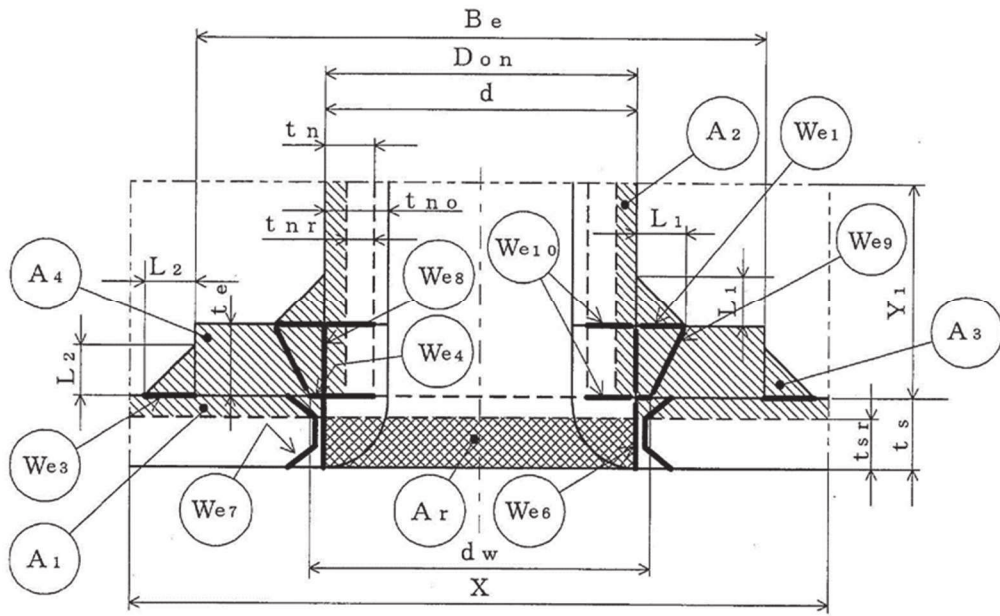
WELD-19



WELD-19'



図 2-9



WELD-22


-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積

図 2-10

別紙 クラス 3 容器の強度計算書のフォーマット

VI-3-*-*-* ○○○○○○○○○○○○○○○の強度計算書

○ 2 ① VI-3-2-6 R 0

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-3-2-6 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「VI-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。

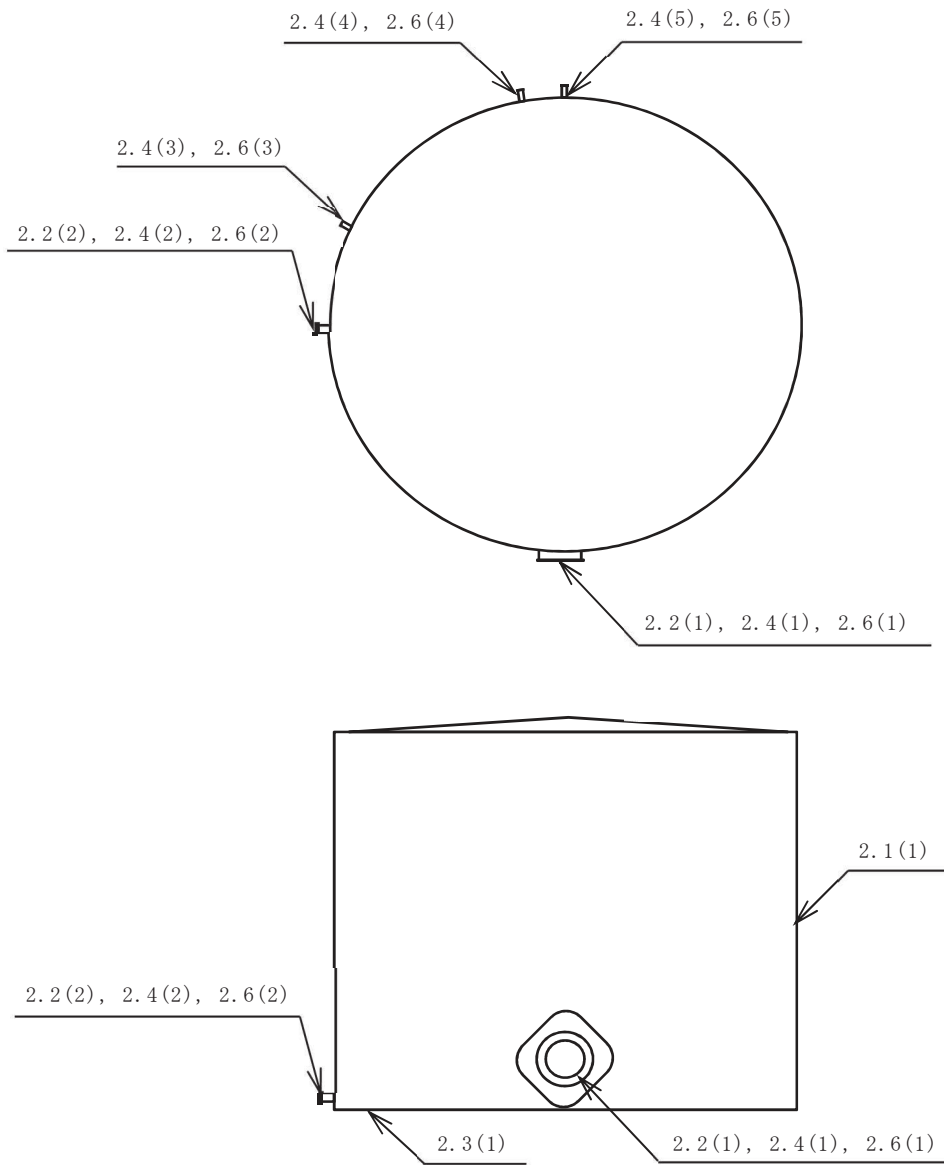
目次

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 (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	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	$t_{s.o}$ (mm)	
最小厚さ	t_s (mm)	
評価： $t_s \geq t$, よって十分である。		

2.2 開放タンクの平板の厚さの計算

設計・建設規格 PVD-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	(j)	
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： $t_{w1} + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$, $t_{w1} \geq t_s$, $t_s \geq 1.25 \cdot t_{sr}$ によって十分である。		

設計・建設規格 PVD-3310

平板の厚さ

平板名称	(1) ○○マンホール平板	
材料		
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： $t_p \geq t$, によって十分である。		

2.3 開放タンクの底板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVD-3010(PVC-3960 準用)

底板の形：平板

(2) 設計・建設規格 PVD-3010(PVC-3970 準用)

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

2.4 開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3980 準用)

管台名称	(1) ○○マンホール	
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	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。		

2.5 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

洞板名称	(1) 洞板
補強の計算を要する 85mm を超える穴の 名称	〇〇マンホール (2.6 (1)) △△ノズル (2.6 (2))

2.6 開放タンクの穴の補強計算

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

参照附図 W E L D - 1 1

管台名称	(1) ○○マンホール	
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	$t_{s,r}$	(mm)
管台の計算上必要な厚さ	$t_{n,r}$	(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_g	(mm)
管台の外径	$D_{o,n}$	(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_o	(mm ²)
評価： $A_o > A_r$ ， よって十分である。		

管台名称	(1) ○○マンホール	
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。		

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、ビ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ため、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。

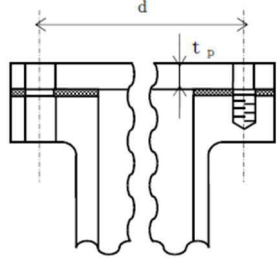
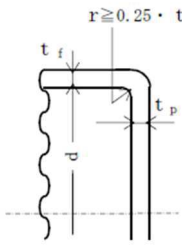
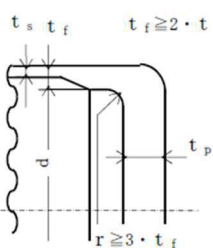
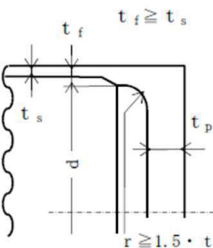
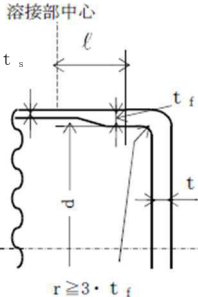
(1) 記号の説明

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

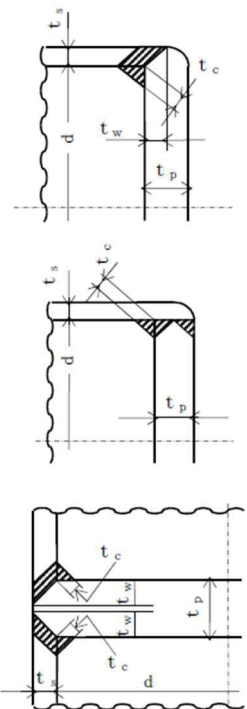
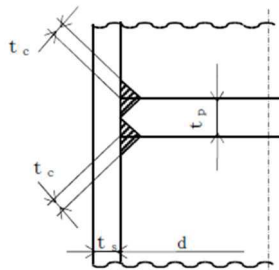
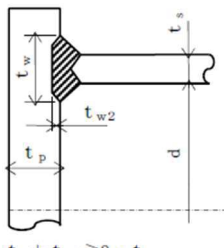
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
S	S	最高使用温度における平板材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
σ_a	S_a	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ_b	S_b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
	S_x	ボルトの許容引張応力 (S_a 又は S_b のいずれか小さい方の値)	MPa
	S_1	最高使用温度におけるねじ込み輪, 分割リング等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_{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_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
(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
(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

$t_s \geq 1.12 \cdot t_f \cdot \sqrt{1.1 - \ell / \sqrt{d \cdot t_f}}$ 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 ≤ 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 $R_D = R +$ (最小厚さ)	mm
R	R_R	半だ円形鏡板の外面の長径 $R_R = D + 2 \cdot$ (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。

$$\begin{aligned} D_{o.c} &\geq R \\ r &\geq 3 \cdot t_{c.o.} \\ r &\geq 0.06 \cdot D_{o.c} \\ r &\geq 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

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、

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

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 _{c o}	平板の呼び厚さ	mm
	t _{s r} , t _{r 2}	t _{c r}	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)	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

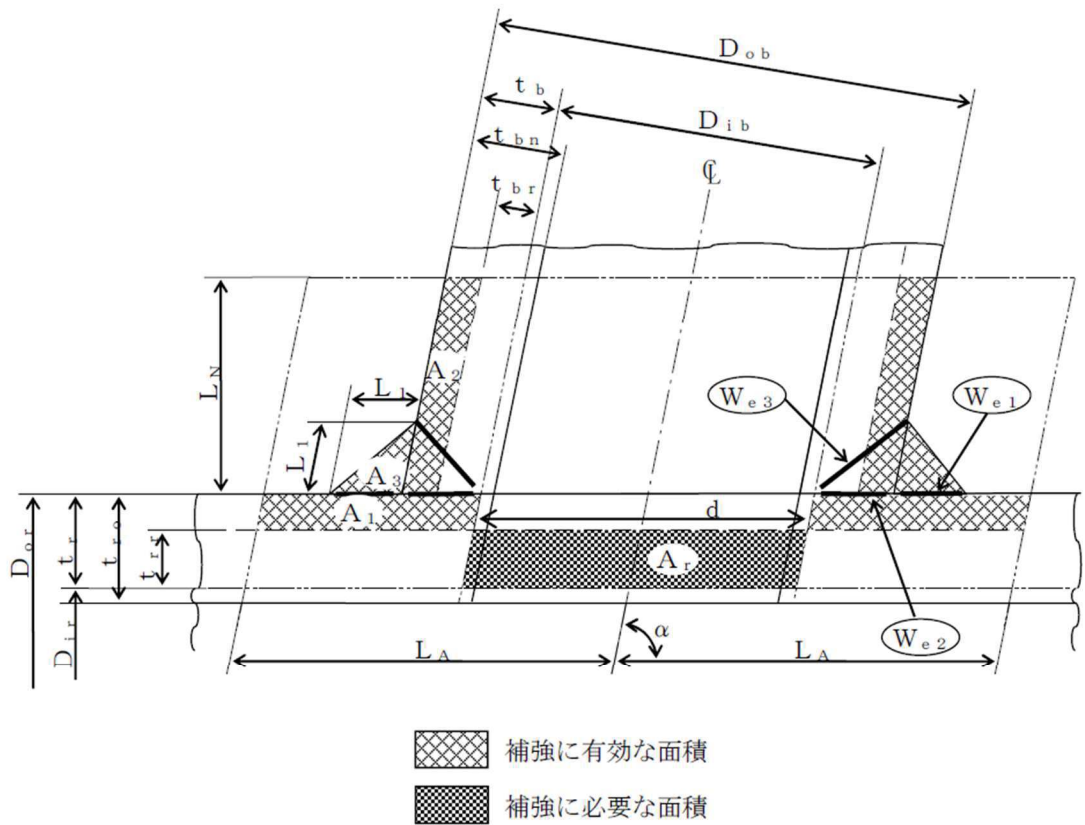
a. 穴の形状

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 2-5 に管台の取付け形式及び予想される破断形式を示す。

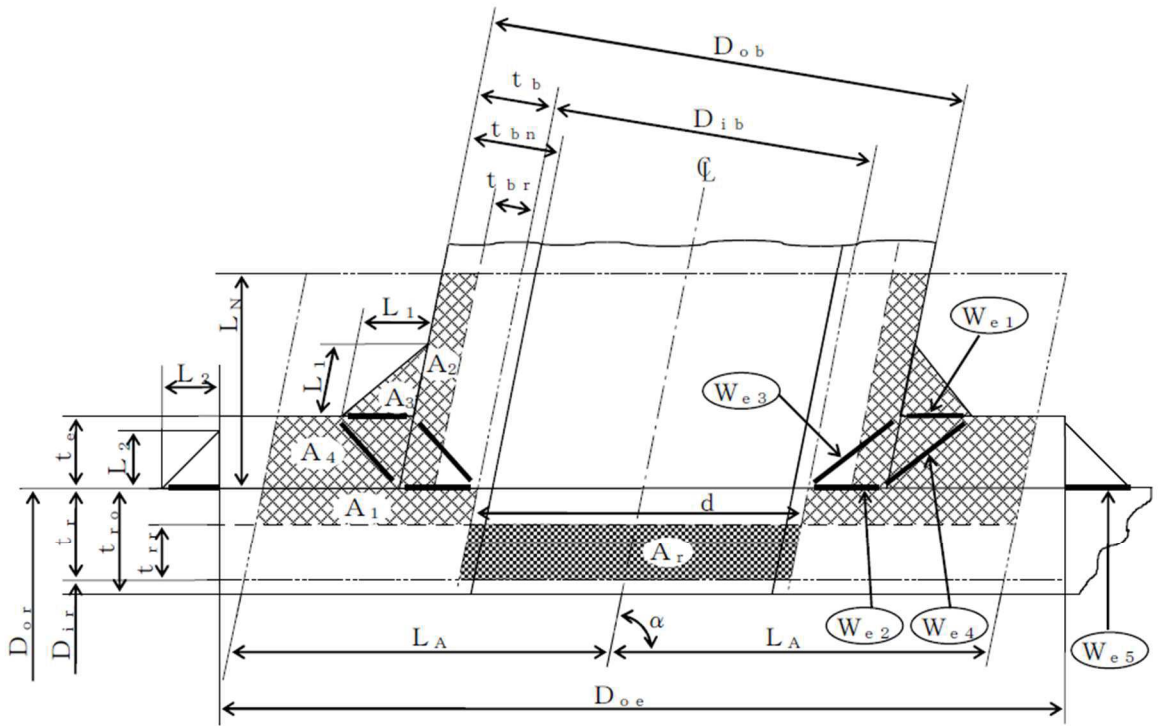
ただし，すみ肉溶接部分の破断箇所については，両方の脚長が等しいため，片側の脚長の破断形式のみを図示する。





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)

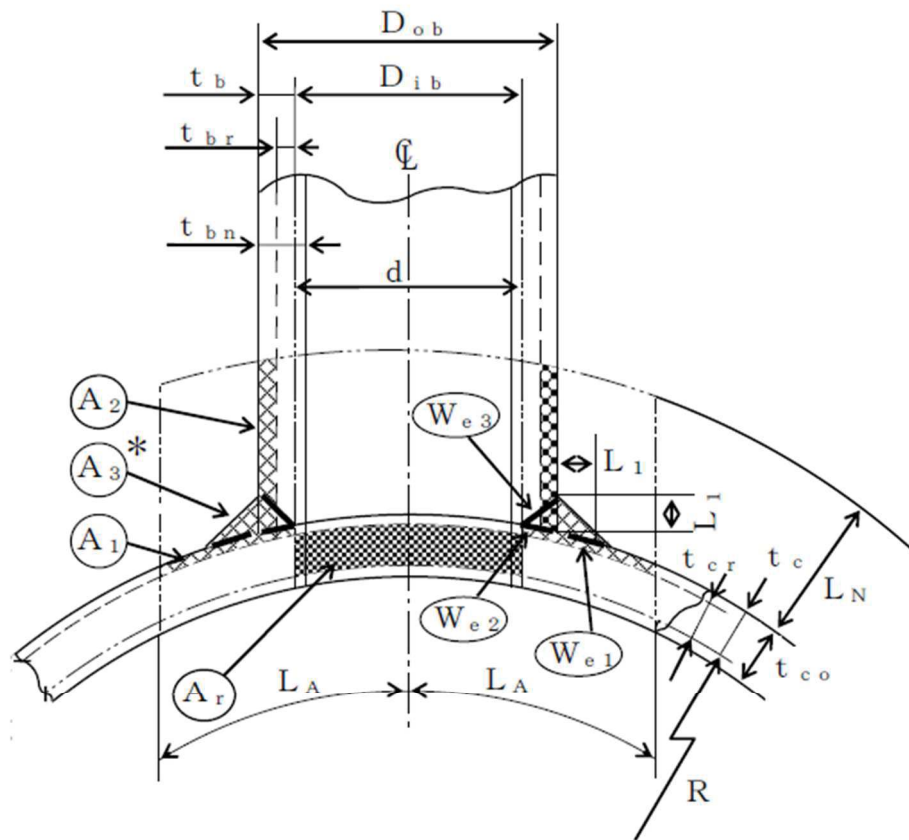




 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

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)



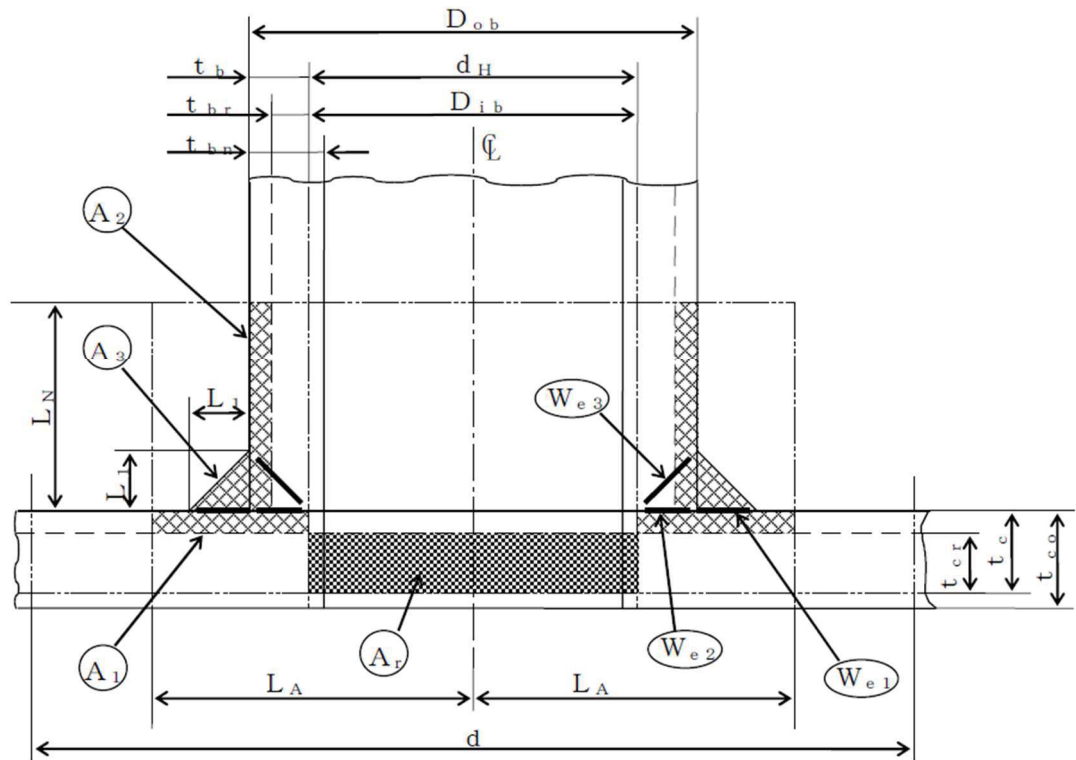
-  補強に有効な面積
-  補強に必要な面積



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)

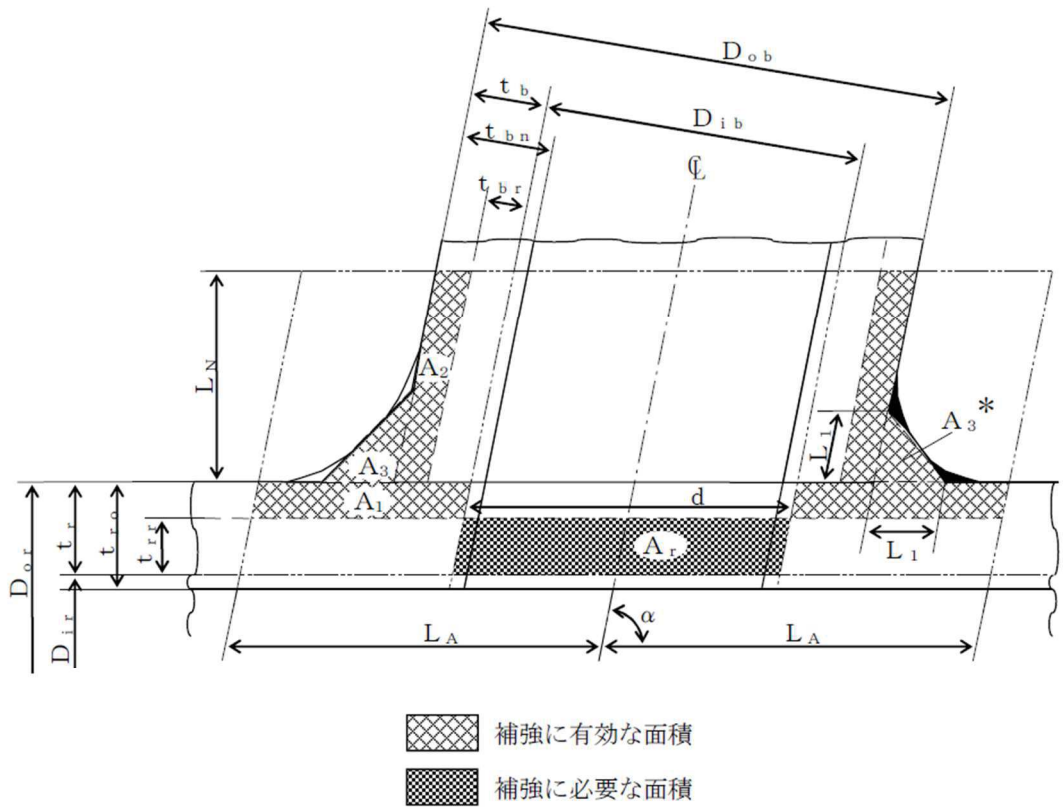


 補強に有効な面積
 補強に必要な面積

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_{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，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。

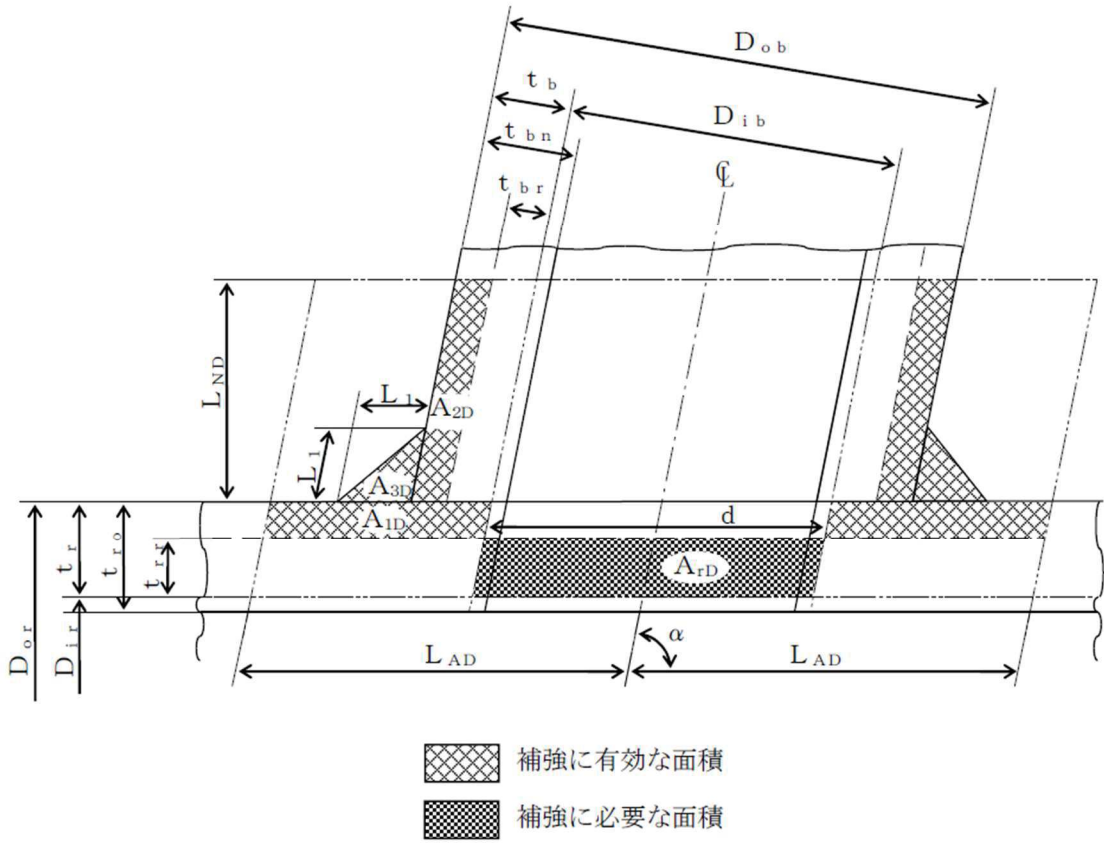


図 2-6 A形 (強め材のない場合)

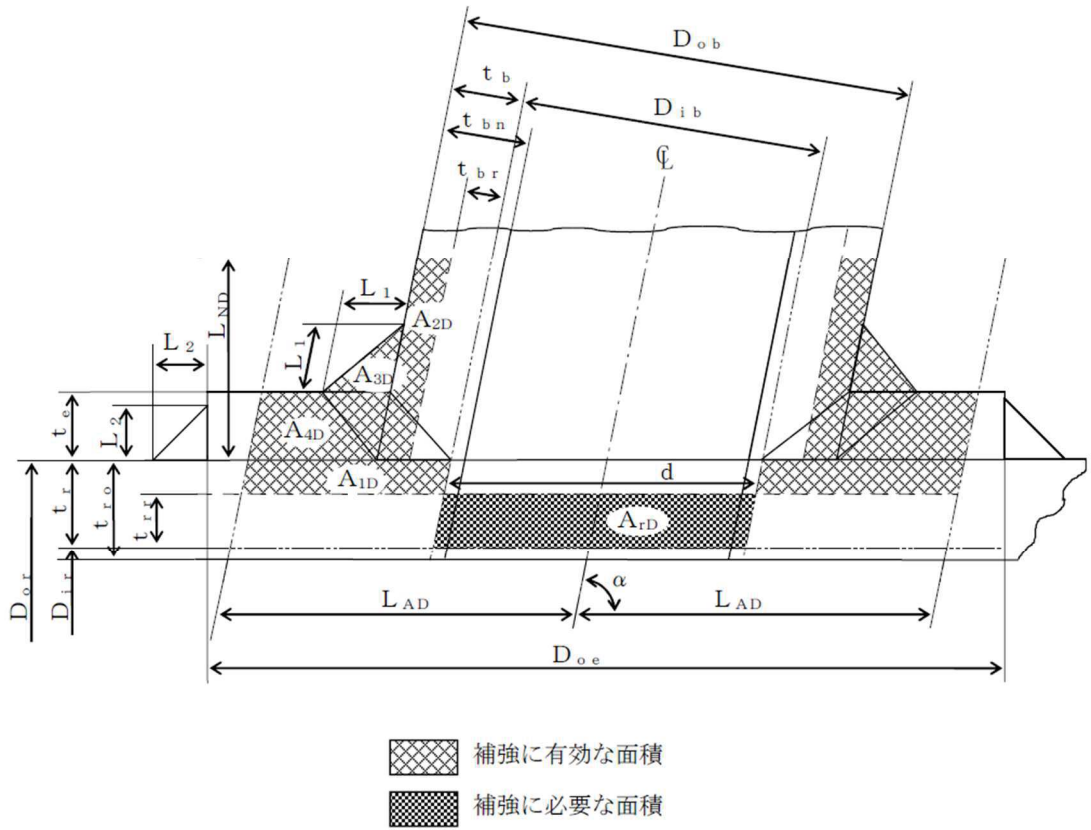
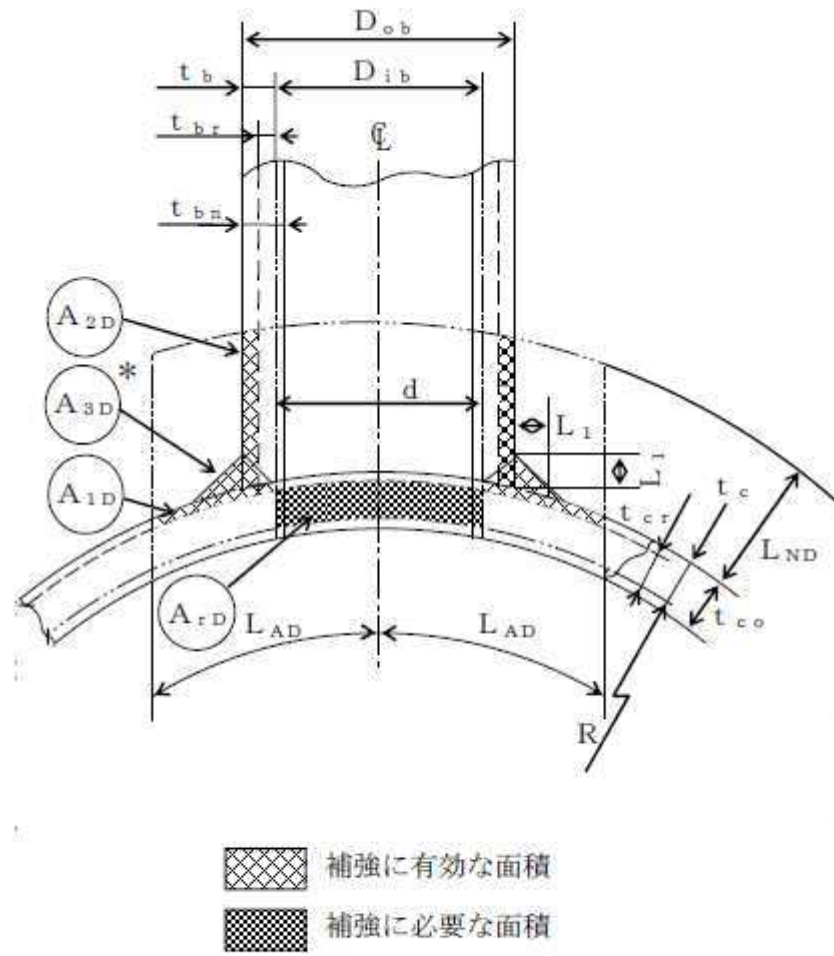


図 2-7 B形（強め材のある場合）



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)

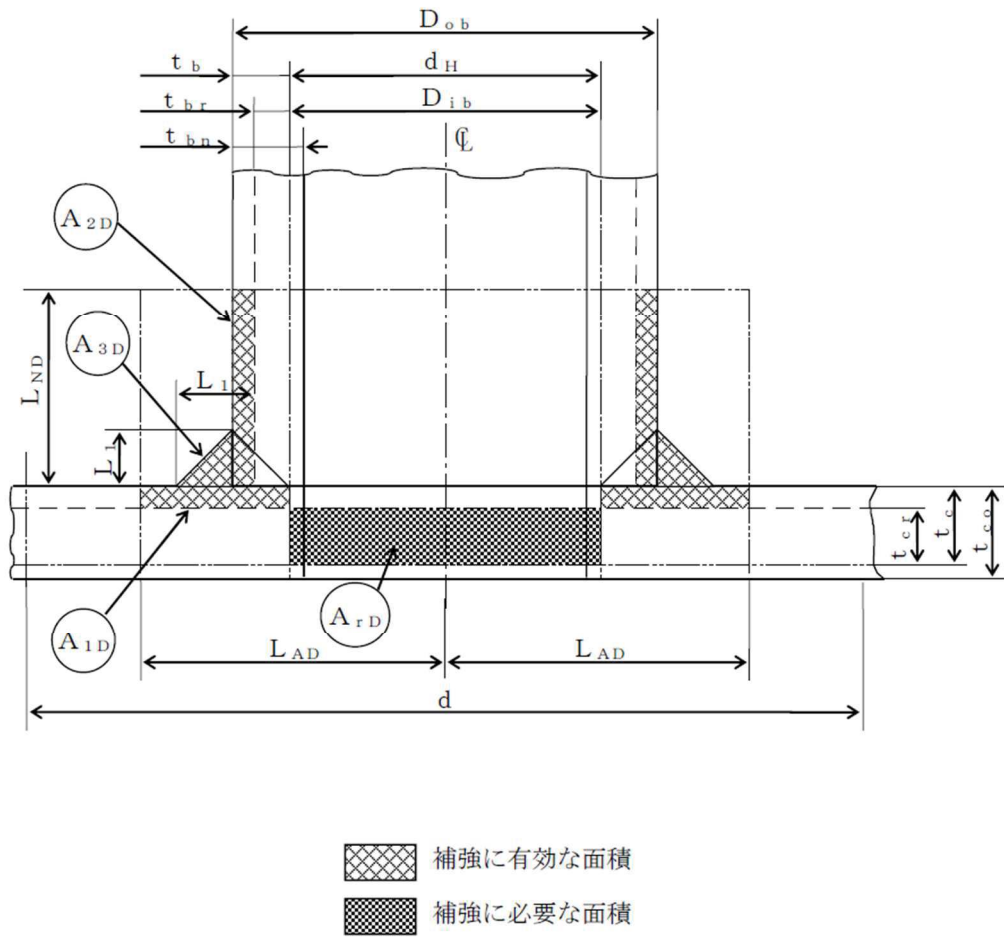
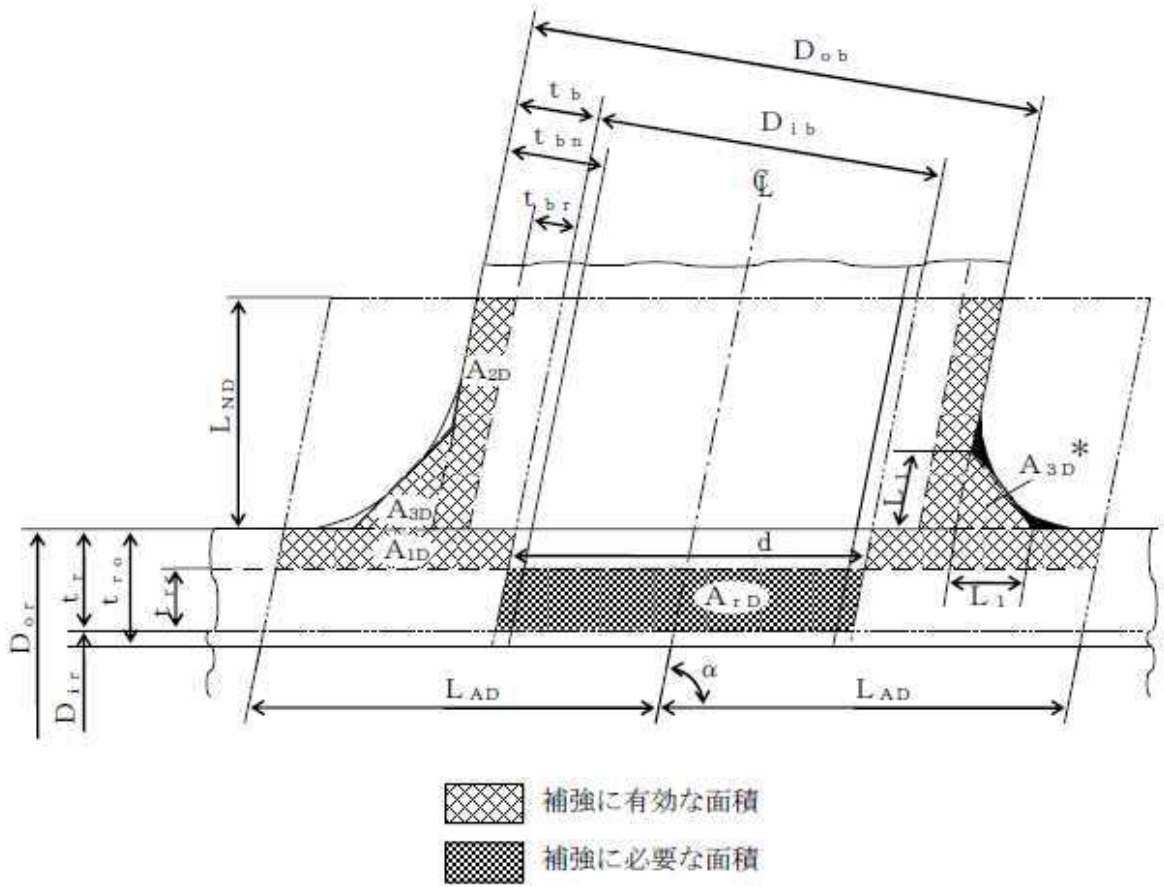


図 2-9 A形 (平板で強め材のない場合)



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。)	—

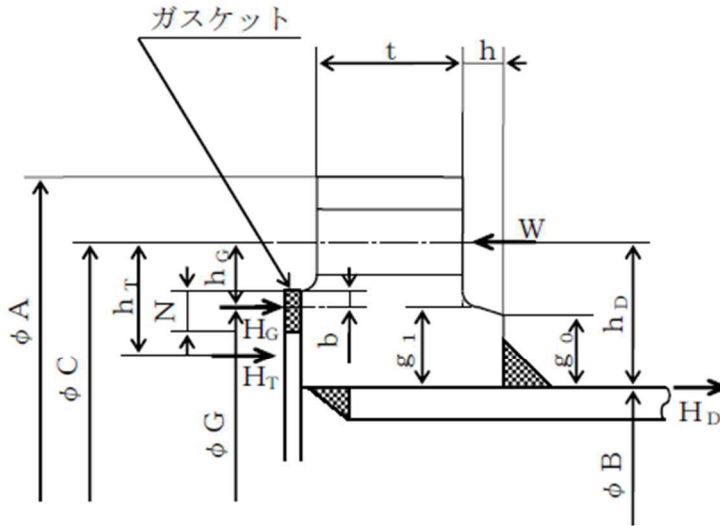
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2 による。)	N/mm ²
Z	Z	$K = \left(\frac{A}{B} \right)$ の値によって定まる係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 7 による。)	—
π	π	円周率	—
σ _a	σ _a	常温におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ _b	σ _b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 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

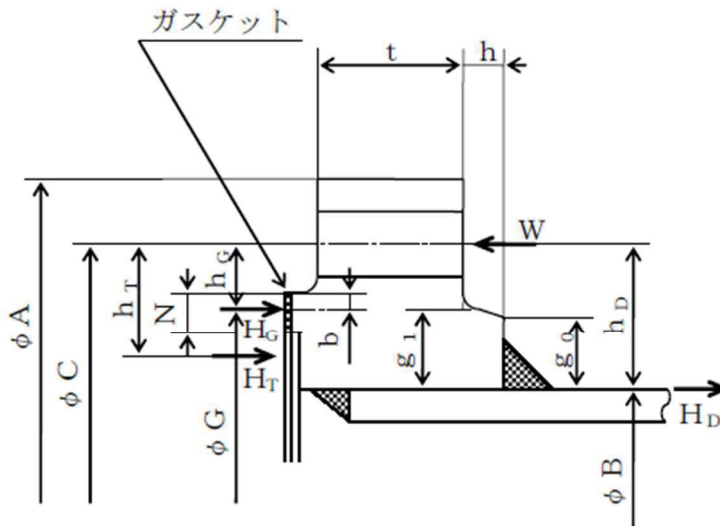
フランジの形式及び各部の記号は、図 2-11～図 2-15 による。

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。

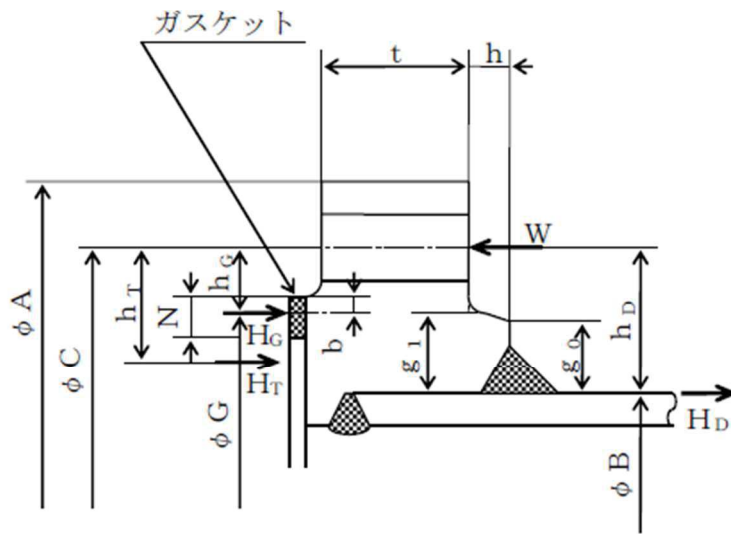
TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)



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)

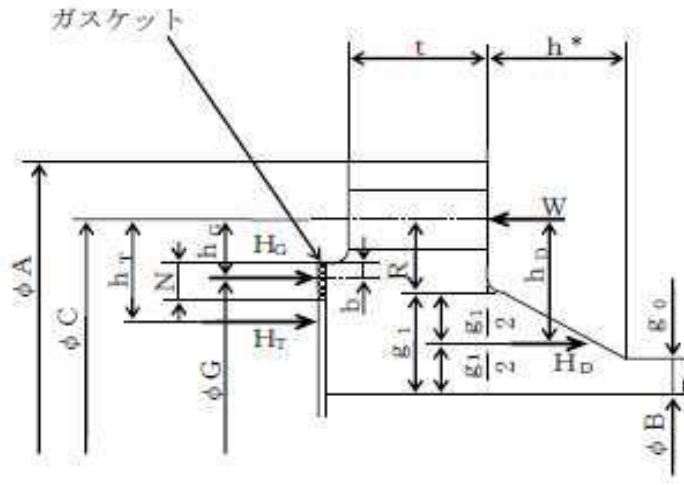
図 2-11 ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)



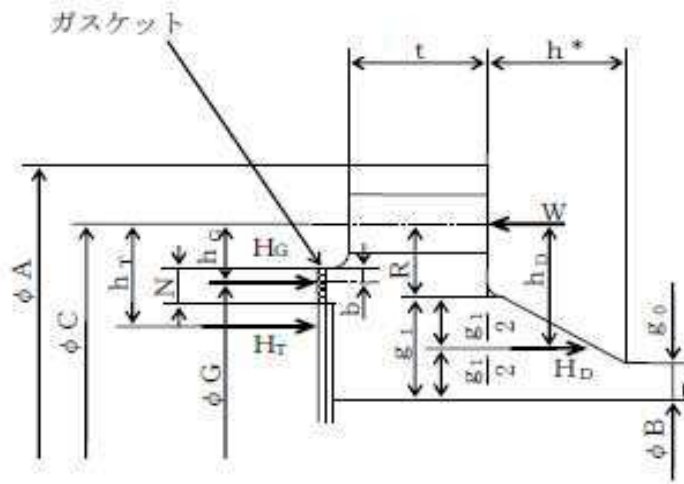
注 : ハブのテーパが 6° 以下のときは, $g_0 = g_1$ とする。

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)

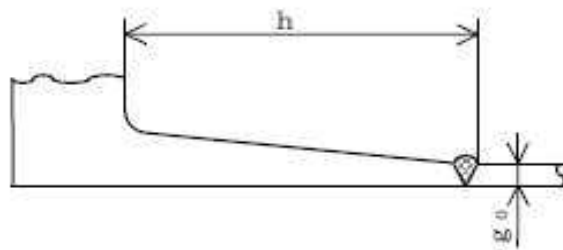


TYPE-4 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)



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

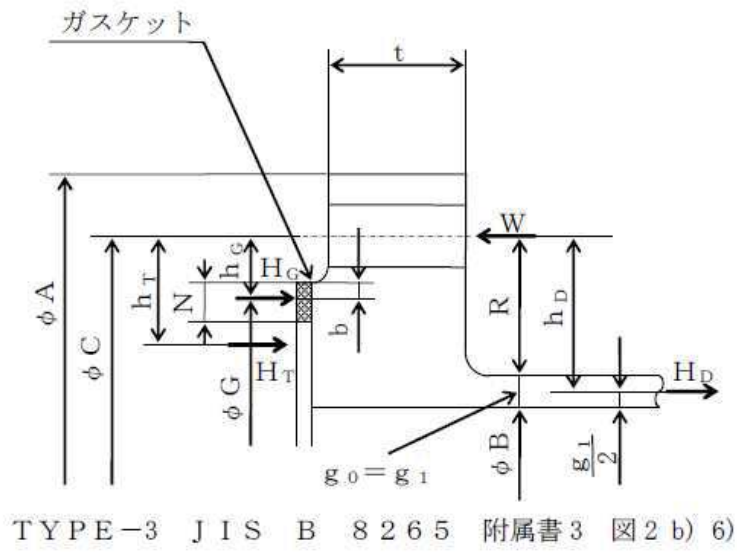
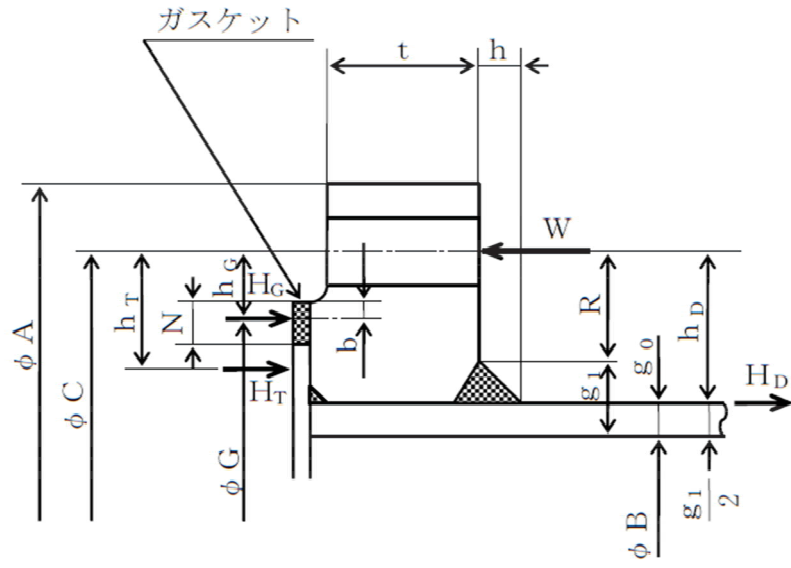
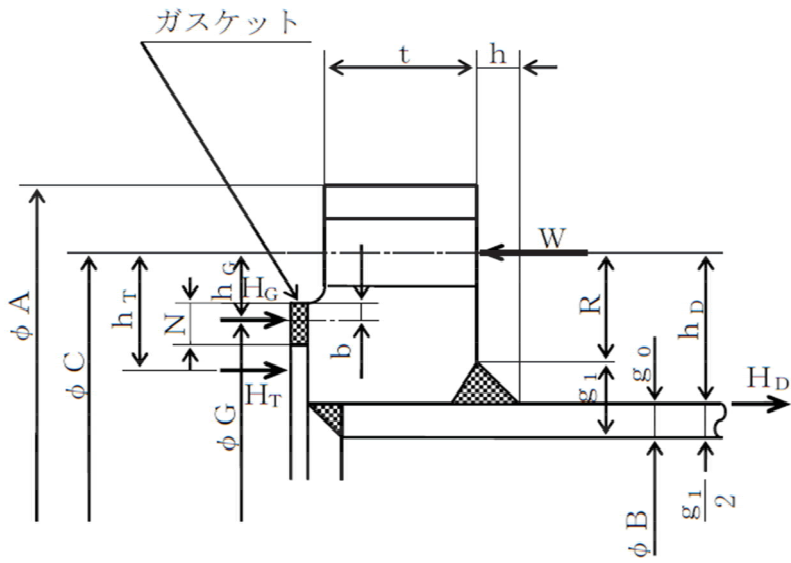


図 2-14 一体形フランジ



TYPE-7 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

$$\sigma_{Ho} = \frac{f \cdot M_o}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P_e \cdot B}{4 \cdot g_0}$$

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

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

(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,

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

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

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_0^2 \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_0^2 \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

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

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

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_{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

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。

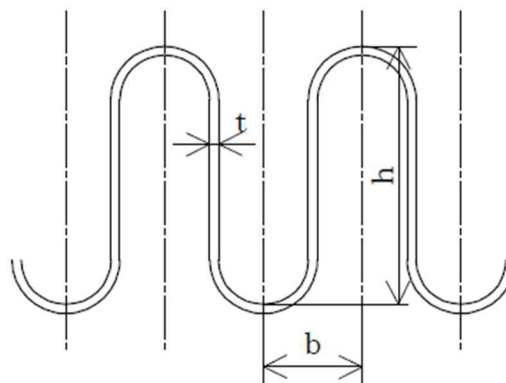


図 2-16 継手部の形状

(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種類以上の場合は、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

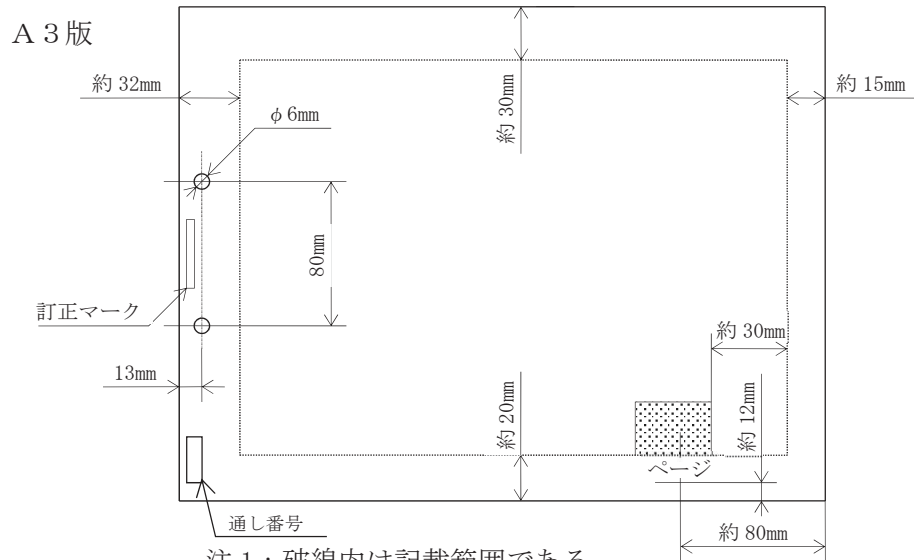
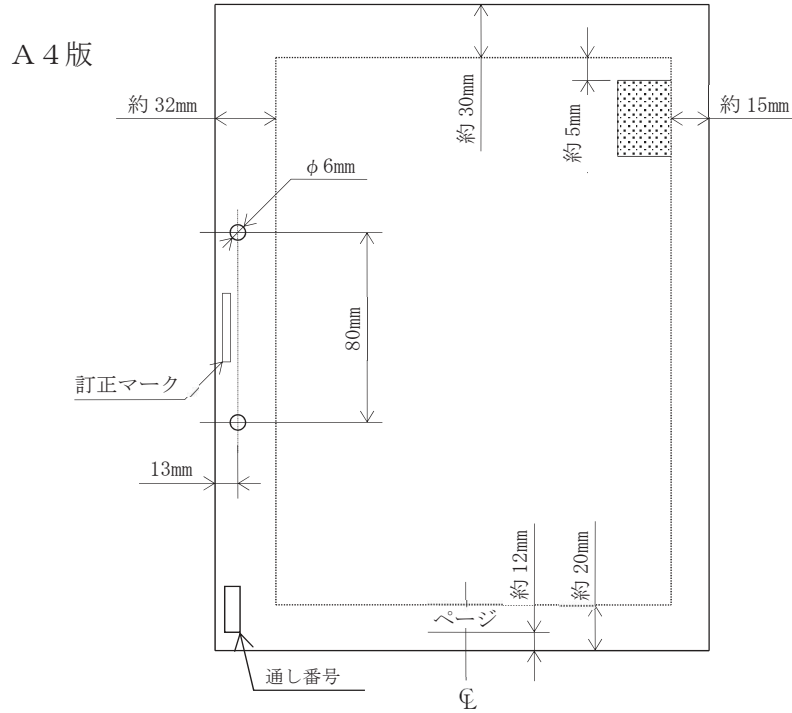
1. 適用範囲	別 1-1
2. 書式	別 1-1
3. 記載内容	別 1-3
4. 記載要領	別 1-4
4.1 配管	別 1-4
4.2 弁	別 1-13
4.3 スペシャルリティ及び計装品	別 1-14
4.4 フランジ	別 1-16
4.5 機器	別 1-16
4.6 その他	別 1-17
5. 管番号及び継手番号	別 1-19
5.1 付番の原則	別 1-19
5.2 管継手部の管番号及び管継手マークの記載	別 1-21
5.3 管番号表示の際に注意すべき事項	別 1-27

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。

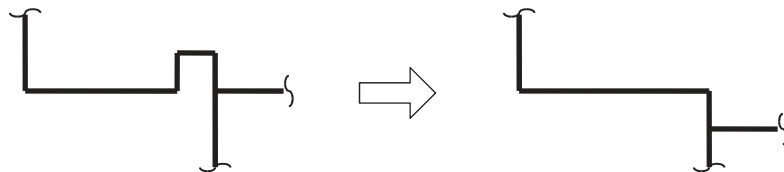
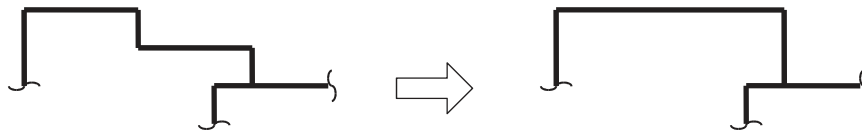
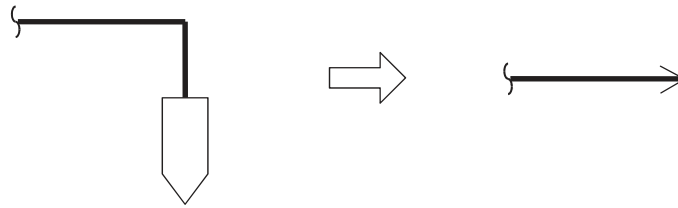
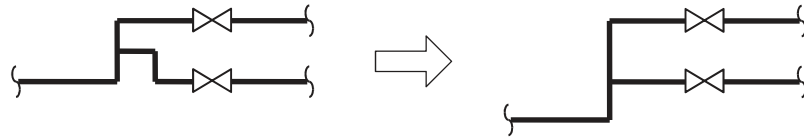
注 6：ポンプの流れ方向表示は行わない。

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 & I Dより概略系統図を作成する場合の表記（原則として）



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

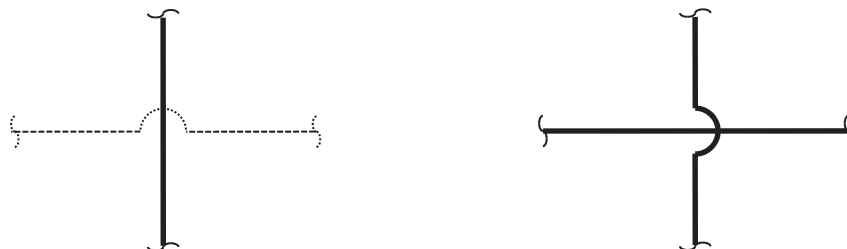
(2) Uシール部の表記

Uシール部は、Uシール部とわかるように概略系統図へ記入する。



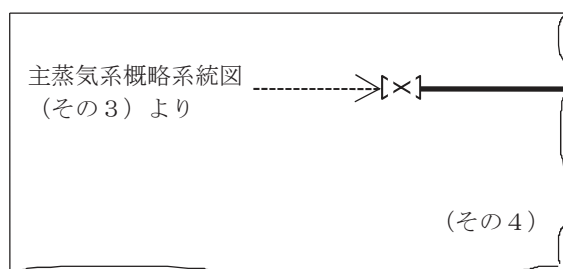
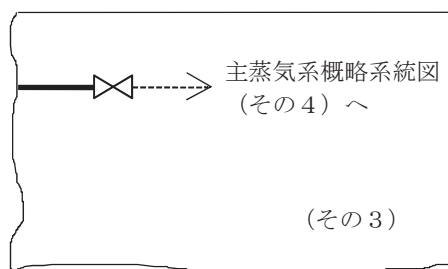
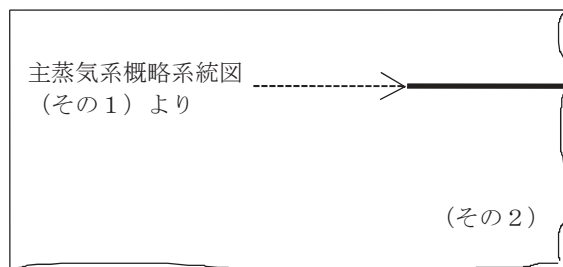
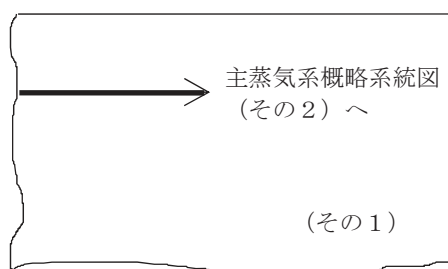
(3) 線の交差の表示

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

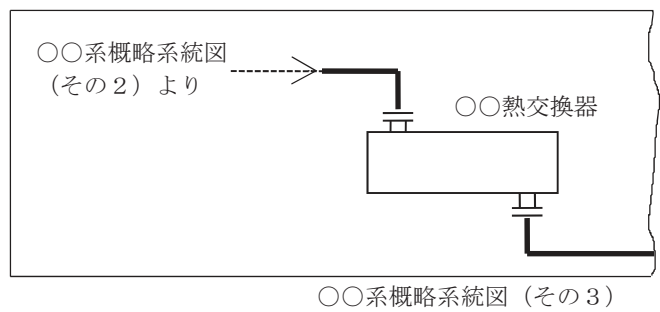
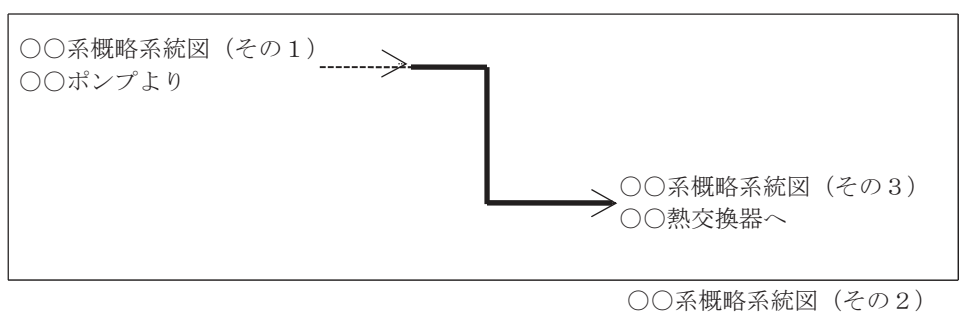
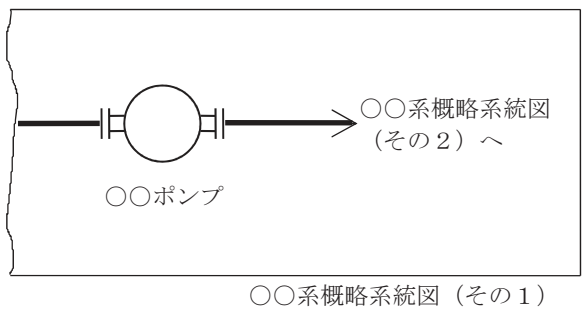


(4) 配管の接続先表示

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



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。

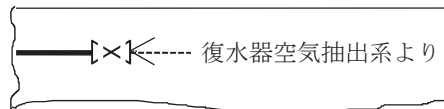
注記*：ユーティリティ系と接続する場合は系統名称のみとする。

ただし、系統機能上重要なものは機器名称も記載する。

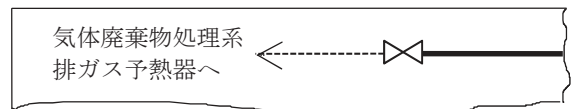
なお、同一申請回において廃棄設備と取り合う場合は、概略系統図名と機器名称を記載する。

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)

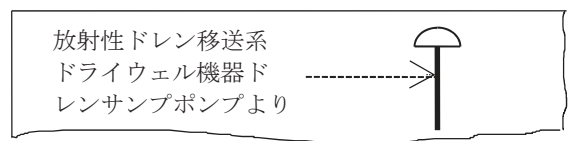


復水器空気抽出系概略系統図
(気体廃棄物処理系は申請済)

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



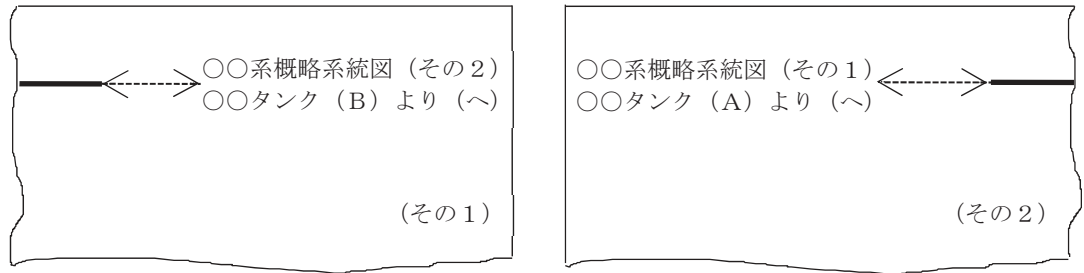
放射性ドレン移送系概略系統図
(機器ドレン系は将来申請)



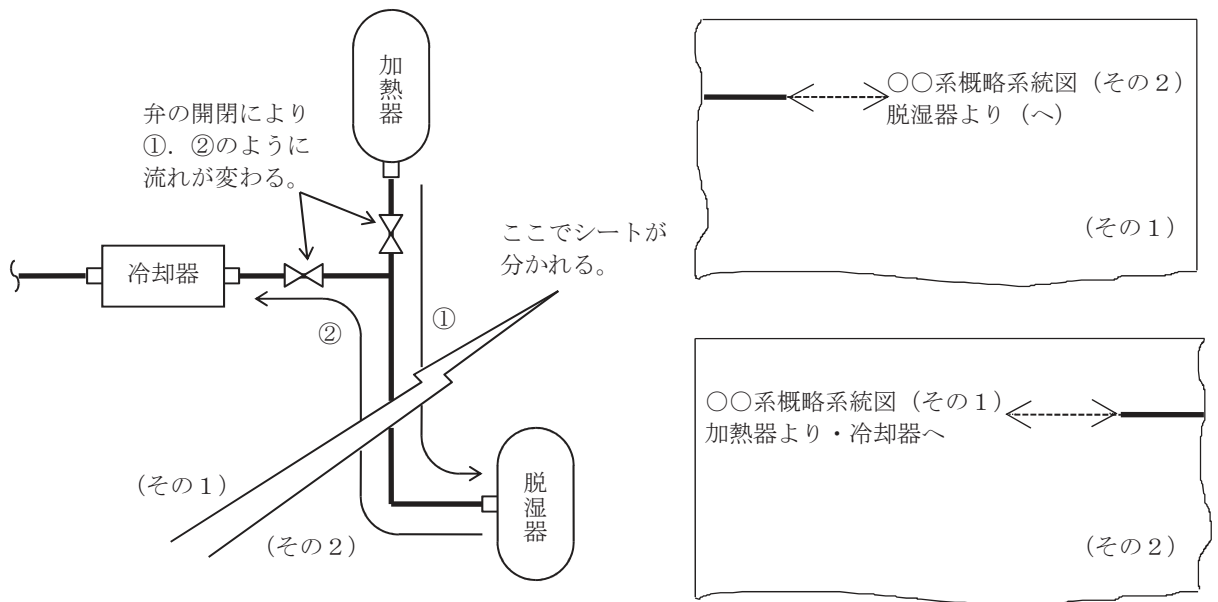
機器ドレン系概略系統図
(放射性ドレン移送系は申請済)

- (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。



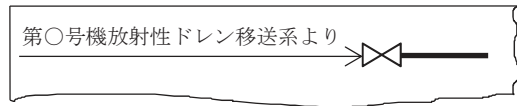
注：流体がモード等により行き先が変わる場合、下記の例に従う。



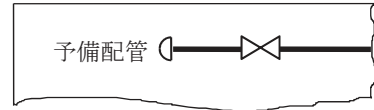
- f. 接続先の配管が工認対象外である場合は、表記する必要はない。ただし、工事計画（要目表）に記載する管継手にかかわる場合及びシステムの接続を示すために必要なラインは、別1-11 ページ「(9) 分岐部の申請範囲の表記」に示す表記をする。

- 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。

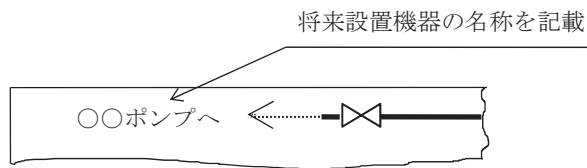
また、申請対象設備が設置されるプラントの将来設置機器と取り合う場合には将来設置機器の名称を表記する。



既設プラントと取合う場合

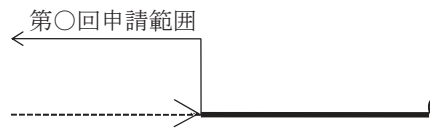


将来増設プラントと取り合う場合

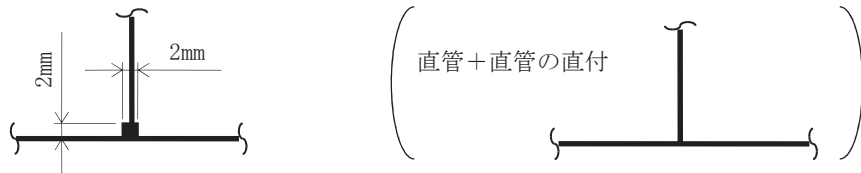


当該プラントの将来設置機器と取り合う場合

- 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。

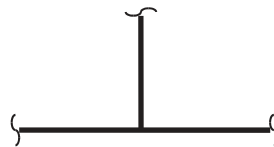


- (5) 管台の表記は下記に従うものとする。（寸法は目安値）

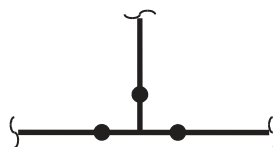


- (6) 継手類の表記は下記に従うものとする。

- 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

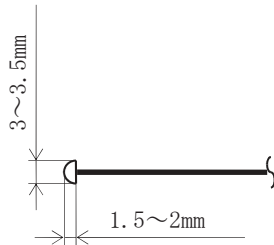
(a) 偏心又は同心の区別は行わない。また、径違いソケットについてはレジューサ表記とする。

(b) 表記寸法（目安値）



c. 鏡板, キャップ

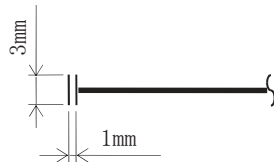
表記寸法（目安値）



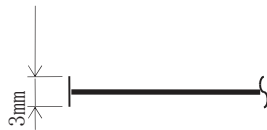
d. 平板

表記寸法（目安値）

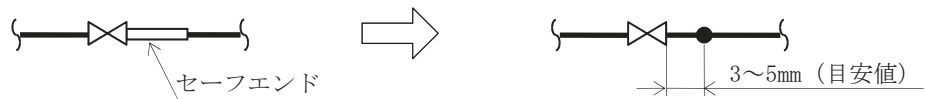
(a) フランジにボルトで締め付けられるタイプ



(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。



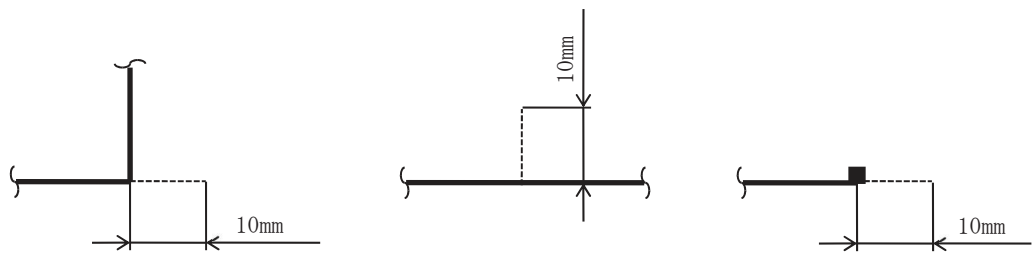
(9) 分岐部の申請範囲の表記

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）



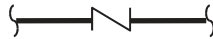
注2：クラス1管，クラス2管及び重大事故等クラス2管以外であっても，工認系統図上の分岐，合流を明確にする必要がある場合にはクラス1管，クラス2管及び重大事故等クラス2管の表記とする。

ただし，主流路を形成する分岐部を除き，φ61mm以下の穴で，穴の補強が不要なものについては分岐部破線表示又は管台表示は不要とする。

4.2 弁

(1) 弁の形式は下記記号にて表示する。

a. 逆止弁



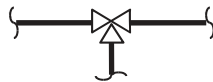
注：流れ方向の指示は表示しない。

ただし，弁の向きは工認系統図に合わせる。

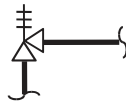
b. バタフライ弁



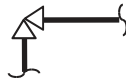
c. 三方弁



d. 安全弁，逃し弁



e. アングル弁



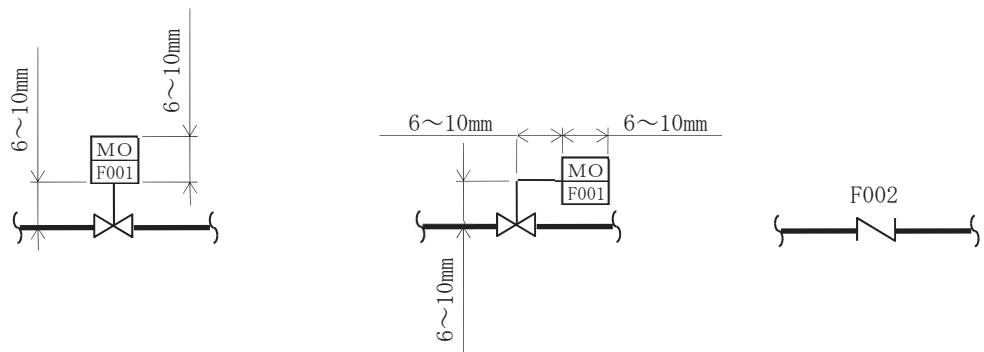
f. 上記以外の弁はすべてゲート弁表示とする。



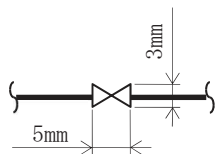
(2) 弁の開閉は表示しないものとし，すべて白抜きとする。

(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。

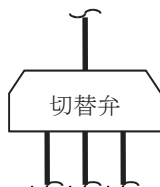
(寸法は目安値)



(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。

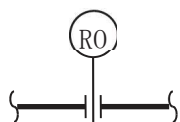


4.3 スペシャルティ及び計装品

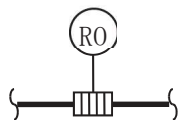
スペシャルティ及び計装品の表示は下記に従うものとする。

(1) オリフィス

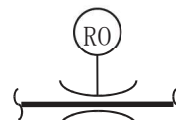
a. 単段減圧オリフィス



b. 多段減圧オリフィス

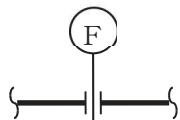


c. ベンチュリ形流量制限器

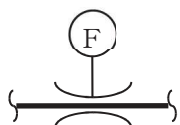


(2) 流量計

a. オリフィスプレート式



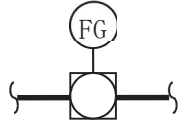
b. ベンチュリ式及びフローノズル式



c. その他



(3) フローグラス



(4) 伸縮継手

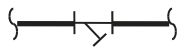


(5) ストレーナ

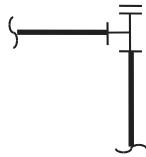
a. バスケットストレーナ



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。)

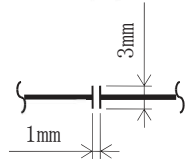


(6) スペクタクルフランジ



4.4 フランジ

フランジは下記表示とする。(寸法は目安値)



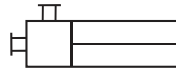
4.5 機器

(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

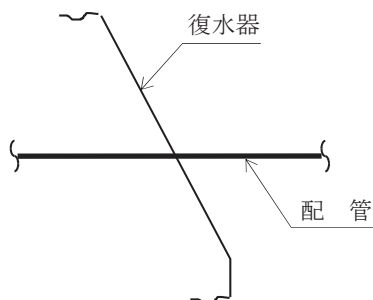
a. フランジ取合点



b. ノズル取合点



(4) 復水器貫通部表示

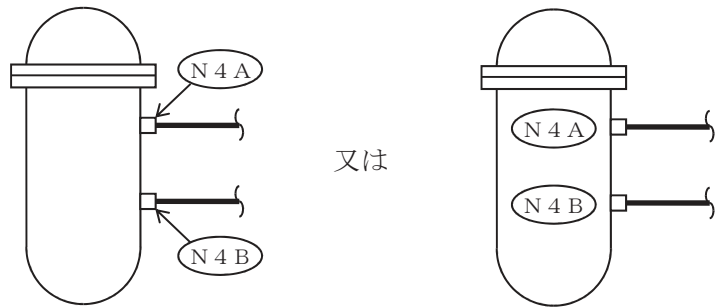


4.6 その他

- (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。

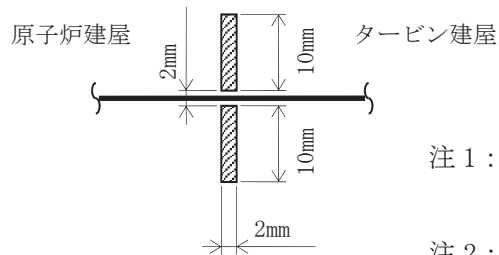


- (2) 原子炉圧力容器及び原子炉圧力容器ノズルは下記表示とする。



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。

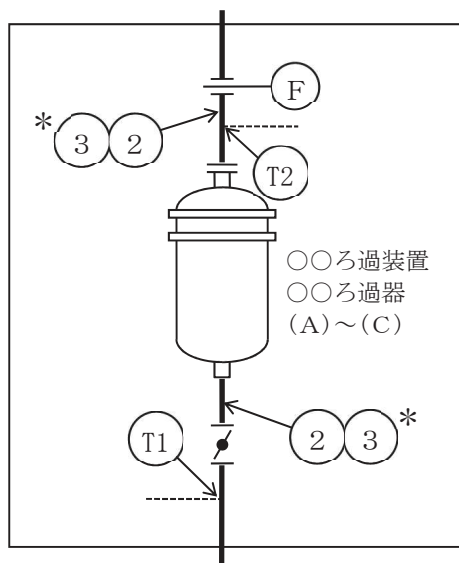
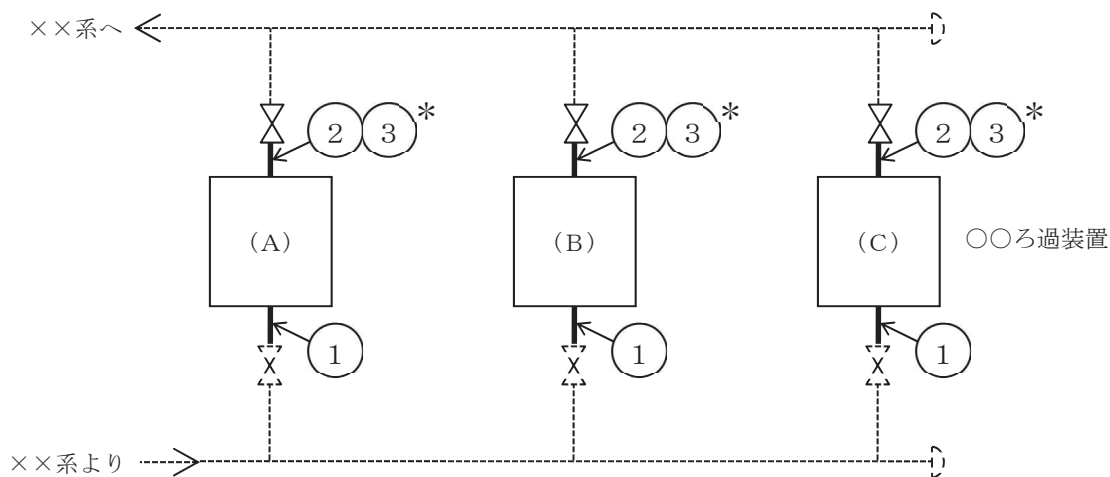
注3：建屋外のダクトは「屋外」と，建屋間ギャップは「連絡トレンチ」と呼称する。

- (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）

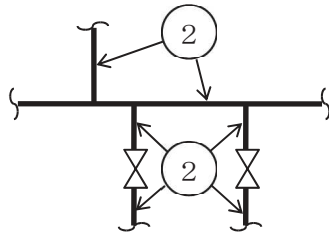
・穴あき管

①SP1 ②SP2 ③SP3 ……（同 上）

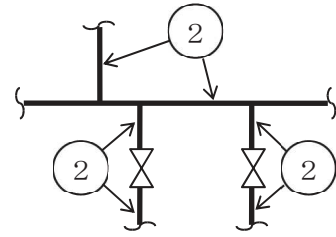
(4) 管番号の記入

a. 番号の矢印は2箇所以内とする。

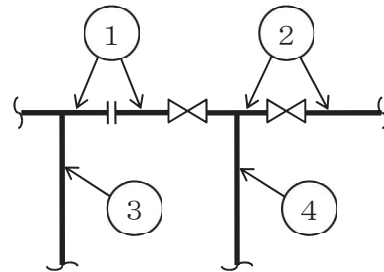
(誤)



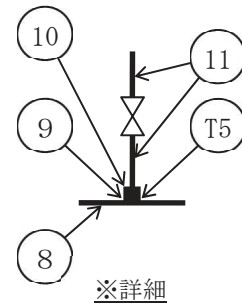
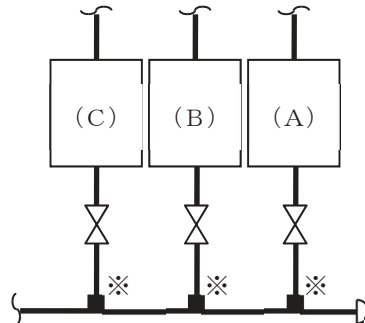
(正)



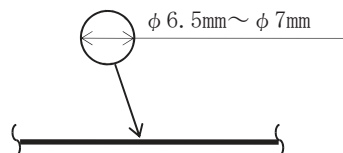
b. 同一仕様であっても、弁及びフランジ等により仕様変更か否か誤解を招くと思われる場合は必ず番号を取る。



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。

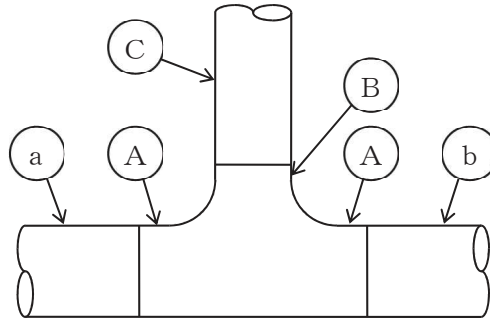
(b) ティーの主管側 (A) と接続される管 (b) が同一仕様である場合は、(b) に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上 (A) ((b) 側半分) に管番号を付番する場合もある。

(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。

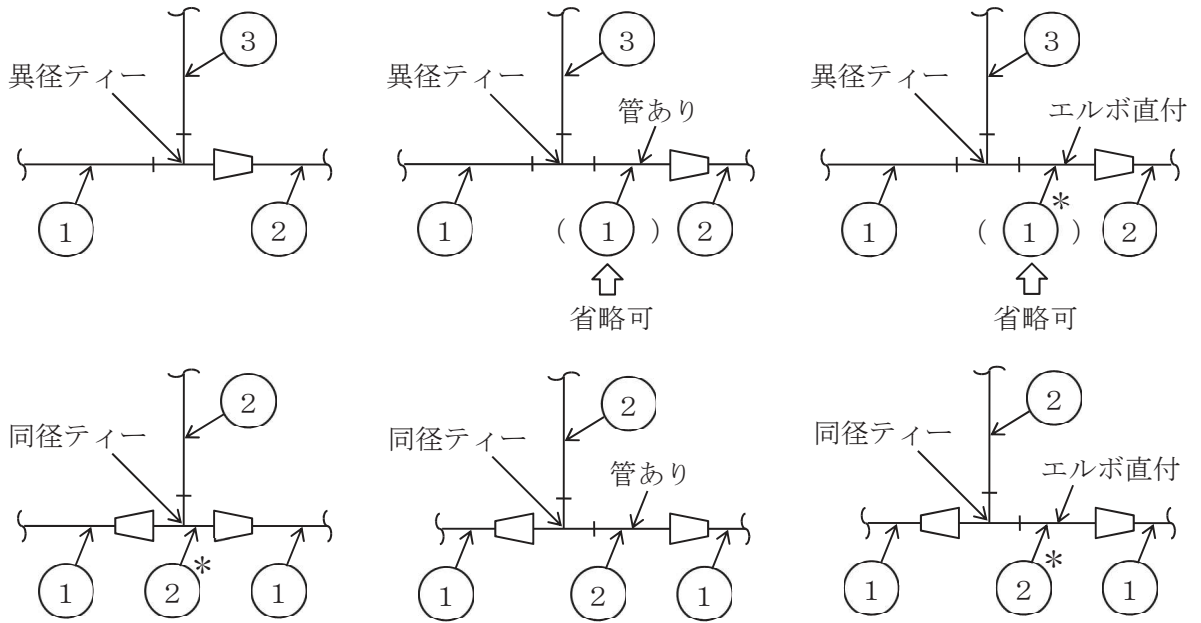
注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くした J I S 規格のレジューサについては、クラス 1 管、クラス 2 管及び重大事故等クラス 2 管並びに汽力設備を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

d. キャップ

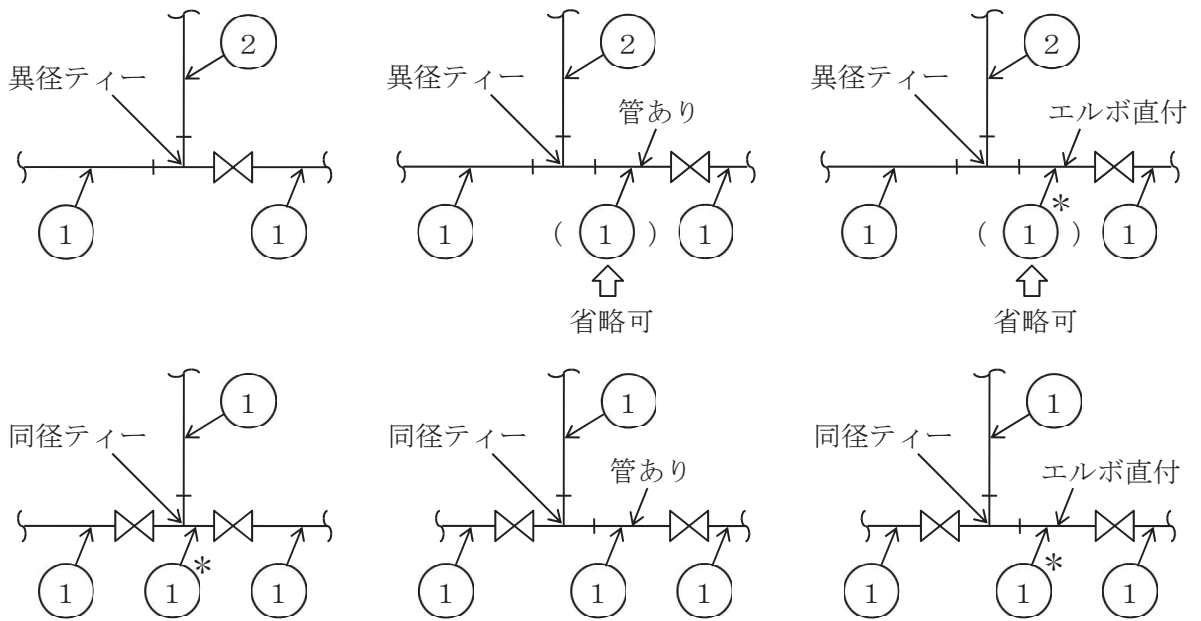
キャップに仕様の異なる管若しくは管継手が接続される場合は、キャップ端部に管番号を付番し、管継手マーク “*” を付ける。

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)

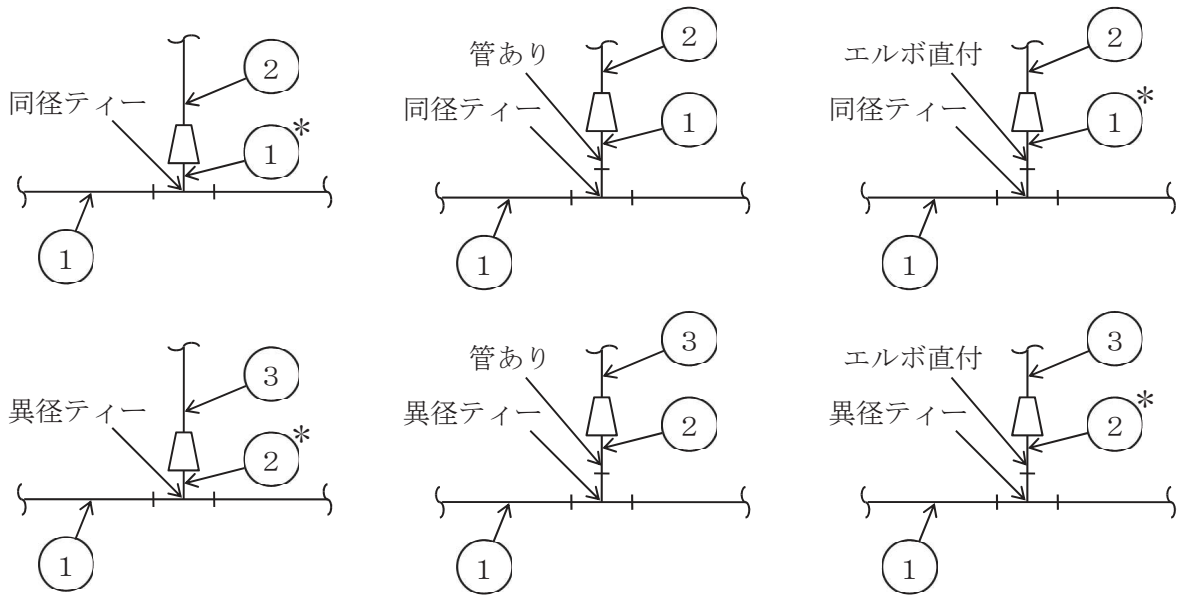


(ティー主管側+弁)

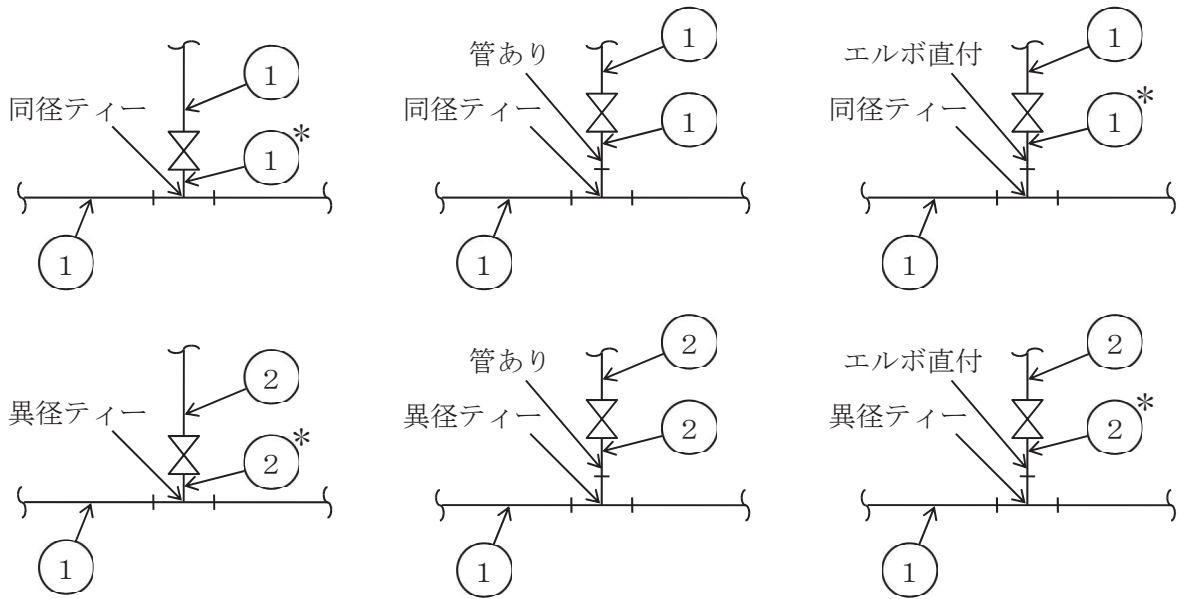


管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その1)

(ティー分岐管側+レギュレーサ)



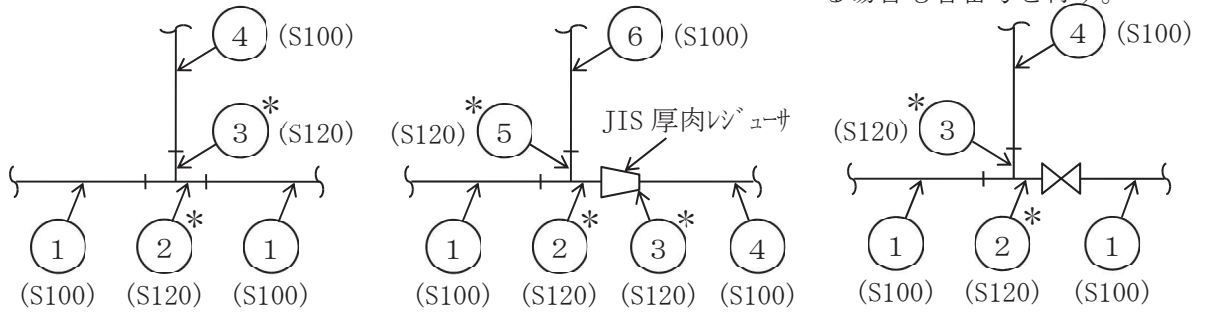
(ティー分岐管側+弁)



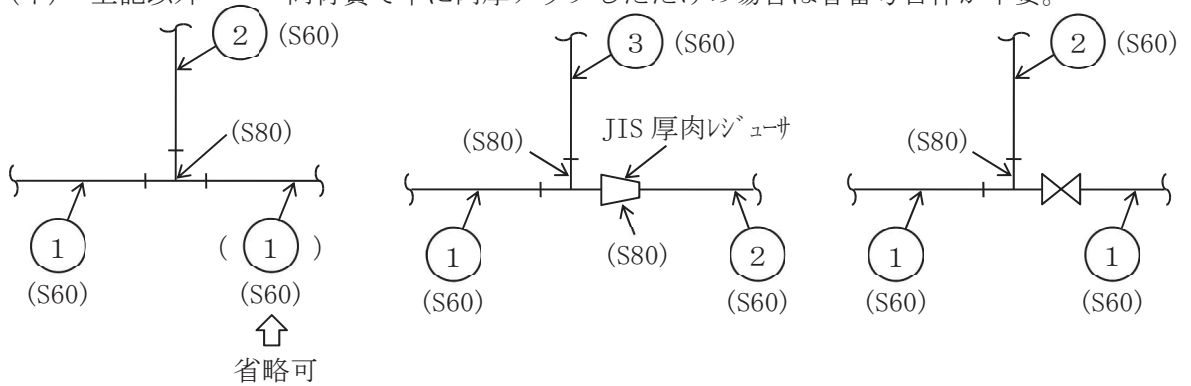
管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その2)

(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。

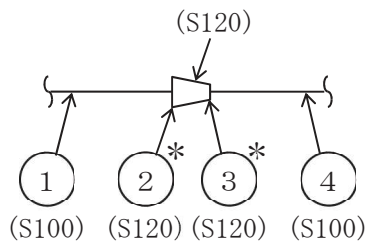


(イ) 上記以外……………同材質で単に肉厚アップしただけの場合は管番号自体が不要。

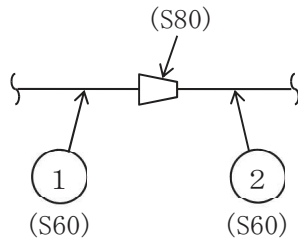


(J I S 厚肉レギュレーサ)

(ア) クラス 1 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。



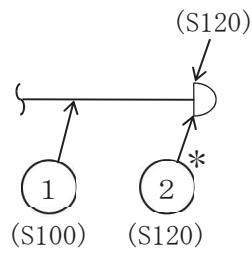
(イ) 上記以外……………同材質で単に肉厚アップしただけの場合は管番号自体が不要。



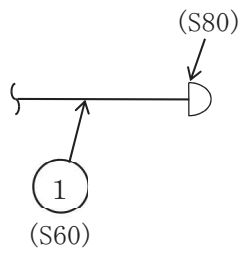
管番号及び管継手マーク記載原則の実例 (その 3)

(J I S 厚肉キャップ)

(ア) クラス 1 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

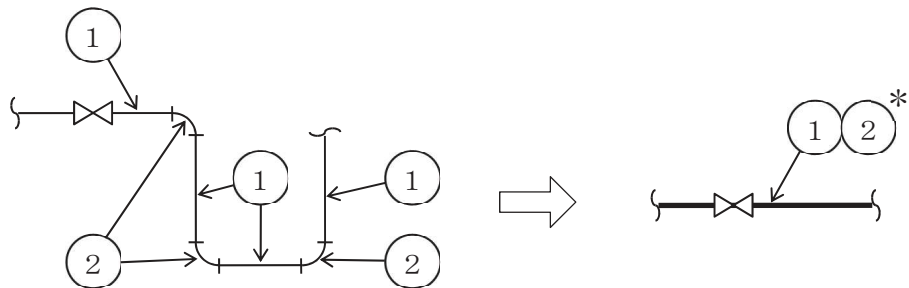
(b) 異径ティーで分岐部がレジューサ等に接続する場合、機器直結のレジューサのように溶接部における口径が表れない場合又は機器, エルボ, レジューサ直結で直管がない場合

(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。

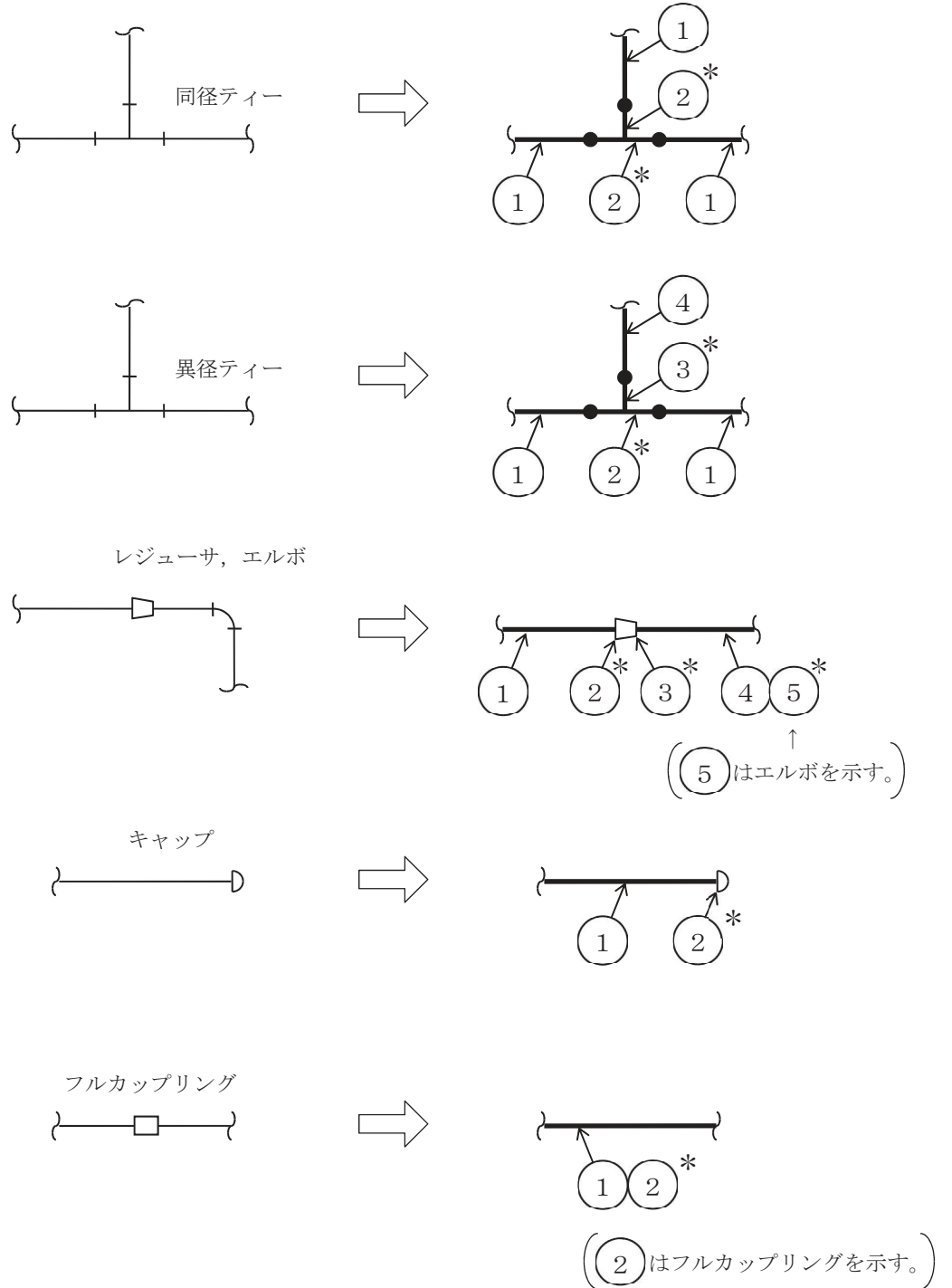
(3) 番号表示例

- a. エルボの強度計算を行う場合



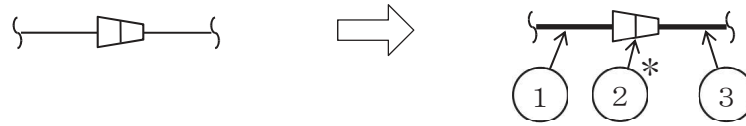
b. 設計・建設規格規定の J I S 規格品管継手を使用する場合

(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)

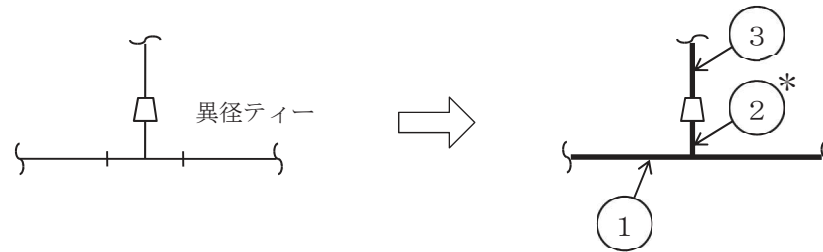


(b) レジューサの2段直列接続

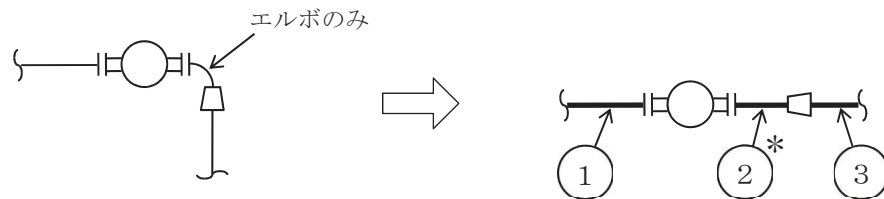
注：接続配管と同材，同肉厚の場合を示す。



(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

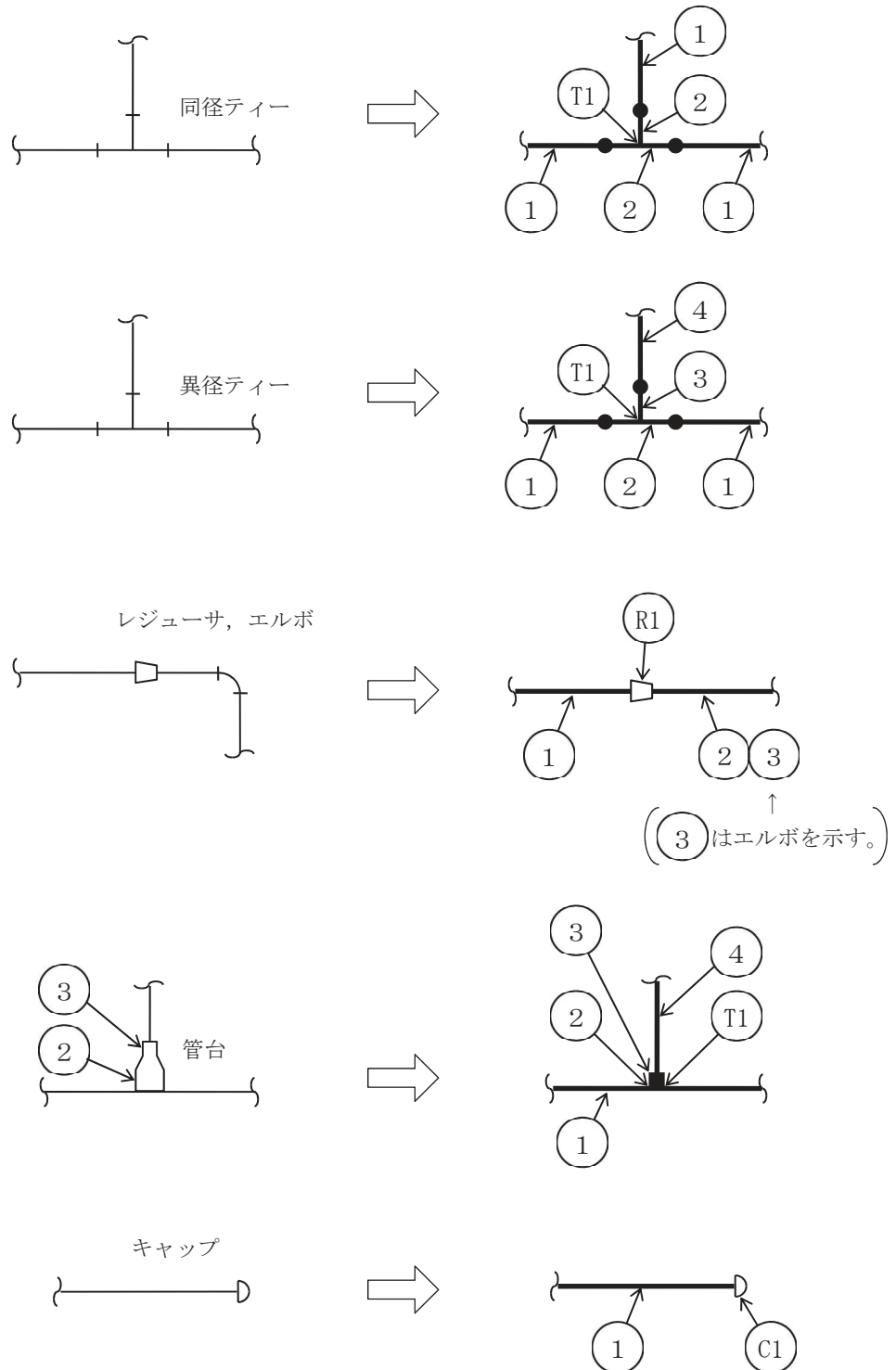


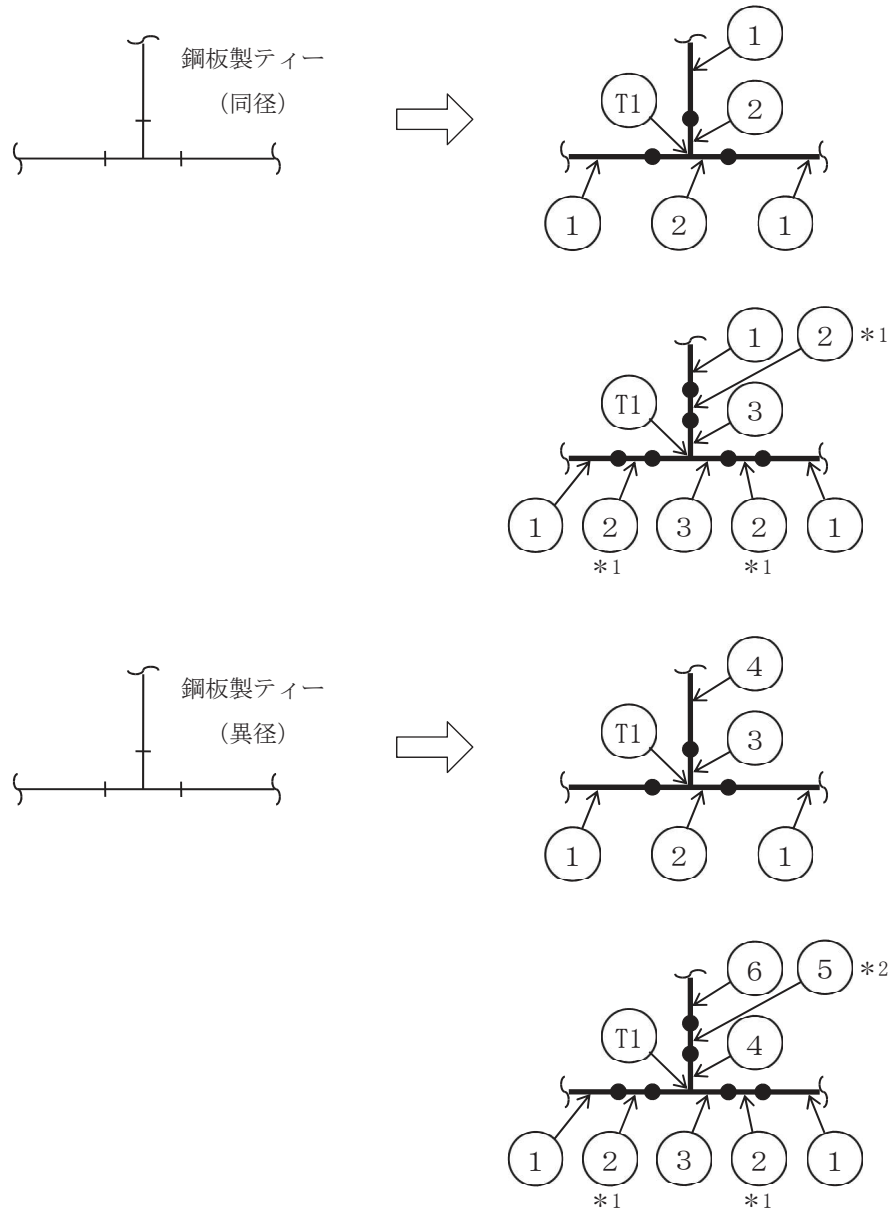
(d) エルボとレジューサが直付でエルボに接続配管がない場合



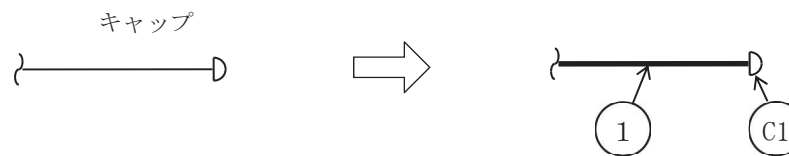
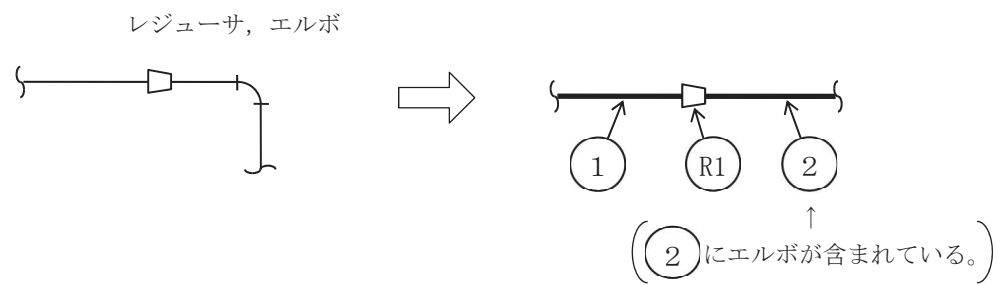
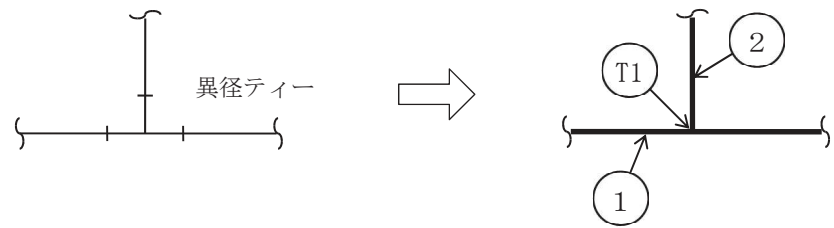
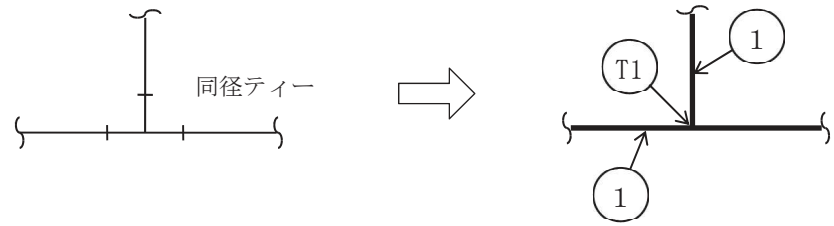
c. 設計・建設規格規定の J I S 規格品以外の管継手を使用する場合

(a) 管継手の材料又は肉厚が接続配管と異なる場合

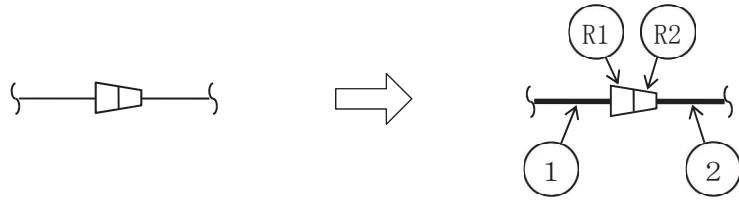




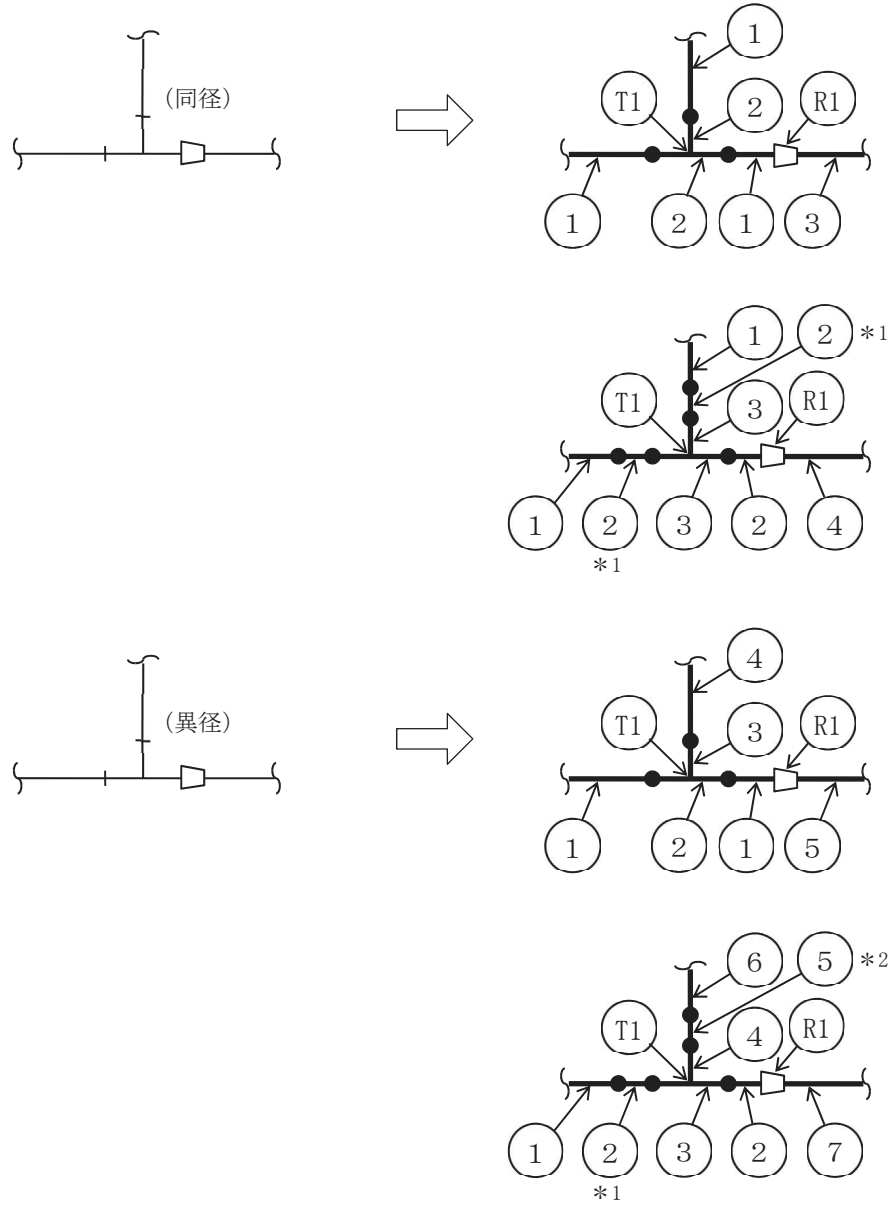
(b) 管継手の材料及び肉厚が接続配管と同じ場合



(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。

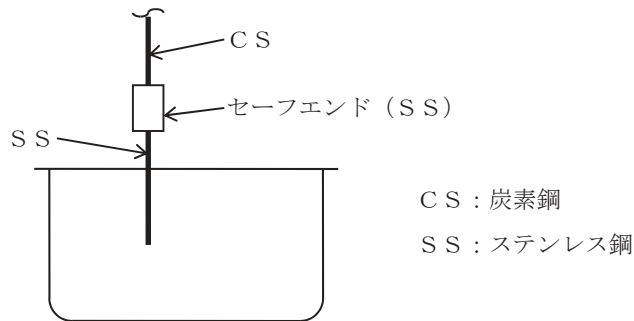
(4) フランジ

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。

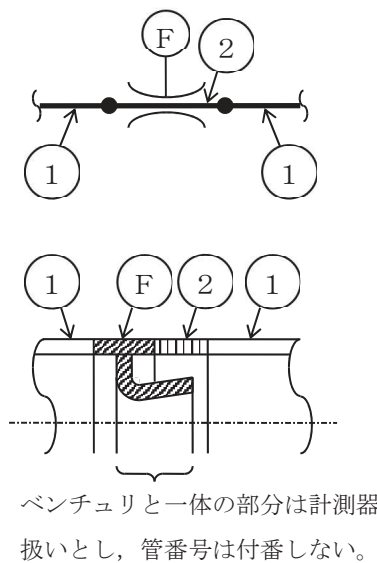
ただし, J I S等の規格フランジに圧力検出用の穴をあけた場合, 規格フランジとして扱う。

(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				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																

・適用規格の選定

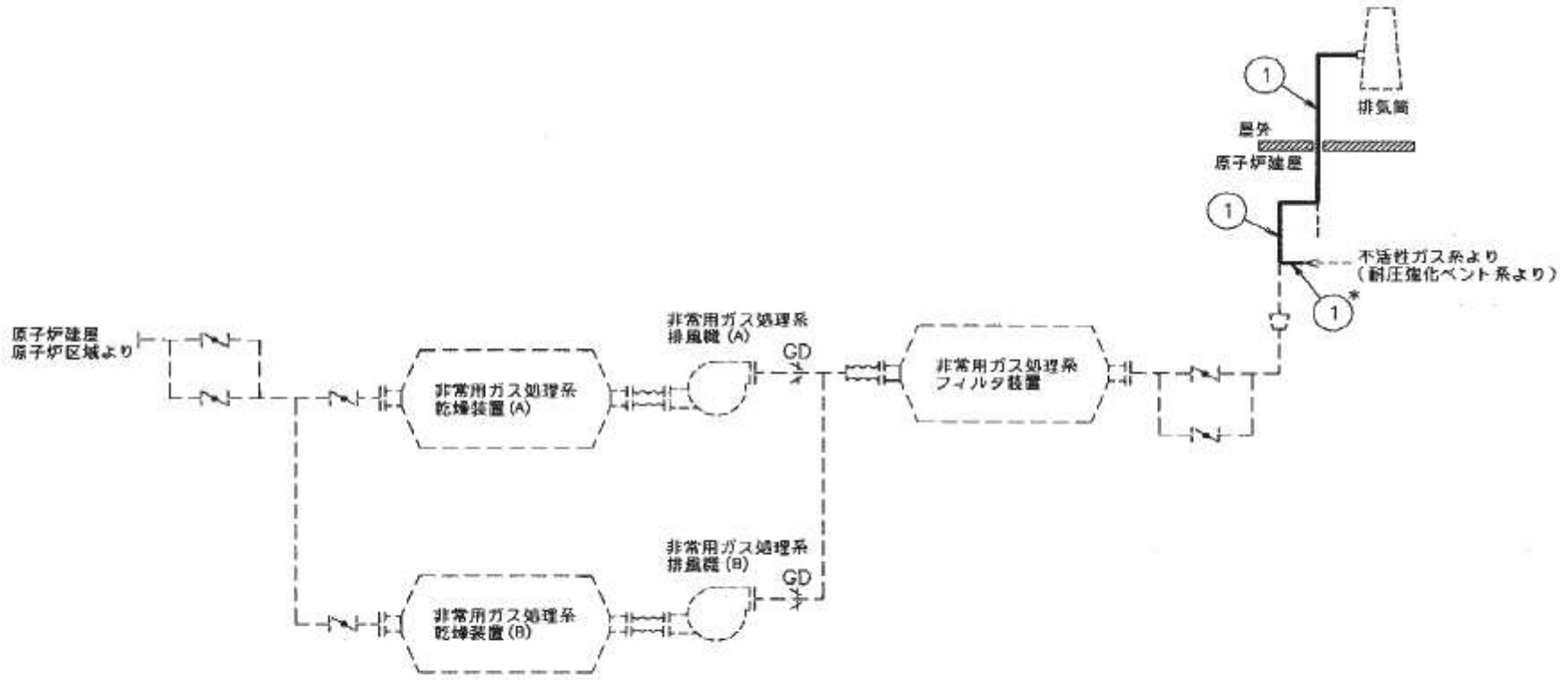
管 No.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

目次

1. 概略系統図
2. 管の強度計算書

○ 2 ① VI-3-2-7 R 0

1. 概略系統図



注記*：管継手
非常用ガス処理系概略系統図

別 2-7

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。 (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。 (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。

管の穴と強度計算書 (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)				
t_{br} (mm)		W	(N)	
		F_1		—
		F_2		—
強め材材料		F_3		—
S_e (MPa)		S_{w1}	(MPa)	—
D_{oe} (mm)		S_{w2}	(MPa)	—
t_e (mm)		S_{w3}	(MPa)	—
		W_{e1}	(N)	—
穴の径 d (mm)		W_{e2}	(N)	—
K		W_{e3}	(N)	—
d_{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。		

管の穴と強度計算書（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	40
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	40
2.14	開放タンクの胴の計算	44
2.15	開放タンクの底板の計算	46
2.16	開放タンクの管台の計算	48
2.17	熱交換器の伝熱管の計算	49
3.	穴の補強計算	50
3.1	記号の説明	50
3.2	容器の穴の補強計算	54
3.3	開放タンクの胴の穴の補強計算	85
3.4	2つ以上の穴が接近しているときの補強計算	86
4.	フランジの強度計算	126
4.1	記号の説明	126
4.2	算式	129

5. 既工認における評価結果の確認による強度評価方法	139
5.1 確認内容	139
5.2 強度評価方法	139
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	140
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	140

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。）及び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。）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号各条項及び設計・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, PVD-3010）

- a. J I S B 2238 (1996)「鋼製管フランジ通則」
- b. J I S B 2239 (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 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) PVC-3111 PVC-3121 PVC-3124. 1 (1) PVC-3150 (2) PVC-3160 PVC-3162 PVC-3171 PVC-3172 PVC-3173 (1) PVC-3173 (3) PVC-3174 PVC-3175 (1) PVC-3175 (3)	2. 2 2. 3 2. 4 2. 12 3. 2 3. 4 2. 13	円筒形の胴の計算 円すい形の胴の計算 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 容器の穴の補強計算 2つ以上の穴が接近しているときの補強計算 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) PVC-3210 (3) PVC-3220 PVC-3225 PVC-3230 (2) PVC-3240	2. 5 2. 6 2. 7 3. 2	全半球形鏡板の計算 半だ円形鏡板の計算 容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算 容器の穴の補強計算

表 1-1 告示第 5 0 1 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 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 8265 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
S _y	S _y	材料の設計降伏点	MPa
η	η	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8による。 継手の効率	—
	継手の種類	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))

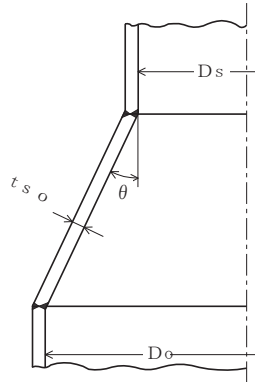


図 2-1 円すい形の胴の形状

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。

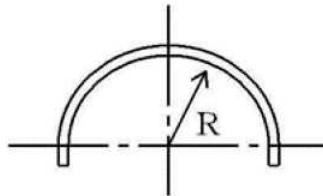


図 2-2 全半球形鏡板の形状

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。

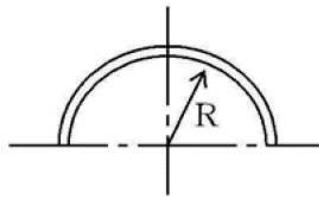


図 2-3 全半球形鏡板の形状

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。

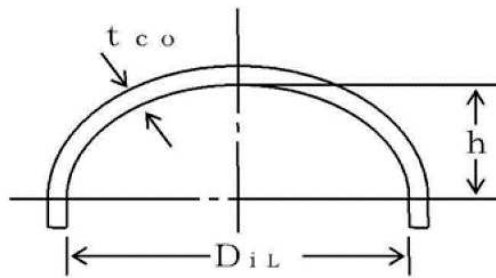


図 2-4 半だ円形鏡板の形状

(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

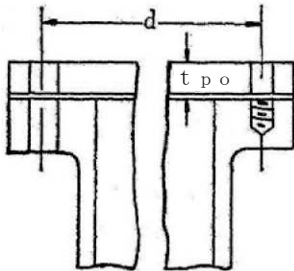
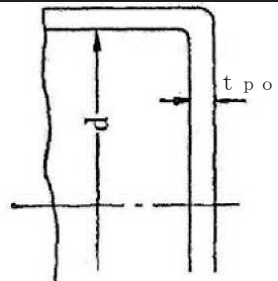
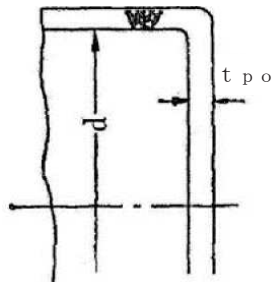
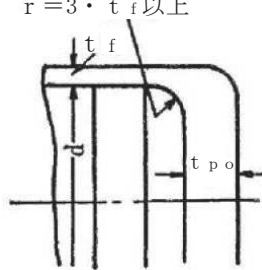
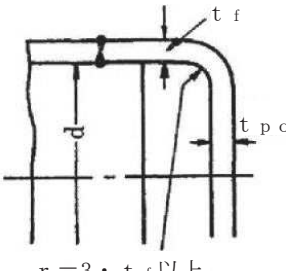
告示第501号, 設計・建設規格, JISの記号	計算書の 表示	表示内容	単位
A_b	A_b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm^2
A_m	A_m	ボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m1}	A_{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m2}	A_{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm^2
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b_o	b_o	ガスケット座の基本幅 (JIS B 8243 附属書2 表1又はJIS B 8265 附属書3 表3による。)	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d, G	d	クラス2容器は告示第501号第34条第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

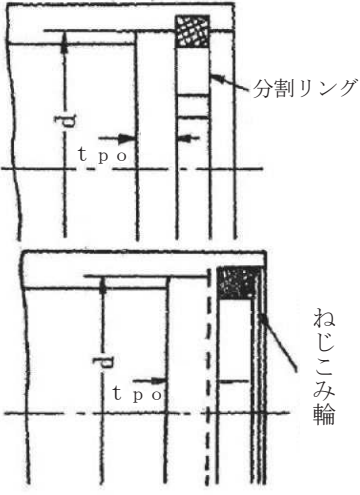
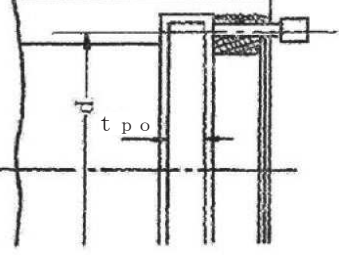
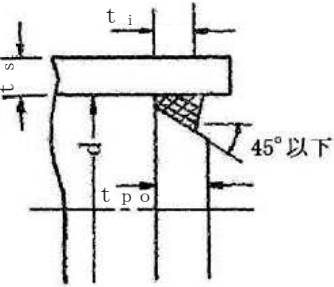
告示第501号, 設計・建設規格, J I Sの記号	計算書の 表示	表示内容	単位
m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 4 3 附属書2 表2又はJ I S B 8 2 6 5 附属書3 表2 による。)	—
N	N	ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 4 3 附属書2 表1又はJ I S B 8 2 6 5 附属 書3 表3による。)	mm
n	n	ボルトの本数	—
P	P	最高使用圧力又は外面に受ける最高の圧力	MPa
r	r	すみの丸みの内半径	mm
S	S	内圧時の最高使用温度における材料の許容引張応力 告示第501号 別表第6又は別表第7又は設計・ 建設規格 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

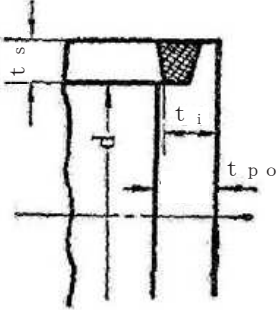
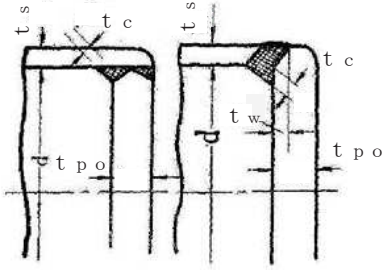
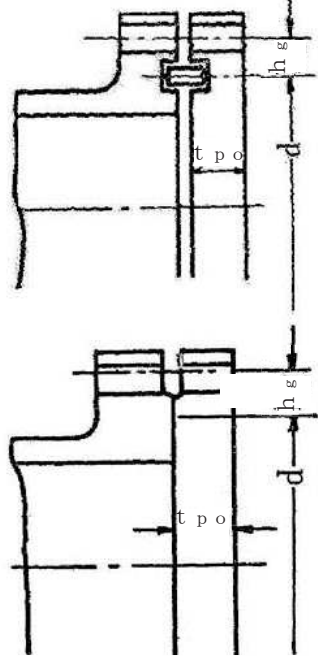
告示第501号, 設計・建設規格, JISの記号	計算書の 表示	表示内容	単位
W	W	パッキンの外径又は平板の接触面の外径内の面積に作用する全圧力	N
W_g	W_g	ガスケット締付時のボルト荷重	N
W_{m1}	W_{m1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W_{m2}	W_{m2}	ガスケット締付時に必要な最小ボルト荷重	N
W_o	W_o	使用状態でのボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (JIS B 8243 附属書2 表2 又は JIS B 8265 附属書3 表2 による。)	N/mm ²
π	π	円周率	—
	σ_p	平板に作用する力によって生じる応力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

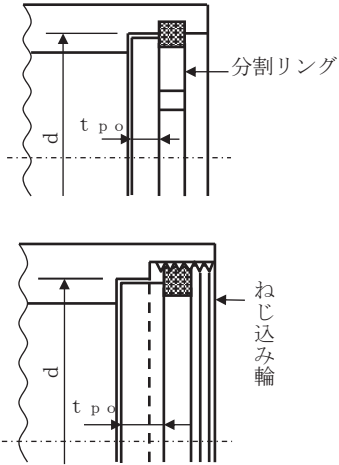
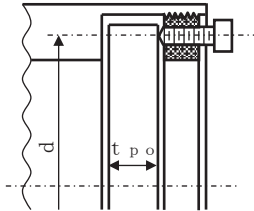
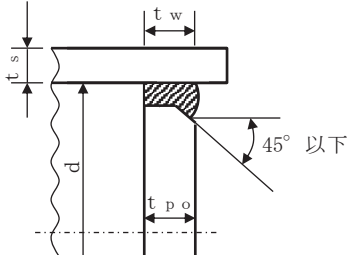
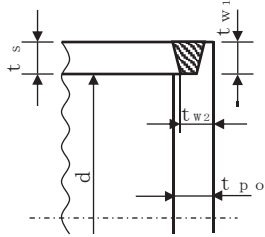
	取付け方法	形状の制限
(a)		無し。
(b)		$d \leq 600 \text{ mm}$, $t_{po} \geq d/20$ であること。
(c)		$d \leq 600 \text{ mm}$, $t_{po} \geq d/20$ であること。
(d)	<p>$r = 3 \cdot t_f$ 以上</p> 	$r \geq 3 \cdot t_f$ であること。
(e)	 <p>$r = 3 \cdot t_f$ 以上</p>	$d \leq 600 \text{ mm}$, $t_{po} \geq d/20$, $r \geq 3 \cdot t_f$ であること。

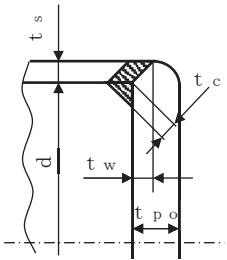
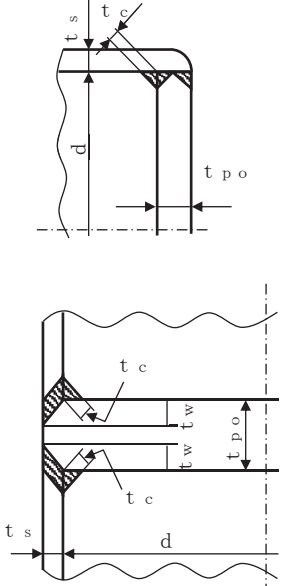
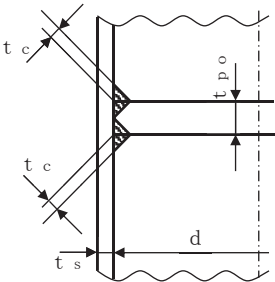
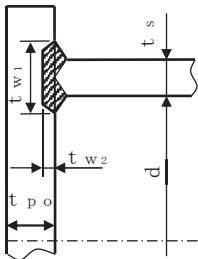
	取付け方法	形状の制限
(f)		$0.8 \cdot S \geq \sigma_p$ であること。
(g)		$0.8 \cdot S_b \geq \sigma_p$ であること。
(h)		$t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$ かつ, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。

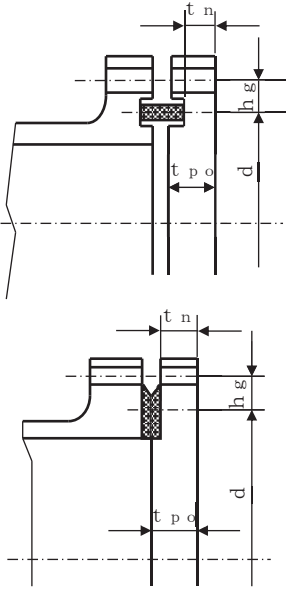
	取付け方法	形状の制限
(i)		$t_i \geq 2 \cdot t_{s r}$ かつ, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。
(j)		$t_w \geq 2 \cdot t_{s r}$ かつ, $t_w \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。 かつ, $t_c \geq \text{Min}(0.7 \cdot t_s, 6\text{mm})$ であること。
(k)		無し。
(l)	その他の場合	無し。

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(セルフシールガasket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JIS B 8201 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

JIS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 (JIS B 8201 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

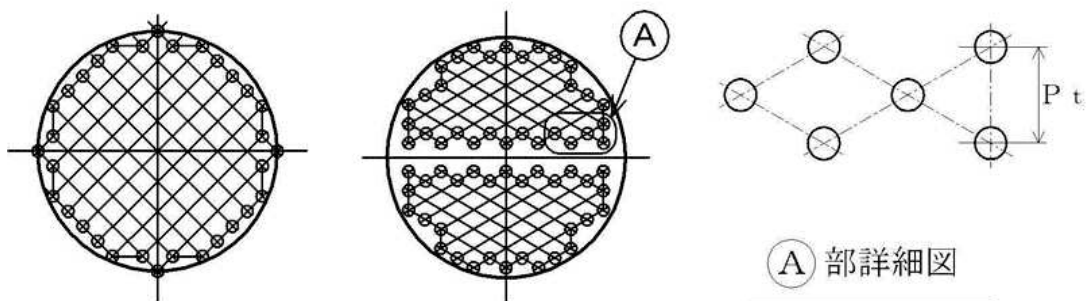


図 2-5 管板の計算に用いる多角形

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。

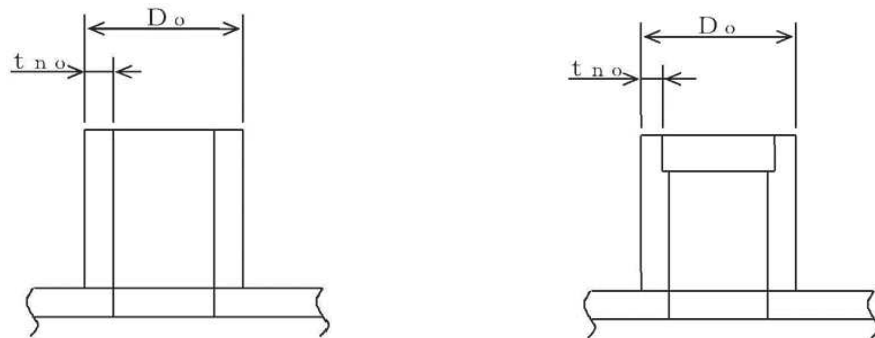
2.11 容器の管台の計算

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
D_o	D_o	管台の外径*	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5 又は表6 による。	MPa
	t	管台に必要な厚さ	mm
t	t_1	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*	mm

注記 * : 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. 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

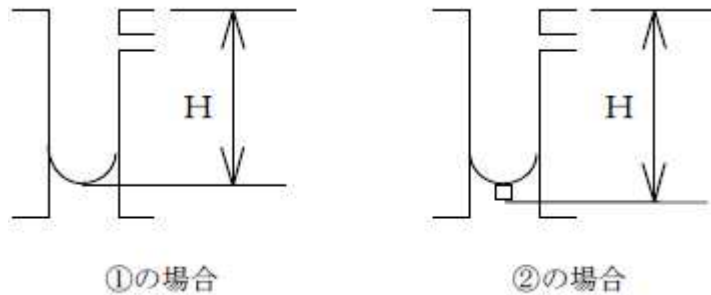
重大事故等クラス2容器については設計・建設規格 PVC-3920 を適用する。

(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。

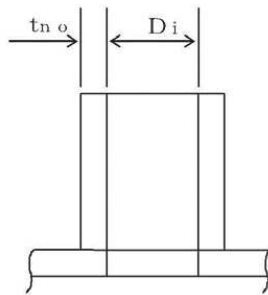
2.16 開放タンクの管台の計算

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 ≠ 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 ≠ 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 ≠ 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 ≠ 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 ≠ 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	mm ²
	A _r	穴の補強に必要な面積	mm ²
	A _{rD}	片側断面についての穴の補強に必要な面積	mm ²
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、

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

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

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

(d) 大きい穴の補強に有効な範囲

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

$$X_{j 1} = X_{j 2} = \frac{d}{2} + \frac{d}{4}$$

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

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

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

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

カ. WELD-17の場合

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

コ. WELD-18の場合

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

タ. WELD-19, 19'の場合

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

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 WELD-38 の場合

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

($F=1$ 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

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

($S_n/S_c > 1$ 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_{cr} 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

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

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

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

(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

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

(ロ) 管台の一部分が鏡板の部分となっている場合

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

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

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

(ロ) 管台が鏡板の内側に突出している場合

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

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

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

($S_e / S_c > 1$ 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

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

リ. WELD-41 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-42 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-43 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-44 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-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。

$$A_0 > A_r$$

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

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

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

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

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

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

カ. WELD-17 の場合

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

コ. WELD-18 の場合

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

タ. WELD-19, 19' の場合

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

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}	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 _{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。

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

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

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

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

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

$$A_d = A_1 + A_2$$

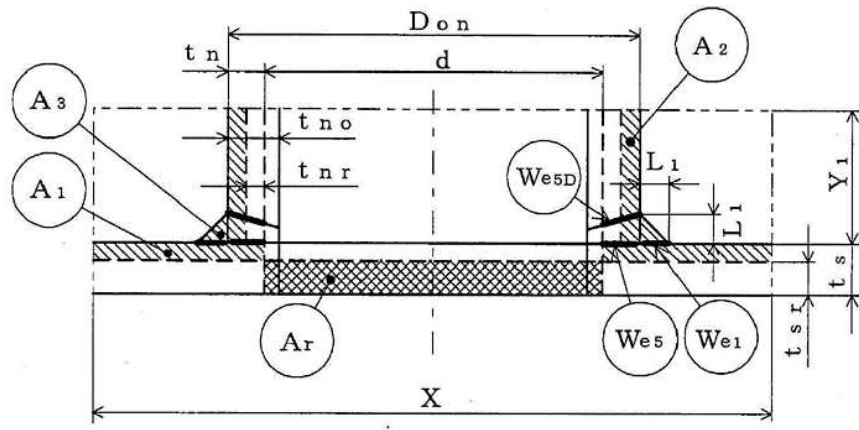
(3) 評価

下記の条件を満足すれば十分である。

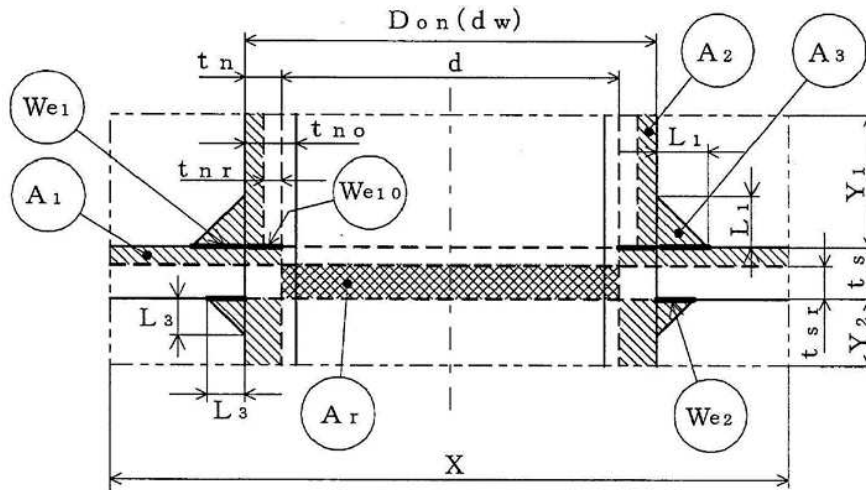
$$l \geq d, A_{rs} \geq A_r, A_d \geq A_s$$

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。



WELD-1



WELD-2



図 3-1

注 : 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)

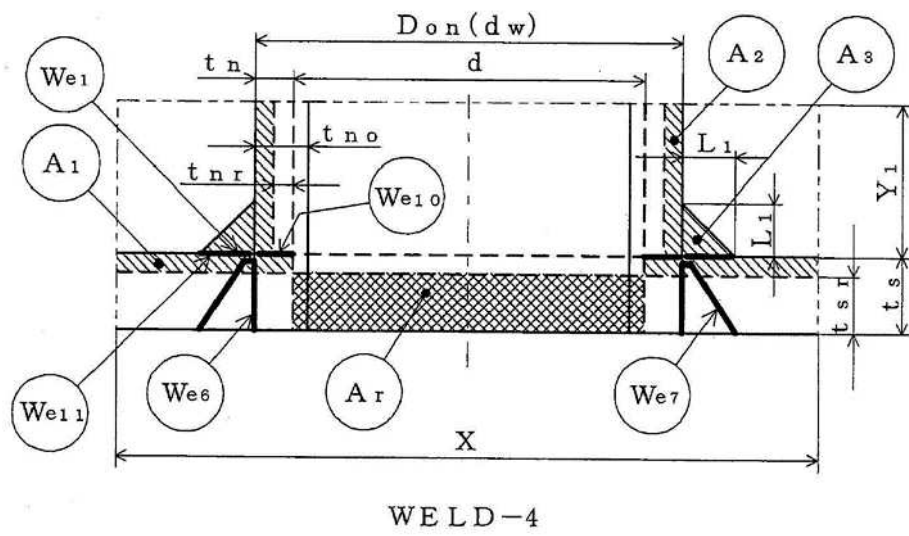
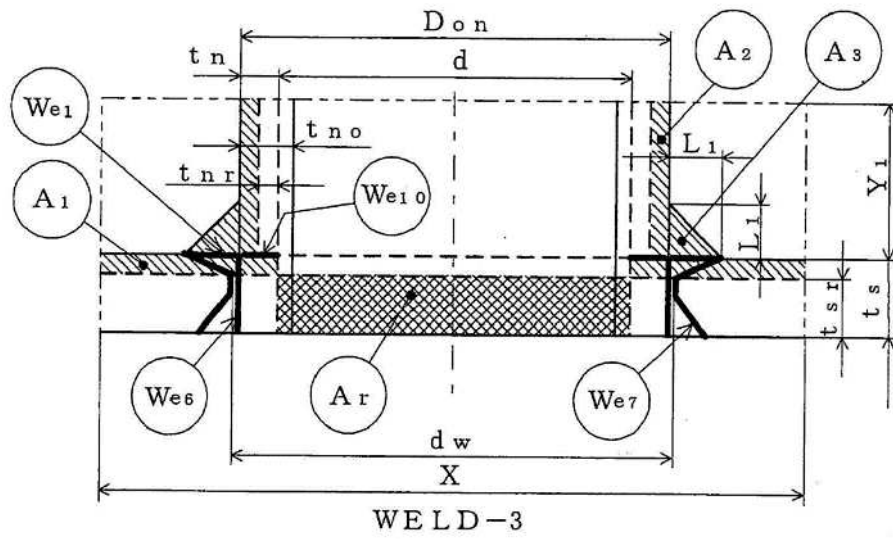
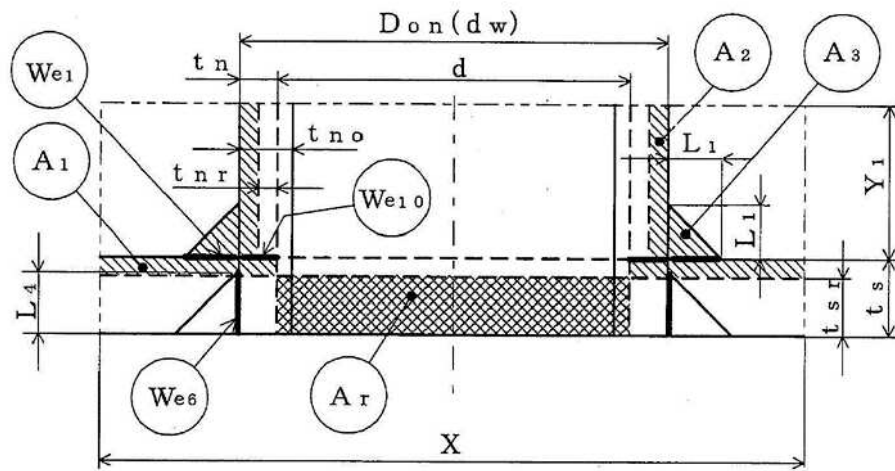
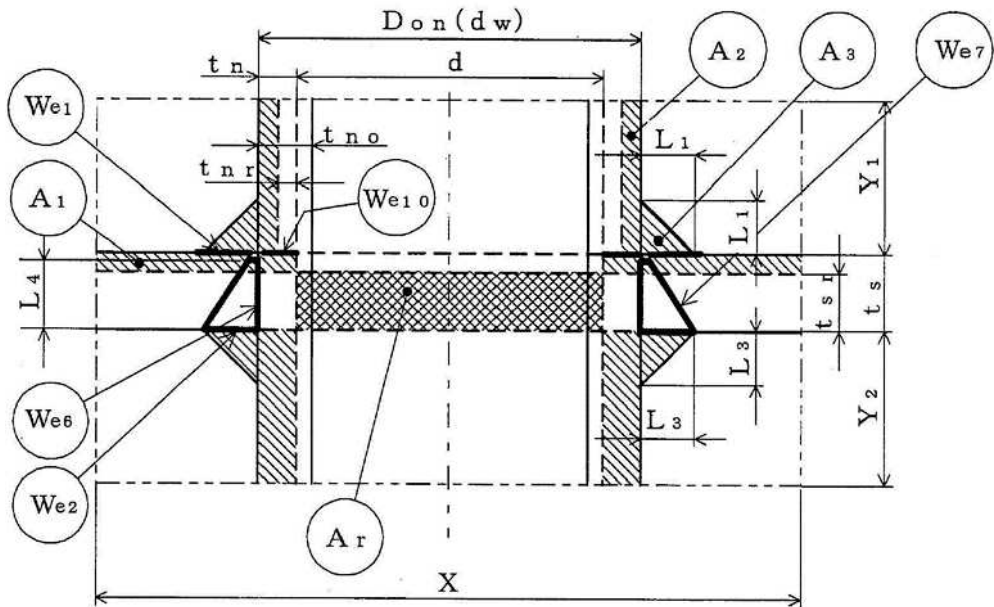


図 3-2



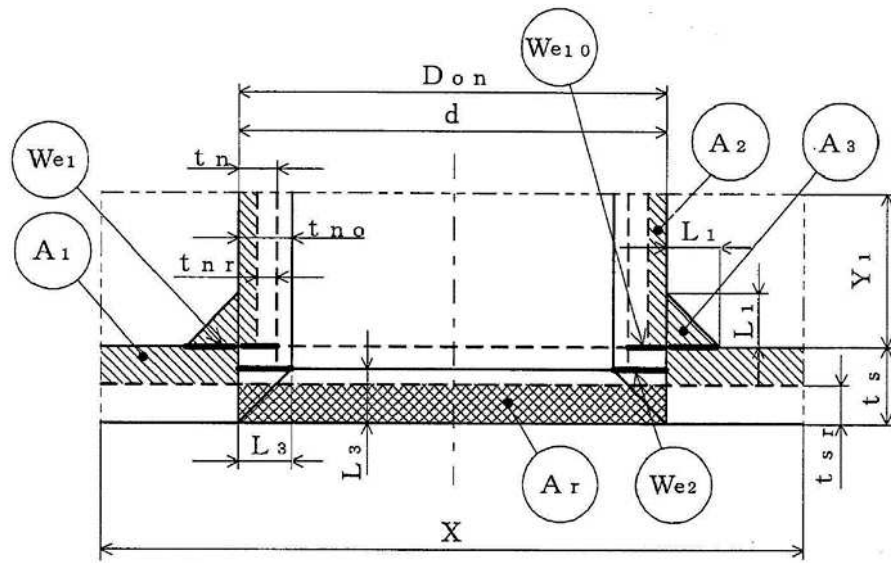
WELD-5



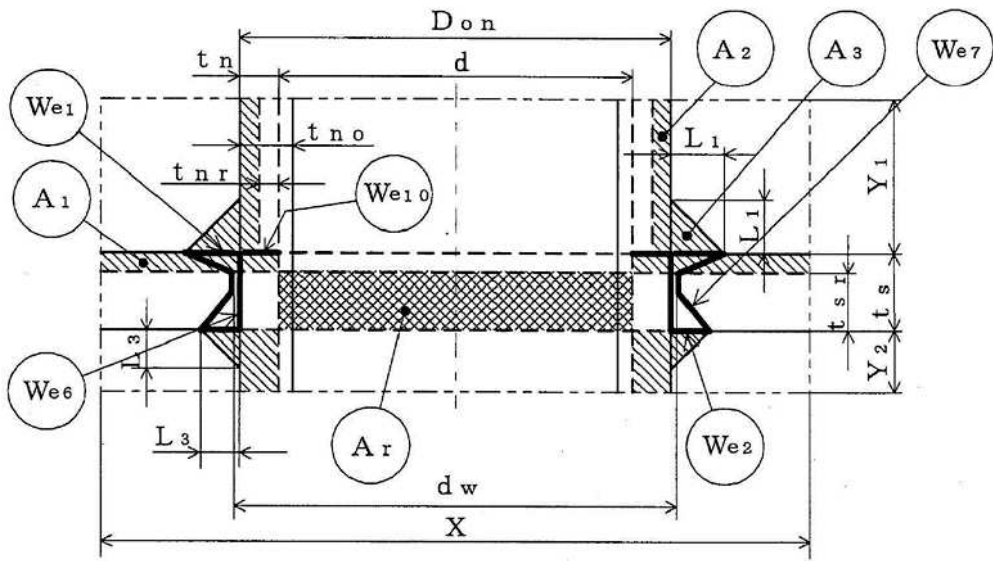
WELD-6

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-3



WELD-8



WELD-9

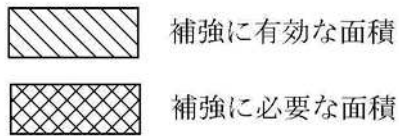
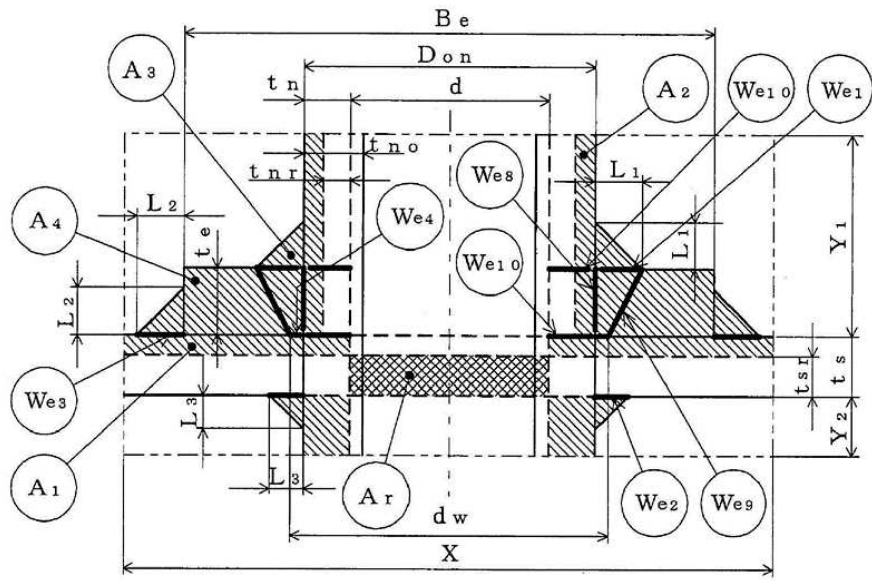
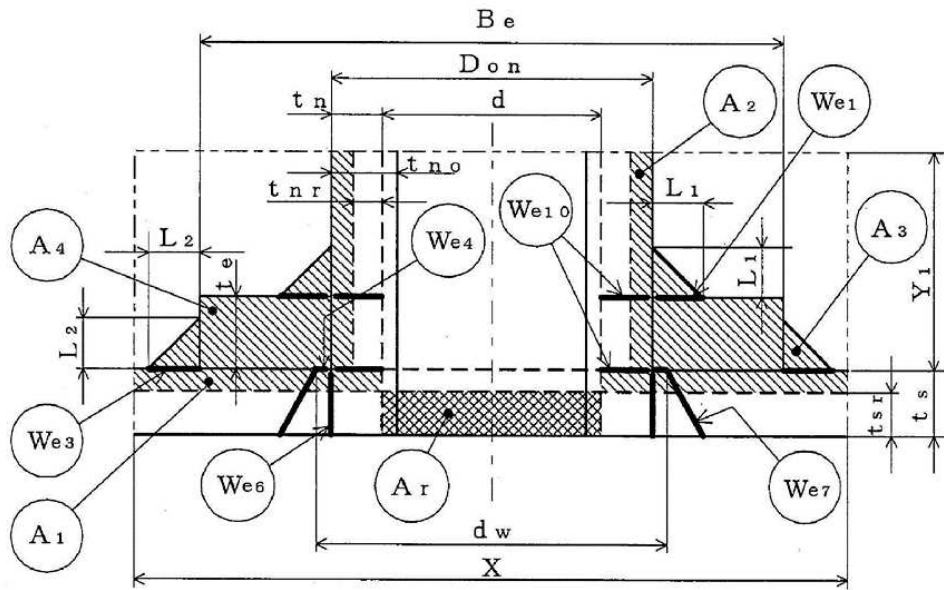


図 3-4



WELD-11



WELD-12

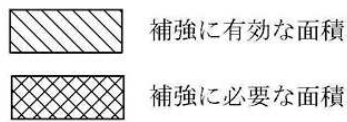
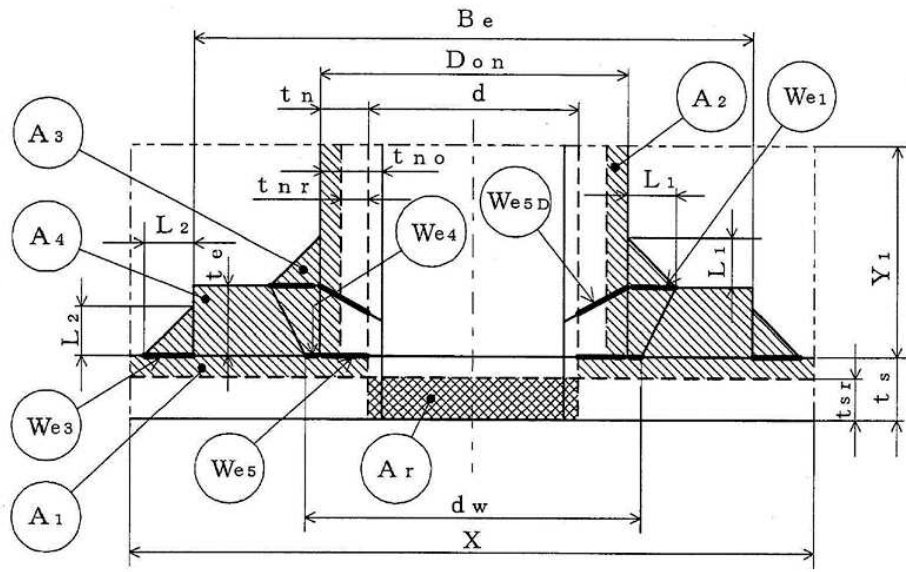
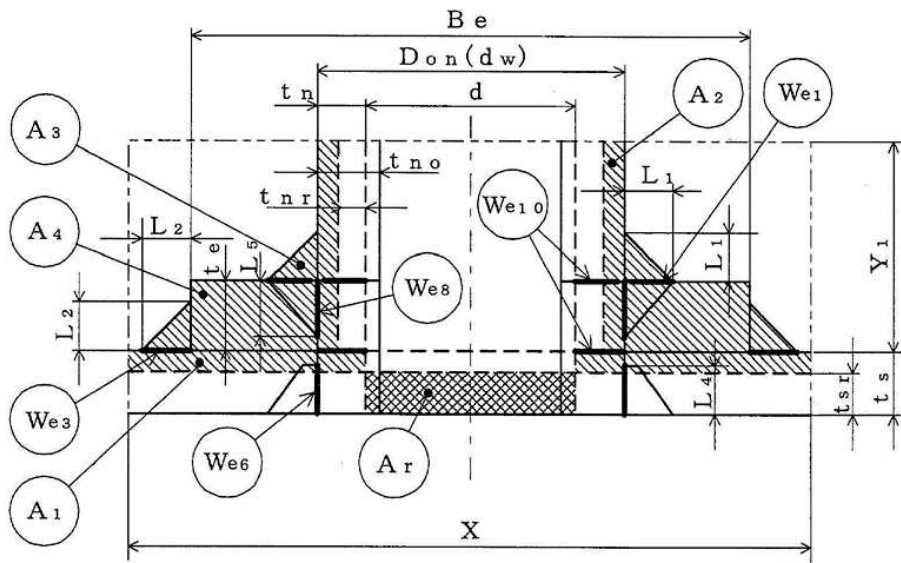


図 3-5



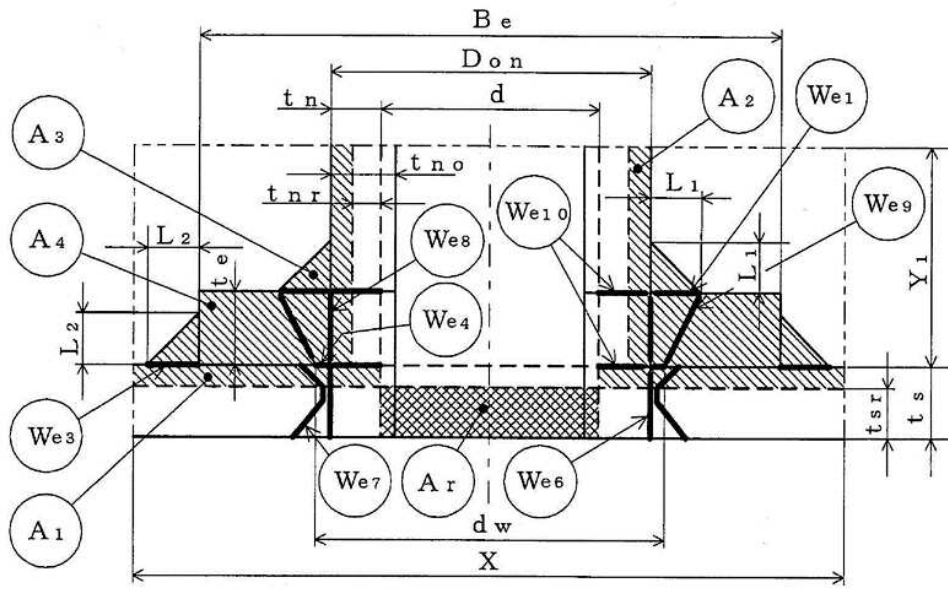
WELD-13



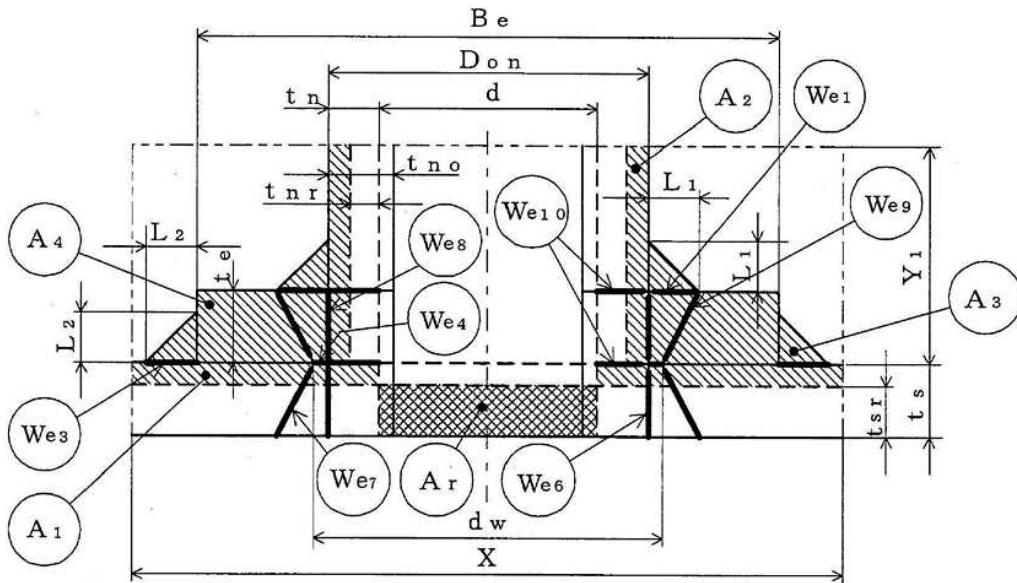
WELD-14

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-6



WELD-15



WELD-16

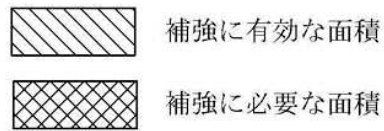
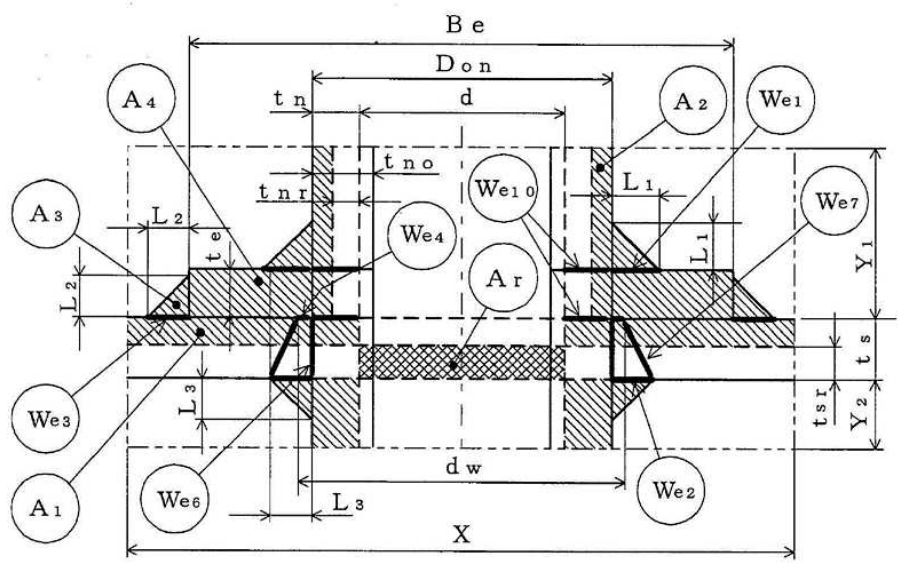
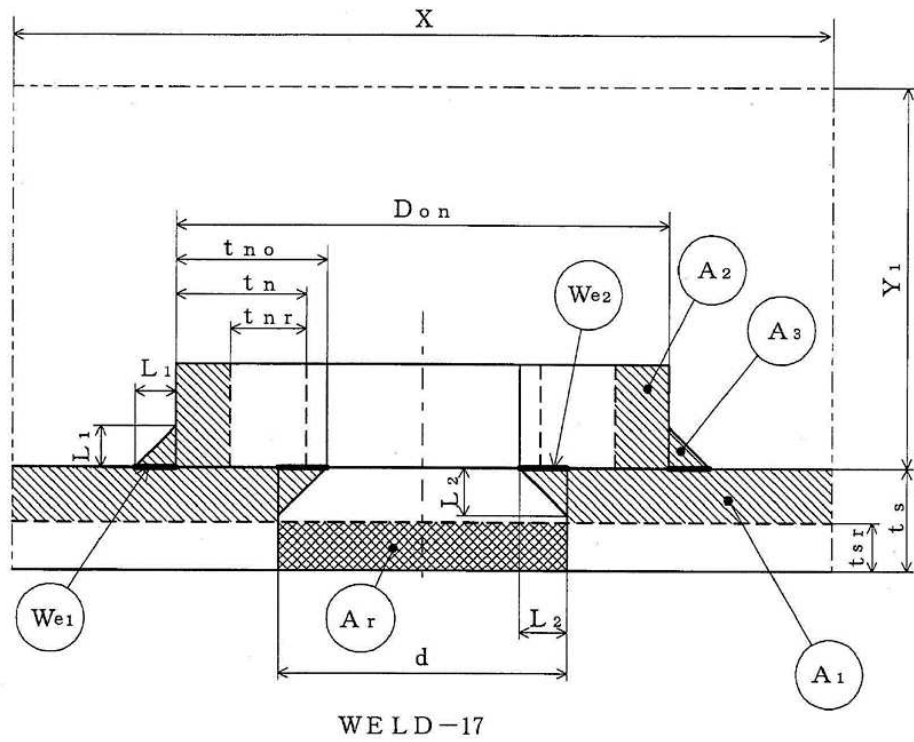
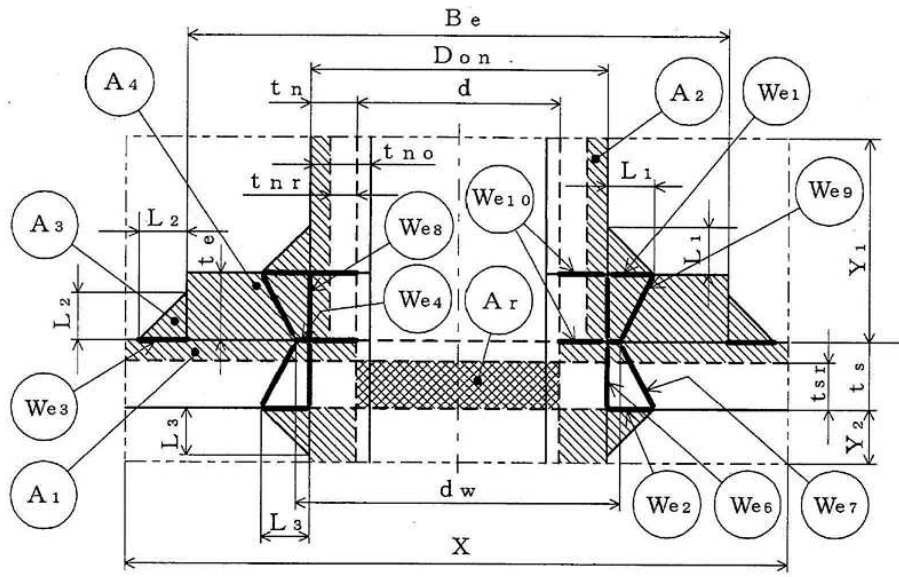


図 3-7

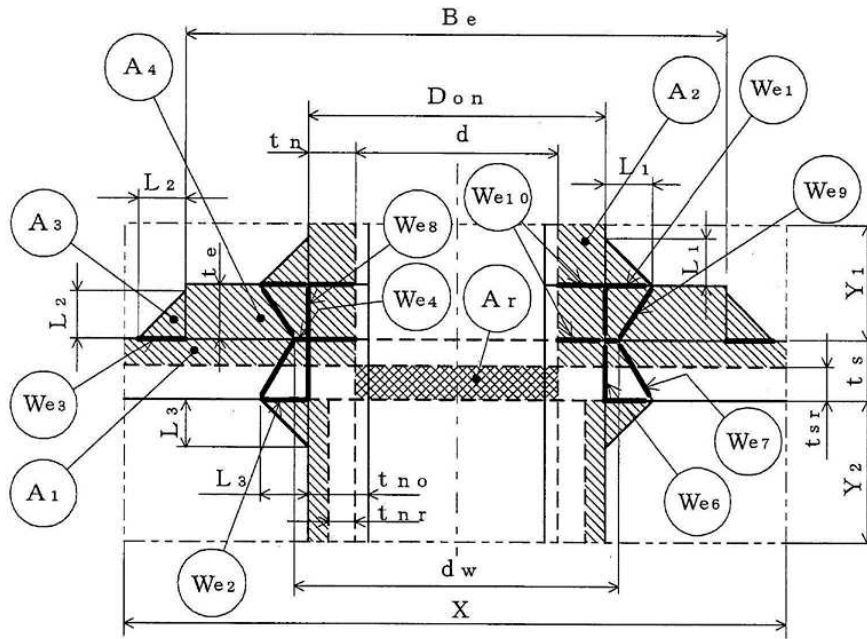


補強に有効な面積
 補強に必要な面積

図 3-8



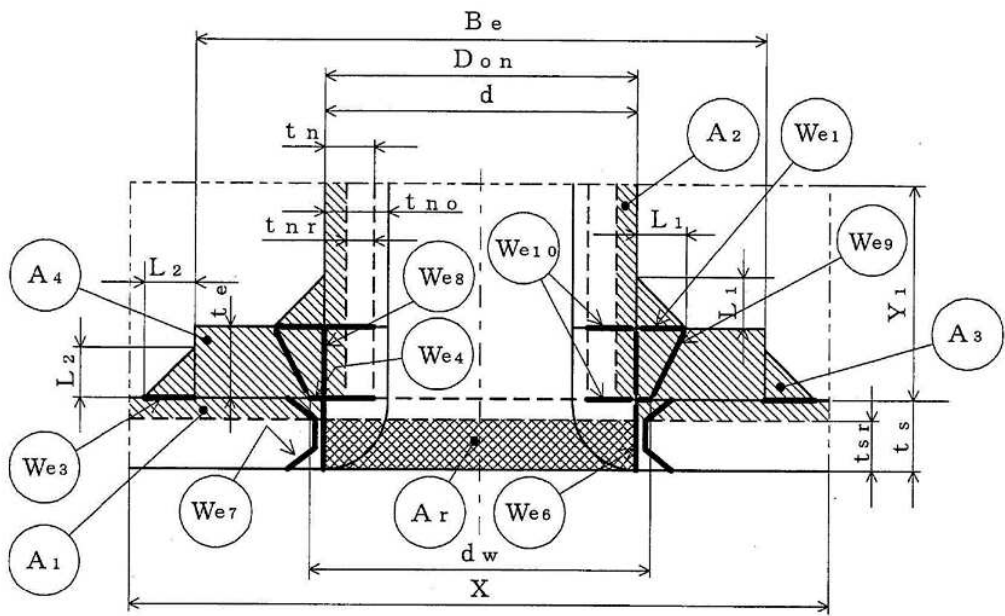
WELD-19



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

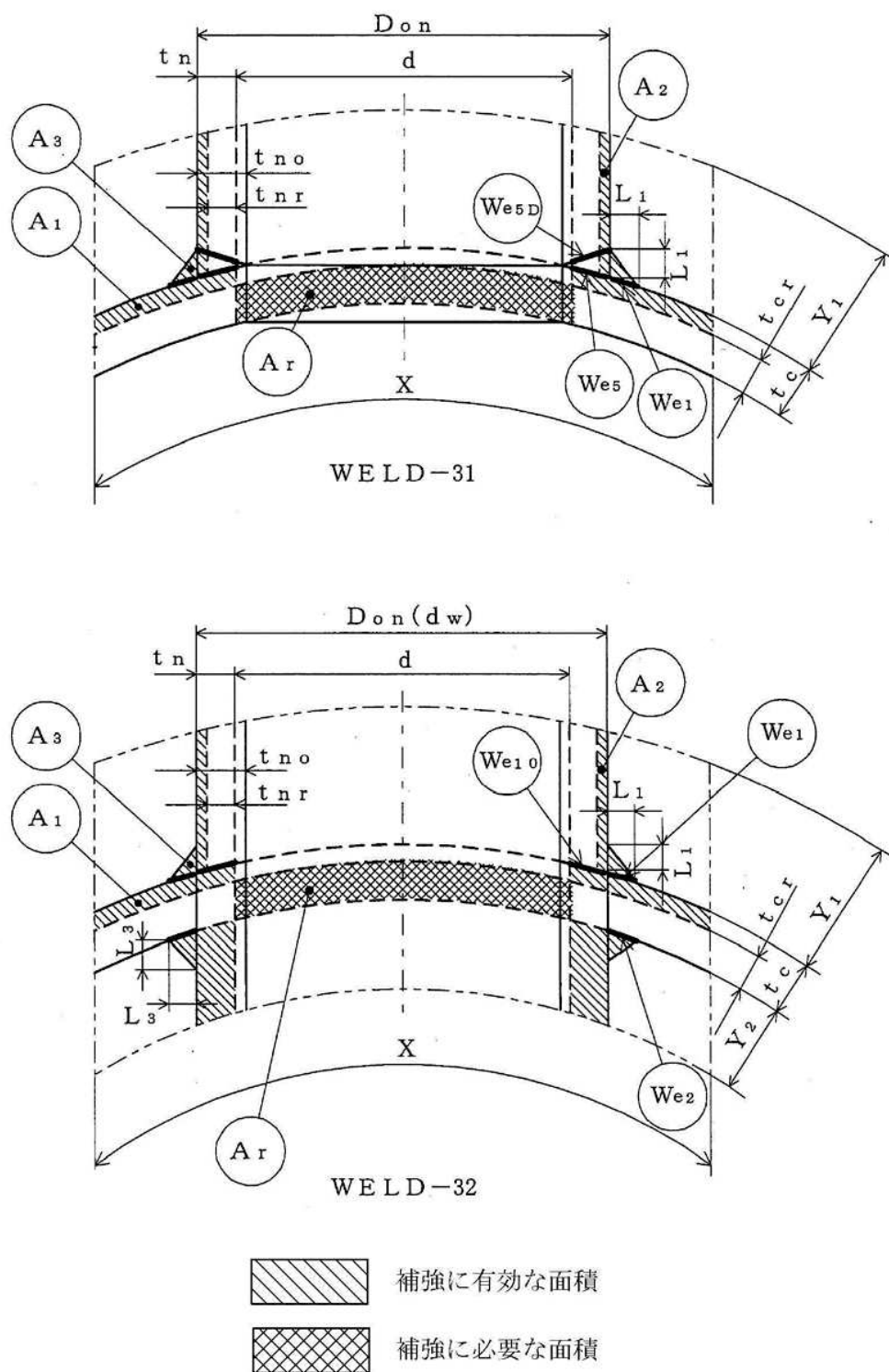


図 3-11

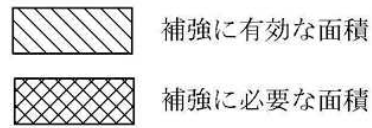
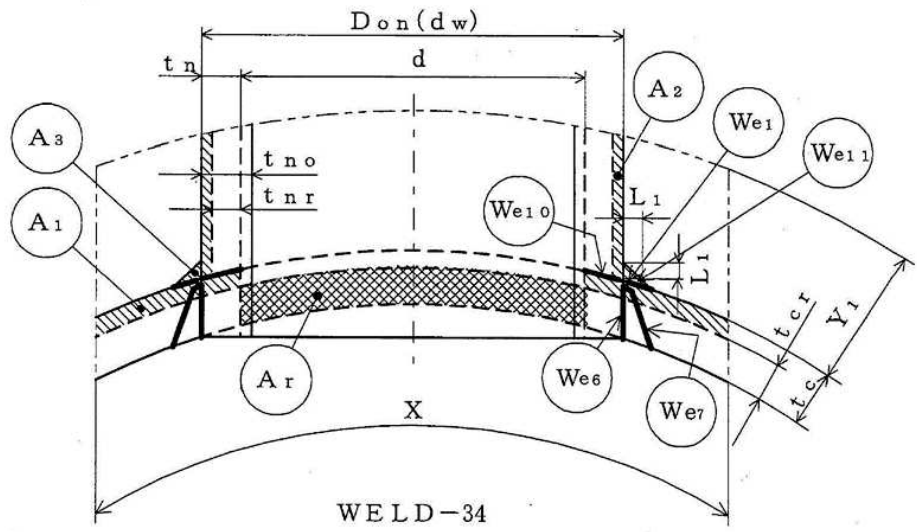
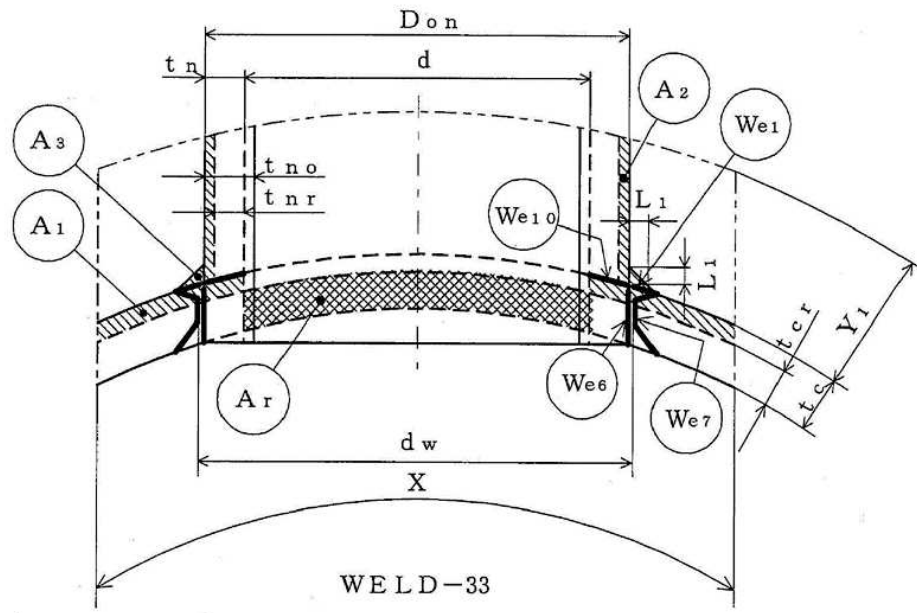


図 3-12

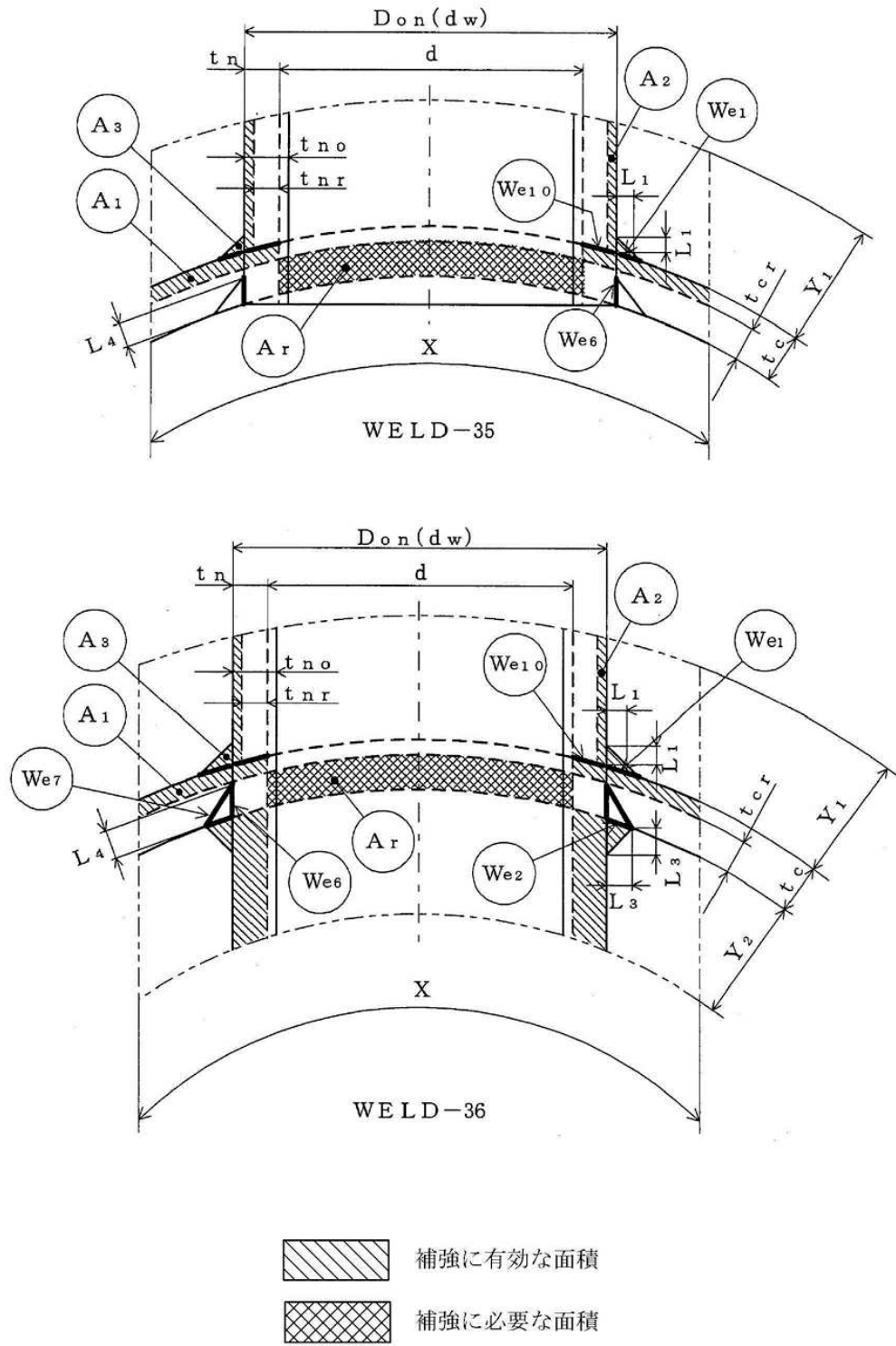


図 3-13

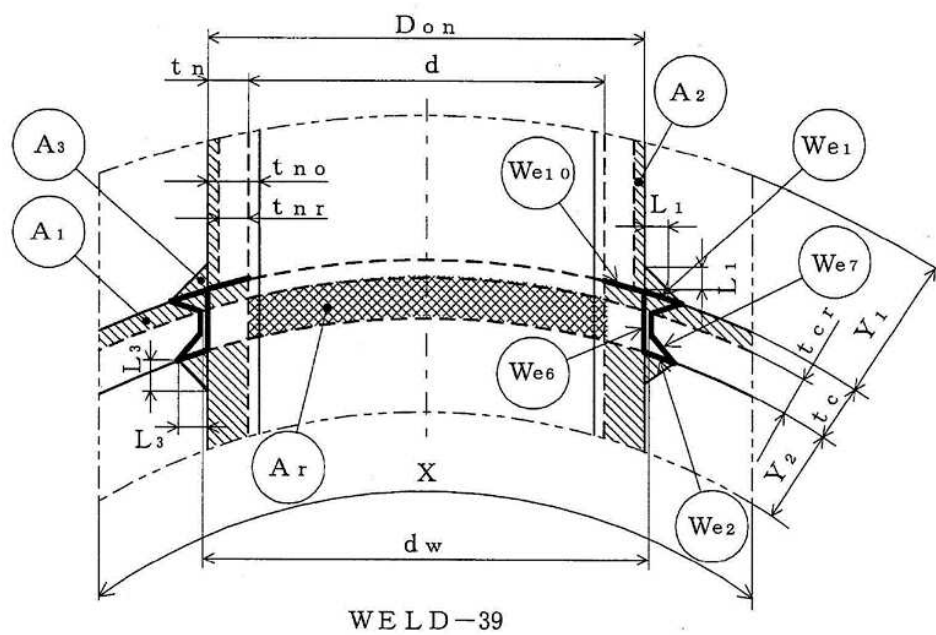
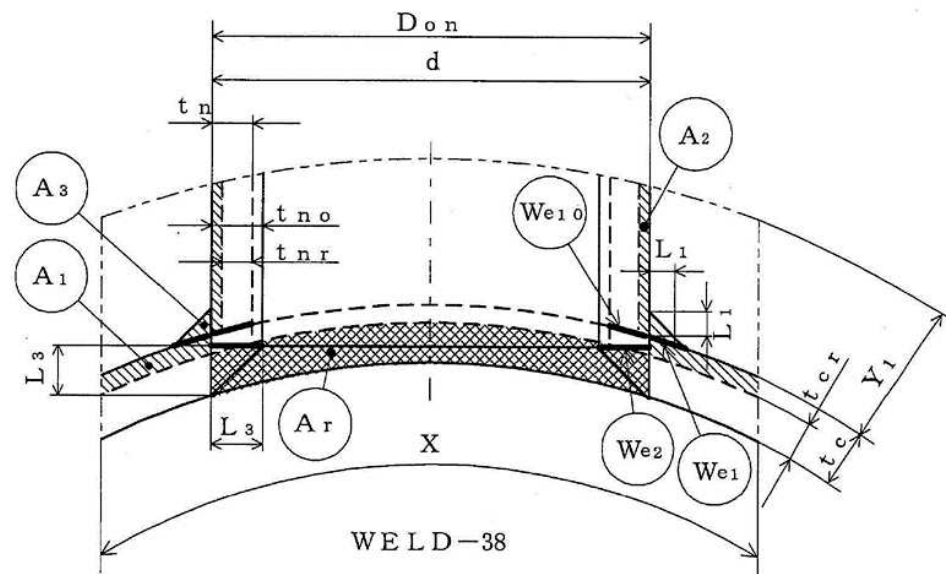


図 3-14

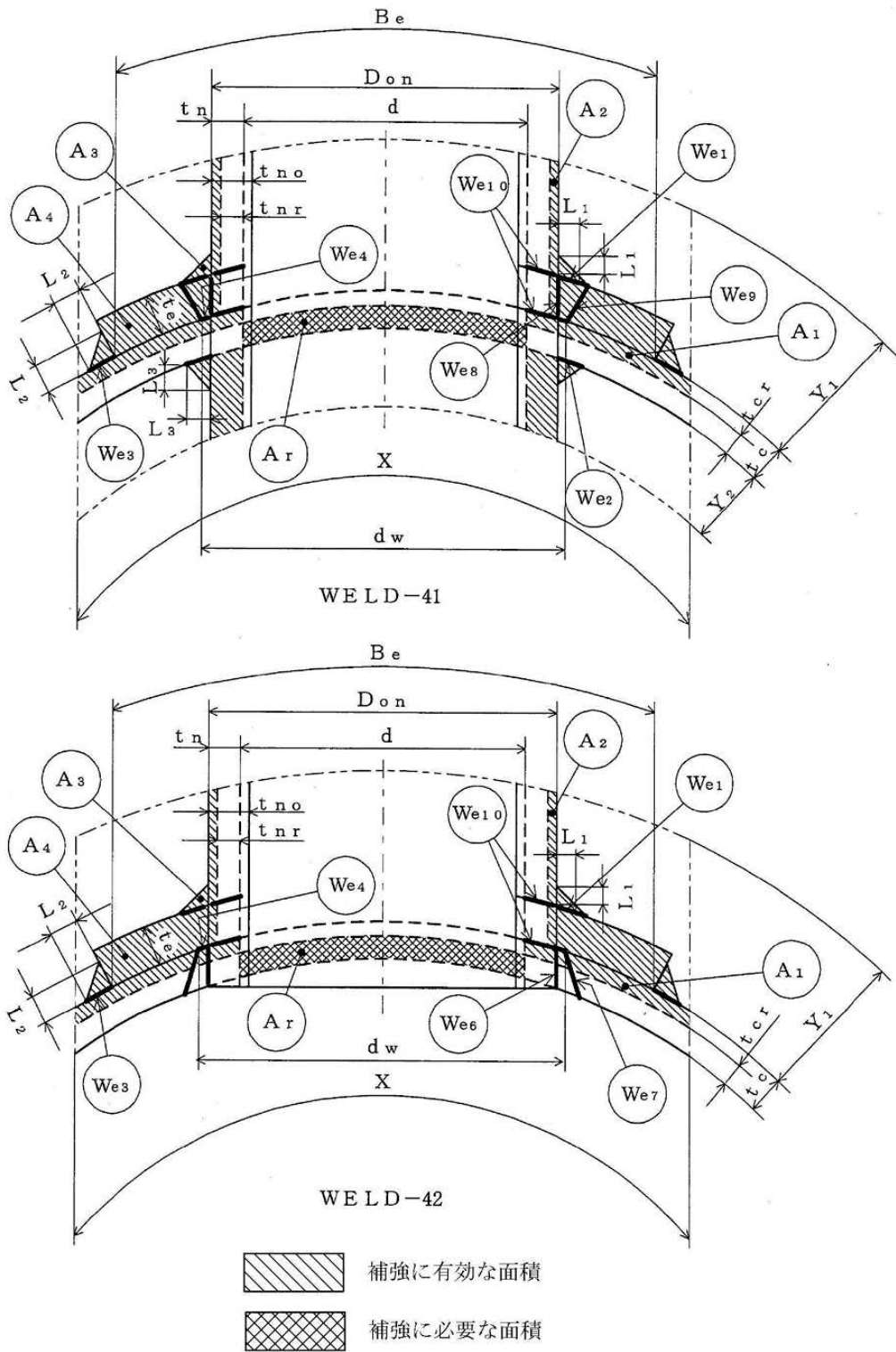


図 3-15

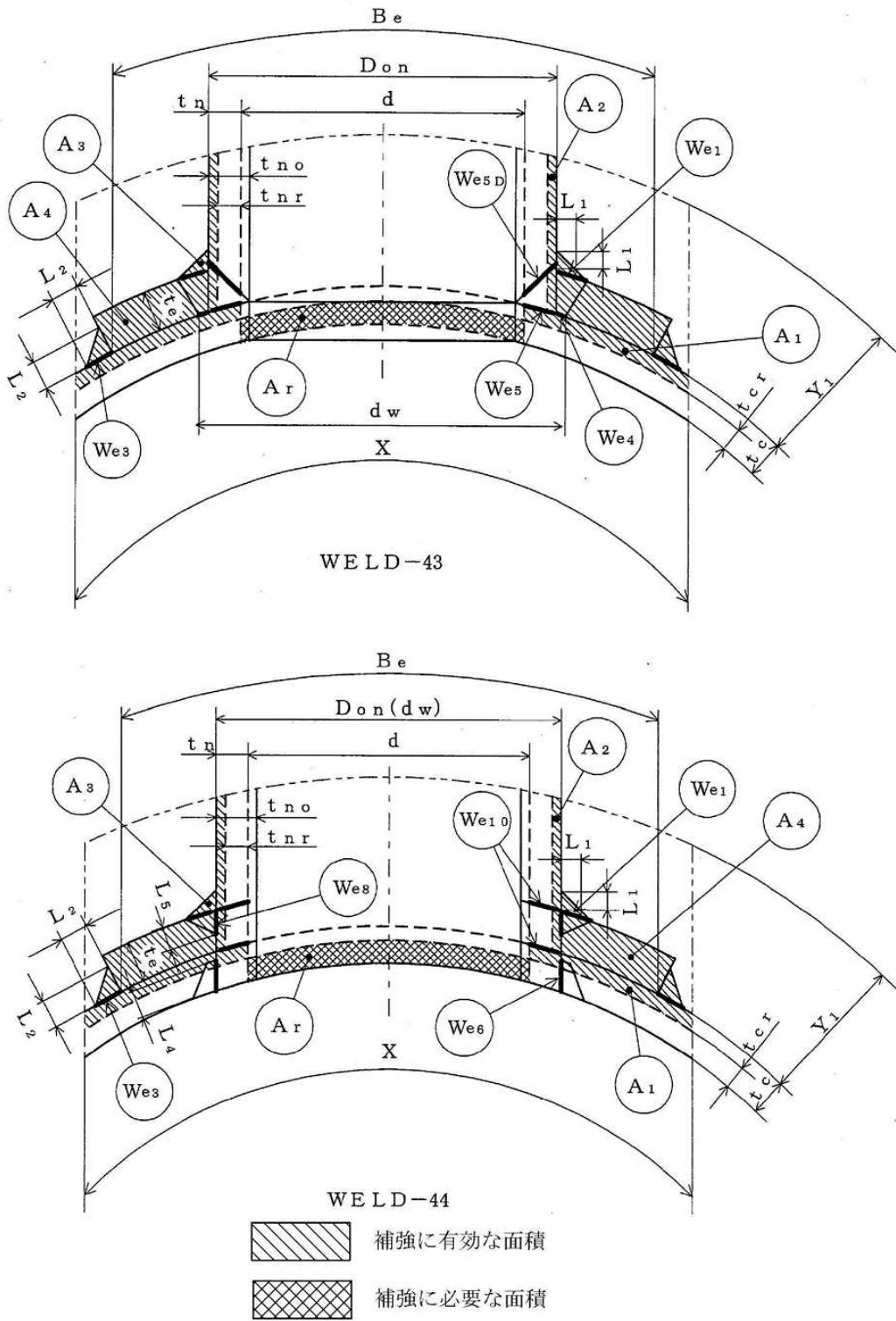
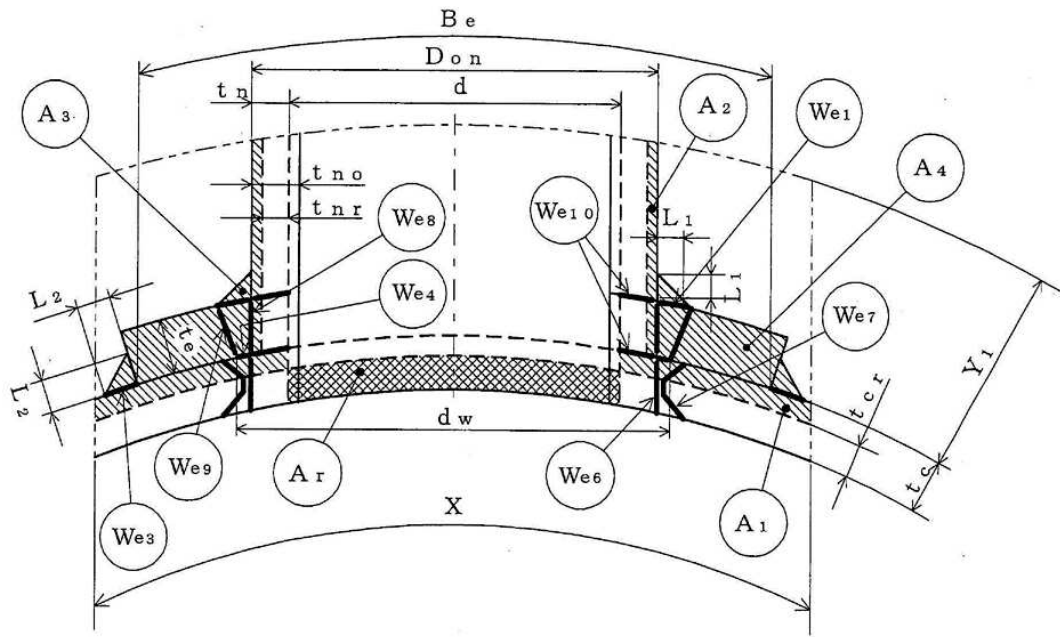
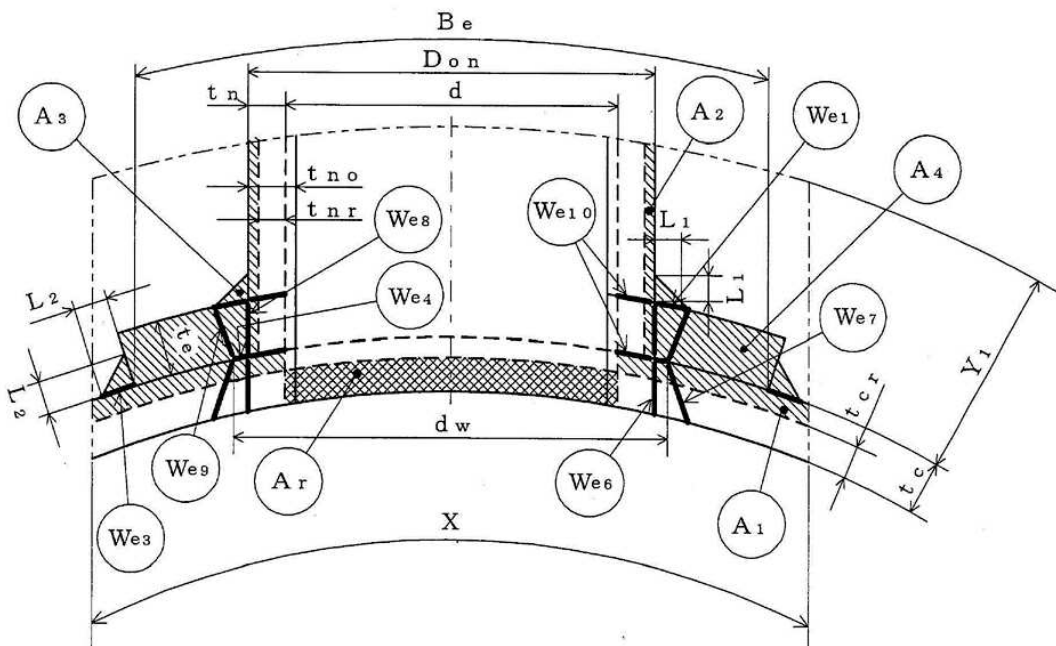


図 3-16



WELD-45



WELD-46

- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

図 3-17

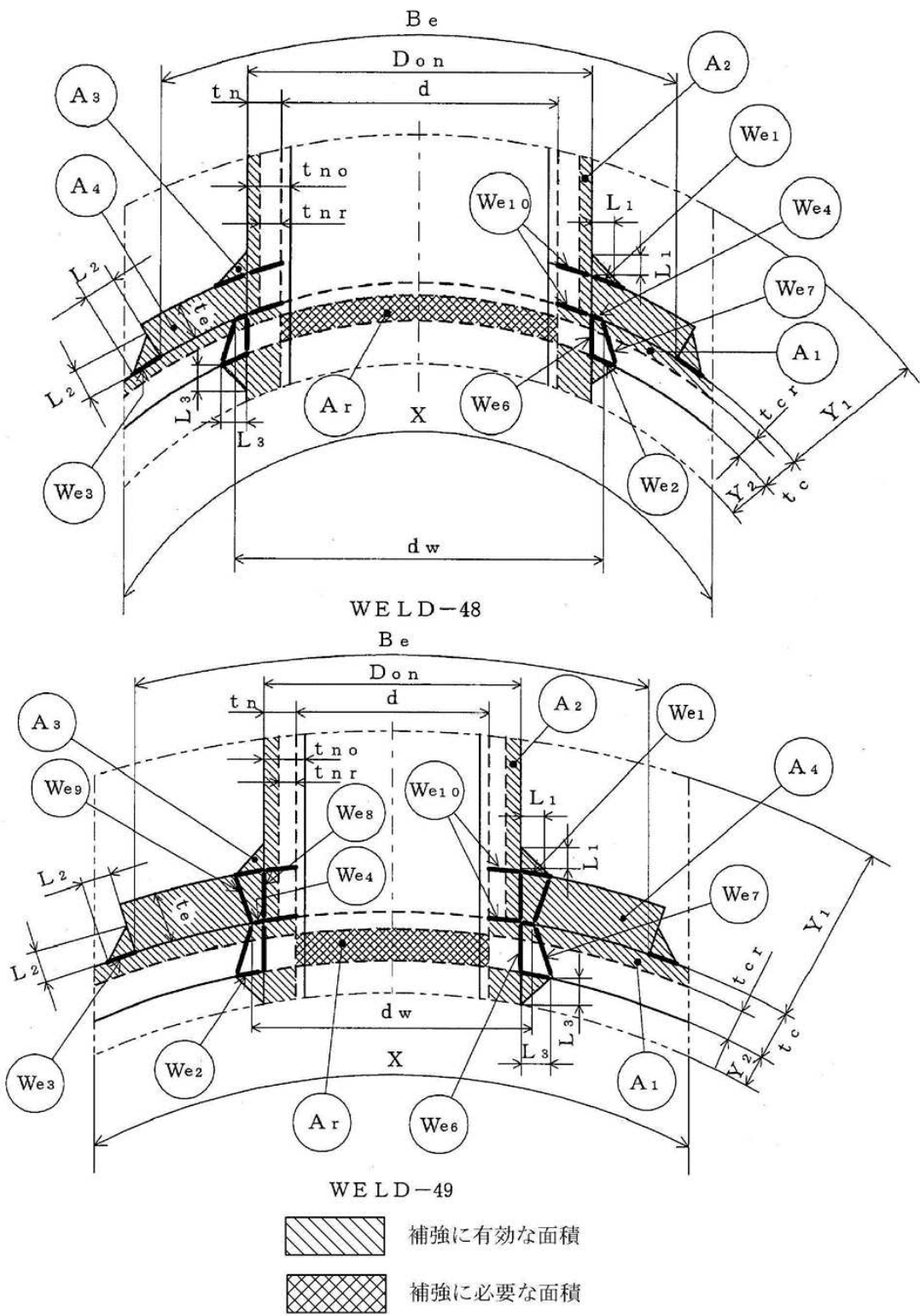


図 3-18

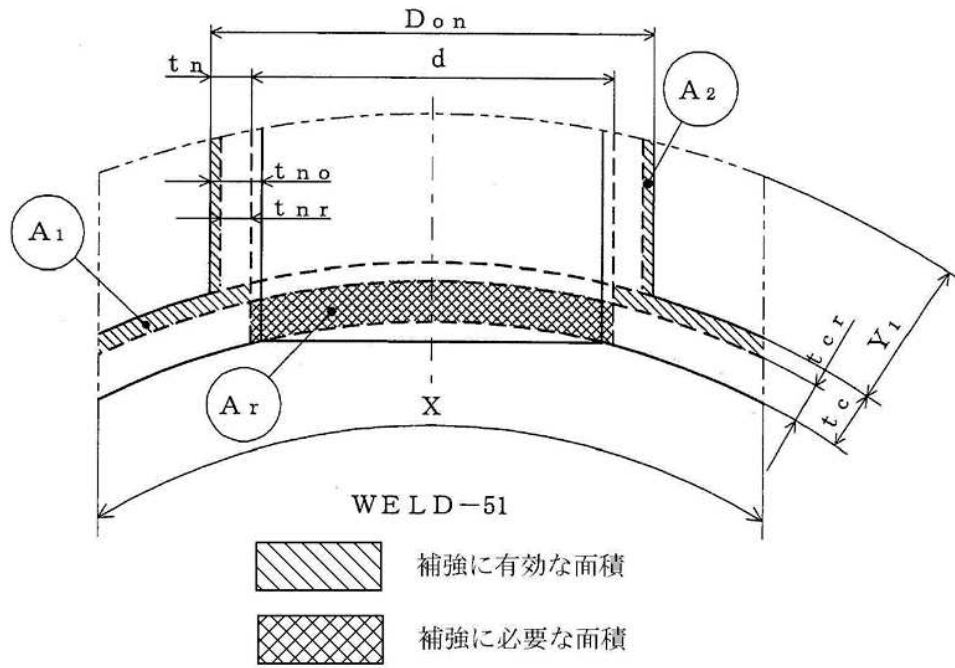


図 3-19

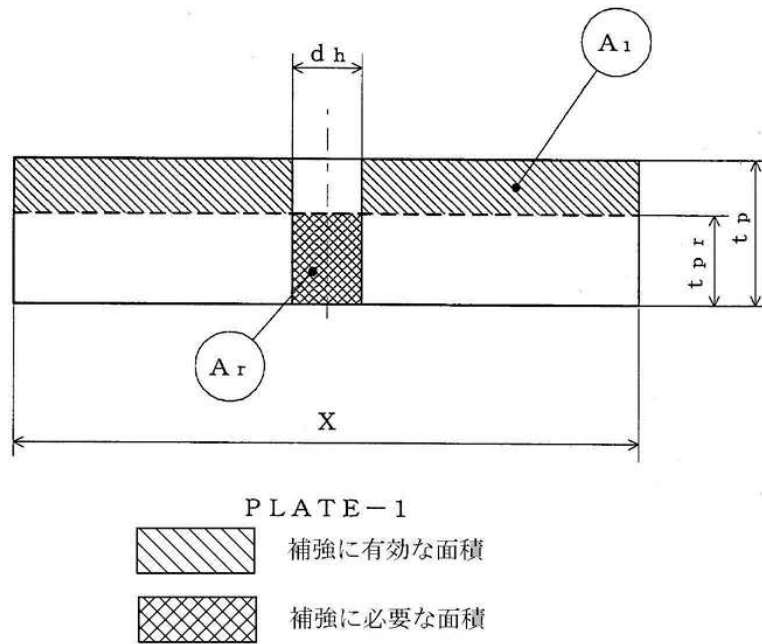
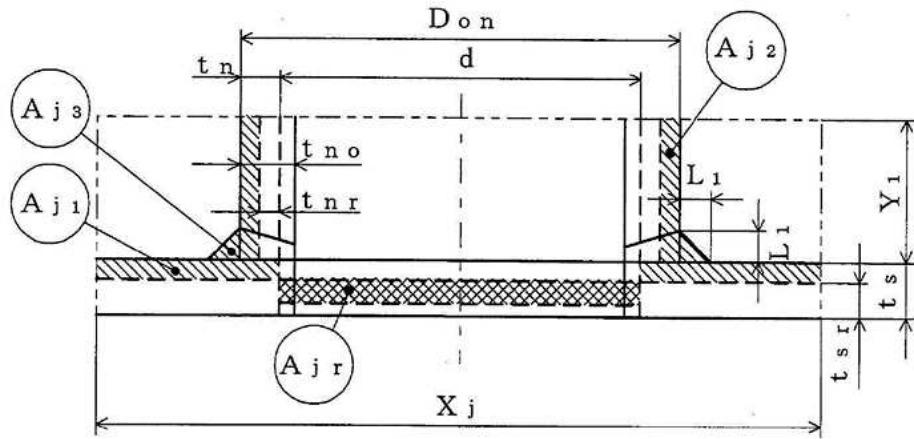
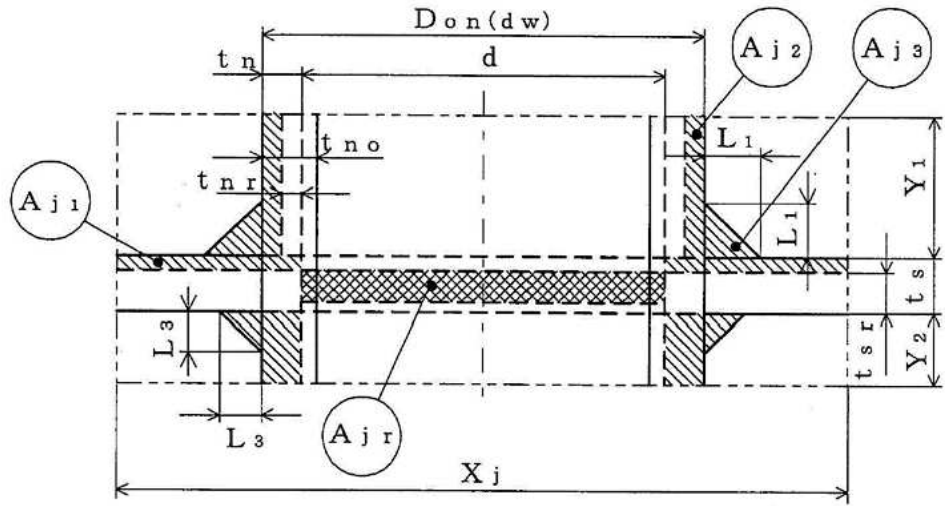


図 3-20



WELD-1



WELD-2

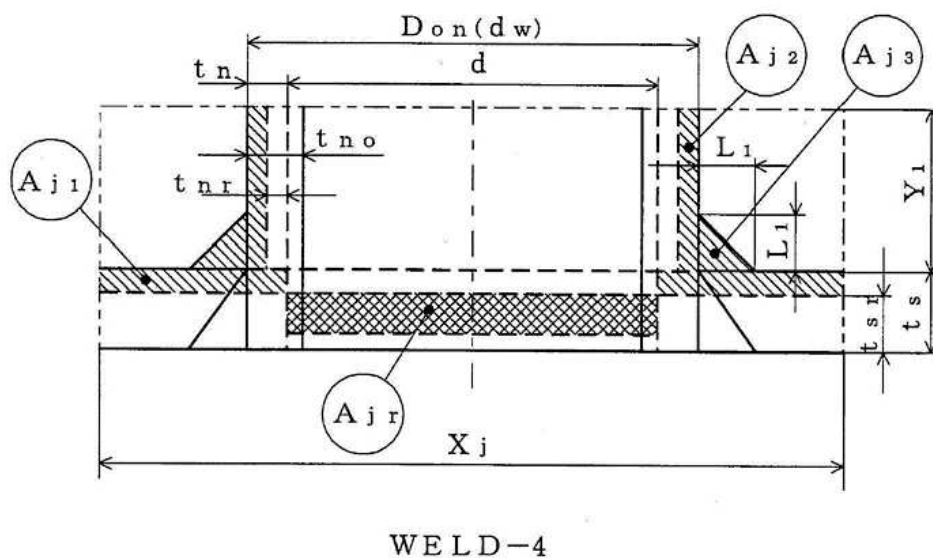
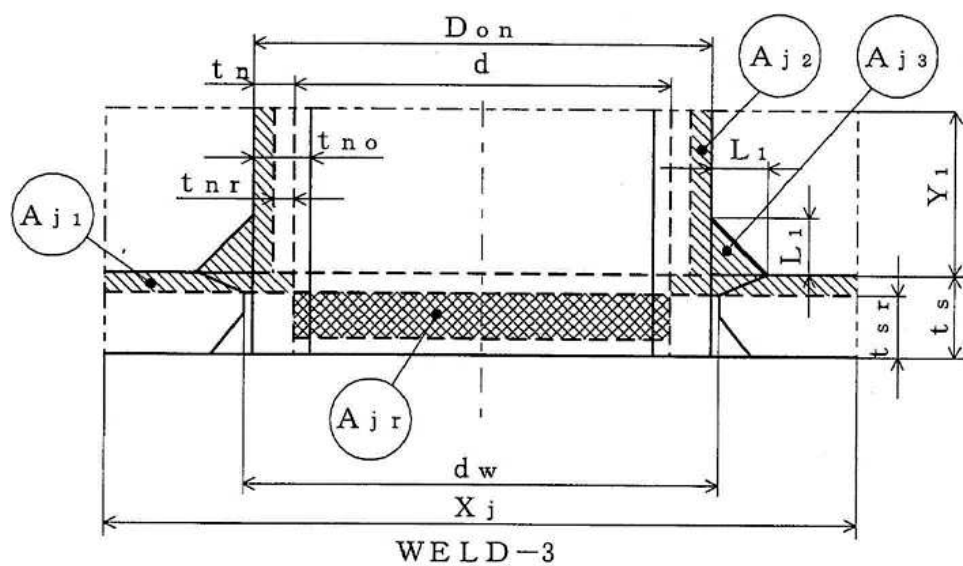


大きい穴の補強に有効な面積



大きい穴の補強に必要な面積

図 3-21





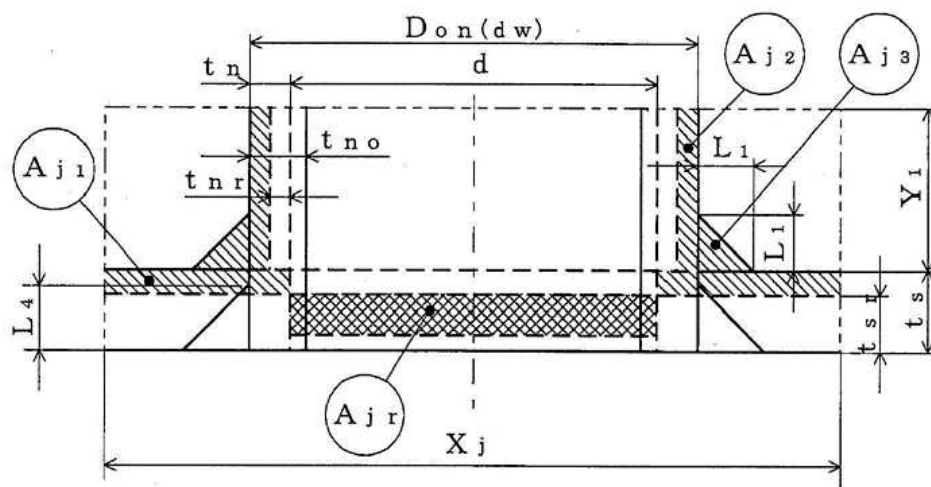
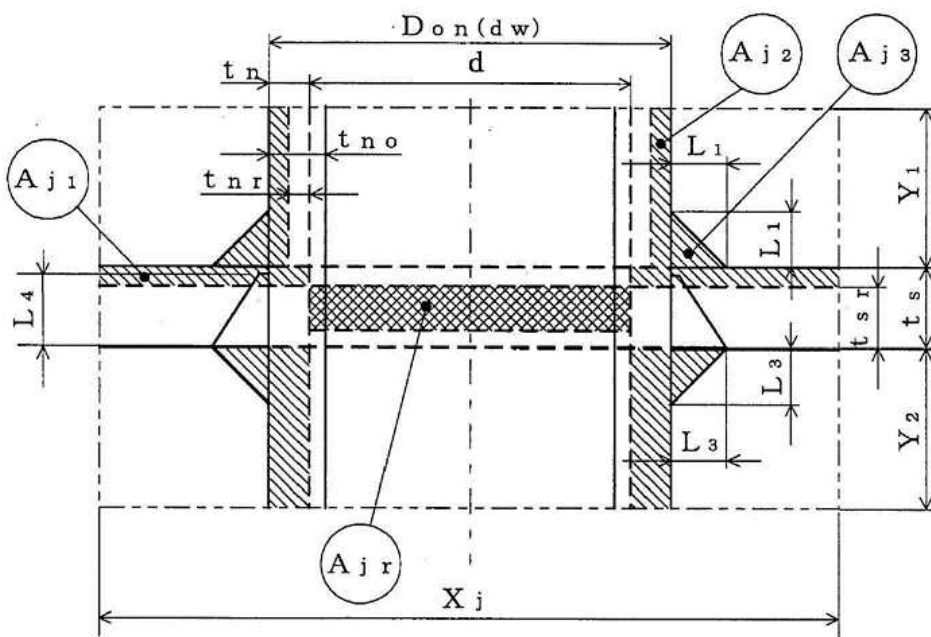
-  大きい穴の補強に有効な面積
-  大きい穴の補強に必要な面積

図 3-22



WELD-5



WELD-6

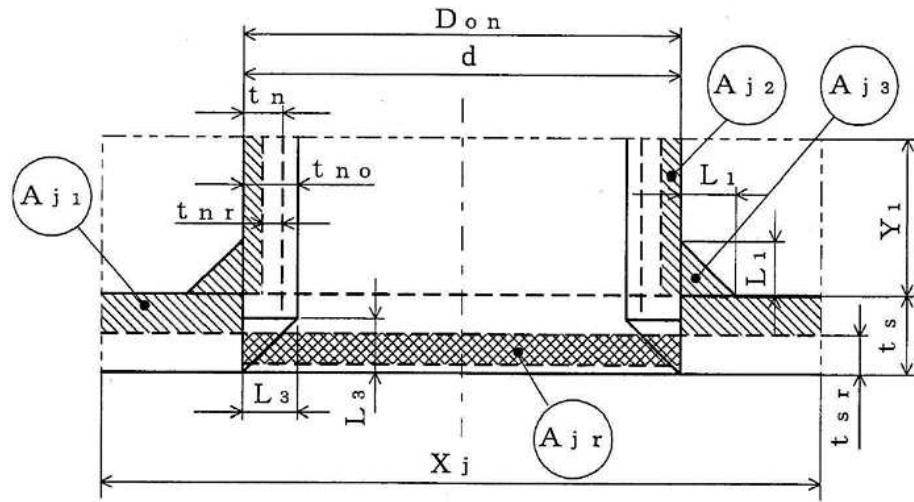


大きい穴の補強に有効な面積

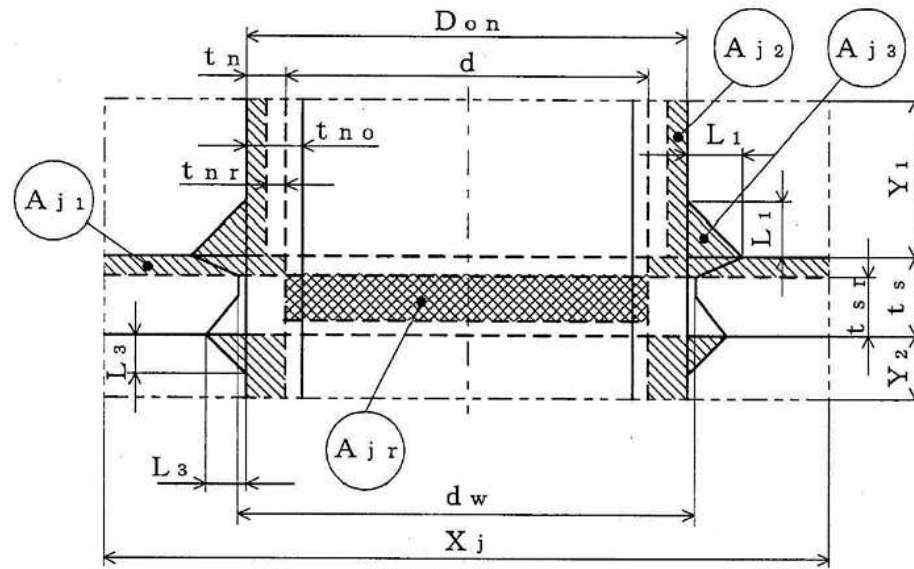


大きい穴の補強に必要な面積

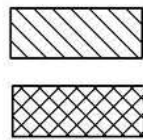
図 3-23



WELD-8



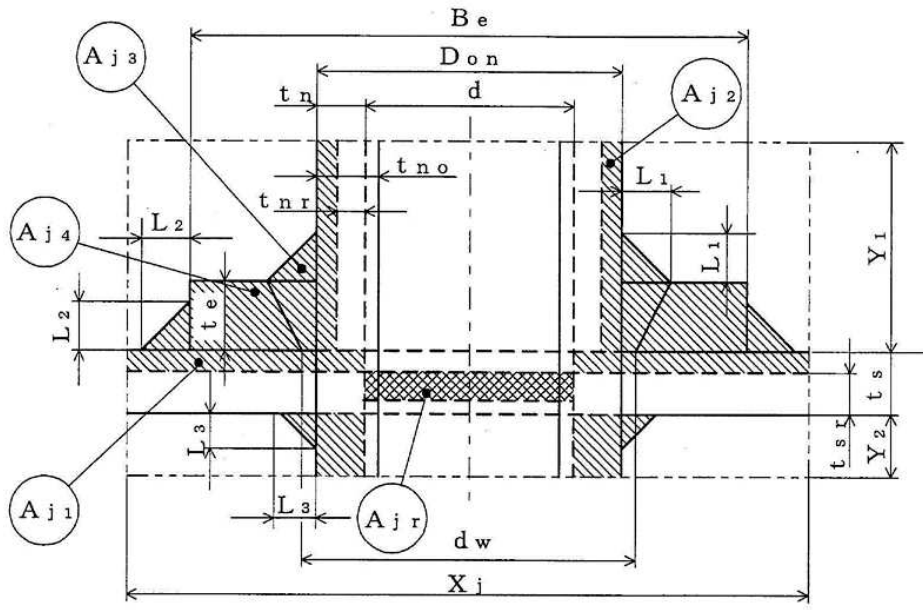
WELD-9



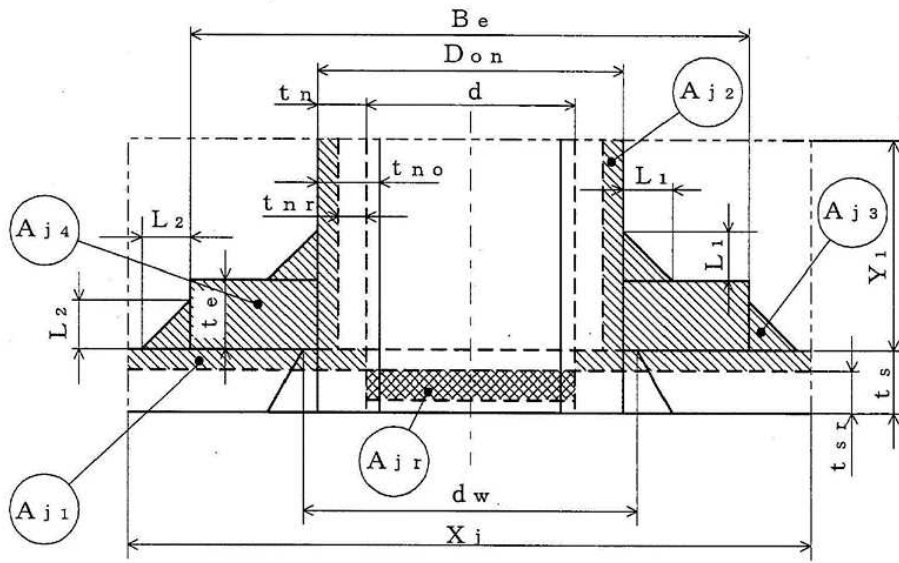
大きい穴の補強に有効な面積

大きい穴の補強に必要な面積

図 3-24



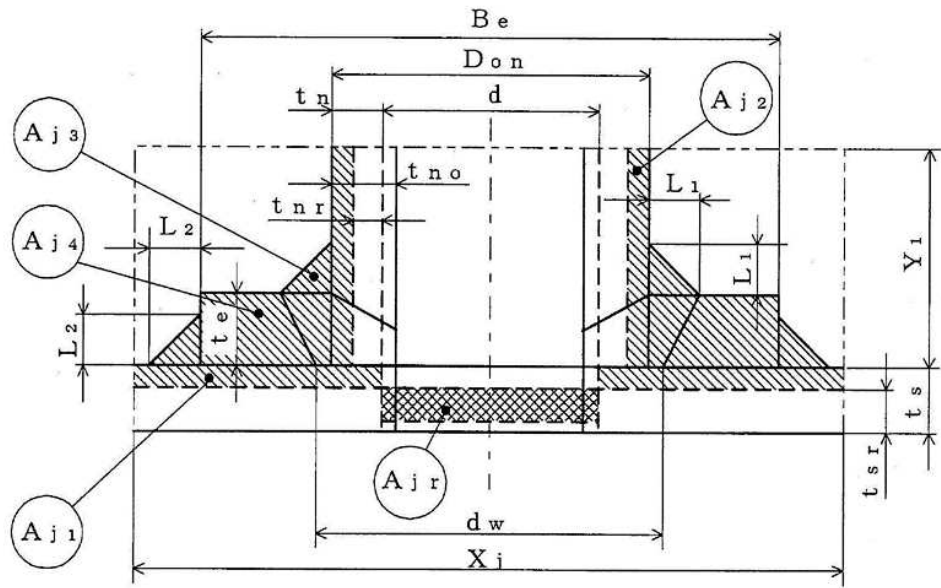
WELD-11



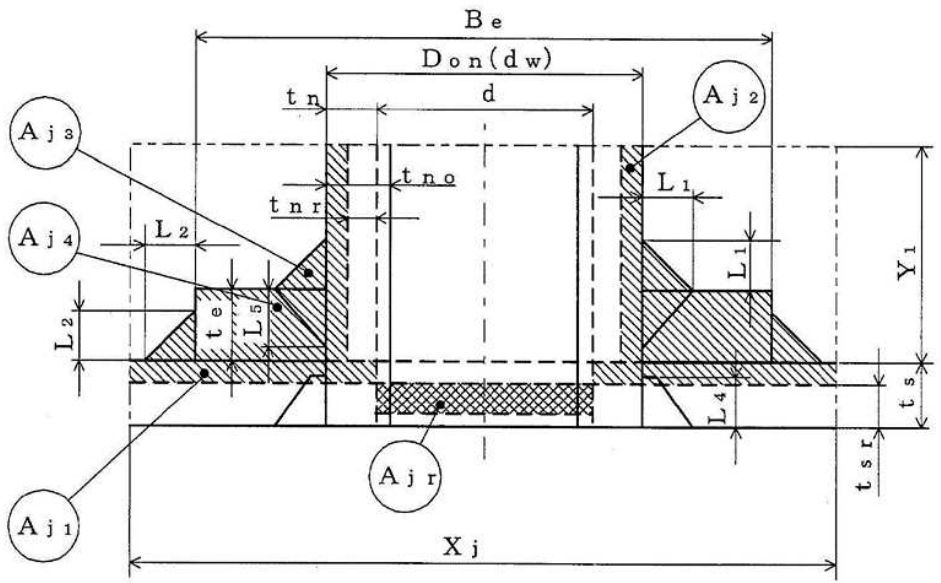
WELD-12

- 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

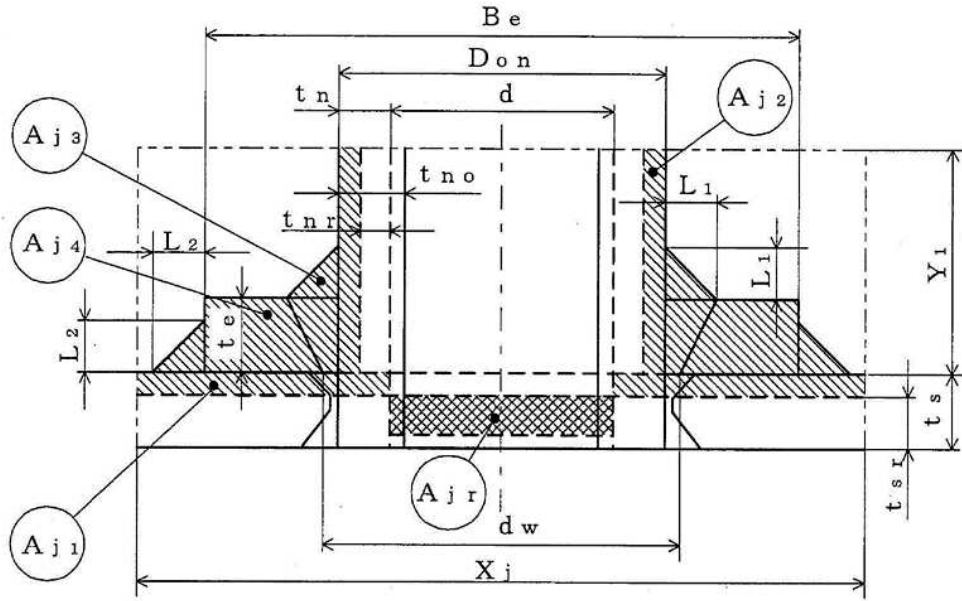


大きい穴の補強に有効な面積

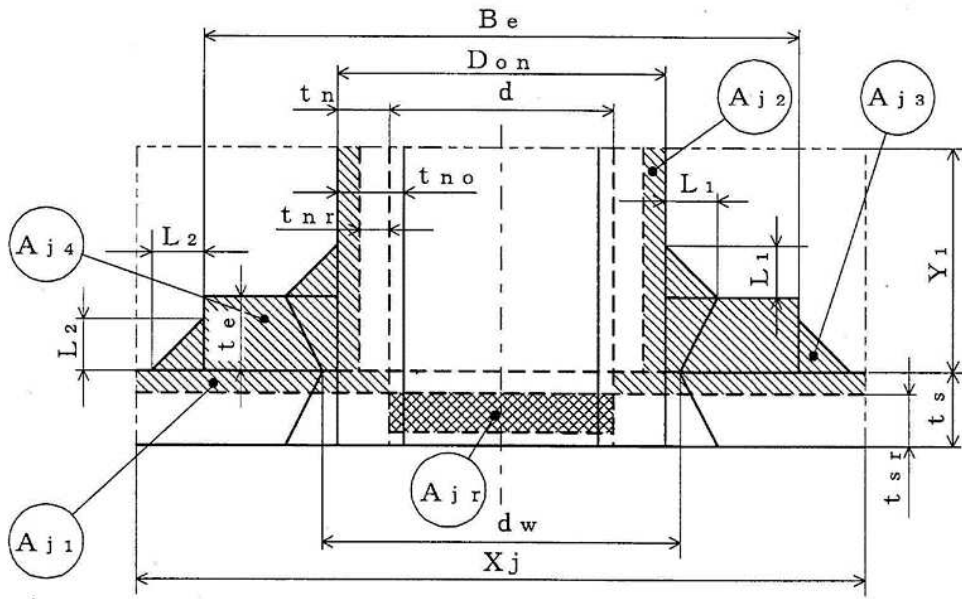


大きい穴の補強に必要な面積

図 3-26



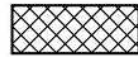
WELD-15



WELD-16

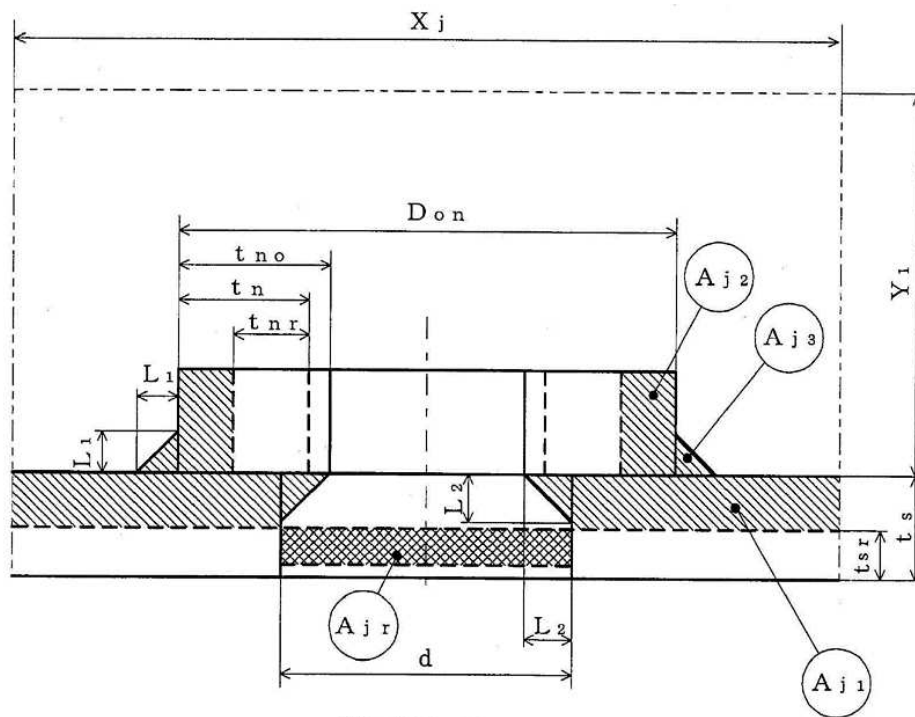


大きい穴の補強に有効な面積

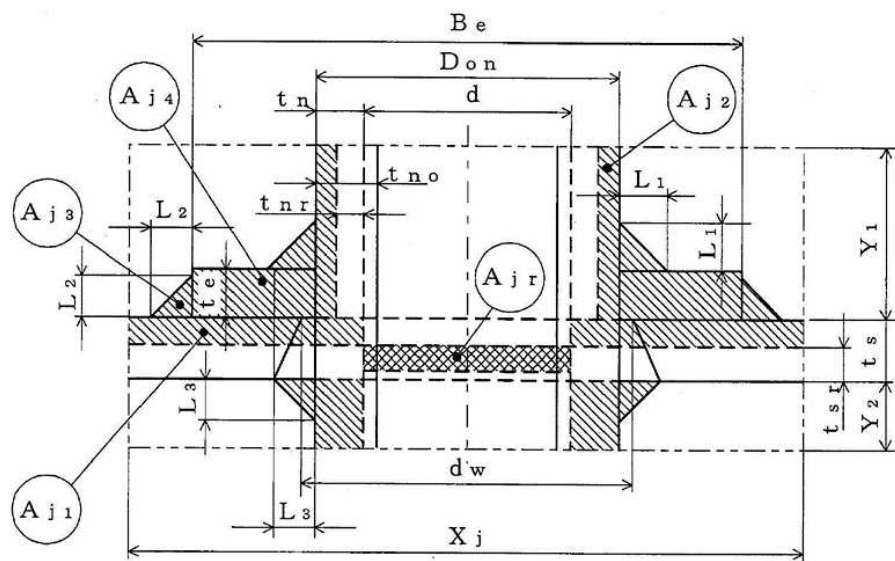


大きい穴の補強に必要な面積

図 3-27



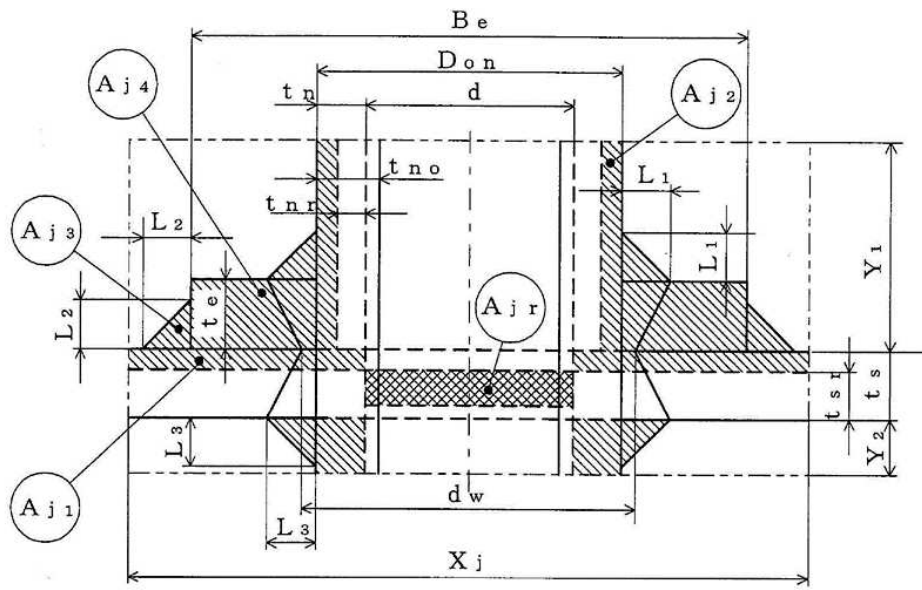
WELD-17



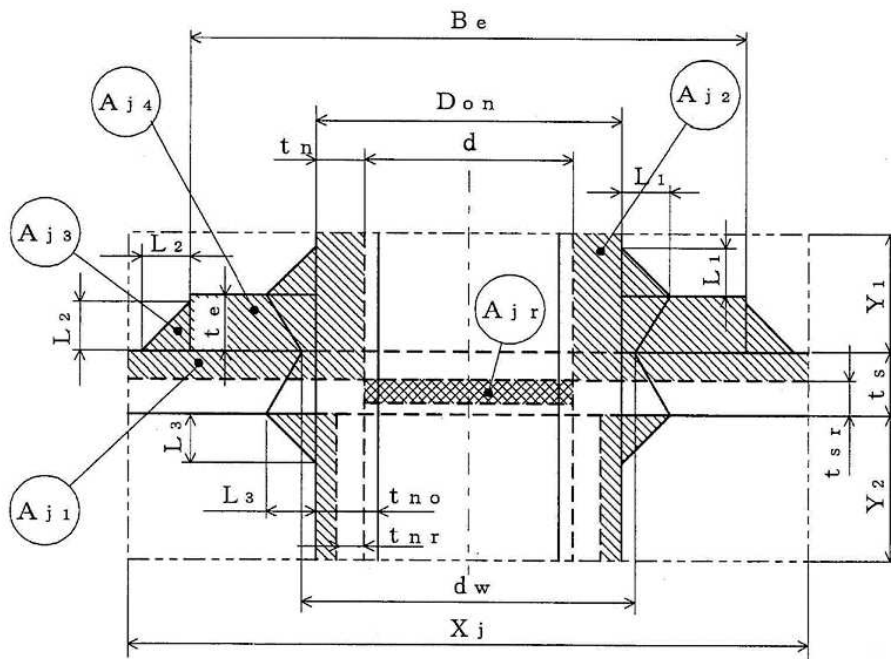
WELD-18

- 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'

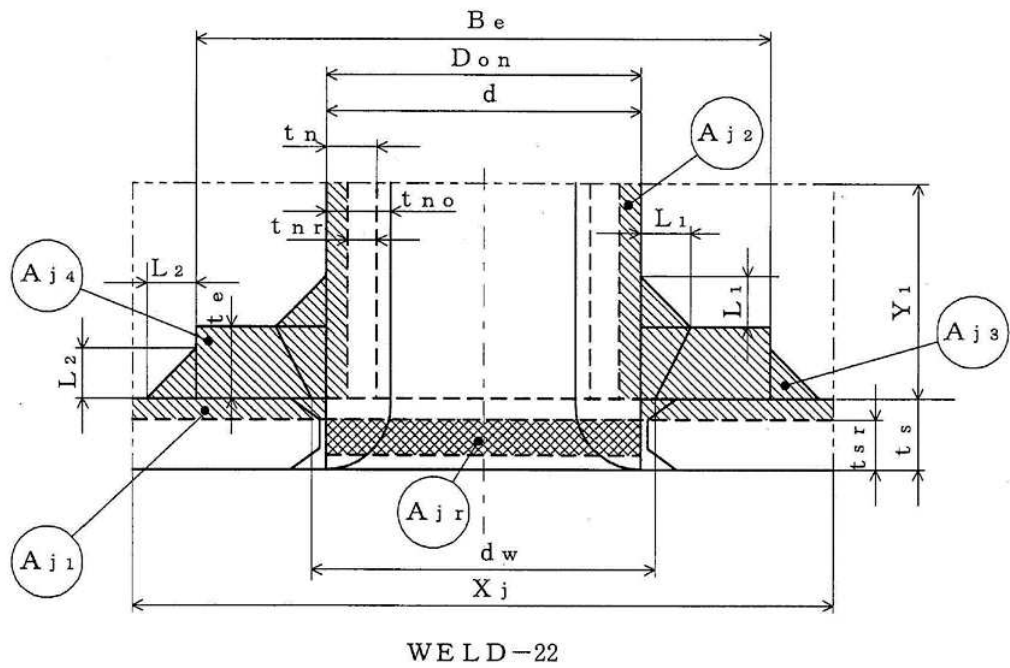


大きい穴の補強に有効な面積



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

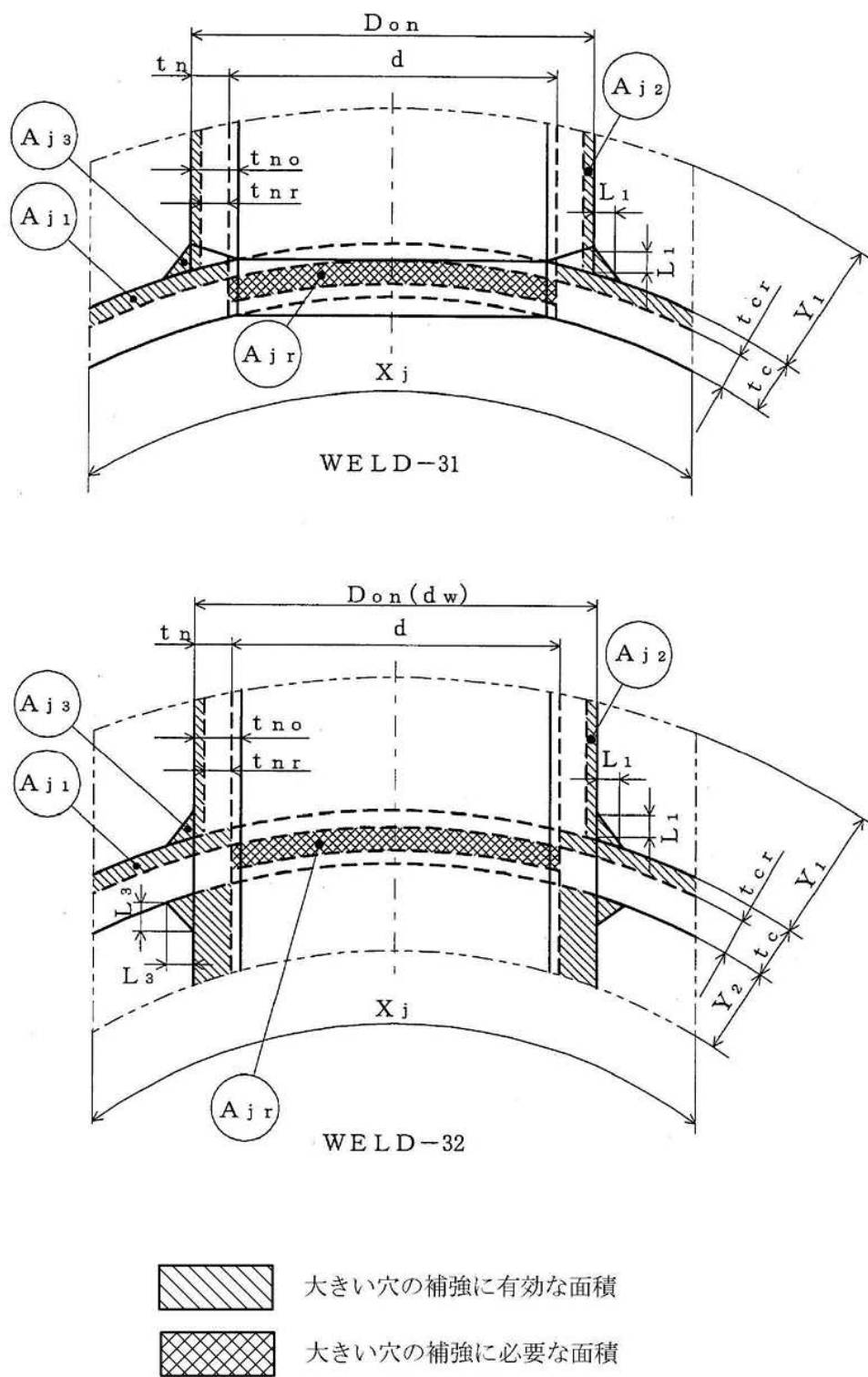
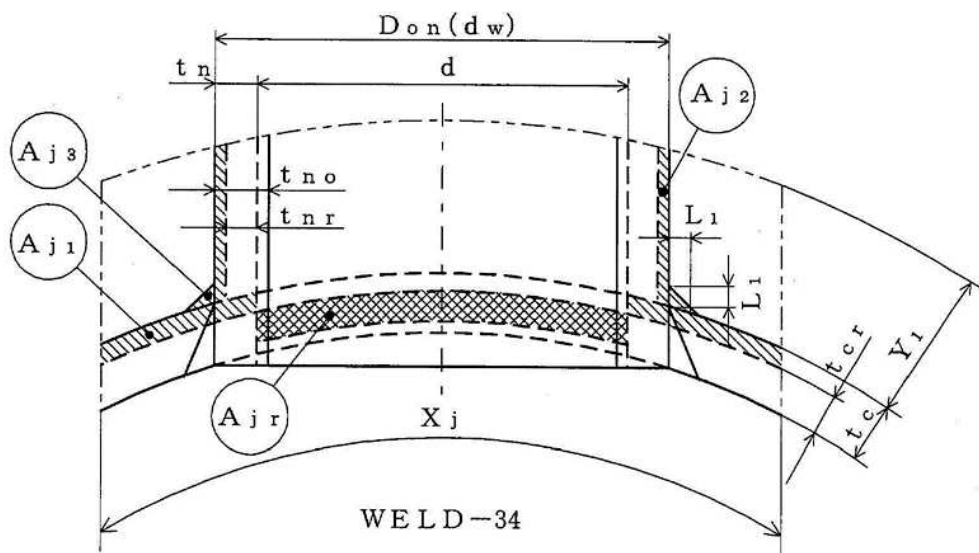
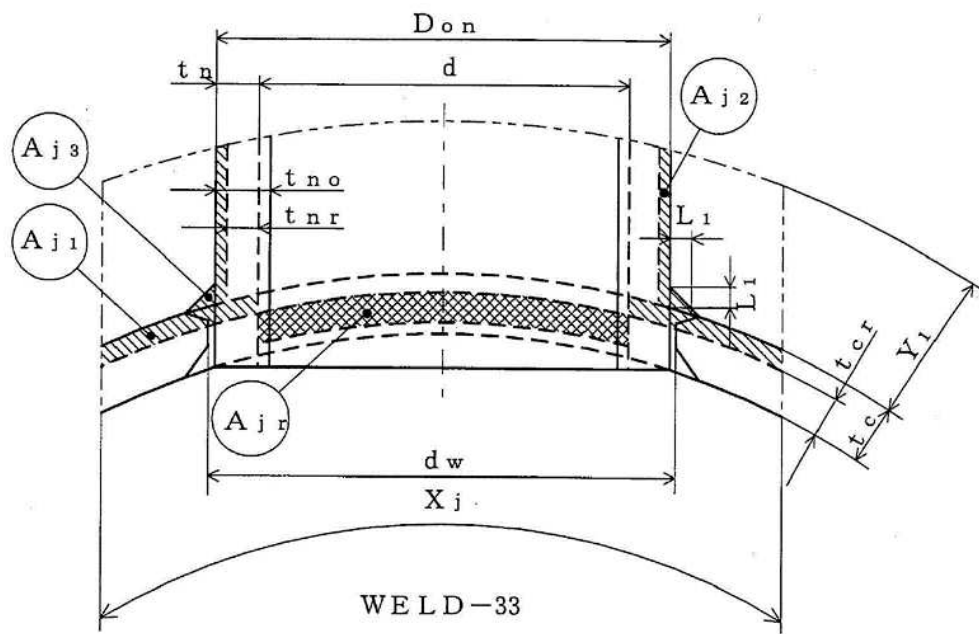


図 3-31



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

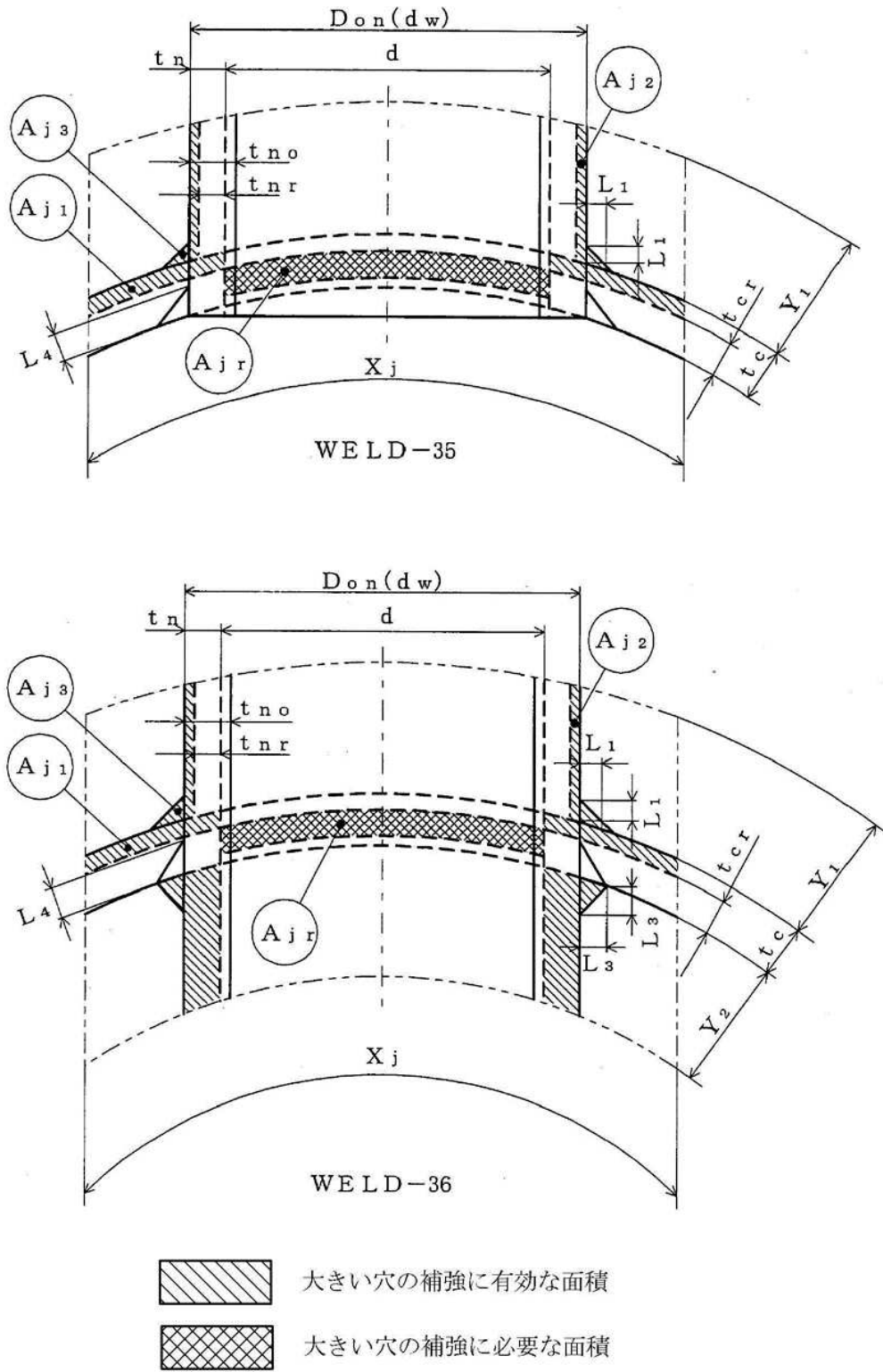
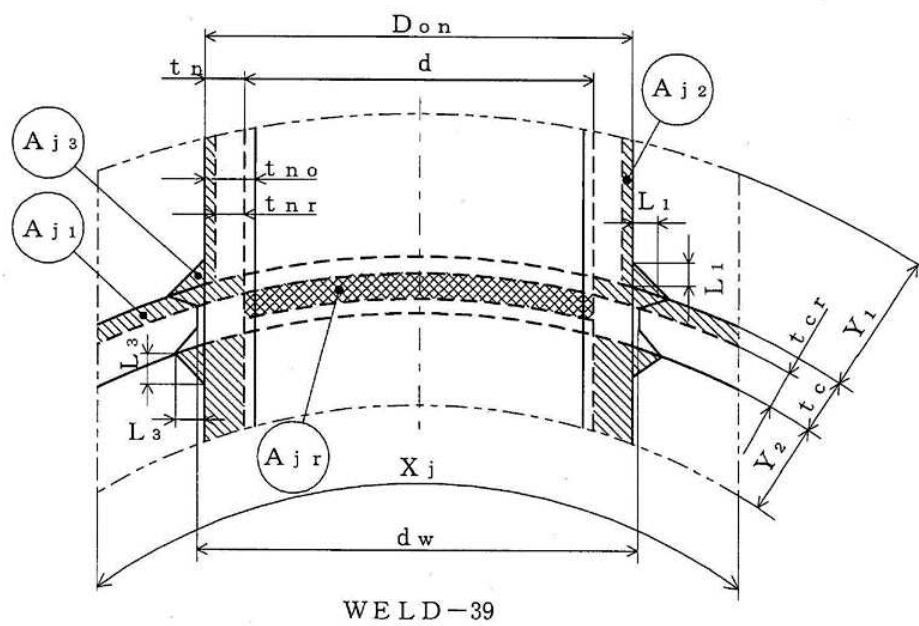
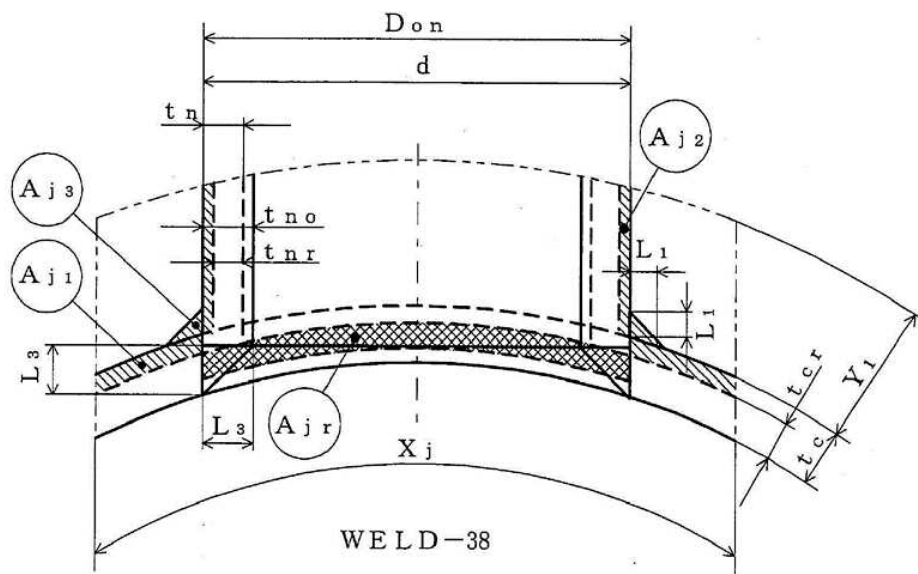


図 3-33



- 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

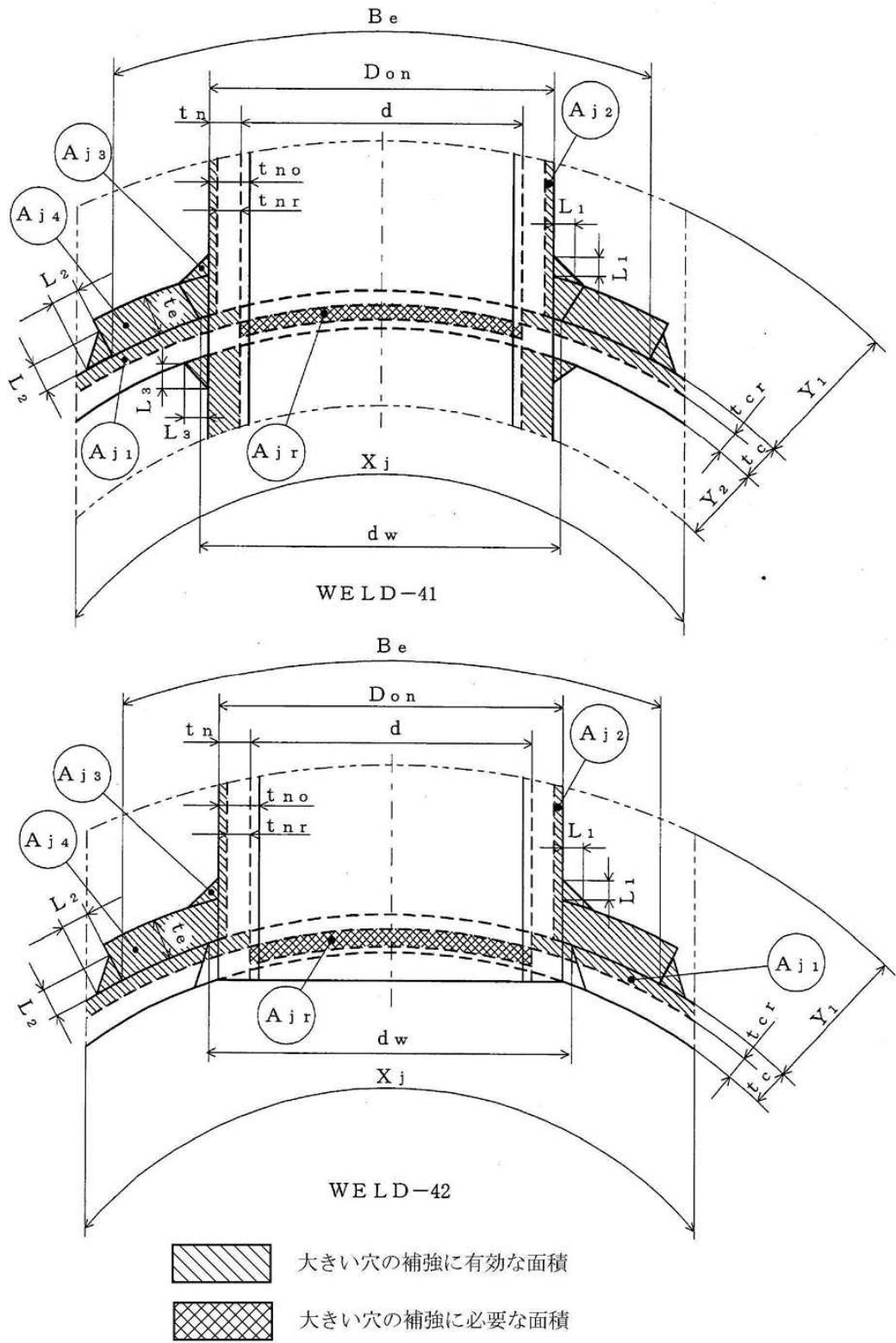


図 3-35

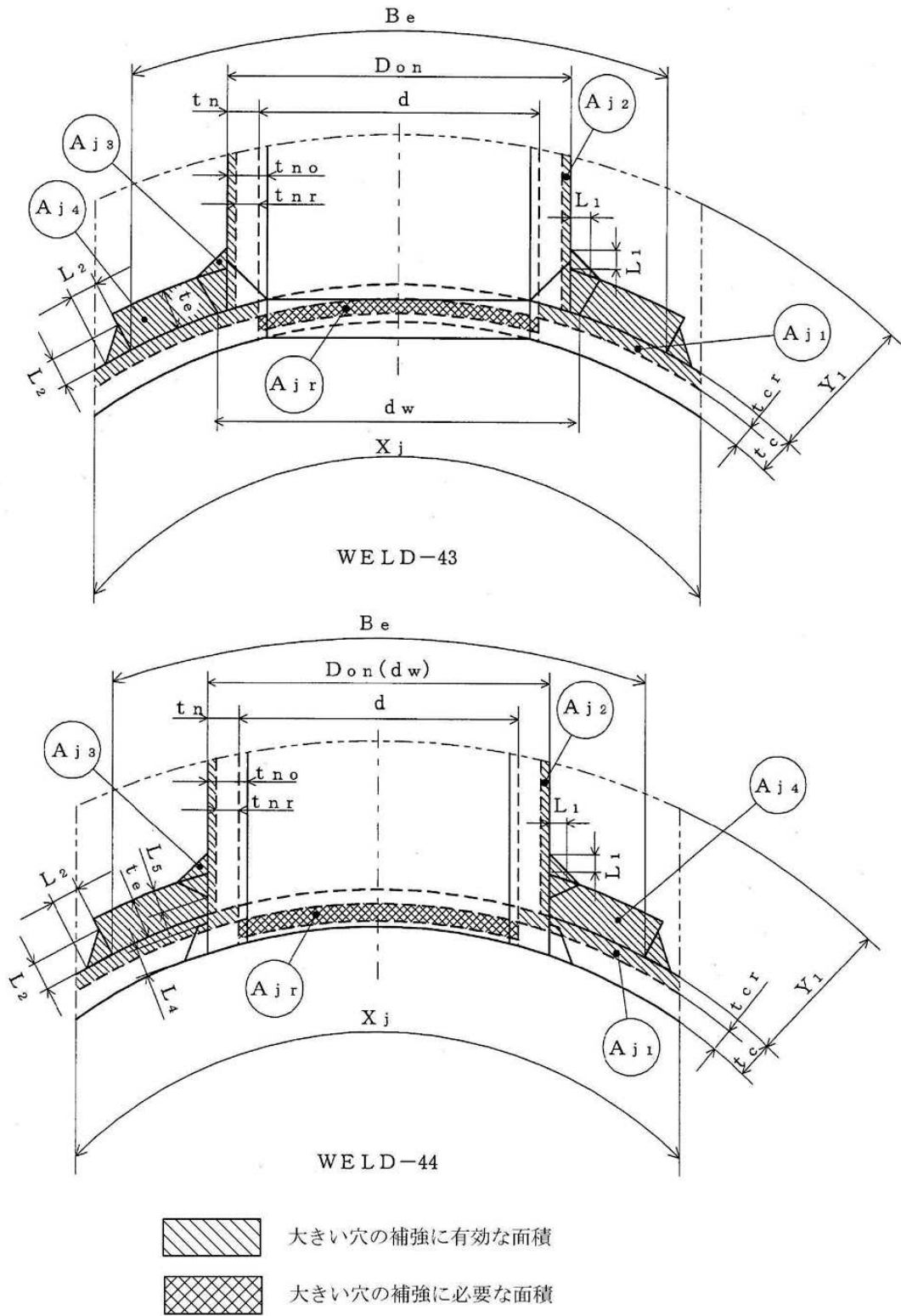


図 3-36

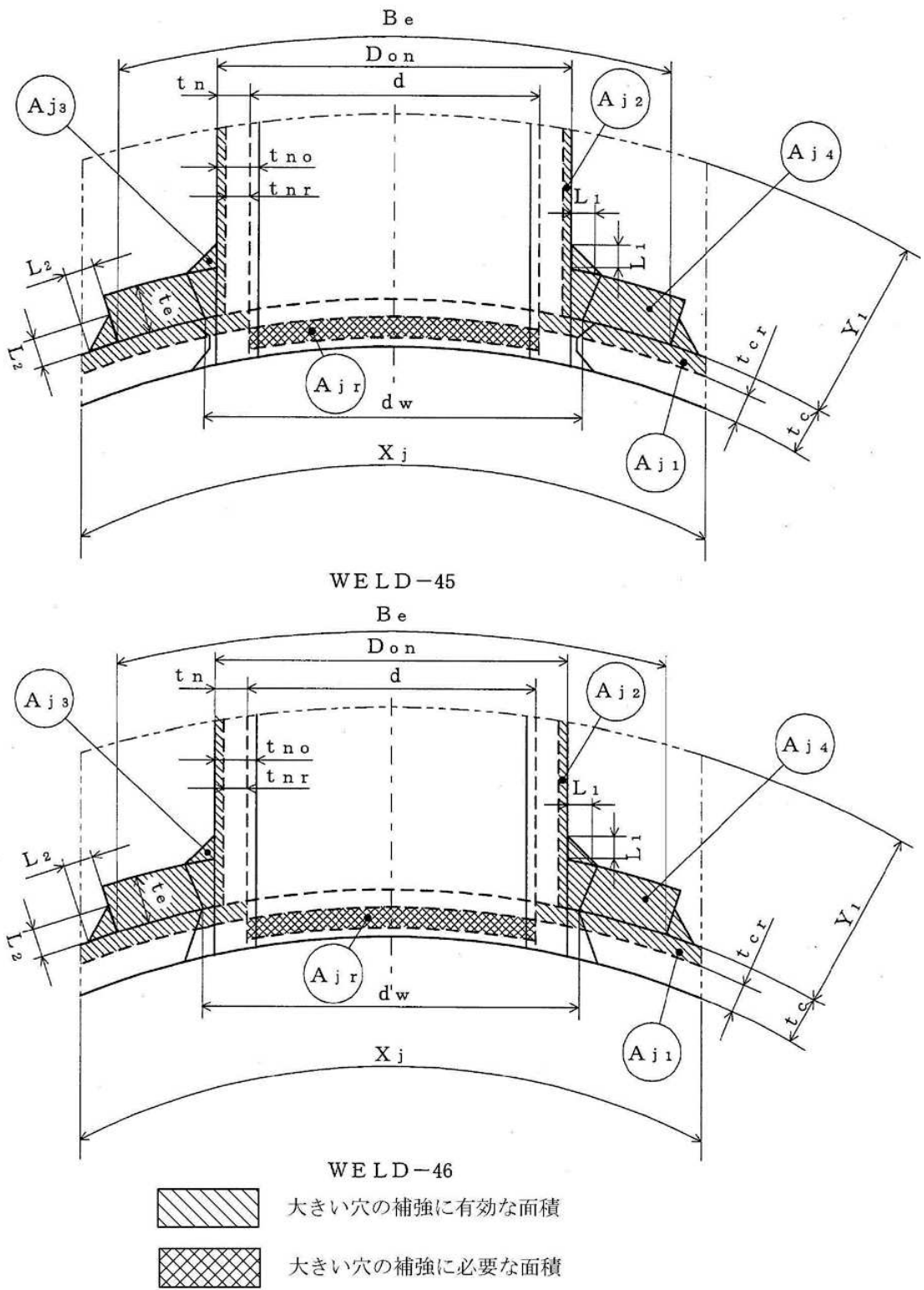


図 3-37

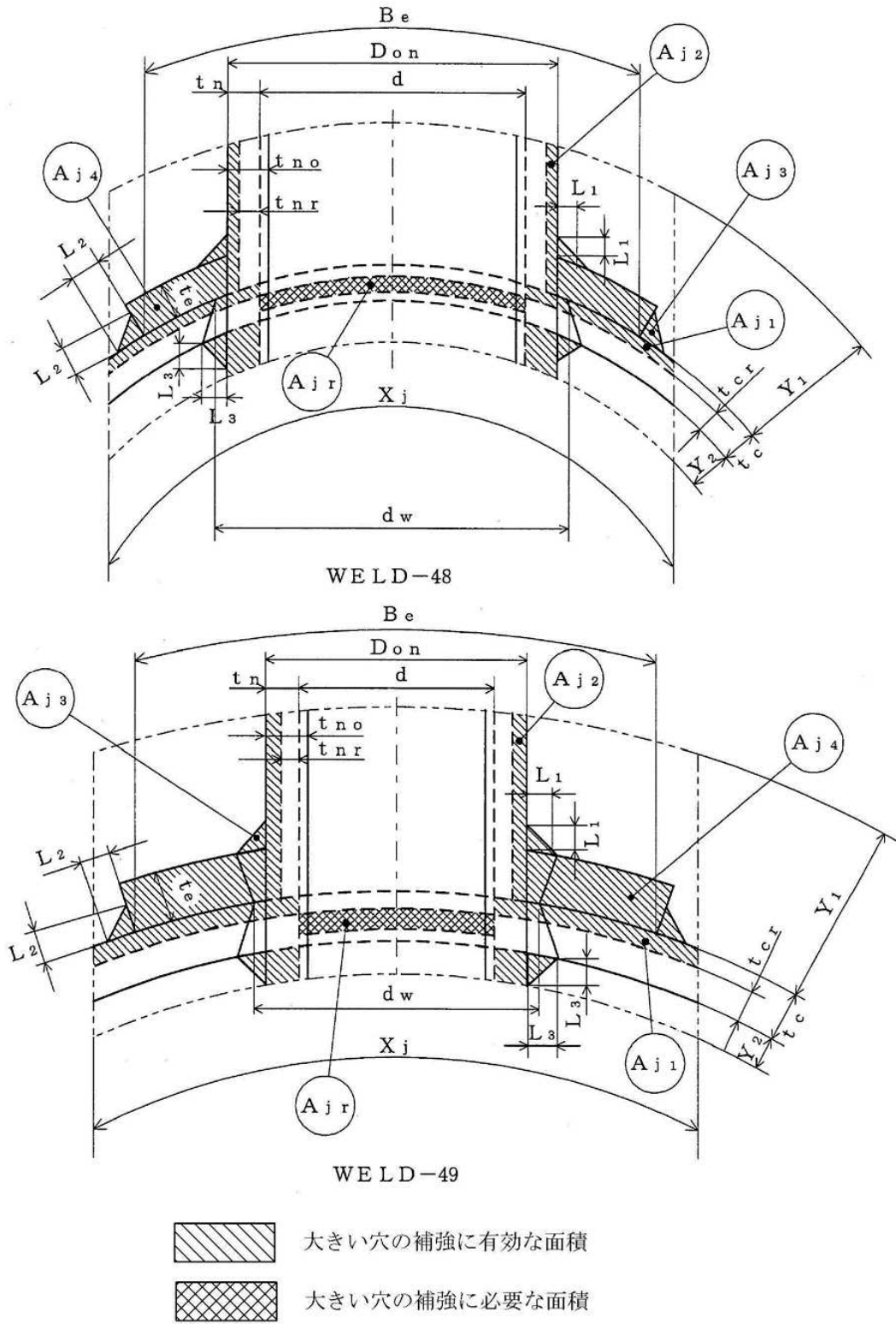


図 3-38

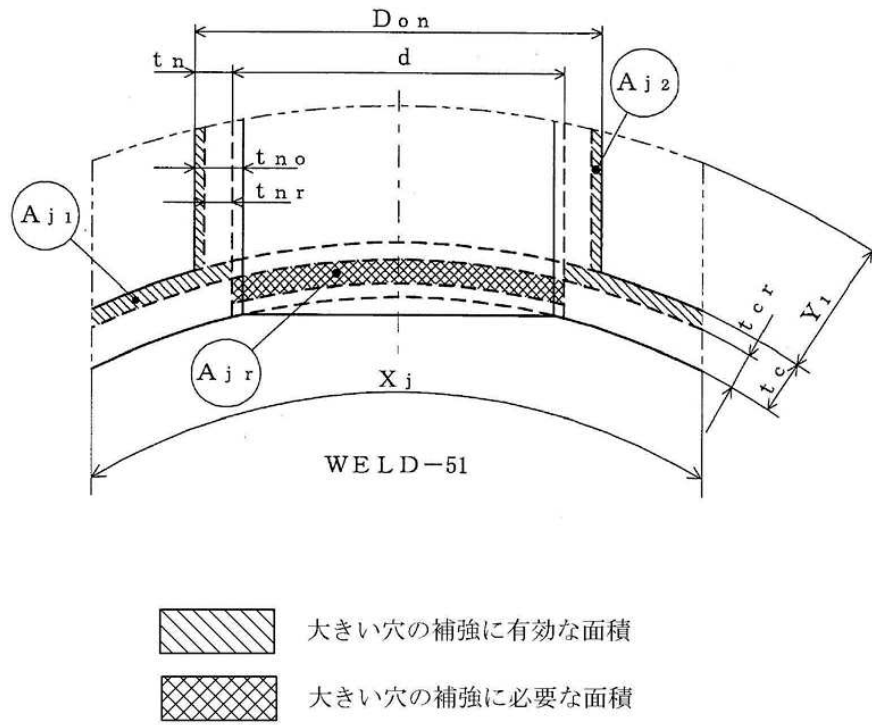


図 3-39

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_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 $\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} \leq \sigma_{fa}$

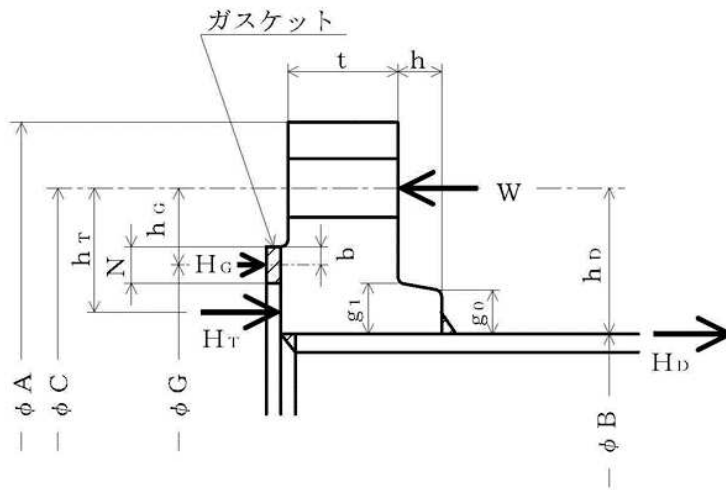
(b) ルーズ形フランジでハブがないもの、ハブを無視して計算するもの及びハブなしルーズ形フランジとして計算する任意形フランジ

イ. ボルトの総有効断面積 $A_b > A_m$

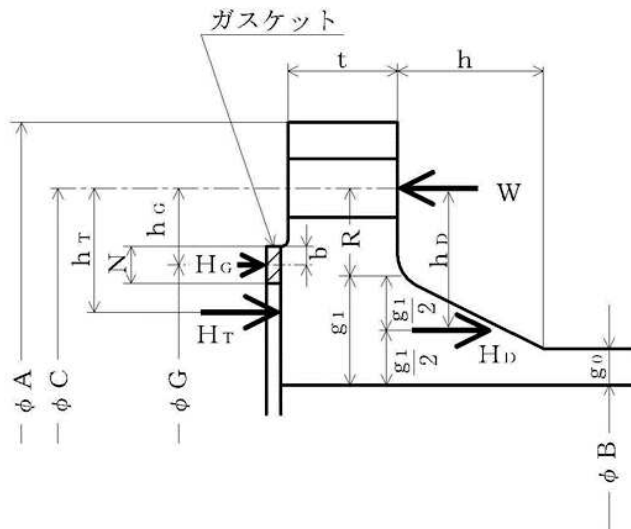
ロ. フランジの周方向応力

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)]

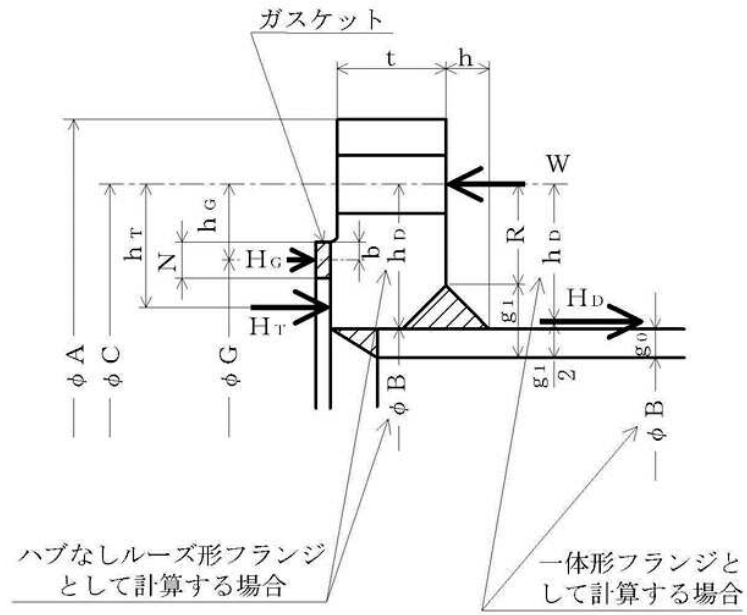


FLANGE-2 (JIS B 8265 附属書3 図2 7), 8), 9)
 [一体形フランジ]

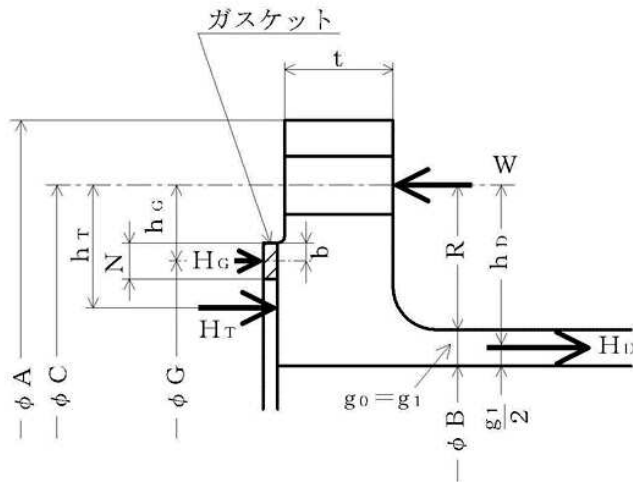
注1 : ここに示すフランジ形状は基本形式とする。

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



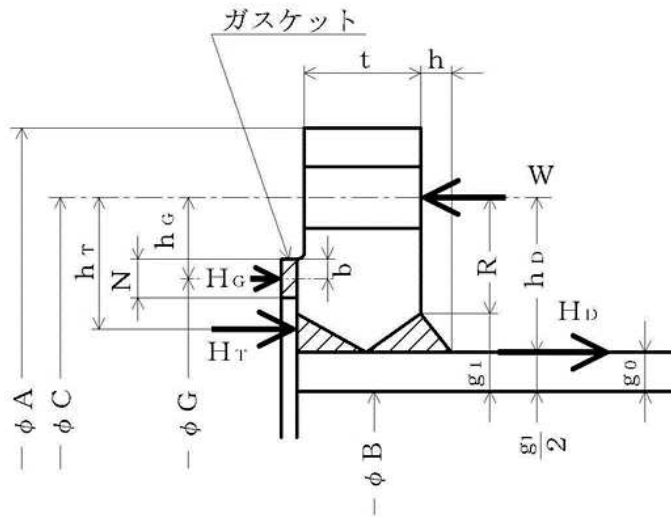
FLANGE-3 (JIS B 8265 附属書3 図2 11), 12), 13), 14), 15))
 [任意形フランジ]



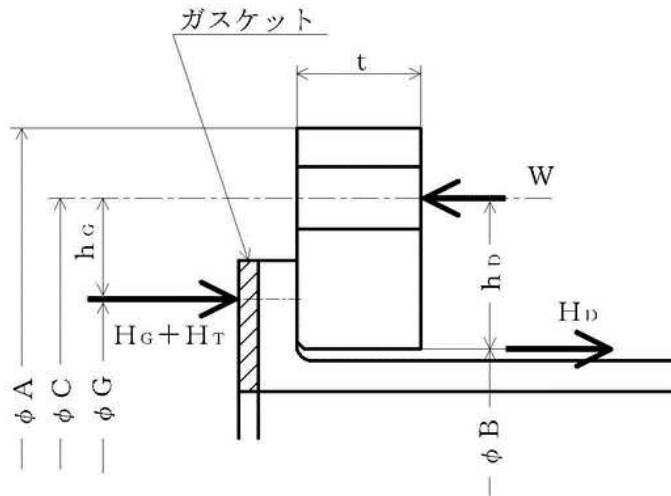
FLANGE-4 (JIS B 8265 附属書3 図2 6))
 [一体形フランジ]

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

○2 ① VI-3-2-8 R0

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 (℃)

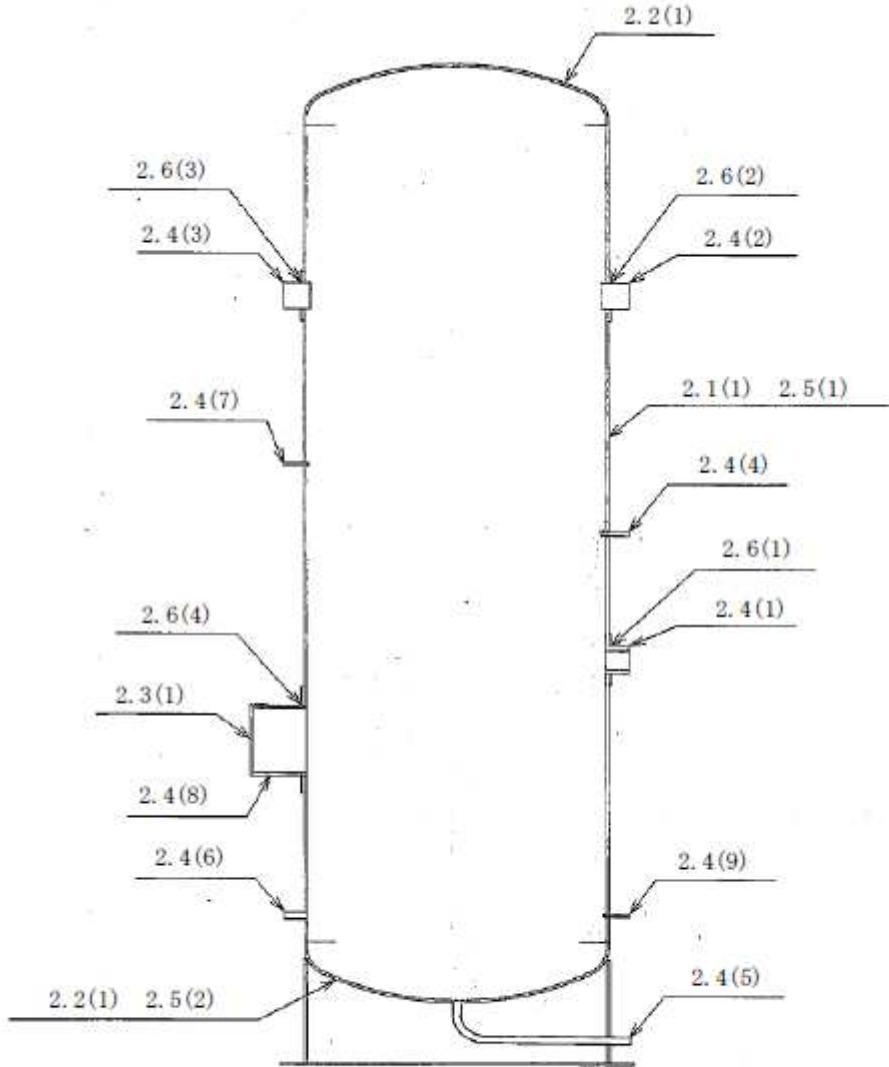
目次

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

O 2 ① VI-3-2-8 R 0

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ます。 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ます。

(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。）及び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
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
PPC-3415.2 (鏡板) PPC-3415.2(1) PPC-3415.2(2)	2.4	鏡板の強度計算
PPC-3416 (伸縮継手)	2.8	伸縮継手の強度計算
PPC-3420 (穴と補強) PPC-3421 PPC-3422 PPC-3423 PPC-3424 PPC-3422(3)	2.6 2.3	管の穴と補強計算 平板の強度計算

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

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

注記 * : 設計・建設規格 PPC-3414(2)により J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」 (以下「J I S B 8 2 6 5」という。) の附属書 3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」を用いて計算を行う。

1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本書と各配管の強度計算書からなる。
- (2) 各配管の強度計算書では、記号の説明及び計算式を省略しているため、本書によるものとする。
- (3) 各配管の強度計算書において、NO. の番号は概略系統図の丸で囲んだ番号を表す。

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-3 に示すとおりとする。

表 1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	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 $\left(\begin{array}{l} \text{付録材料図表} \\ \text{Part5 表 5 の許容} \\ \text{引張応力の上段} \end{array} \right)$	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	—
		管及び鏡板は設計・建設規格 PVC-3130 による。レジューサは設計・建設規格 PVC-3130 及び PVC-3140 による。	

2.2 管の板厚計算

管の板厚計算は、設計・建設規格 PPC-3411 を適用する。

(1) 記号の説明

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

(2) 算式

管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPC-3411(1)の式より求めた値：t

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

b. 外面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPC-3411(2)の図 PPC-3411-1 より求めた値。ただし、図から求められない場合は次の式より求めた値：t_{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・建設規格上必要な最小厚さ：t_t

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

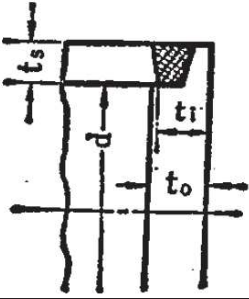
平板の強度計算は、告示第501号第58条第3項又は設計・建設規格 PPC-3413 及び設計・建設規格 PPC-3422(3)を適用する。

(1) 記号の説明

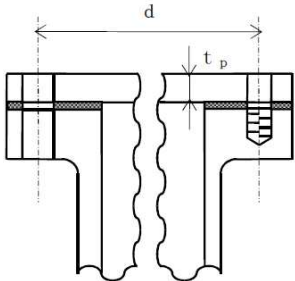
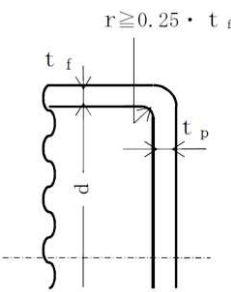
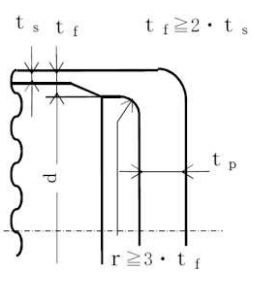
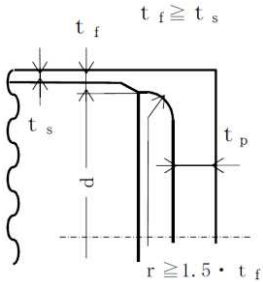
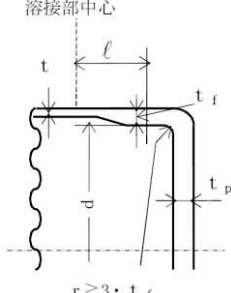
告示第501号 又は設計・ 建設規格又は JISの記号	計算書の表示	表示内容	単位
A_b	A_b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm^2
A_m	A_m	ボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m1}	A_{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm^2
A_{m2}	A_{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm^2
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b_o	b_o	ガスケット座の基本幅（JIS B 8265 附属書3 表3による。）	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	告示第501号第58条第3項の表又は設計・建設規格の表 PPC-3413-1 に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（JIS B 8265 附属書3 表2による。）	—
N	N	ガスケットの接触面の幅（JIS B 8265 附属書3 表3による。）	mm
n	n	ボルトの本数	—
r	r	すみの丸みの内半径	mm

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 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
	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	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_{p0}	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

(2) 形状の制限 (告示第501号)

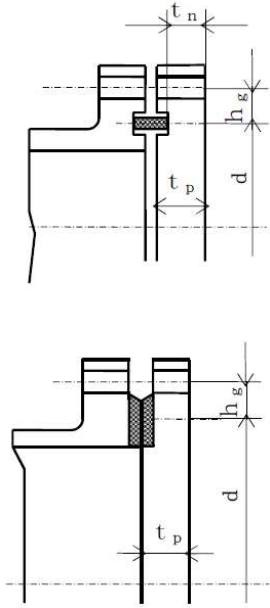
取付け方法	形状の制限
(i) 	$t_i \geq 2 \cdot t_r$ かつ, $t_i \geq 1.25 t_s$ であること。

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
(j)		<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>
(k)		$t_c \geq \text{Min} (0.7 \cdot t_s, 6 \text{ mm})$ であること。
(l)	<p>$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$</p>	$t_w + t_{w2} \geq 2 \cdot t_s$ であること。

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 $\frac{1.0 \cdot F \cdot h_g^{*3}}{W \cdot d}$
(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) 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 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、設計・建設規格 PPC-3415.2 及び設計・建設規格 PPC-3411 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
B	B	中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1～図 20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に t となる。)	—
D	D	半だ円形鏡板の内面における長径	mm
D ₀	D ₀	鏡板が取り付けられる管の外径 (フランジ部の外径と同じ。)	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 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 _{co}	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

形状は設計・建設規格 PPC-3415.2(1)c.により以下とする。

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

設計・建設規格 PPC-3415.2(2)e.の式 PPC-1.17 又は設計・建設規格 PPC-3415.2(2)f.より求めた値

(a) 中低面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P} \dots \dots \dots (C)$$

ただし,

$$K = \frac{1}{6} \cdot \left\{ 2 + \left(\frac{D}{2 \cdot h} \right)^2 \right\}$$

(b) 中高面に圧力を受けるもの

$$t = \frac{P_e \cdot K_K \cdot R_R}{B} \dots \dots \dots (C')$$

d. 鏡板のフランジ部

設計・建設規格 PPC-3411により求めた値

(a) 内面に圧力を受ける管 (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 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、設計・建設規格 PPC-3420 を適用する。

(1) 記号の説明

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位	
直管 又は 曲げ 管の 記号	B	B	外面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1～ 図 20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算 により最終的に t_{br} 及び t_{rr} となる。)	—	
	D	D_{or}	主管の外径	mm	
	d	d	断面に現われる穴の径	mm	
	d	d_{fr}	補強を要しない穴の最大径	mm	
	K	K	穴の補強計算の係数 $\left(= \frac{P \cdot D_{or}}{1.82 \cdot S_r \cdot \eta \cdot t_r} \right)$	—	
			Q_r	主管の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S_r	最高使用温度における主管の材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に よる。	MPa	
	t_s	t_r	主管の最小厚さ	mm	
		t_{ro}	主管の公称厚さ	mm	
	t_{sr}, t_{r3}	t_{rr}	主管の計算上必要な厚さ	mm	
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 PVC-3130 に規定する効率 その他の場合は 1.00 とする。	—		

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
鏡板の記号	B	B	中高面に圧力を受ける場合の計算に用いる係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 1～ 図 20 により求めた値 (Bを求める際に使用した板の厚さは繰返し計算により最終的に t_{br} 及び t_{cr} となる。)	—
	D	D	鏡板の内面における長径	mm
	D	D_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 _{c o}	平板の呼び厚さ	mm
	t _{s r} , t _{r 2}	t _{c r}	平板の計算上必要な厚さ	mm
		取付け方法	平板の取付け方法で設計・建設規格 PPC-3413 の表 PPC-3413-1 による。	—
	(a)~(n)	2A~2N	取付け方法の表示区分	

	設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
共通記号 (管の穴と補強計算)	A	A 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
	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	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 _{r 2}	補強を要しない穴の最大径	mm
	F	F	設計・建設規格 PPC-3424(1)b.により求められる係数	—
		F 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	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
		S	Q _b	管台の厚さの負の許容差	%, mm
	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。

	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

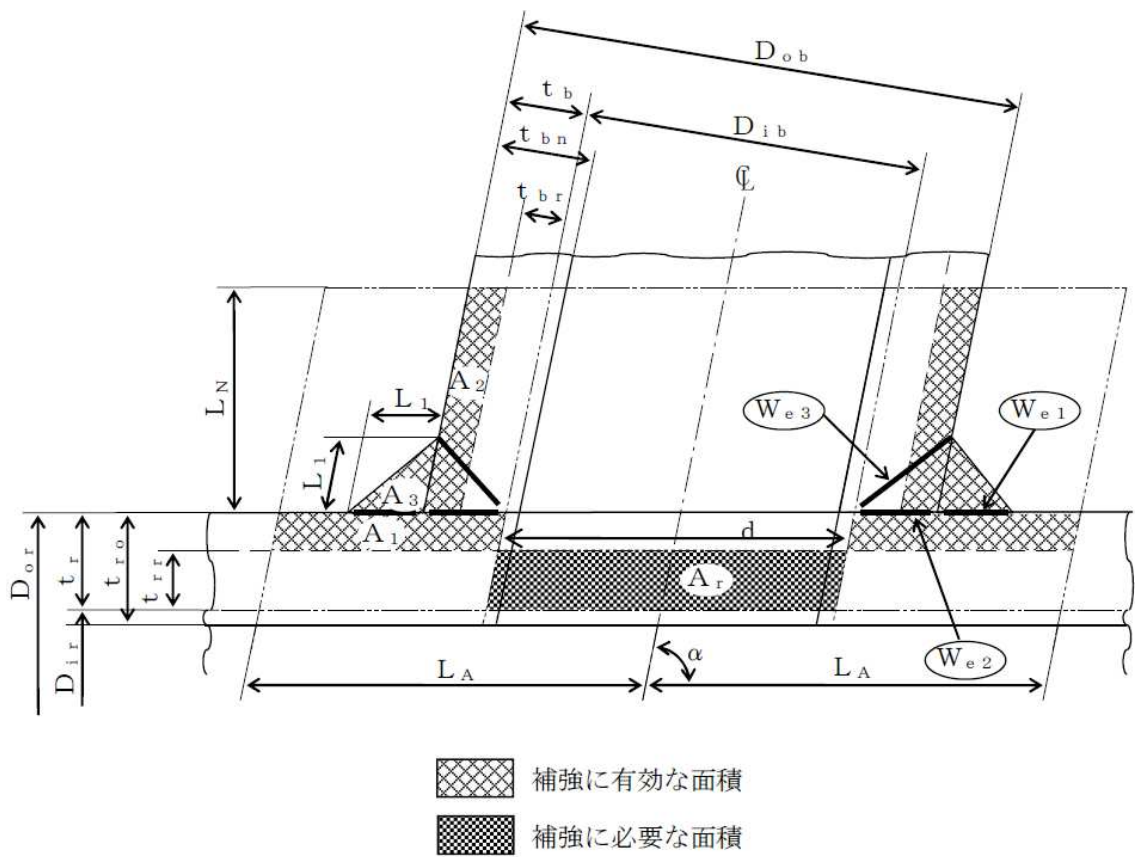
a. 穴の形状

管に設ける穴は、設計・建設規格 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。

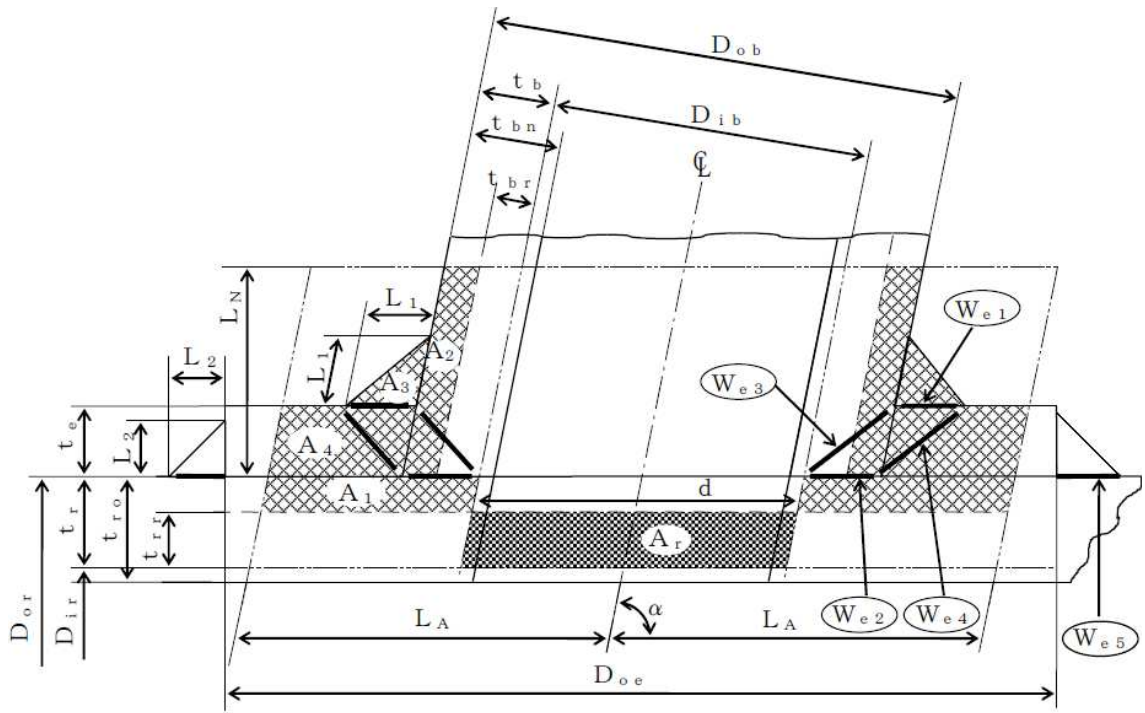
ただし、すみ肉溶接部分の破断箇所については、両方の脚長が等しいため、片側の脚長の破断形式のみを図示する。



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)

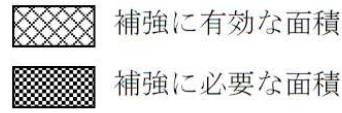
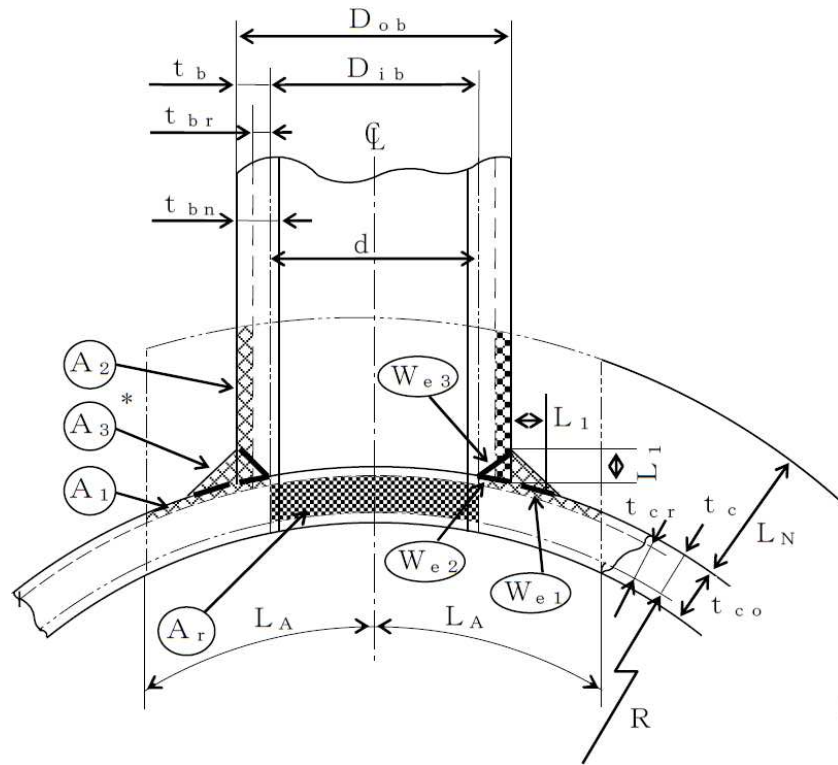


補強に有効な面積
 補強に必要な面積

予想される破断形式

- $(W_{e1} \quad W_{e3})$ を通る破断
- $(W_{e2} \quad W_{e4})$ を通る破断
- $(W_{e2} \quad W_{e5})$ を通る破断

図 2-2 B形 (強め材のある場合)

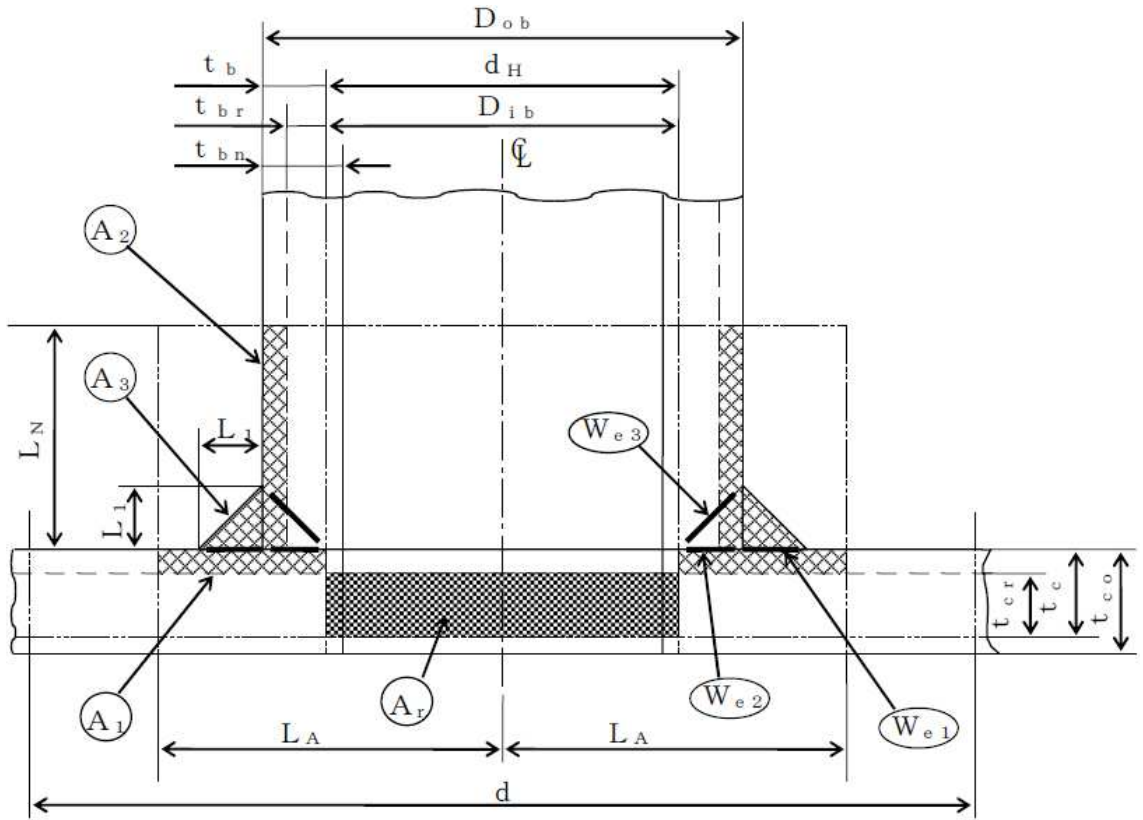


予想される破断形式

- 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、補強面積評価上は考慮しない。

図 2-3 A形 (鏡板で強め材のない場合)

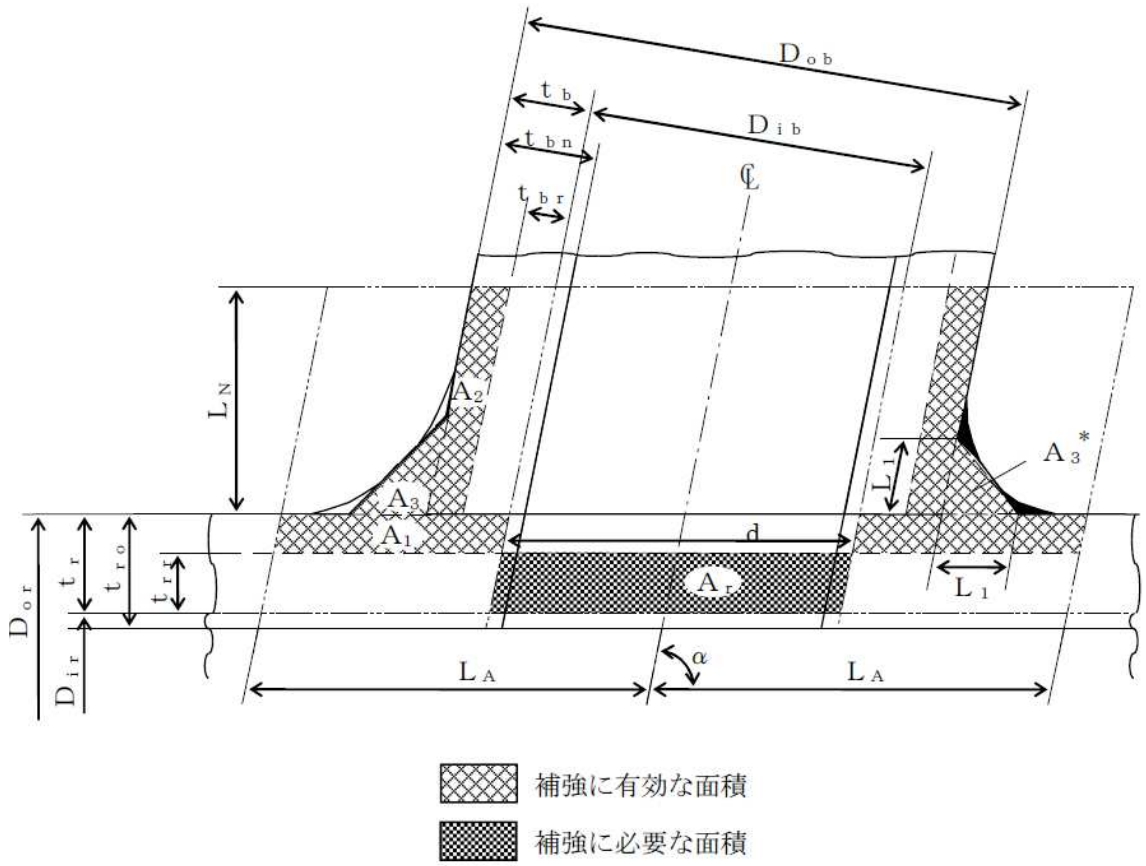


- 補強に有効な面積
- 補強に必要な面積

予想される破断形式

- W_{e3} を通る破断
- W_{e1} W_{e2} を通る破断

図 2-4 A形 (平板で強め材のない場合)



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

図 2-5 C形 (一体形で強め材のない場合)

c. 穴の補強の要否

穴の補強の要否は、設計・建設規格 PPC-3422 を適用する。

(a) 算式

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

イ. 平板以外の管に設ける穴であって、穴の径が 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 PPC-3422-1 及び図 PPC-3422-2 により求めた値以下の穴 (d_{r2})

直管又は曲げ管の場合

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

鏡板の場合

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

ただし、Kの値は次の算式による。

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

(ロ) さらに形鏡板又は半だ円形鏡板の場合

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

(ハ) 全半球形鏡板の場合

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

ただし、 $K > 0.99$ の場合は $K = 0.99$ とする。

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

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

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

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

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

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

(b) 評価

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

必要な場合は、 d 項以降による。

d. 穴の補強に有効な範囲

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

ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 鏡板の場合

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

ハ. 平板の場合

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

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 鏡板の場合

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

ハ. 平板の場合

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

e. 主管の厚さの計算

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

(a) 直管又は曲げ管の場合

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

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、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、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 ($d_{f r D}$)

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 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。

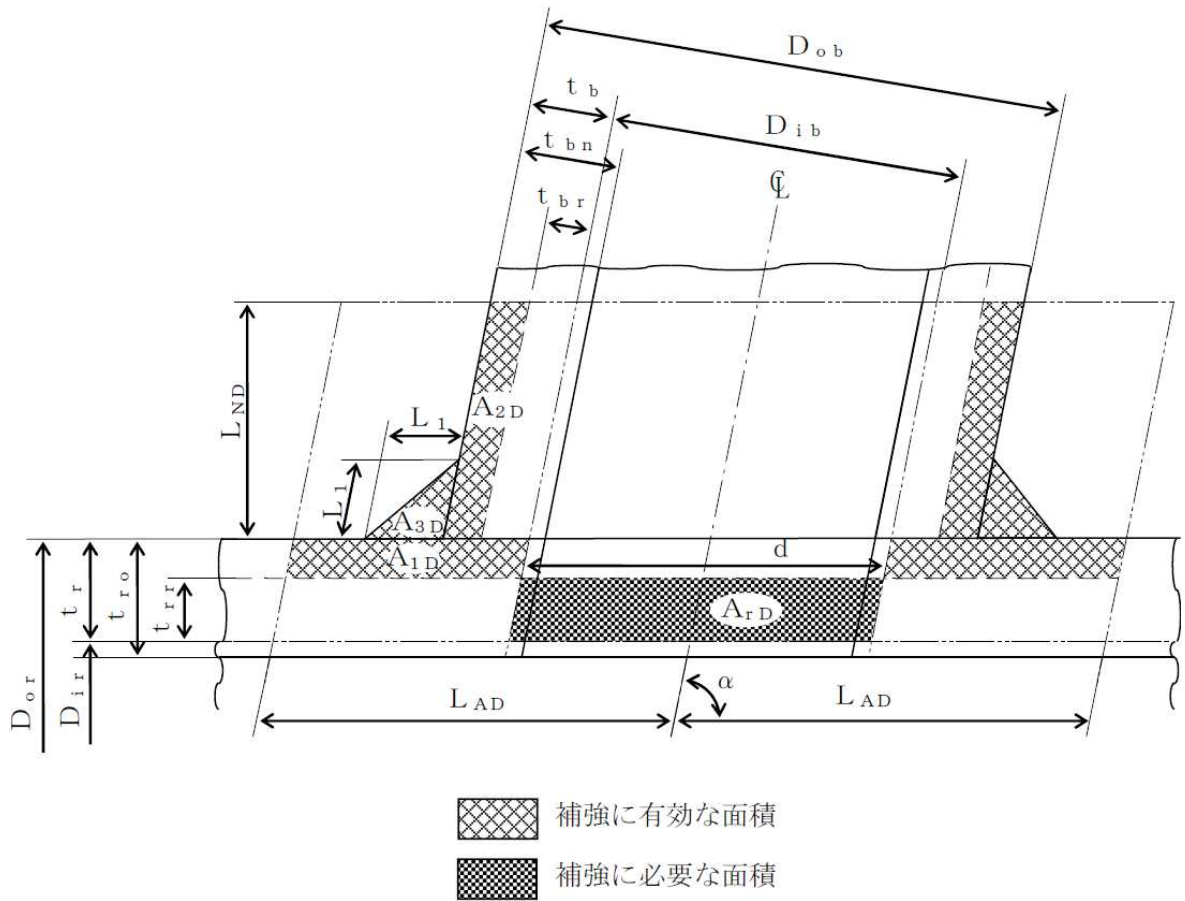


図 2-6 A形（強め材のない場合）

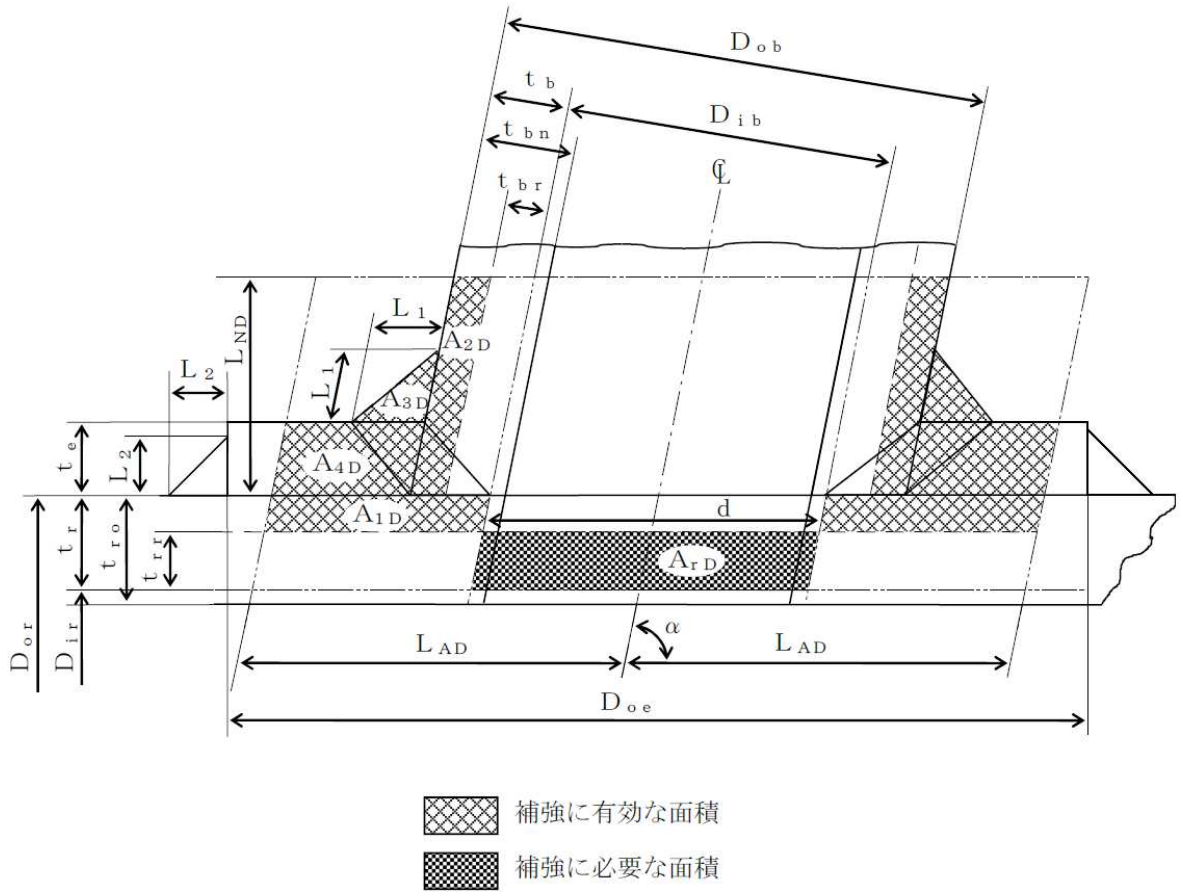
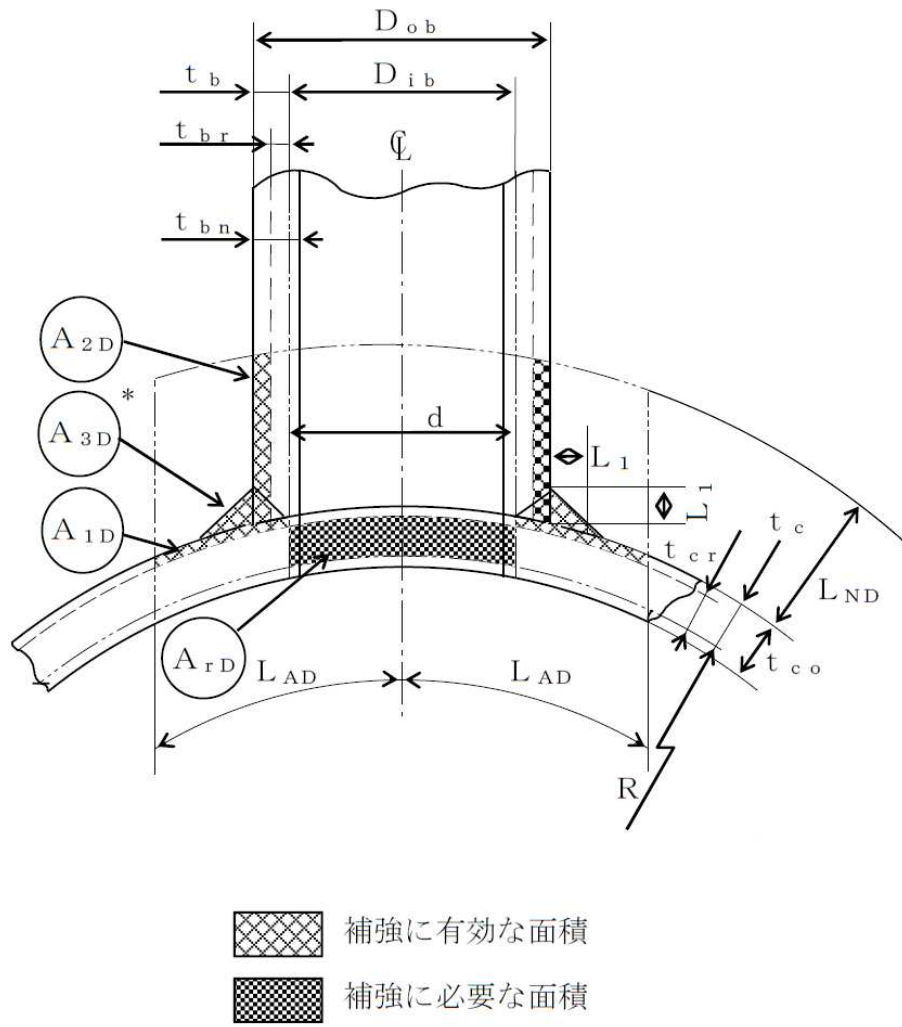


図 2-7 B形 (強め材のある場合)



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)

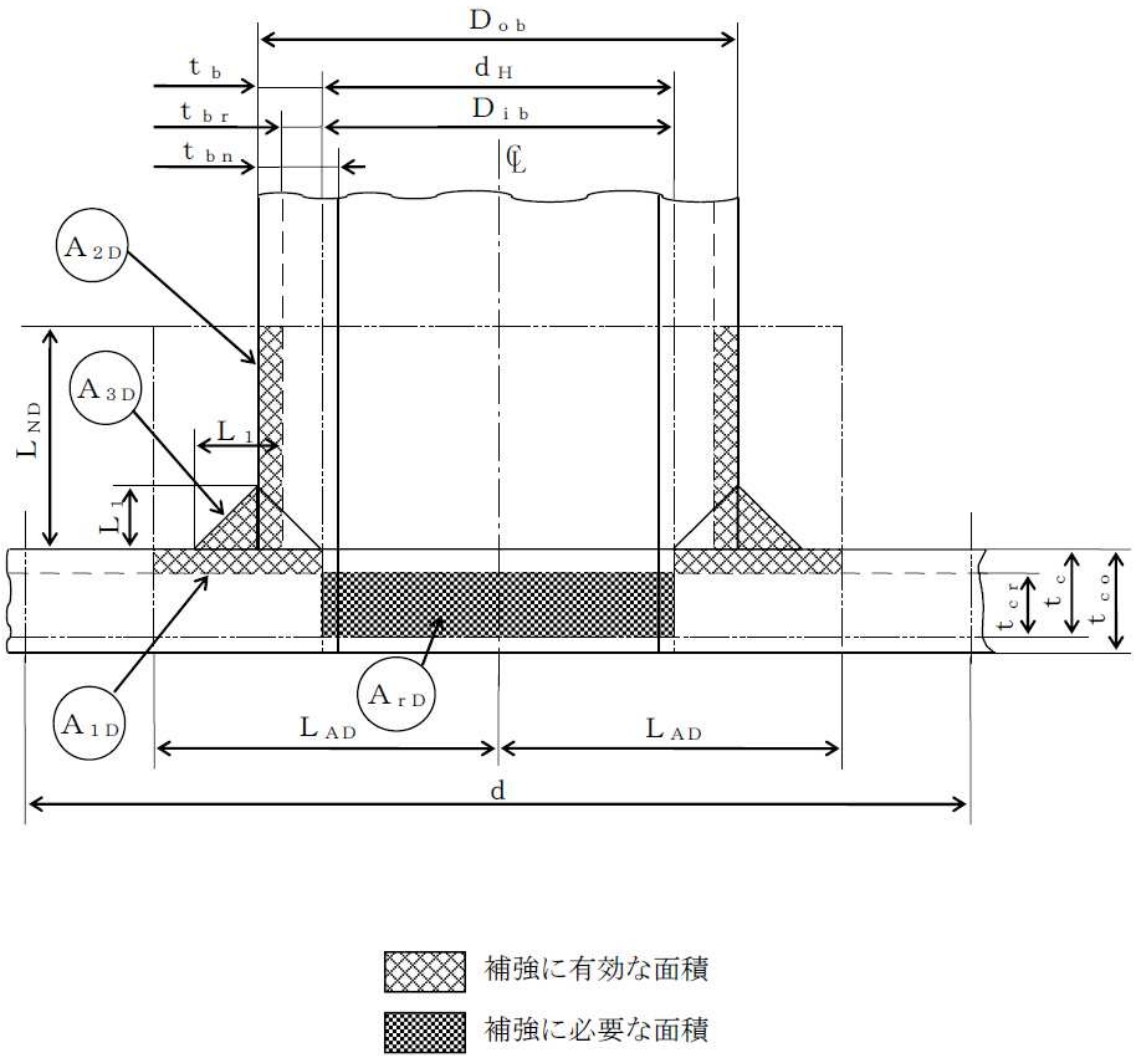
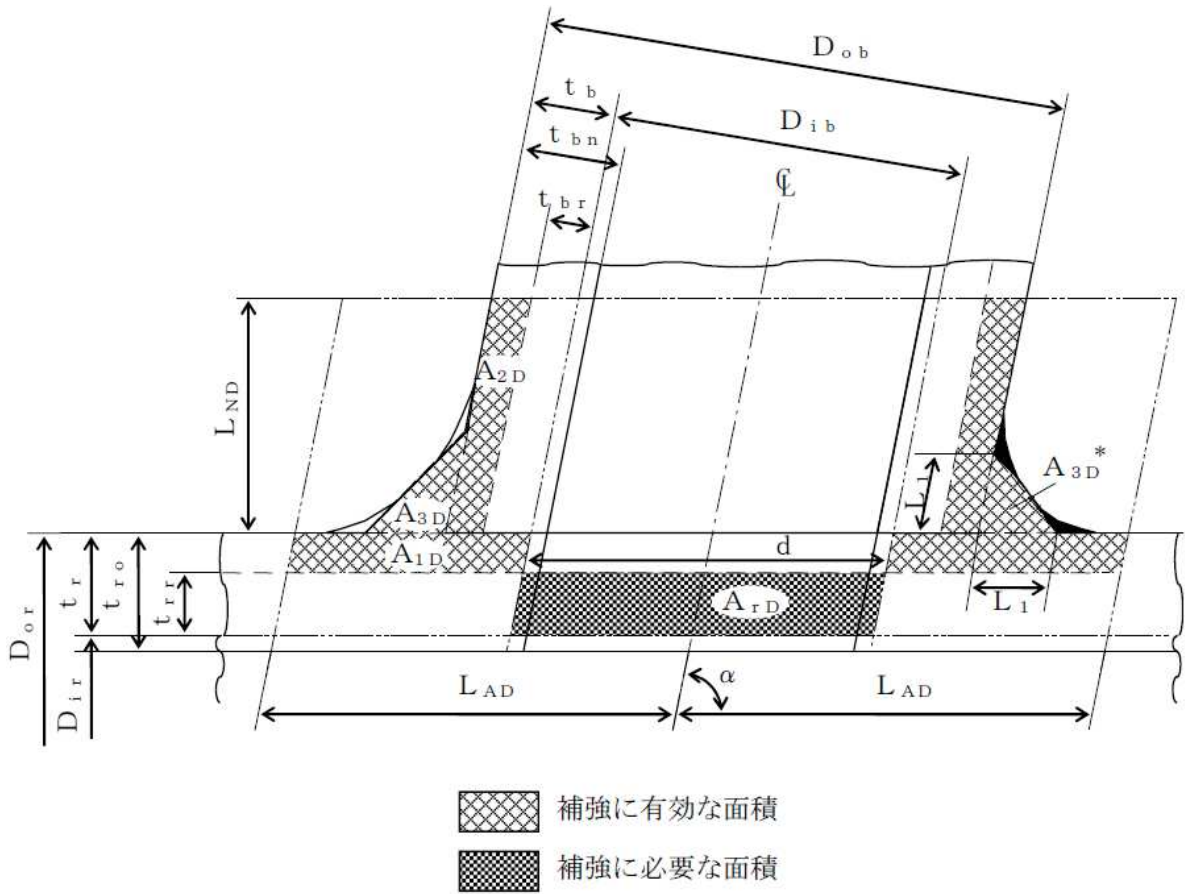


図 2-9 A形 (平板で強め材のない場合)



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、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 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

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・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
P _{F D}	P	設計圧力	MPa
P _{e q}	P _{e q}	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 _{e q} 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部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した値	MPa
		$P_{eq} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G^3}$	
	P _o	最高使用圧力 (内圧)	MPa
R	R	ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径方向の距離	mm

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_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	—
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

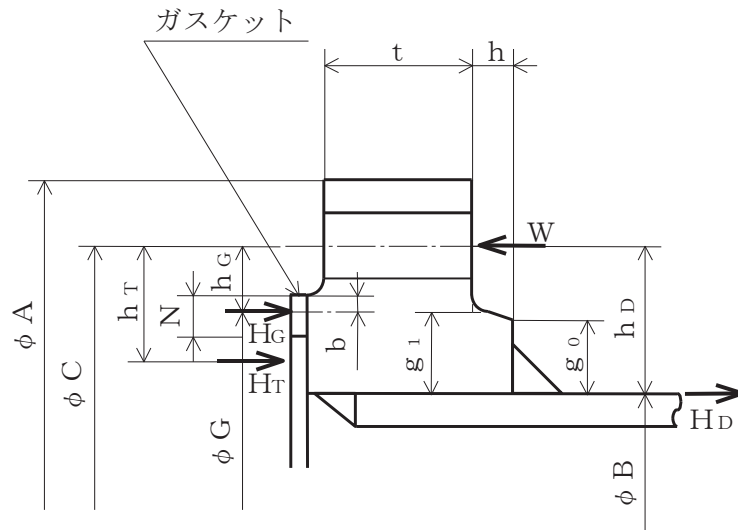
設計・建設規格又は J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
σ_b	σ_b	最高使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 による。	MPa
σ_f	σ_{fa}	常温におけるフランジ材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
σ_f	σ_{fb}	最高使用温度におけるフランジ材料の許容引張 応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 による。	MPa
σ_H	σ_{Hg}	ガスケット締付時のハブの軸方向応力	MPa*
σ_H	σ_{Ho}	使用状態でのハブの軸方向応力	MPa*
σ_R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

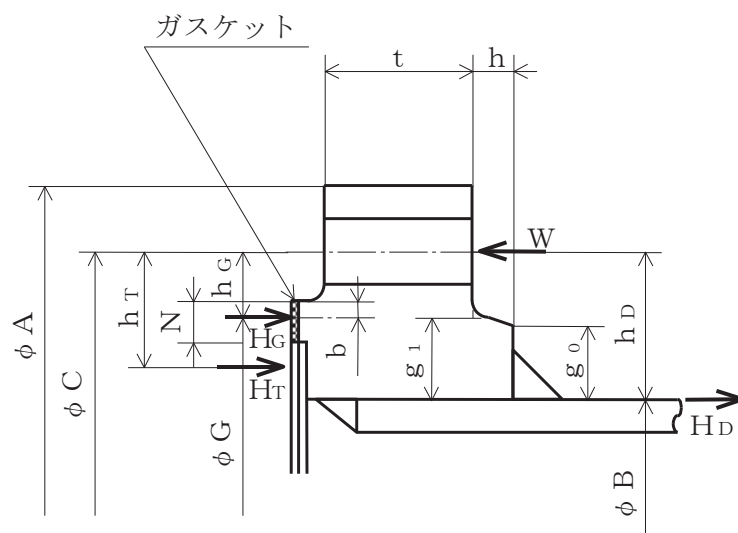
フランジの形式及び各部の記号は、図 2-11～図 2-15 による。

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。

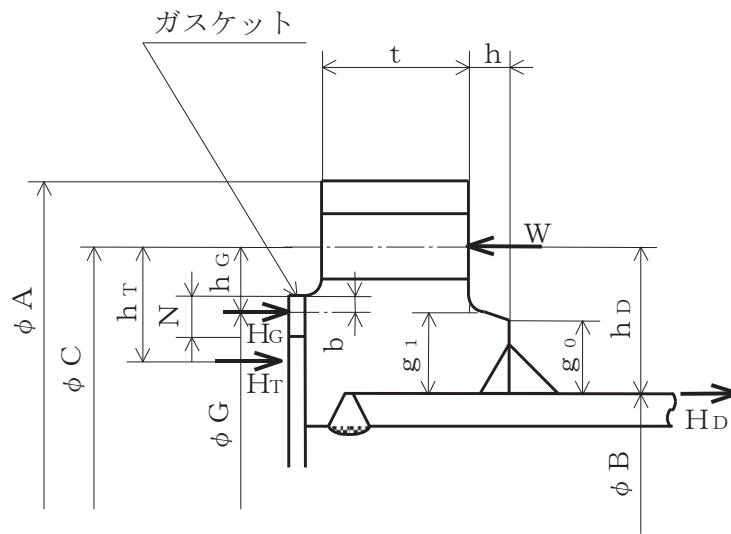
TYPE-1 JIS B 8265 附属書3 図2 a) 4)



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)

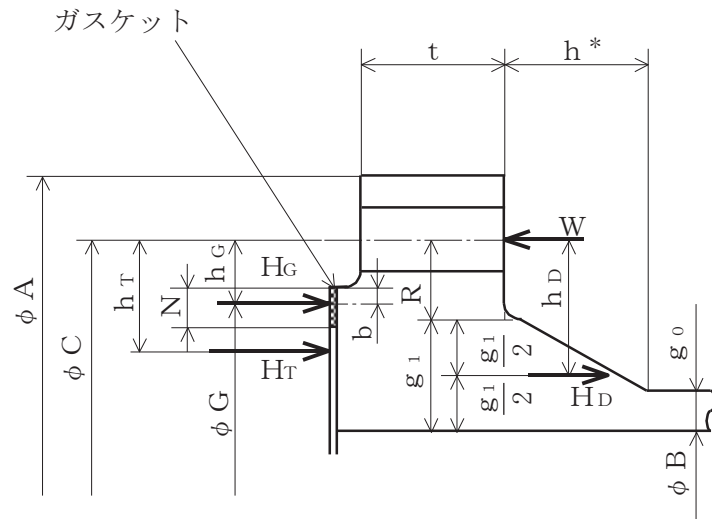
図 2-11 ルーズ形フランジ（差込み形フランジ）



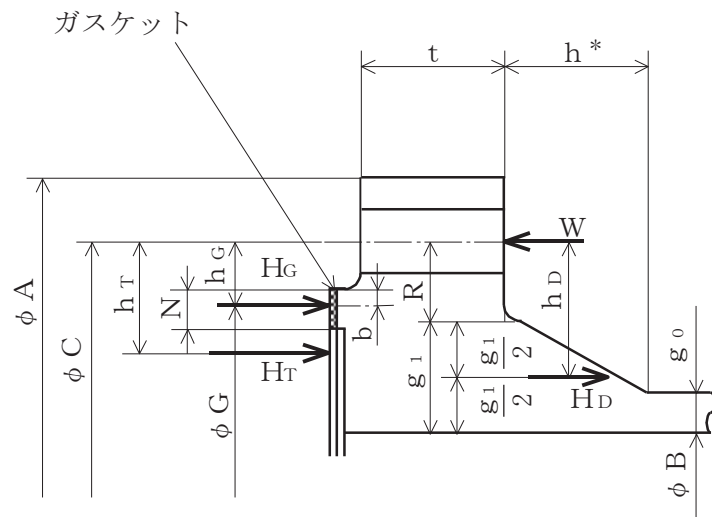
注：ハブのテーパが 6° 以下のときは， $g_0 = g_1$ とする。

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 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)



TYPE-5 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 8)

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

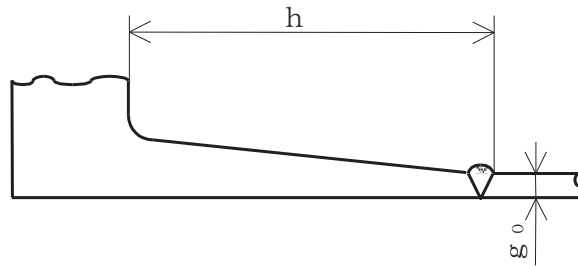
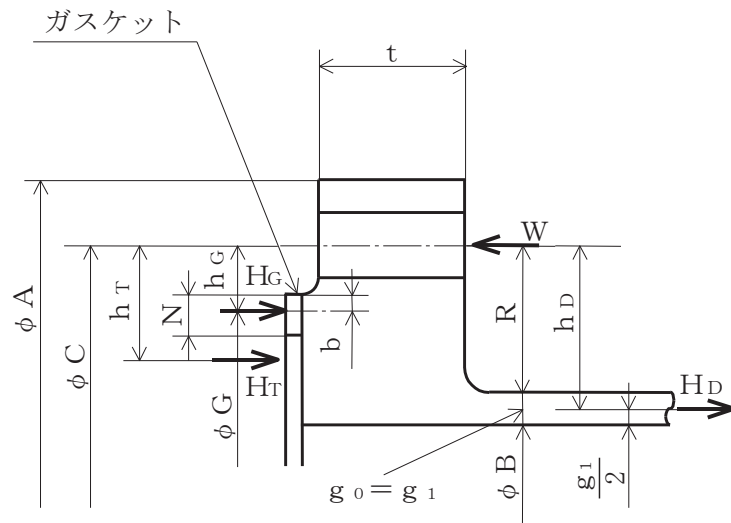
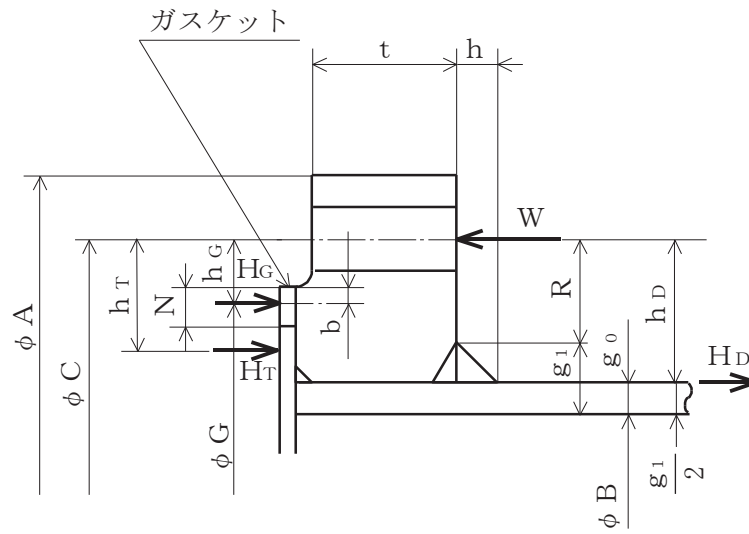


図 2-13 一体形フランジ

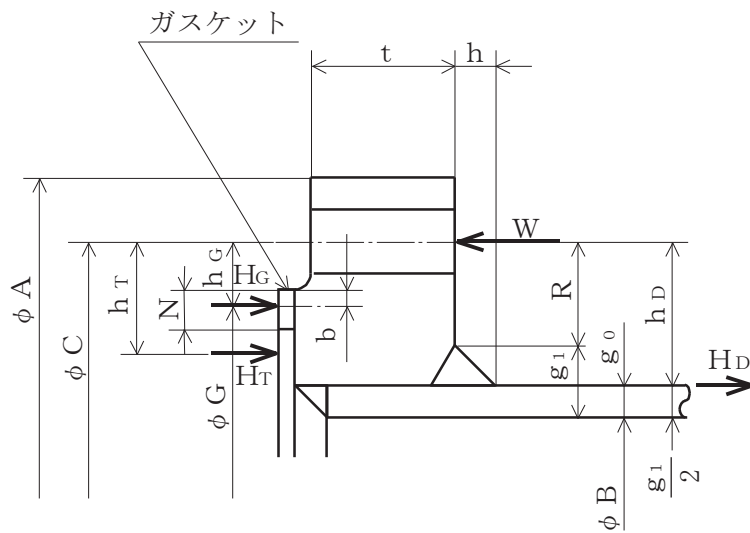


TYPE-6 JIS B 8265 附属書3 図2 b) 6)

図 2-14 一体形フランジ



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) ガスケット締付時のフランジの応力

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

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

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

ただし、

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

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

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

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

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

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

また、Bが $20 \cdot g_1$ より小さいときは、ハブの軸方向の応力 (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 | $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては | $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (c) フランジの径方向応力 | |
| 使用状態にあつては | $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては | $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |
| (d) フランジの周方向応力 | |
| 使用状態にあつては | $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ |
| ガスケット締付時にあつては | $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ |

(4) 外圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

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

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

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

$$d = \frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_0^2 \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$d = \frac{U}{V_L} \cdot h_o \cdot g_0^2 \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

$$e = \frac{F}{h_0} \quad (\text{一体形フランジ})$$

$$e = \frac{F_L}{h_0} \quad (\text{ルーズ形フランジ (差込み形フランジ)})$$

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asket縮付時にあつては $\sigma_{H_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$
- (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asket縮付時にあつては $\sigma_{R_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$
- (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asket縮付時にあつては $\sigma_{T_g} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

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。

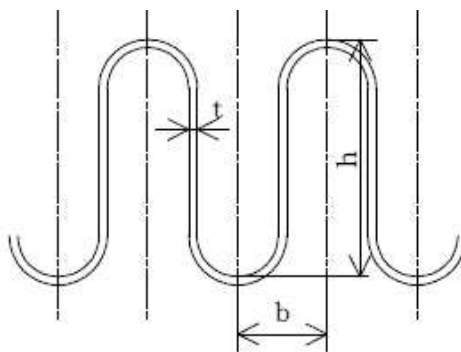


図 2-16 継手部の形状

(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については、添付書類「IV-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「IV-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」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 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁	
回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数 3 桁	四捨五入	有効桁数 2 桁	
方向余弦	—	小数点以下第 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

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 $S_{prm}(1)$ $S_{prm}(2)$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
鳥瞰図		$S_{prm}(1)$	Max	$1.5 \cdot S_h$
番号		$S_{prm}(2)$	Max	$1.8 \cdot S_h$

注記 * : $S_{prm}(1)$, $S_{prm}(2)$ 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	1
1.1 概要	1
1.2 計算精度と数値の丸め方	2
2. ダクトの強度計算方法	3
2.1 記号の定義	3
2.2 強度計算方法	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	19
3.1 記号の定義	19
3.2 強度計算方法	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＞JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という）の規定に基づく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管の規定に基づくものとする。

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・建設規格に計算式の規定がない応力計算については「日本産業規格」（以下「JIS」という。）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	m/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	N・mm	自重によりフランジに作用する全モーメント
M_0	N・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

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

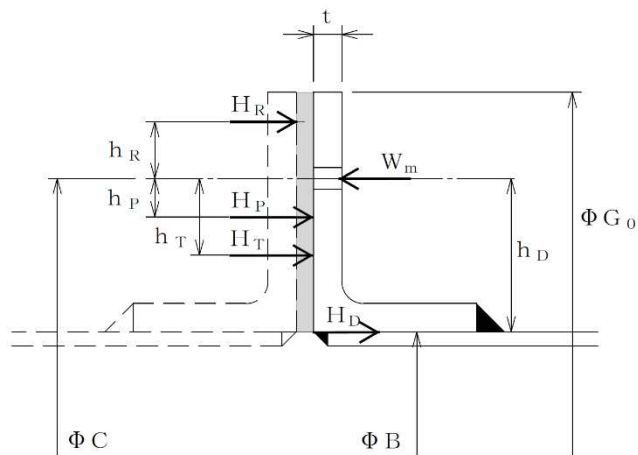


図 2-1 フランジの寸法 (円形ダクト)

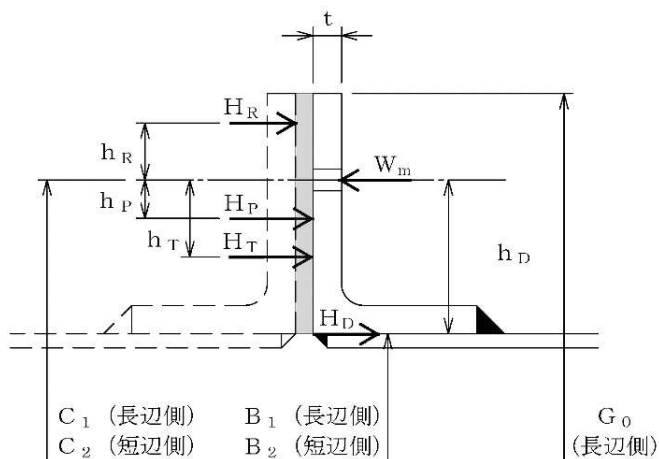


図 2-2 フランジの寸法 (矩形ダクト)

(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 _{pr 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	m/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 _{pr 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、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) 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。

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	$t = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$

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）

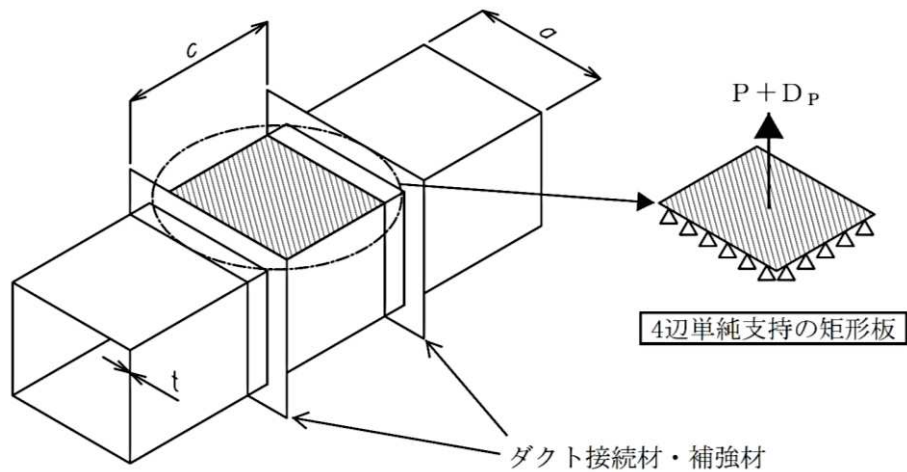


図2-3 板材の面外荷重に対する評価モデル

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

円形のアング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。

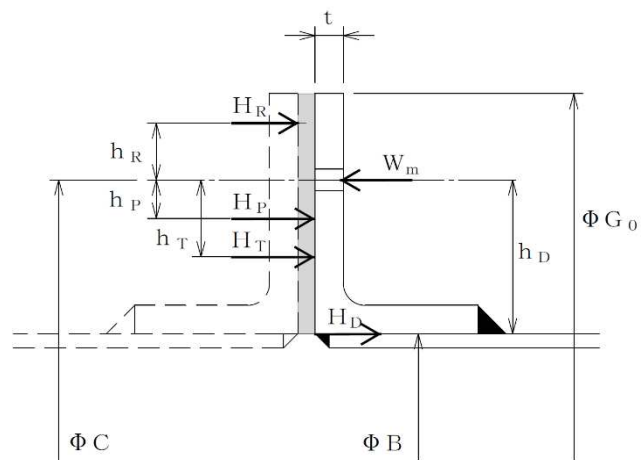


図 2-4 フランジ型式 (円形アングルフランジ)

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。

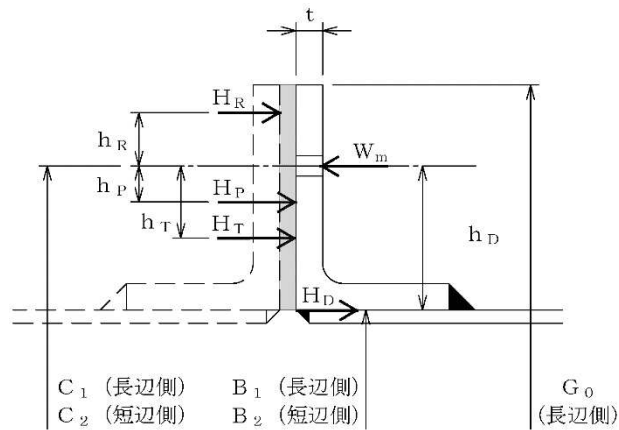


図2-5 フランジ型式 (矩形アンゲルフランジ)

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	$P_{eq} = \frac{3 \cdot M}{G_1 \cdot G_2}$
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 3.92×10^{-3} 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 $S_{p r m} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_0}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_a}{Z}$	$1.5 S_h$

(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

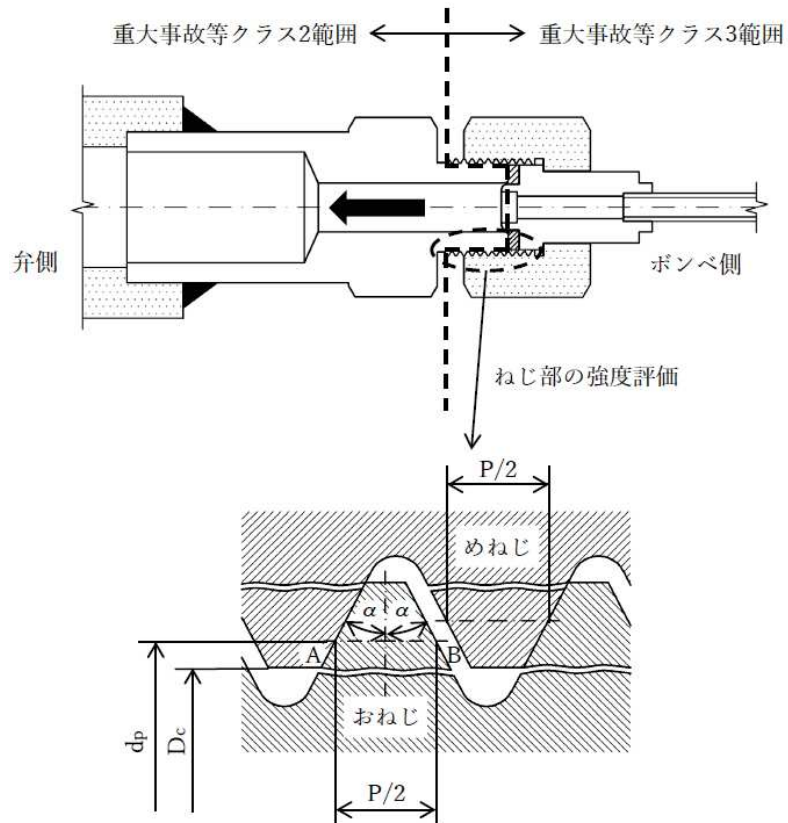
ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価に用いる記号については、次のとおりである。

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
F _B	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
$AB = (P/2) + (dp - DC) \tan \alpha$
$WB = \pi DC (AB) z \tau B$
$FB = (WB - Ft) / A$

(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。）及び 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。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 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)

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-3411 (直管) PPB-3411 (1) PPB-3411 (2) PPB-3411 (3)	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-3412 (曲げ管) PPB-3411 (直管) を準用する。		
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)	2.5	レジューサの強度計算
準用 PVC-3124.2 (外面に圧力を受ける円すい形の胴の厚さ)		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
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	管の穴と補強計算
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。

*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。

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、設計・建設規格 PPB-3411 を適用及び設計・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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 による。	MPa
t	t	管の計算上必要な厚さ	mm
t	t_{op}	管の計算上必要な厚さ	mm
	t_r	管に必要な厚さ	mm
	t_s	管の最小厚さ	mm
	t_t	炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ	mm
	算式	t_r として用いる値の算式	—
	製法		—
	S	継目無管	
	W	溶接管	

(2) 算式

a. 管に必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

(a) 内面に圧力を受ける管

設計・建設規格 PPB-3411(1)の式 PPB-1.1 より求めた値：t

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

(b) 外面に圧力を受ける管

設計・建設規格 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}

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

(c) 炭素鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ：t_t

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

b. 供用状態 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。

(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。

2.3 平板の強度計算

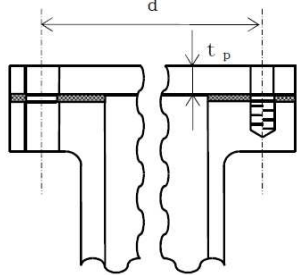
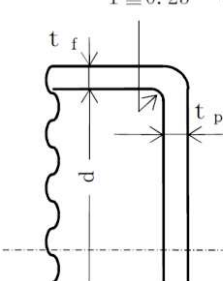
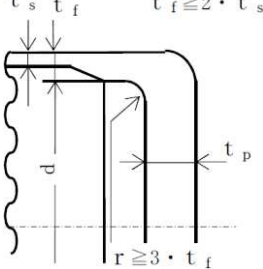
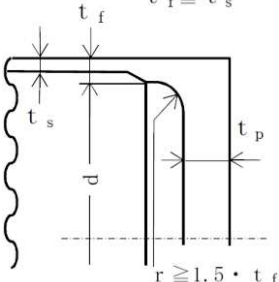
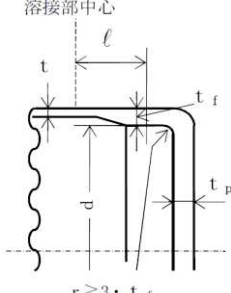
平板の強度計算は、設計・建設規格 PPB-3413 及び設計・建設規格 PPB-3422(3)を適用する。

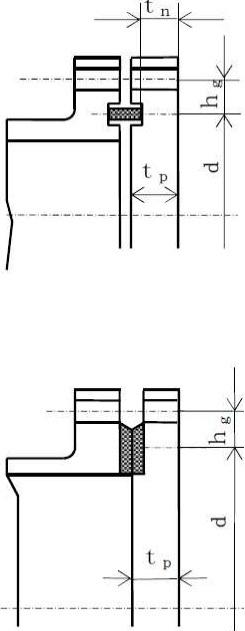
(1) 記号の説明

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

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

*2: 取付け方法 (f) の場合のF, h_g, W及びdは以下による。

(a) ガスケット座の有効幅及びガスケット反力円の直径

ガスケット座の有効幅 (b) 及びガスケット反力円の直径 (G) は、ガスケット座の基本幅 (b_o) に従い以下のように求める。

b_o ≤ 6.35 mm の場合

b = b_o

G = G_s - N

b_o > 6.35 mm の場合

b = 2.52 · √b_o

G = G_s - 2 · b

ただし、b_oはJIS B 8265 附属書3 表3による。

d = G

(b) 計算上必要なボルト荷重

イ. 使用状態で必要なボルト荷重

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

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

$$W = H$$

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

ただし、Pは2.7項(1)のフランジの強度計算の記号の説明による。

ロ. ガasket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 + (最小厚さ)	mm
R	R _R	半だ円形鏡板の外面の長径 R _R = D + 2・(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。

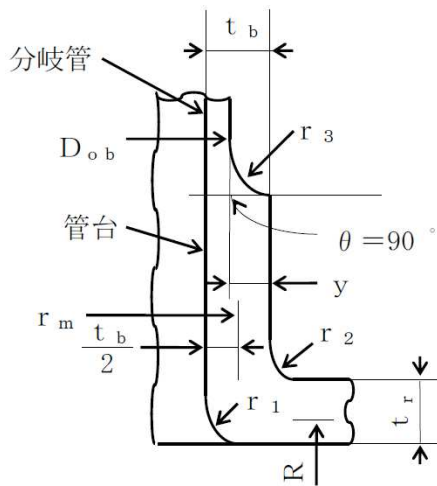


図 2-1

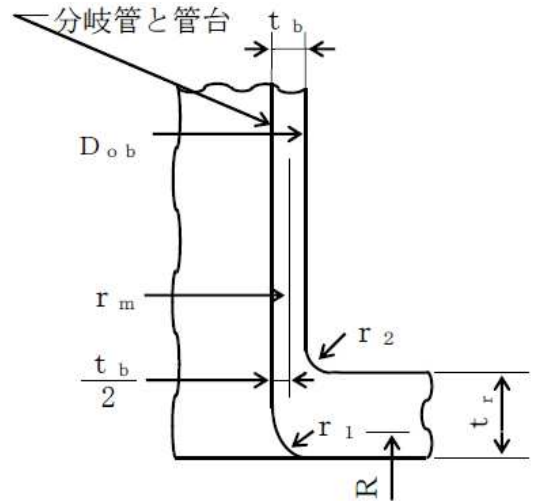


図 2-2

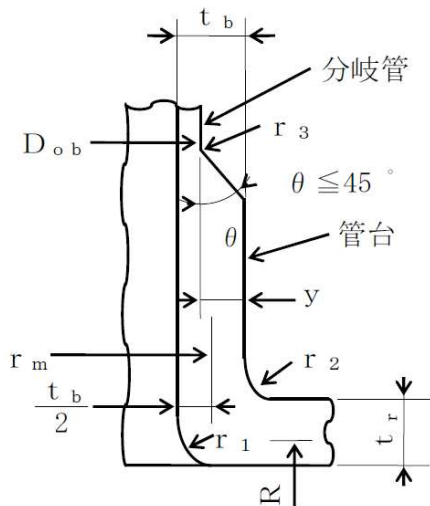


図 2-3

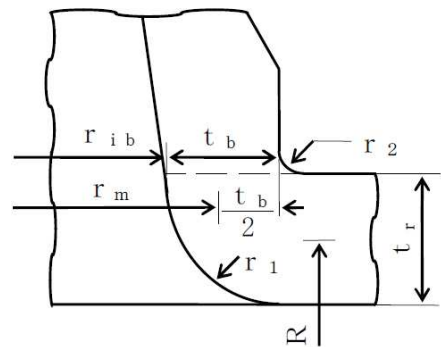


図 2-4

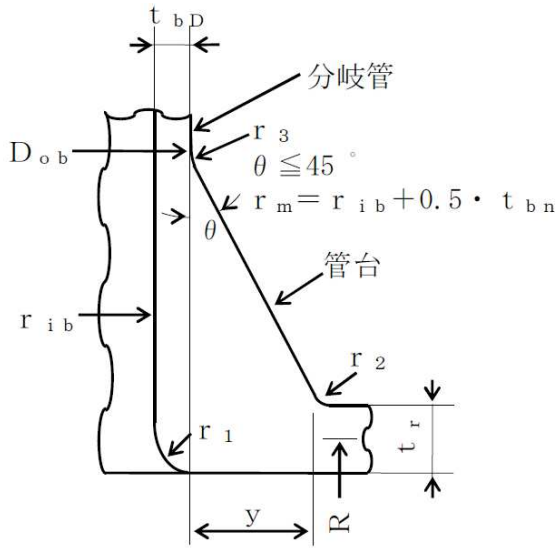


図 2-5

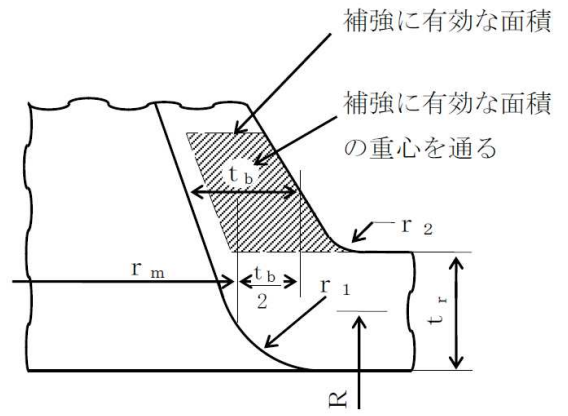


図 2-6

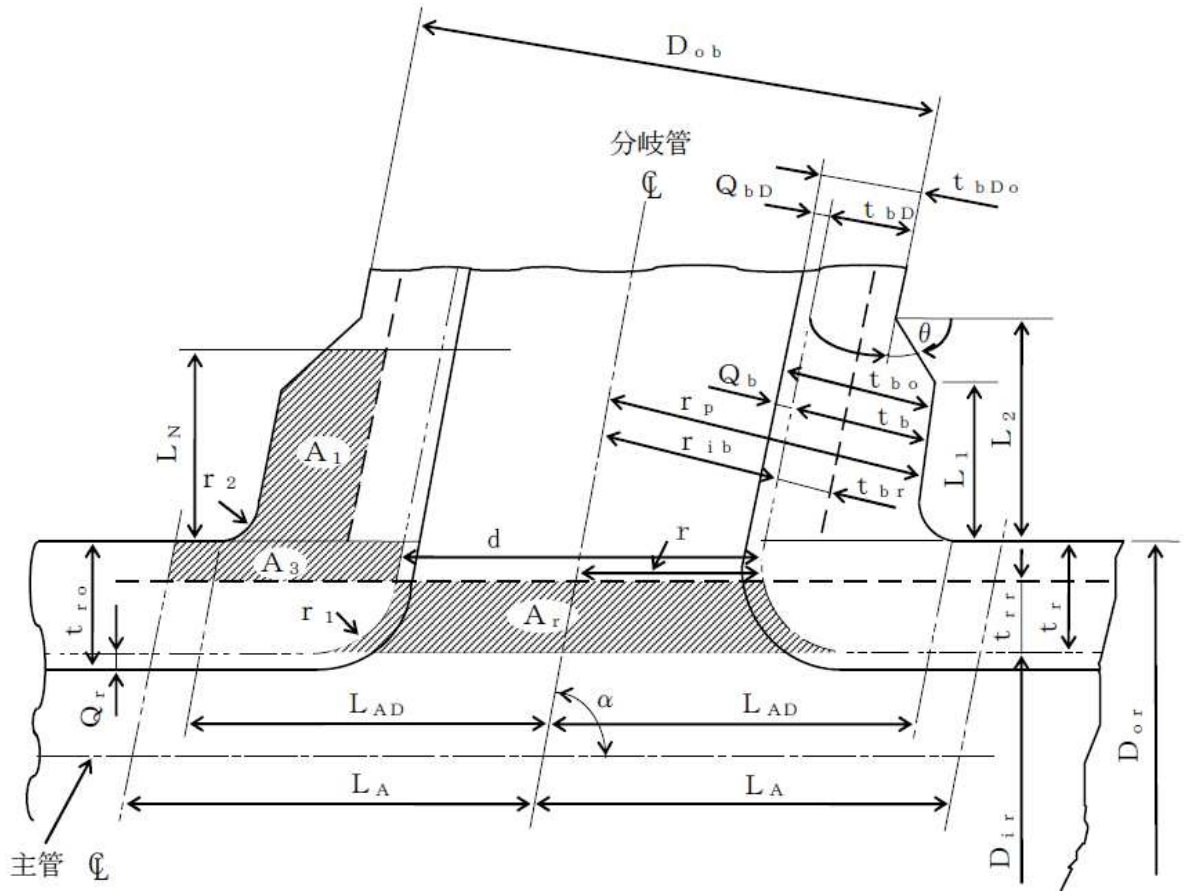
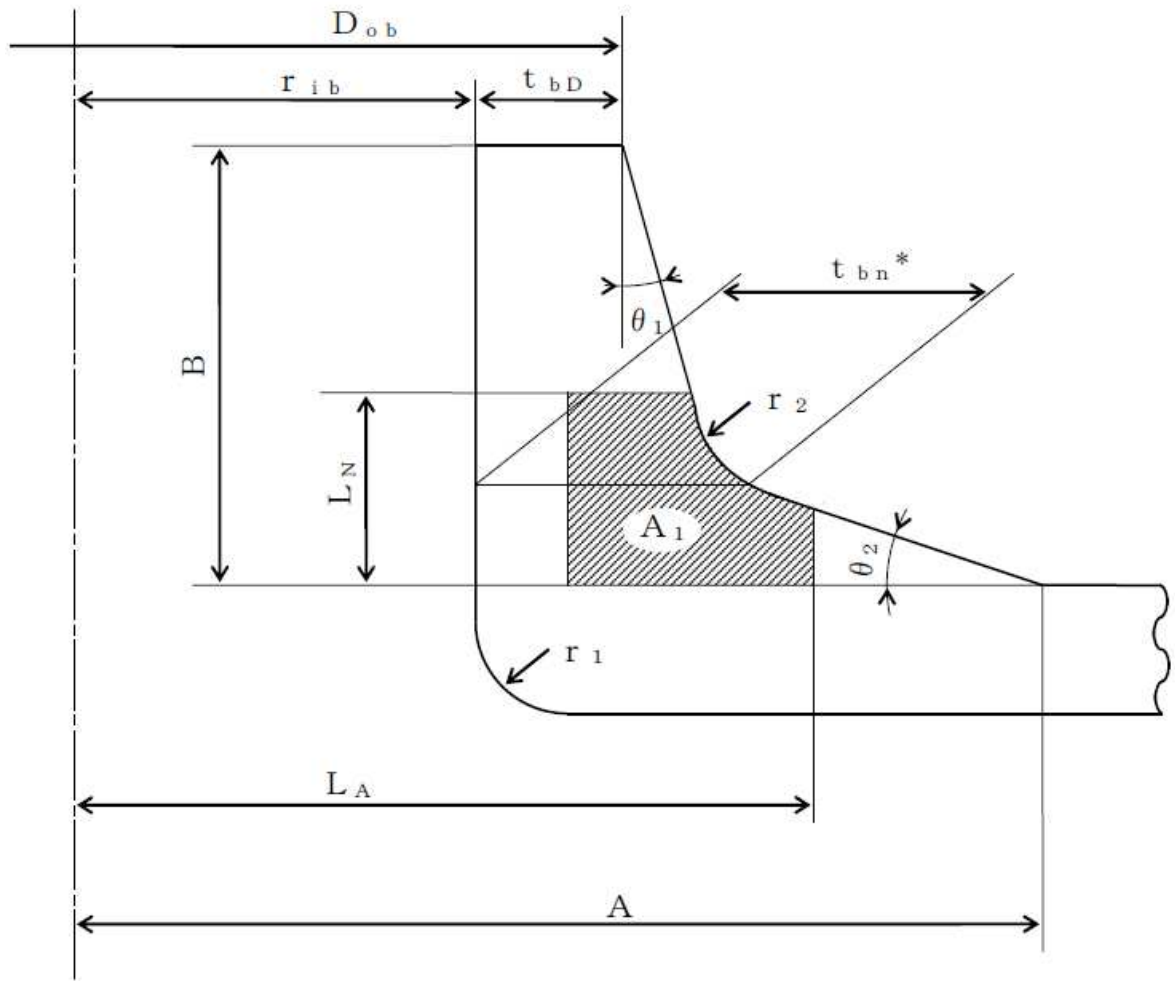


图 2-7



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

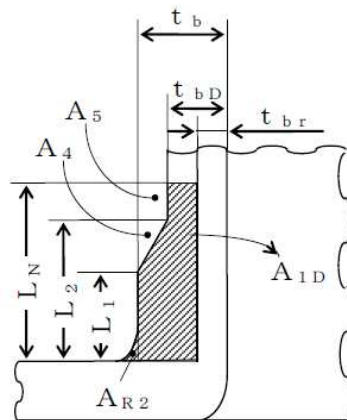
$$A_{R2}^* = r_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

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

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

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

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

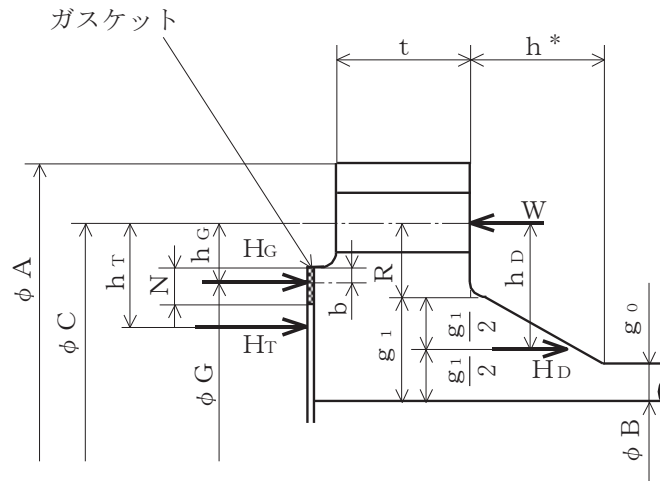
設計・建設 規格又は J I Sの記号	計算書の表示	表示内容	単位
P_{FD}	P	設計圧力 応力計算に用いる設計圧力は最高使用圧力に P_{eq} を加えたものである。	MPa
P_{eq}	P_{eq}	管の自重及びその他の機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した値 $P_{eq} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G^3}$	MPa
R	P_o R	最高使用圧力 ボルトの中心円からハブとフランジ背面との交点までの半径方向の距離	MPa mm
T	T	$K = \left(\frac{A}{B}\right)$ の値によって定まる係数 (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)	—

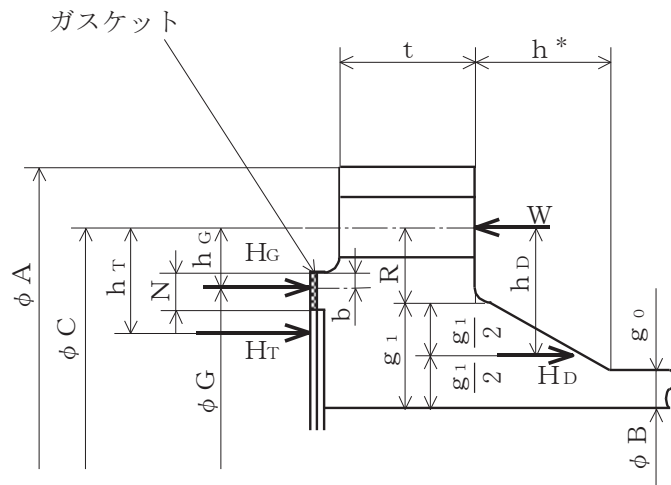
注記 * : J I S B 8 2 6 5 は「N/mm²」を使用しているが、設計・建設規格に合わせ「MPa」に読み替えるものとする。

(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。

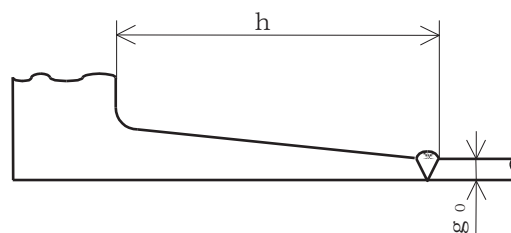


図 2-10 一体形フランジ

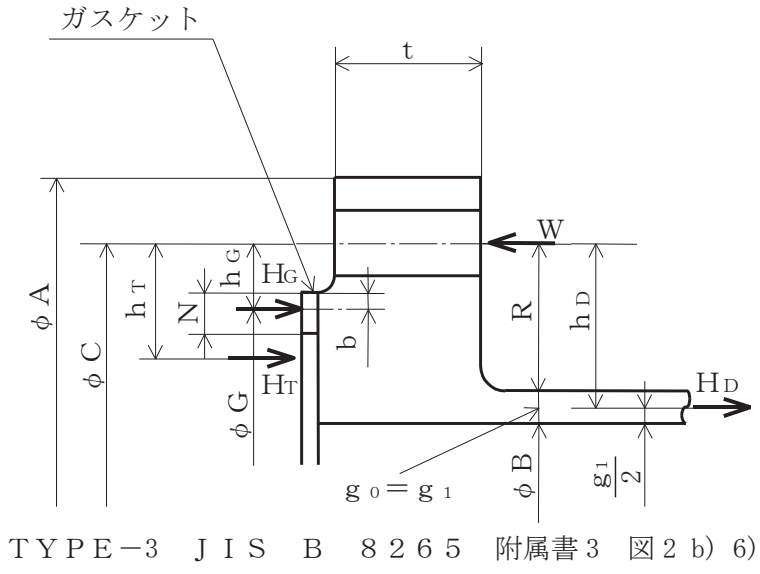


図2-11 一体形フランジ

(3) 内圧計算手順及び算式

a. ガasket座の有効幅及びガasket反力円の直径

ガasket座の有効幅 (b) 及びガasket反力円の直径 (G) は、ガasket座の基本幅 (b_o) に従い以下のように求める。

b_o ≤ 6.35mm の場合

$$b = b_o$$

$$G = G_s - N$$

b_o > 6.35mm の場合

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

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

ただし、b_oは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

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

$$H_G = W_0 - H$$

$$H_T = H - H_D$$

- 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_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

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$M_G = H_G \cdot h_G$$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$M_0 = M_D + M_G + M_T$$

- 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. 一体形フランジの応力

- (a) 使用状態でフランジの応力

$$\sigma_{Ho} = \frac{f \cdot M_0}{L \cdot g_1^2 \cdot B} + \frac{P_0 \cdot B}{4 \cdot g_0}$$

$$\sigma_{Ro} = \frac{(1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_0}{L \cdot t^2 \cdot B}$$

$$\sigma_{To} = \frac{Y \cdot M_0}{t^2 \cdot B} - Z \cdot \sigma_{Ro}$$

(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「IV-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「IV-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 - 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。）
- (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「I S A P」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3桁	四捨五入	有効桁数2桁
回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
方向余弦	—	小数点以下第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

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)	
			一次応力 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
鳥瞰図 番号		$S_{pr m}$	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)	
			一次応力 $S_{pr m}$	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) *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46条第1号（イ）及び第3号に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第46条第1号（ロ）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) *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 PPB-3520(1)及びPPB-3562に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPB-3520(2)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。）及び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。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号各条項及び設計・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 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501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

渦巻形金属ガスケット (非石綿) (ステンレス鋼)

平形金属被覆ガスケット (非石綿板) (ステンレス鋼)

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. 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。

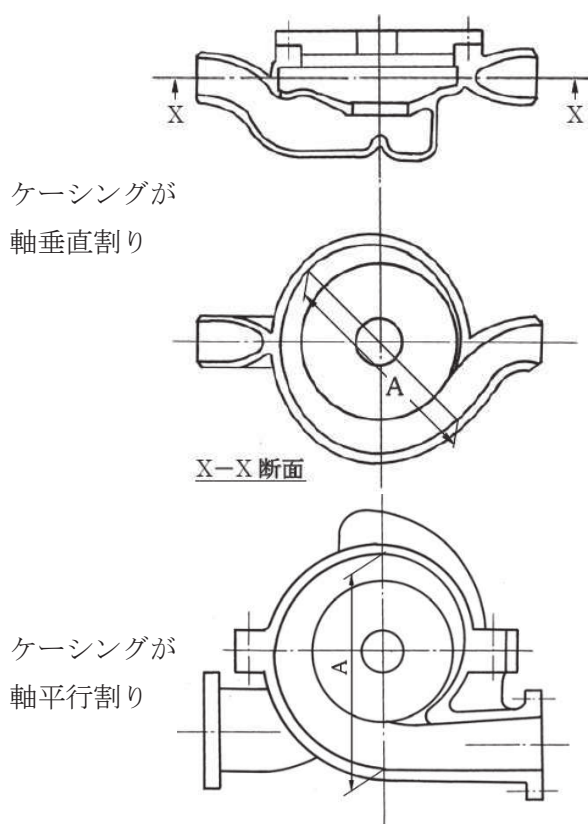


図 3-1 1重うず巻ポンプの例
(設計・建設規格 図 PMC-3320-1, 4)

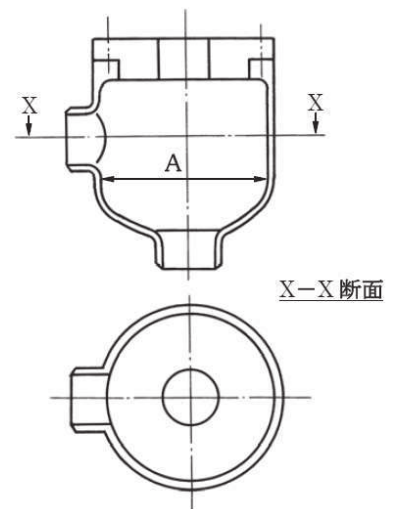


図 3-2 ターボポンプの例
(設計・建設規格 図 PMC-3320-5)

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。

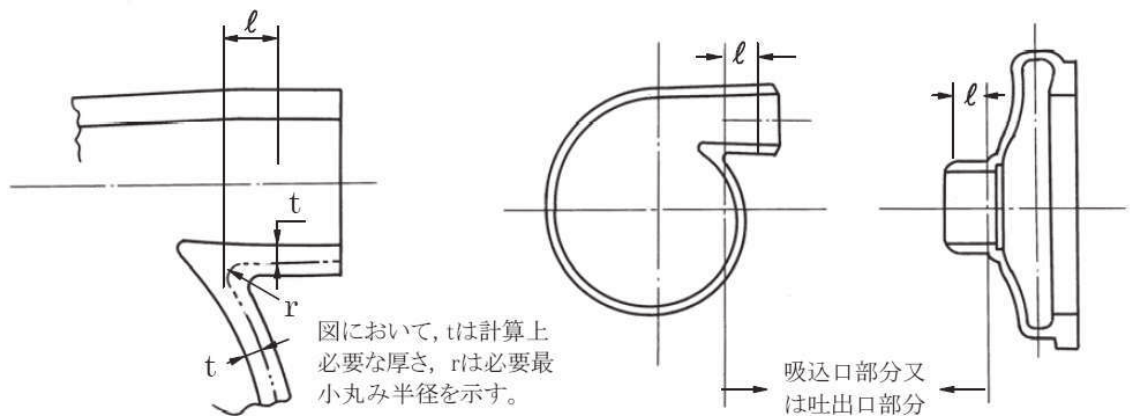


図 3-3 吸込み及び吐出口部分の厚さの規定範囲の例
 (設計・建設規格 図 PMC-3330-1)

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

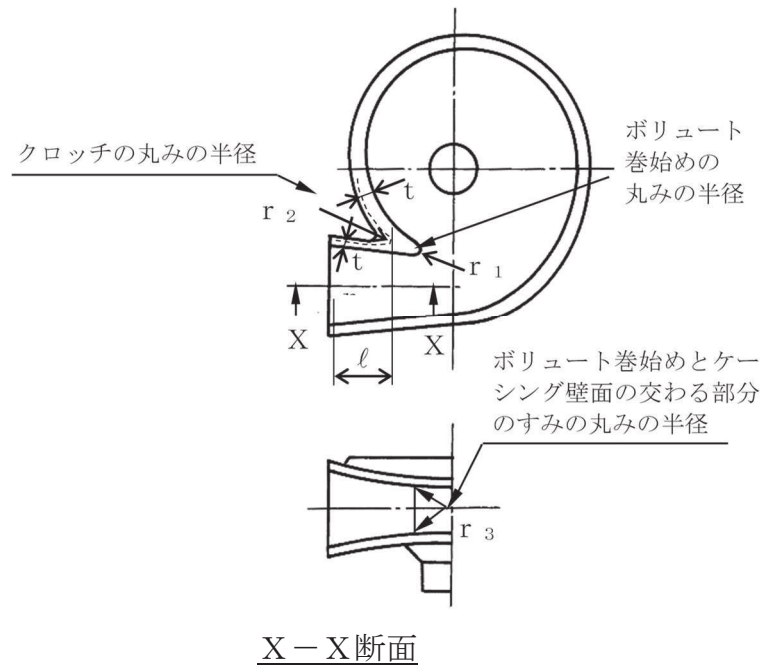


図 3-4-1 うず巻ポンプのケーシング各部形状

(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

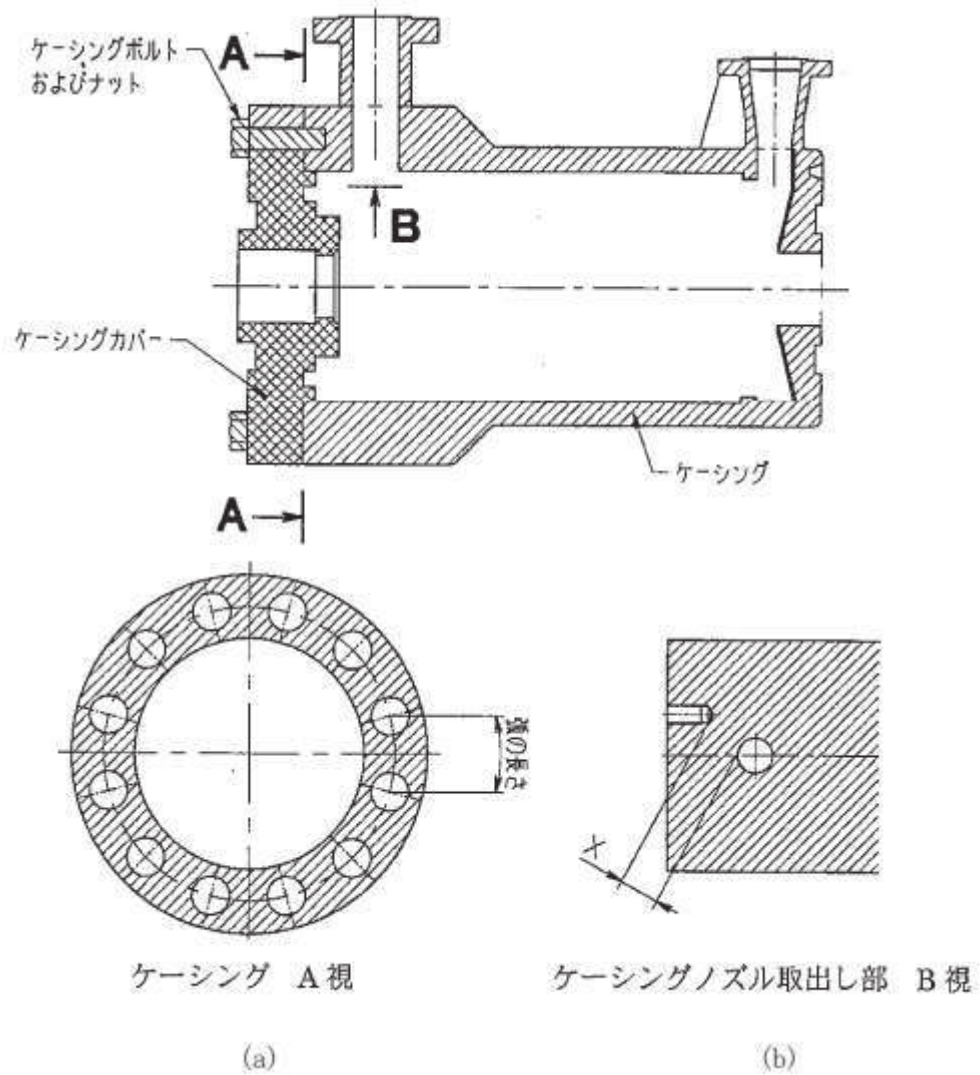


図 3-4-2 横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段のターボポンプのケーシングのボルト穴回りの形状
(設計・建設規格 図 PMC-3340-3)

(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	ターボポンプ（軸平行割りケーシング）で、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	ターボポンプ（軸平行割りケーシング）で、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. ターボポンプであって、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。

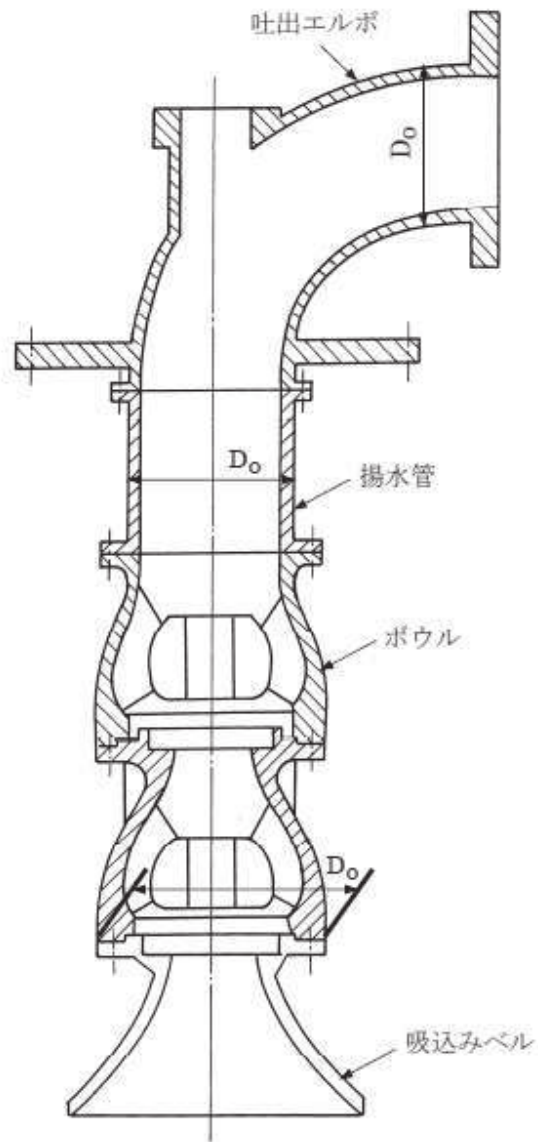


図 4-1 軸垂直割りケーシングをもった多段の立形ポンプの例
(設計・建設規格 図 PMD-3310-7)

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 ① VI-3-2-10 R 0

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 (℃)

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。

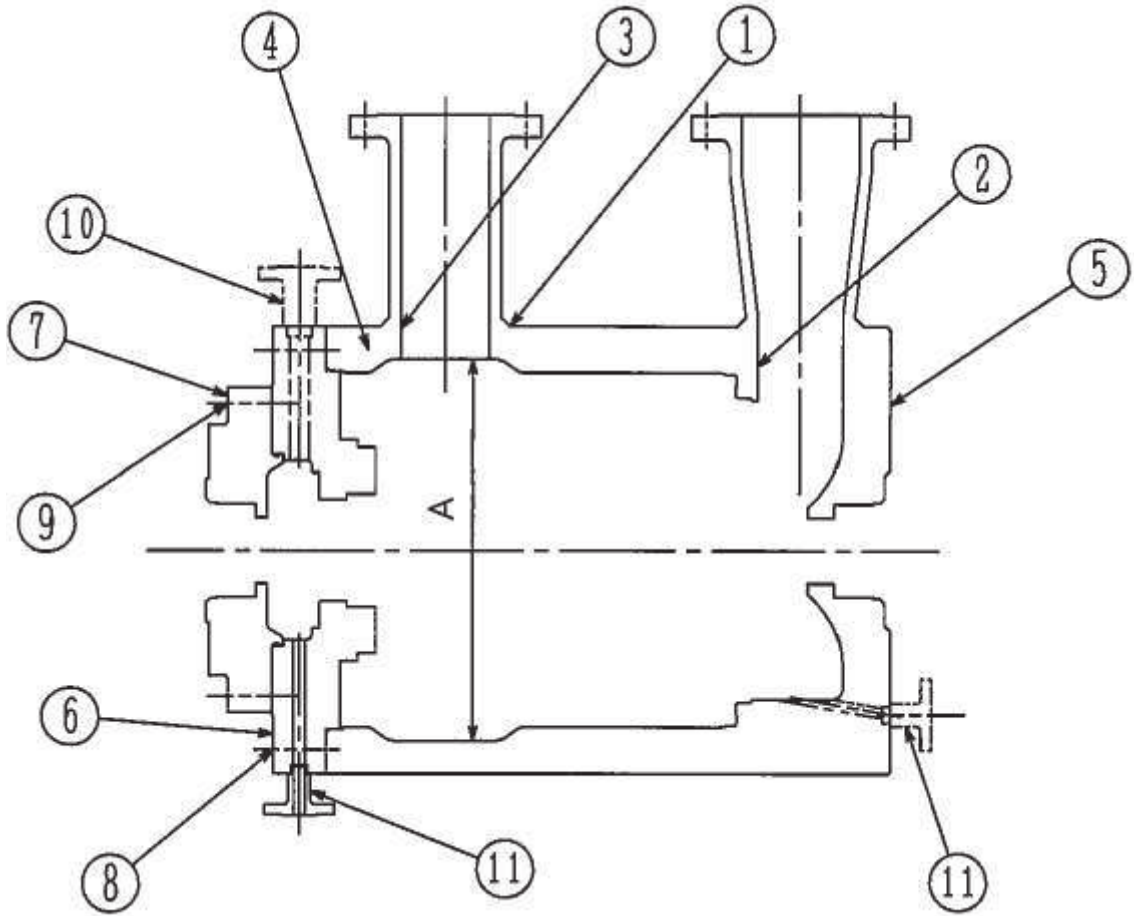


図 1-1 概要図

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 _{s o} (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。）及び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号各条項及び設計・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 2 2 3 8 (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
N o .	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」	4		
附属書 4 (規定)	3		
「全面形非金属ガスケットを用いる	4		
全面座フランジ」			

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。

- 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

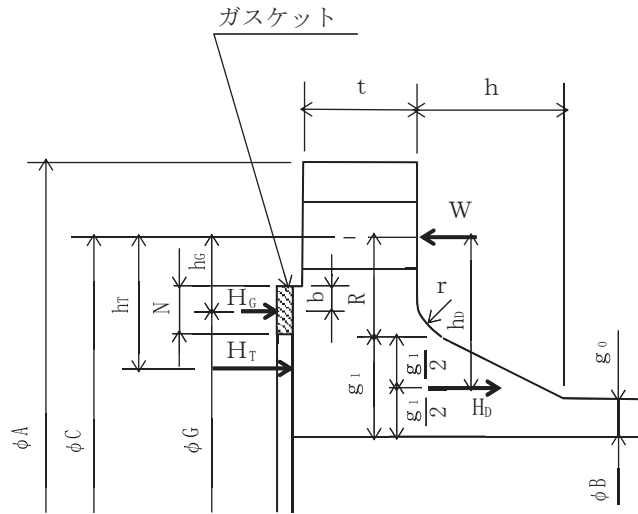
J I S の記号	計算書の表示	表示内容	単位
g_0	g_0	ハブ先端の厚さ	mm
g_1	g_1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
H	H	内圧力によってフランジに加わる全荷重	N
h	h	ハブの長さ	mm
H_D	H_D	内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重	N
h_D	h_D	ボルト穴の中心円から H_D 作用点までの半径方向の距離	mm
H_G	H_G	ガスケット荷重	N
h_G	h_G	ボルト穴の中心円から H_G 作用点までの半径方向の距離	mm
h_o	h_o	$\sqrt{B \cdot g_o}$	mm
H_P	H_P	気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力	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

$$P_{FD} = P + P_{eq}$$

$$P_{eq} = \frac{16 \cdot M_e}{\pi \cdot G} + \frac{4 \cdot F_e}{\pi \cdot G^2}$$

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。

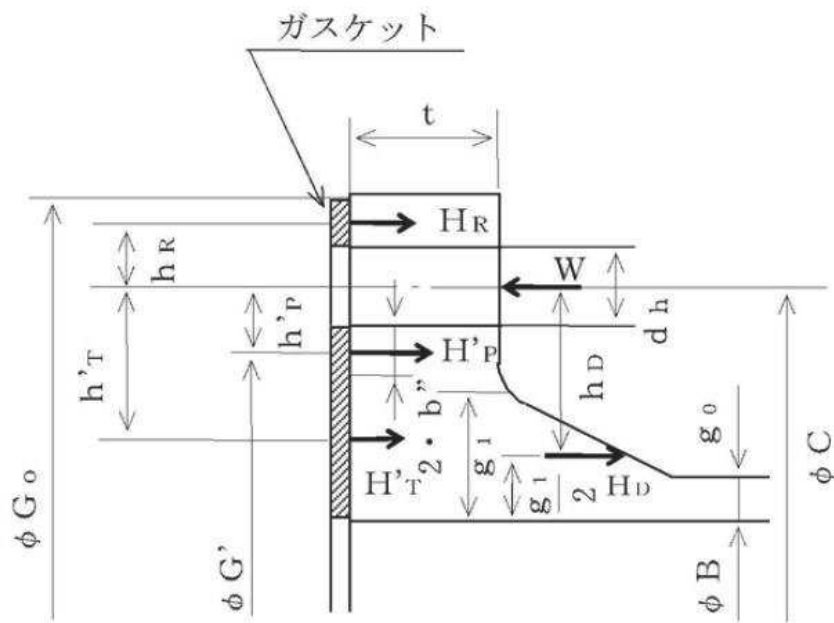
(1) 記号の説明

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。

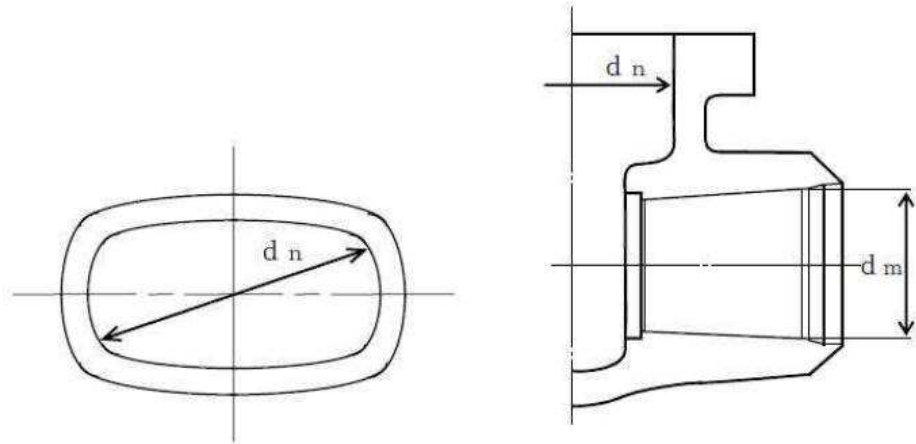
a. ボルトの総有効断面積

$$A_b > A_m$$

b. フランジの厚さ

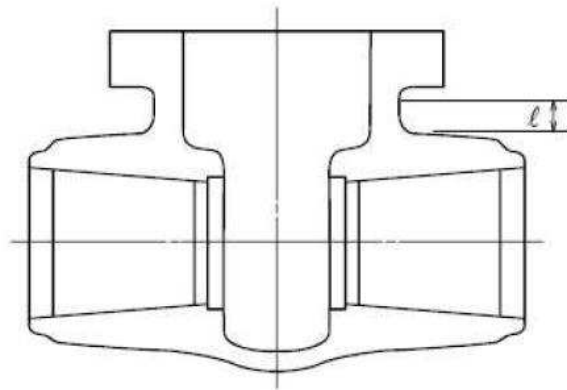
$$t_{fl} \geq t$$

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

02 ① VI-3-2-11 R0

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。				

O2 ① VI-3-2-11 R0

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

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_s (N)	$\times 10^6$		
評価： $A_m < A_b$		よって十分である。	

O 2 ① VI-3-2-11 R 0

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	11
3.1 強度計算書のフォーマットの概要	11
3.2 記載する数値に関する注意事項	11
3.3 強度計算書のフォーマット	11

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型断面のウェット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型断面のウェット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	支持構造物のウェッジ厚さ
	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_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、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。

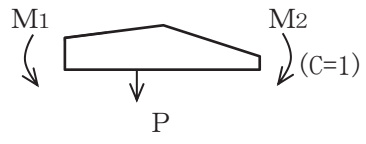
$$A_{sf} = b \cdot t_1 + \left(\frac{h}{6} - t_1\right) \cdot t_2$$

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。

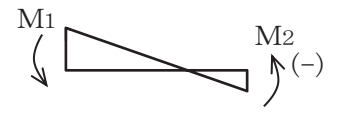
① 座屈区間内に最大曲げあり



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。

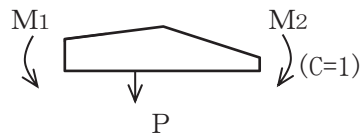
$$A_{sf} = b \cdot t_1 + \left(\frac{h}{6} - t_1 \right) \cdot t_2$$

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。

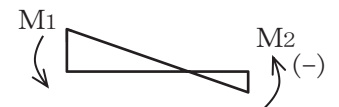
① 座屈区間内に最大曲げあり



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

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

FORMAT-3

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

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。）及び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。

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。

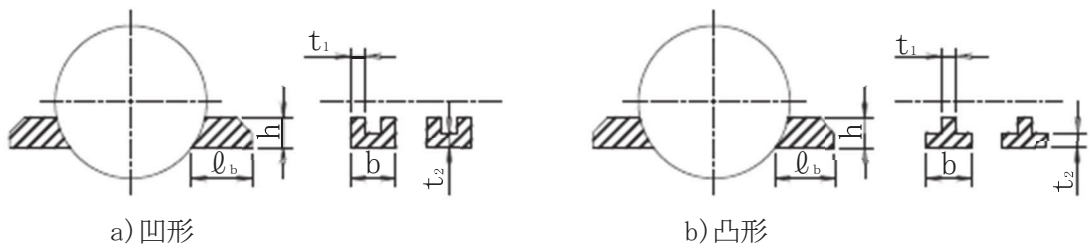


図 2-1 支持構造物の形状例

(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>みぞ形断面のものはいずれか小さい方の値を用いる。</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 型断面のウェッ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

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 _{r 2}	補強を要しない穴の最大径	mm	
	d	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。

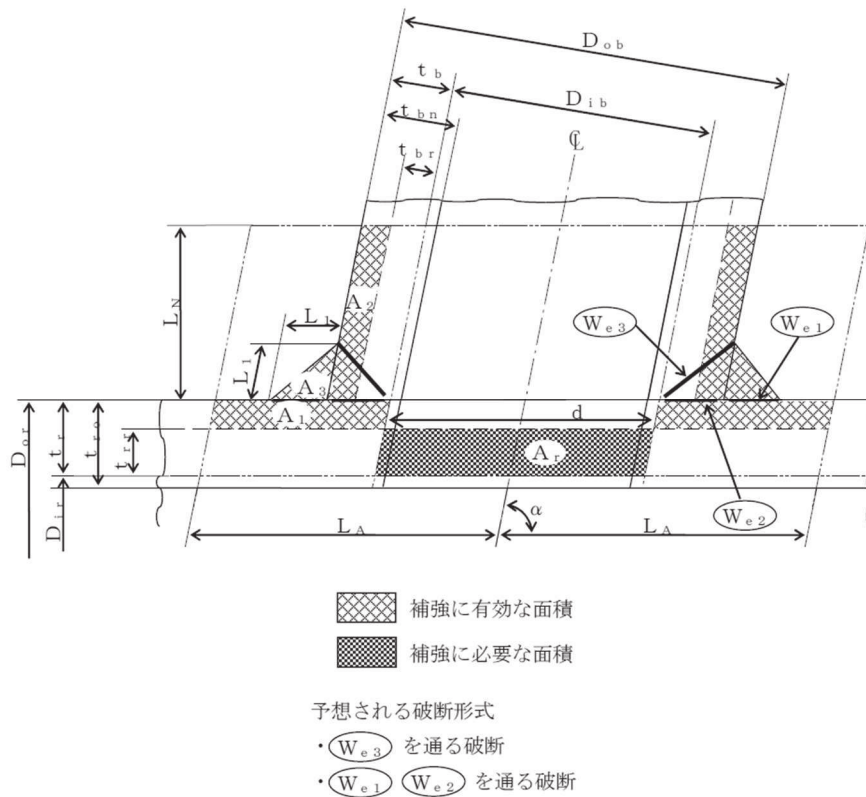


図 2-1 A形（強め材のない場合）

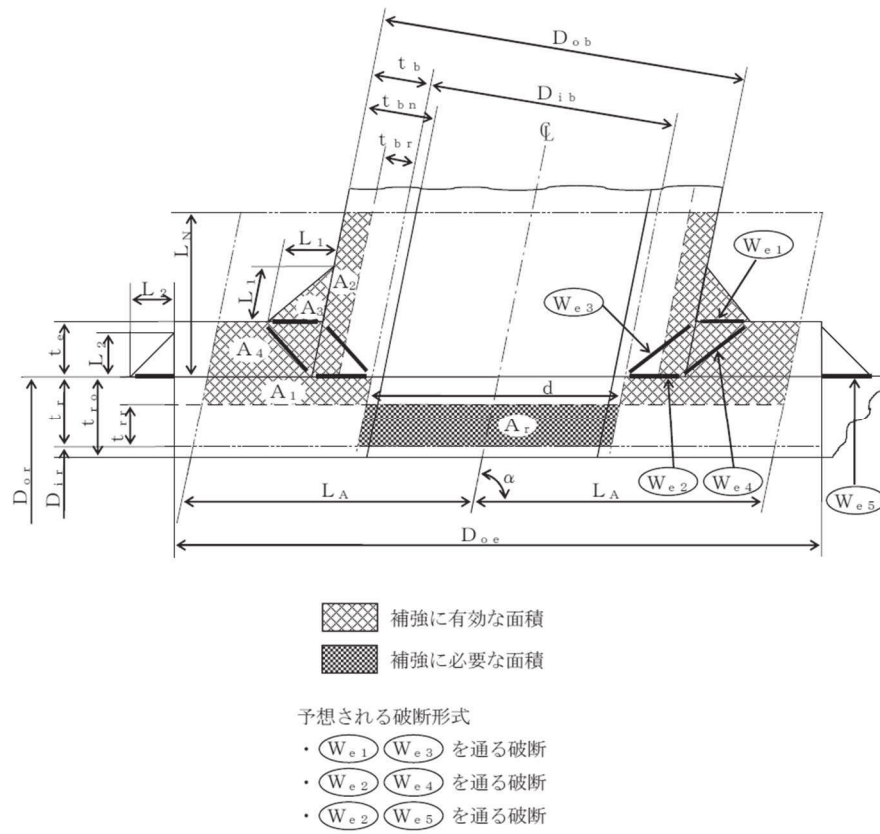
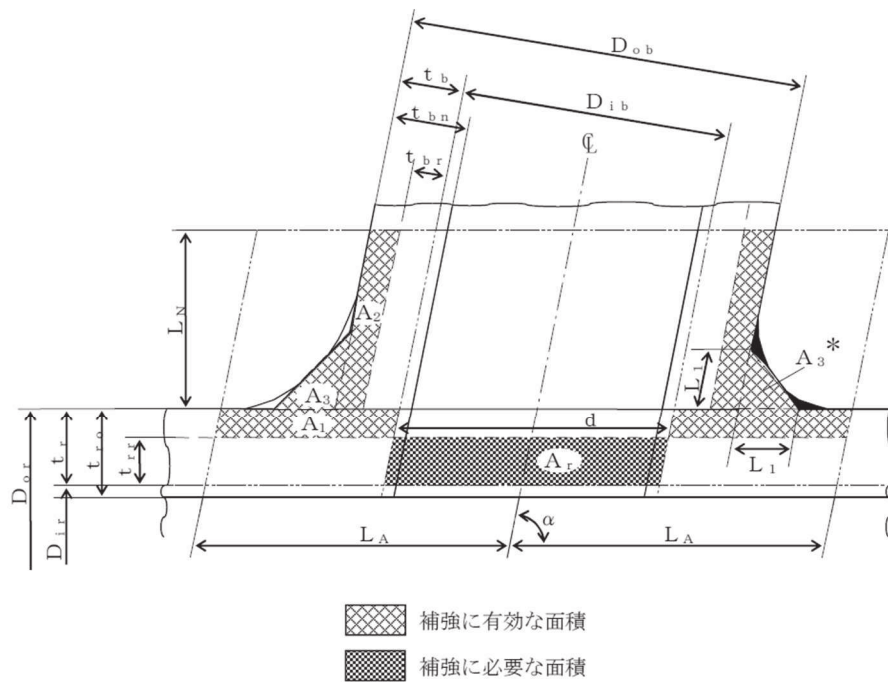


図 2-2 B形（強め材のある場合）



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。

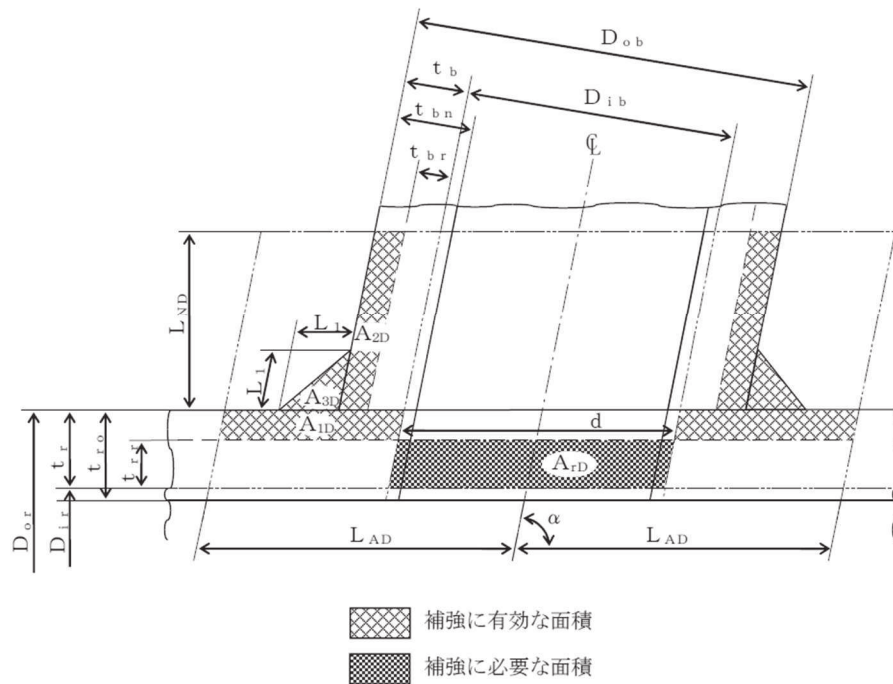


図 2-4 A形（強め材のない場合）

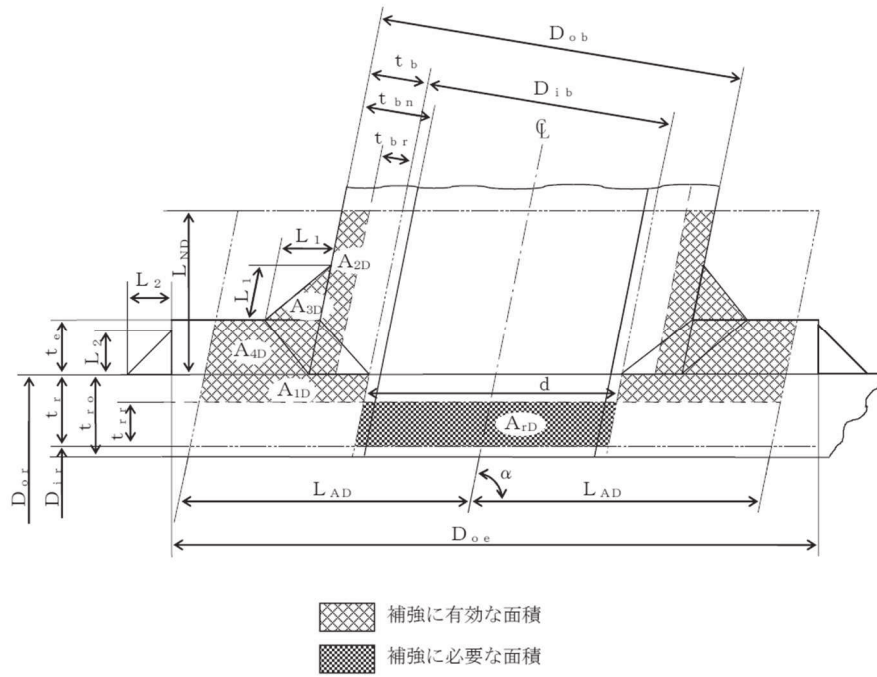
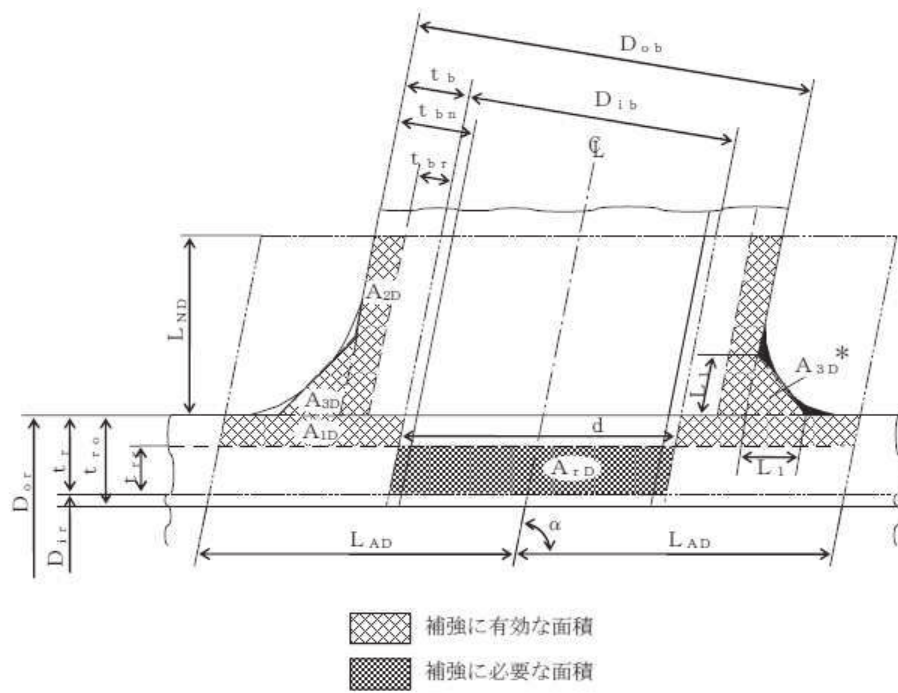


図 2-5 B形（強め材のある場合）



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。）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 管の穴と強度計算書

(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

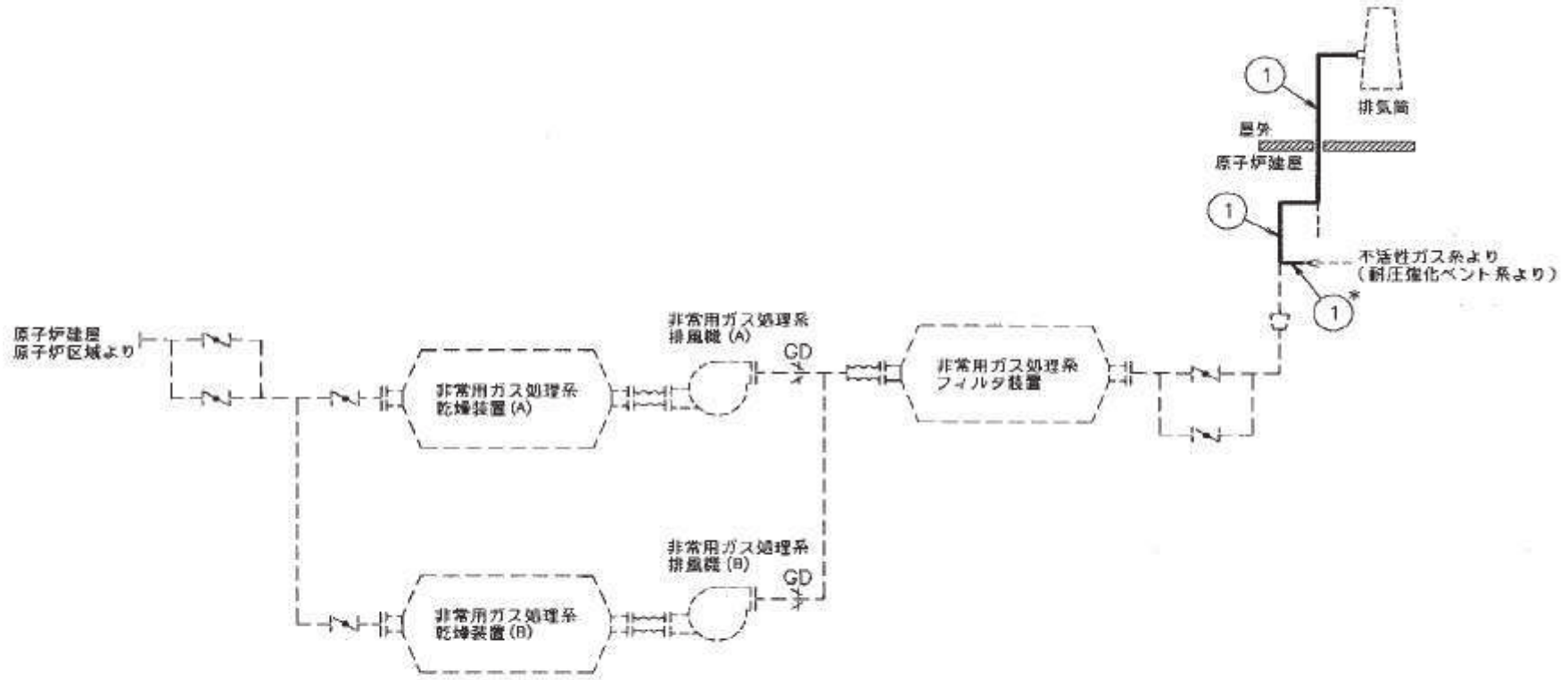
FORMAT-III 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果(法令又は公的な規格)

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。 (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

管の穴と強度計算書 (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 (°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「IV-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-3-3-2 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-3-3-5 放射線管理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-3-3-2 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-3-3-2-1 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		SA 条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						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

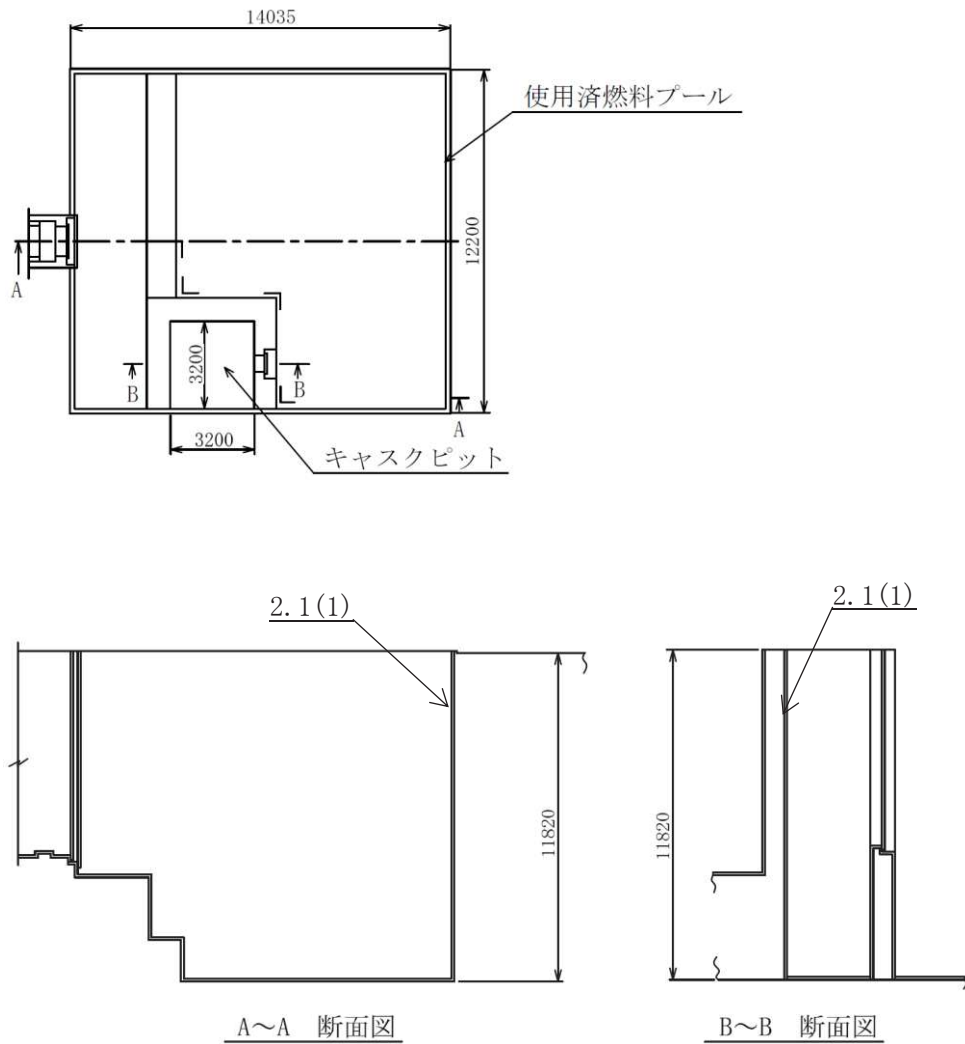
目次

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。 $t_s \geq t$ ，

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-3-3-5 放射線管理施設の強度に関する説明書

目 次

VI-3-3-5-1 換気設備の強度計算書

VI-3-3-5-1 換気設備の強度計算書

目 次

VI-3-3-5-1-4 緊急時対策所加圧空気供給系の強度計算書

VI-3-3-5-1-4 緊急時対策所加圧空気供給系の強度計算書

目 次

VI-3-3-5-1-4-1 緊急時対策所加圧設備（空気ボンベ）の強度評価書

VI-3-3-5-1-4-1 緊急時対策所加圧設備（空気ボンベ）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（法令又は公的な規格）（緊急時対策所加圧設備（空気ボンベ））

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)
一般継目なし 鋼製容器	緊急時対策所を正圧化し，緊急時対策所内に要員がとどまるための空気を貯蔵する容器として使用することを目的とする。使用環境として，空気を貯蔵し，屋内で使用する。	クロムモリブデン鋼	19.6*	40*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

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	「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」				
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
継目なし容器	高圧ガスを充填し，貯蔵，移動等をするための容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* ¹ で高圧ガスを充填することを想定している。	充填する高圧ガスの種類，充填圧力，使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造すること。	温度 35°Cにおいてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値。* ²	40* ¹	耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の 5/3 倍）等の容器検査に合格したものに，刻印または標章の掲示がなされる。

注記 *¹：容器等を常に温度 40°C以下に保つ必要があり，直射日光等による温度上昇を防ぐため，屋根，障壁を設ける等の措置を講じることが，「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」に記載されている。

*²：「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に規定される最高充填圧力であり，当該ボンベにおいては 19.6MPa である。

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
一般継目なし 鋼製容器	1 MPa を超えるような高圧ガスを充填し，保安・運搬等をするための容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*で高圧ガスを充填することを想定している。	クロムモリブデン鋼	19.6	40*	高圧ガス保安法に基づく容器保安規則による耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の 5/3 倍）等の容器検査に合格している。

注記 *：「高圧ガス保安法」に基づく「一般高圧ガス保安規則」に従い使用する。

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）

当該ボンベは，重大事故等時に空気供給用として屋内で使用される。一方，「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」は，高圧ガスを貯蔵する容器の技術上の規定を定めた一般産業品に対する規格であり，高圧ガスを貯蔵する容器は 40 °C以下で使用し，直射日光等による温度上昇を防ぐよう規定されている。重大事故等時における当該ボンベの使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(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)

当該ポンペには、「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った適切な材料であるクロムモリブデン鋼が使用されていることを容器検査成績書等により確認できる。

当該ポンペの最高使用温度は「一般高圧ガス保安規則」で定める 40℃以下, 最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり, 「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った最高使用圧力を上回る耐圧試験に合格していることを容器検査成績書等により確認できることから, 当該ポンペは要求される強度を有している。

V. 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「高圧ガス保安法」(「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」含む) 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-3-3-7 その他発電用原子炉の附属施設の強度に関する説明書

目 次

VI-3-3-7-1 非常用電源設備の強度に関する説明書

VI-3-3-7-1 非常用電源設備の強度に関する説明書

目 次

VI-3-3-7-1-1 非常用発電装置の強度計算書

VI-3-3-7-1-1 非常用発電装置の強度計算書

目 次

- VI-3-3-7-1-1-3 可搬型代替交流電源設備の強度計算書
- VI-3-3-7-1-1-4 緊急時対策所ディーゼル発電設備の強度計算書

VI-3-3-7-1-1-3 可搬型代替交流電源設備の強度計算書

目 次

VI-3-3-7-1-1-3-1 電源車（冷却水ポンプ）の強度評価書

VI-3-3-7-1-1-3-2 電源車（燃料タンク）の強度評価書

VI-3-3-7-1-1-3-1 電源車（冷却水ポンプ）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（非常用発電装置（可搬型））（電源車（冷却水ポンプ））

I. 非常用発電装置（可搬型）の使用目的、使用環境及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量（kVA/個）
非常用発電装置 （可搬型）	可搬型代替交流電源設備及び可搬型代替直流電源設備として、設計基準事故対処設備の電源が喪失した場合に、重大事故等の対応に必要な負荷に電力を供給することを目的とする。使用環境として、屋外で使用する。	400

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
内燃機関： TAD1641GE 発電機： E-AF	災害時等に使用する発電機として、定格出力以内で必要な負荷に対し電力を供給するために使用される。使用環境として、屋外で使用することを想定している。	400	固定子巻線：110 軸 受：45 潤滑油温度：120 冷却水温度：100 排 気 温 度：510	温度試験にて、定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカー許容値以下であることを確認。

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）

電源車は、重大事故等時に屋外で非常用発電装置（可搬型）として使用される。一方、本メーカー規格及び基準は、災害時等に発電機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、屋外での使用を想定している。重大事故等時における電源車の使用目的及び使用環境は、本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(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）

電源車は、JEM-1435（非常用陸用同期発電機－温度試験）で規定されている温度試験を実施し、定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカー許容値以下であることを試験成績書により確認できる。メーカー許容値は、メーカーにて実績等により十分に検証された電源車各部の機能が保証される温度上昇限度である。

電源車の容量は、メーカー仕様で定める容量（400 kVA/個）の範囲内である。

IV. 評価結果

上記の電源車は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、内燃機関、燃料タンク及び冷却水ポンプ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所要負荷において十分な強度を有している。

VI-3-3-7-1-1-3-2 電源車（燃料タンク）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

(電源車 (燃料タンク))

電源車 (燃料タンク) は、電源車の附属機器であり、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より強度評価を実施している。添付書類「VI-3-3-7-1-1-3-1 電源車 (冷却水ポンプ) の強度評価書」に示すとおり、電源車 (燃料タンク) は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、重大事故等時における使用条件において要求される強度を有している。

VI-3-3-7-1-1-4 緊急時対策所ディーゼル発電設備の強度計算書

目 次

VI-3-3-7-1-1-4-1 電源車(緊急時対策所用)(冷却水ポンプ)の強度評価書

VI-3-3-7-1-1-4-2 電源車(緊急時対策所用)(燃料タンク)の強度評価書

VI-3-3-7-1-1-4-1 電源車（緊急時対策所用）
（冷却水ポンプ）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（非常用発電装置（可搬型））（電源車（緊急時対策所用）（冷却水ポンプ））

I. 非常用発電装置（可搬型）の使用目的、使用環境及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量（kVA/個）
非常用発電装置 （可搬型）	緊急時対策所ディーゼル発電設備として、重大事故等が発生した場合において緊急時対策所の機能及び居住性の維持に必要な電力を供給することを目的とする。使用環境として、屋外で使用する。	400

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
内燃機関： TAD1641GE 発電機： E-AF	災害時等に使用する発電機として、定格出力以内で必要な負荷に対し電力を供給するために使用される。使用環境として、屋外で使用することを想定している。	400	固定子巻線：110 軸 受：45 潤滑油温度：120 冷却水温度：100 排 気 温 度：510	温度試験にて、定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカー許容値以下であることを確認。

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）

電源車（緊急時対策所用）は、重大事故等時に屋外で非常用発電装置（可搬型）として使用される。一方、本メーカー規格及び基準は、災害時等に発電機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、屋外での使用を想定している。重大事故等時における電源車の使用目的及び使用環境は、本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(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）

電源車（緊急時対策所用）は、JEM-1435（非常用陸用同期発電機—温度試験）で規定されている温度試験を実施し、定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカー許容値以下であることを試験成績書により確認できる。メーカー許容値は、メーカーにて実績等により十分に検証された電源車各部の機能が保証される温度上昇限度である。

電源車（緊急時対策所用）の容量は、メーカー仕様で定める容量（400 kVA/個）の範囲内である。

IV. 評価結果

上記の電源車は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、内燃機関、燃料タンク及び冷却水ポンプ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所要負荷において十分な強度を有している。

VI-3-3-7-1-1-4-2 電源車（緊急時対策所用）
（燃料タンク）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

(電源車 (緊急時対策所用) (燃料タンク))

電源車 (緊急時対策所用) (燃料タンク) は、電源車の附属機器であり、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より強度評価を実施している。添付書類「VI-3-3-7-1-1-4-1 電源車 (緊急時対策所用) (冷却水ポンプ) の強度評価書」に示すとおり、電源車 (緊急時対策所用) (燃料タンク) は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、重大事故等時における使用条件において要求される強度を有している。

VI-3-別添3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度に関する説明書

目 次

VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針

VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針

目次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
2.2 評価方針	14
3. 構造強度設計	15
3.1 構造強度の設計方針	15
3.2 機能保持の方針	27
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	87
4.1 荷重及び荷重の組合せ	87
4.2 許容限界	107
5. 強度評価方法	152
5.1 土木構造物に関する評価式	152
5.2 機器・配管系に関する評価式	156
5.3 津波監視設備に関する評価式	162
6. 適用規格	163

1. 概要

本添付書類は、「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」第6条及び第51条並びにそれらの「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」に適合する設計とするため、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」に基づき設計する津波防護に関する浸水防護施設である津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備が、津波に対して構造健全性を有することを確認するための強度計算方針について説明するものである。

強度計算は、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針」に示す適用規格を用いて実施する。

各施設の具体的な計算の方法及び結果は、添付書類「VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度計算は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す津波による荷重と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重又は応力などが許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す評価方法を使用し、「6. 適用規格」に示す適用規格を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

強度評価の対象施設とする浸水防護施設を表 2.1-1 に示す。また、強度評価の対象施設の配置を図 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 強度評価の対象施設 (1/3)

設備名称		施設分類
防潮堤	防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	津波防護施設
	防潮堤 (盛土堤防)	
防潮壁	防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)	
	防潮壁 (第 2 号機放水立坑)	
	防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)	
	防潮壁 (第 3 号機放水立坑)	
	防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋)	
取放水路流路縮小工	取放水路流路縮小工 (第 1 号機取水路) (No. 1), (No. 2)	
	取放水路流路縮小工 (第 1 号機放水路)	
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)		
逆流防止設備	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	浸水防止設備
	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	
	補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)	
水密扉	水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1)	
	水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 2)	
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)	
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)	
	計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)	
	制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉	
	制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉	
	第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)	
制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)		

表 2.1-1 強度評価の対象施設 (2/3)

設備名称		施設分類
浸水防止蓋	浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)	浸水防止設備
	浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)	
	浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	
	浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1), (No. 2)	
	浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	
	浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	
	地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	
	地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	
浸水防止壁	第2号機海水ポンプ室浸水防止壁	浸水防止設備
逆止弁付ファンネル	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	浸水防止設備
	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第2号機高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第3号機高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	

表 2.1-1 強度評価の対象施設 (3/3)

設備名称		施設分類
貫通部止水処置	貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	浸水防止設備
	貫通部止水処置 (第2号機放水立坑防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置 (第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置 (第3号機放水立坑防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置 (防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 横断部)	
	貫通部止水処置 (第2号機原子炉建屋)	
	貫通部止水処置 (第2号機制御建屋)	
貫通部止水処置 (第2号機軽油タンクエリア)		
取水ピット水位計		津波監視設備

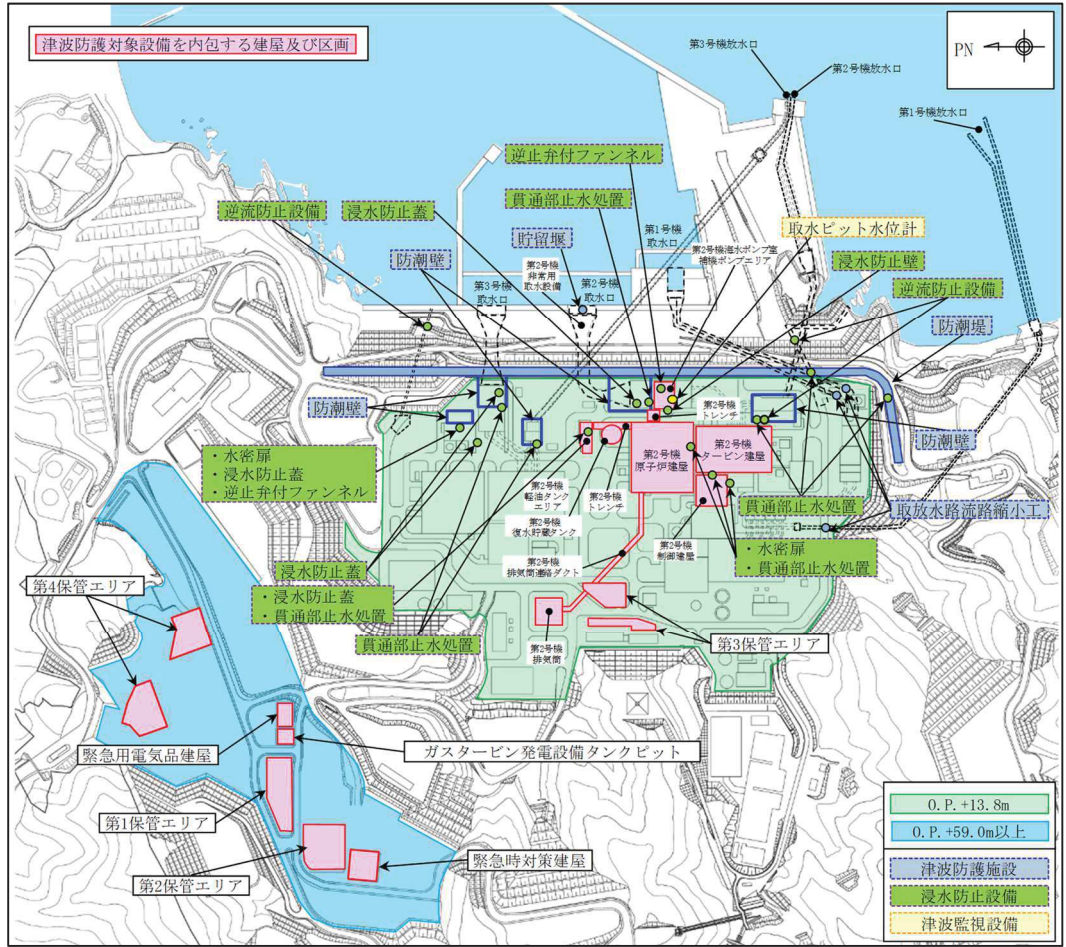
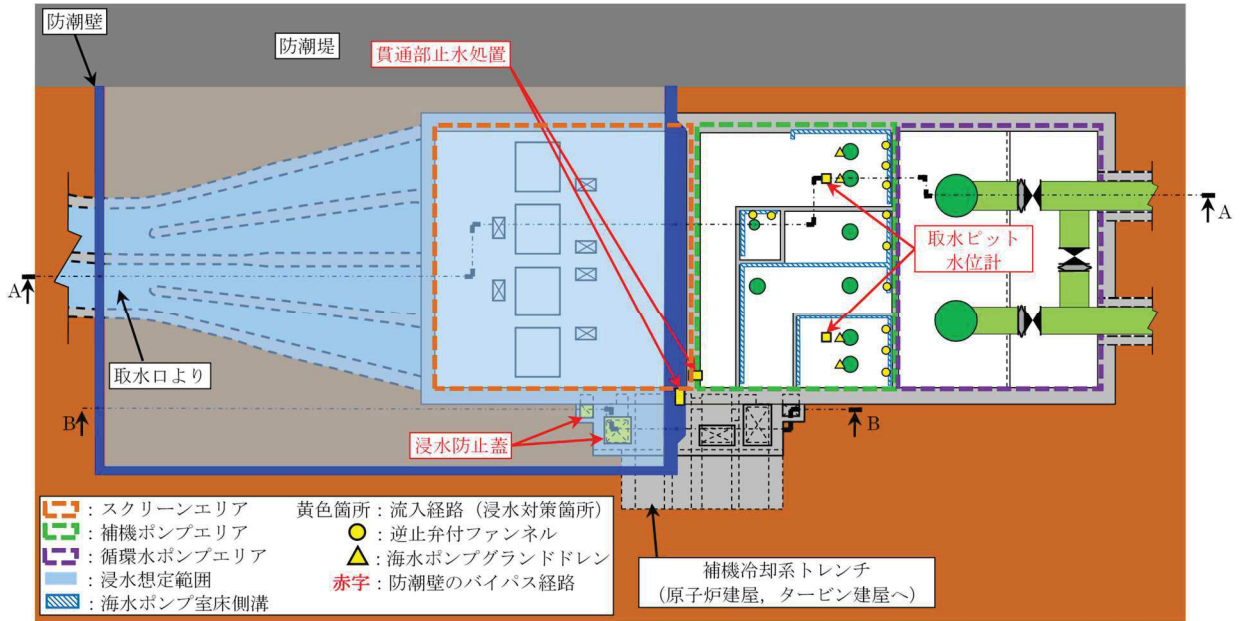
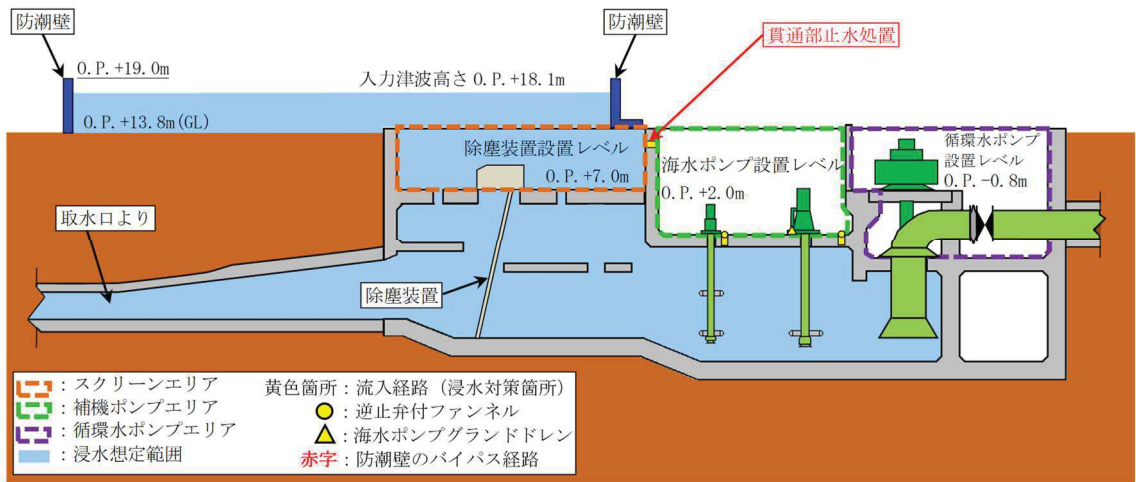


図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (1/18)



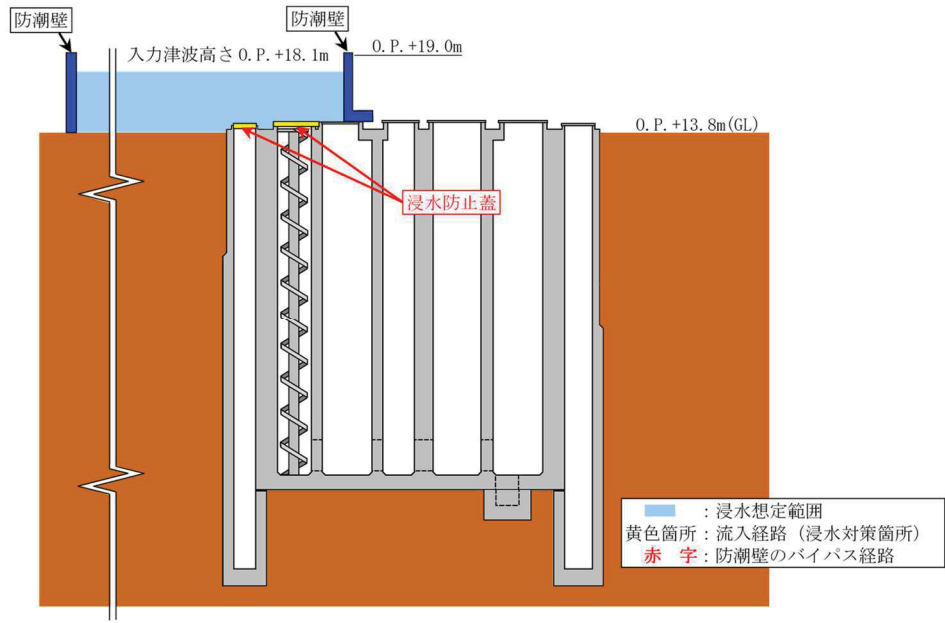
第 2 号機海水ポンプ室 (平面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (2/18)



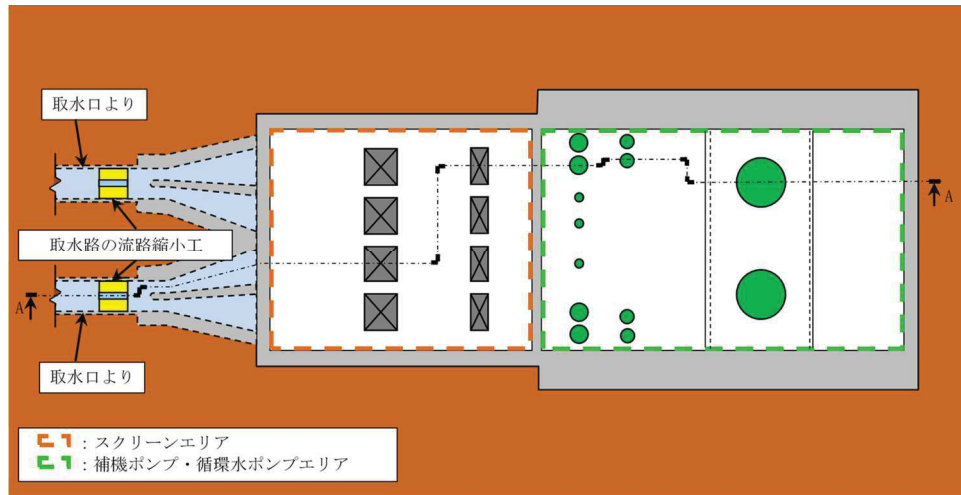
第 2 号機海水ポンプ室 (A-A 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (3/18)



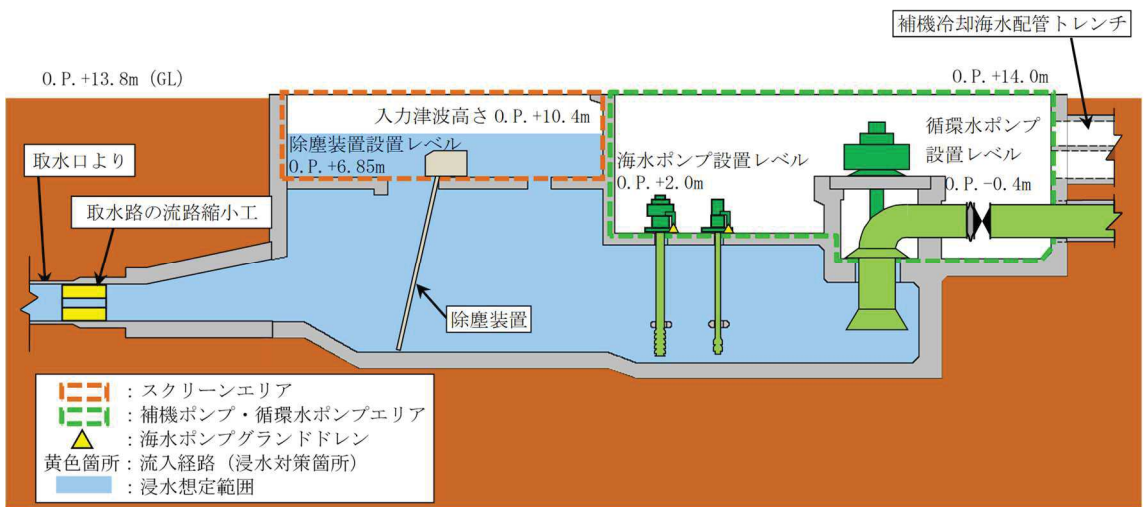
第 2 号機海水ポンプ室 (B-B 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (4/18)



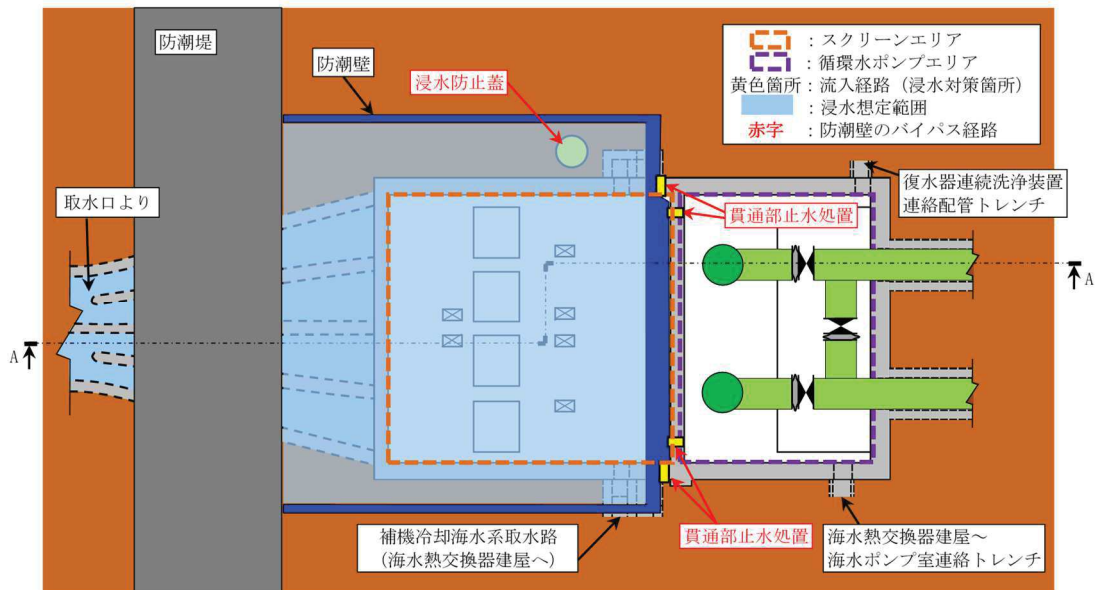
第 1 号機海水ポンプ室 (平面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (5/18)



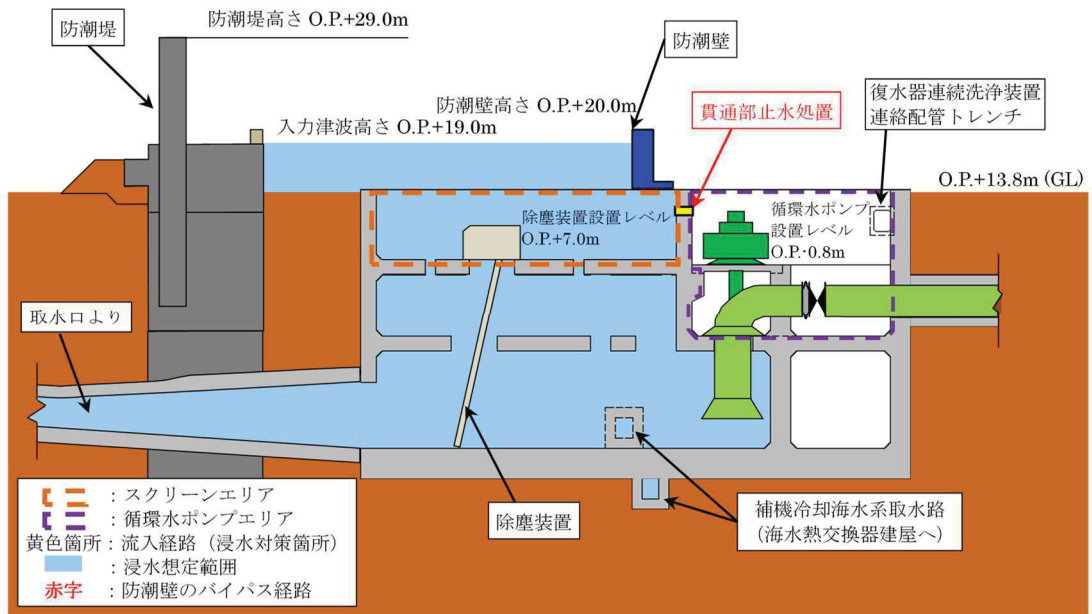
第 1 号機海水ポンプ室 (A-A 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (6/18)



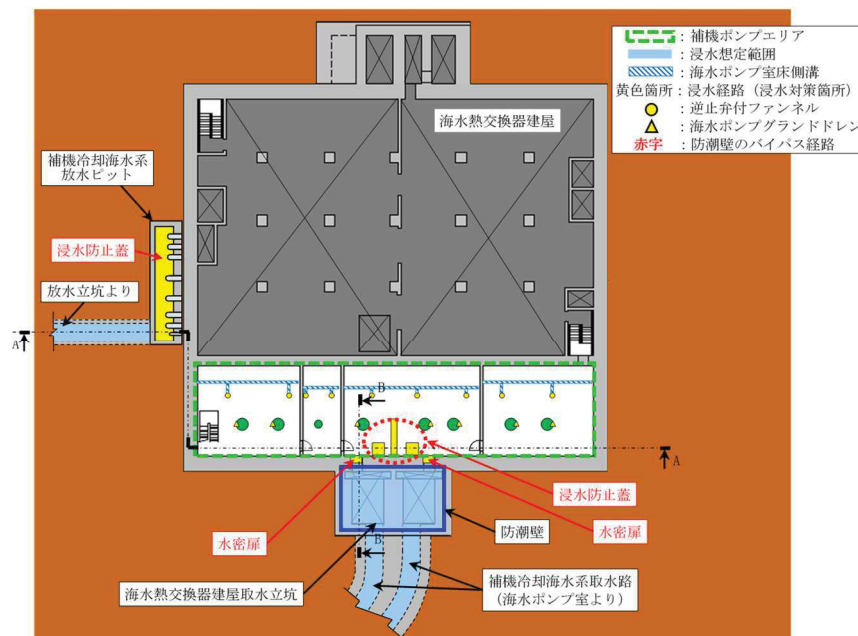
第 3 号機海水ポンプ室 (平面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (7/18)



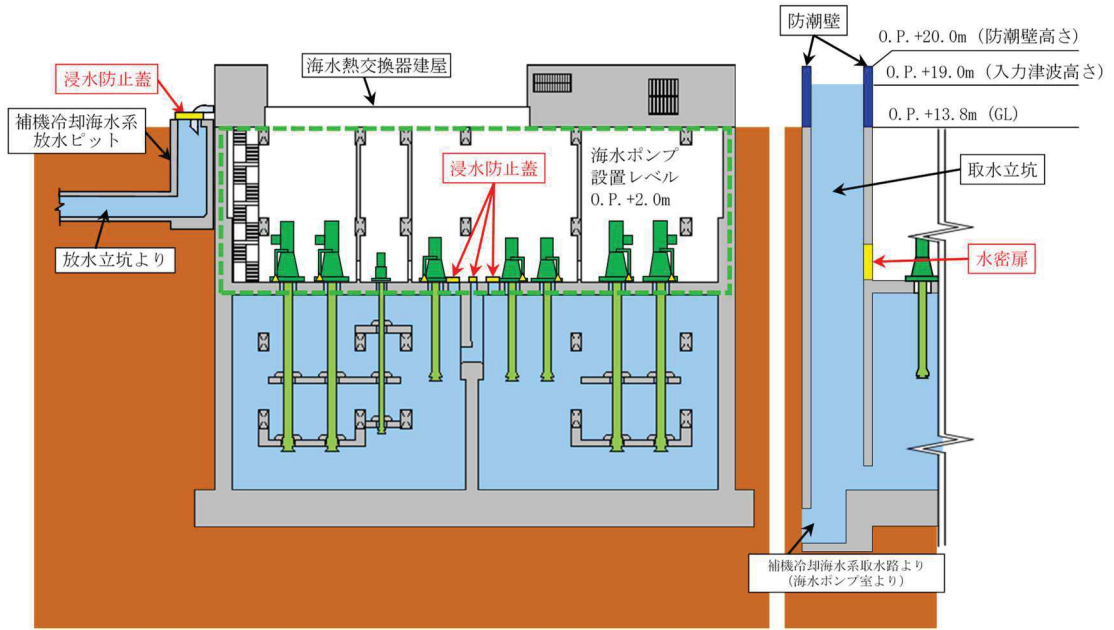
第 3 号機海水ポンプ室 (A-A 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (8/18)



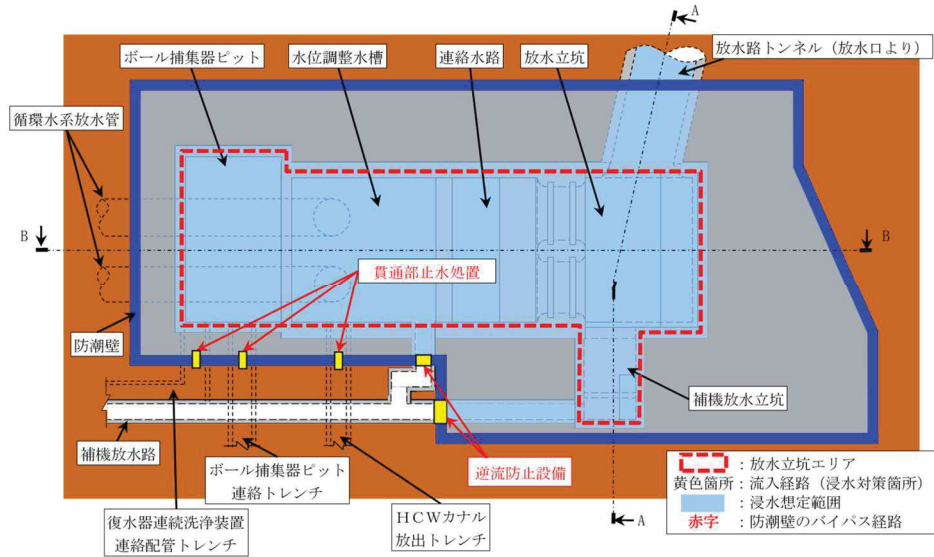
第 3 号機海水熱交換器建屋 (平面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (9/18)



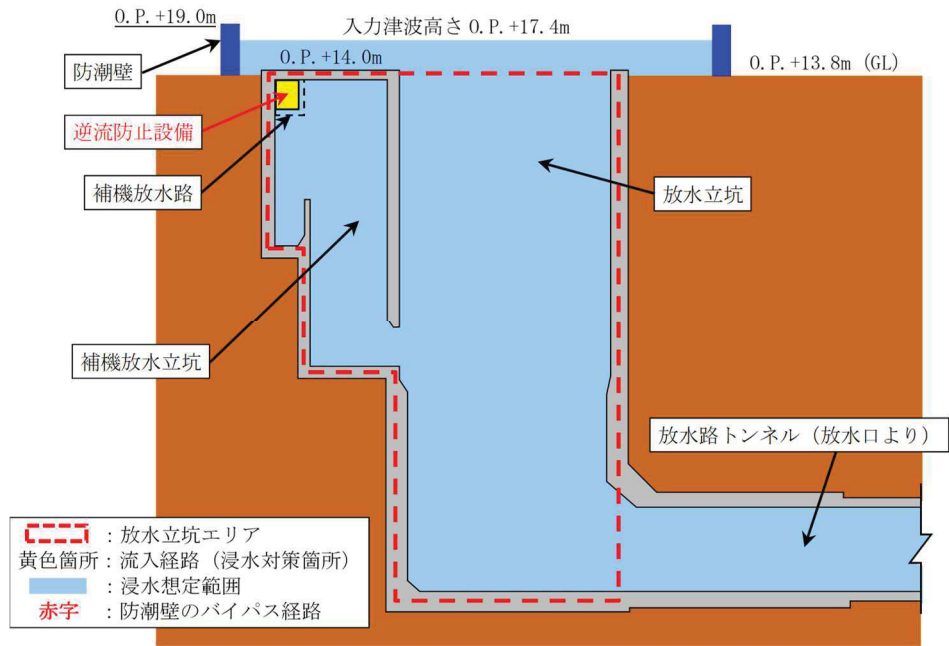
第 3 号機海水熱交換器建屋 (A-A, B-B 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (10/18)



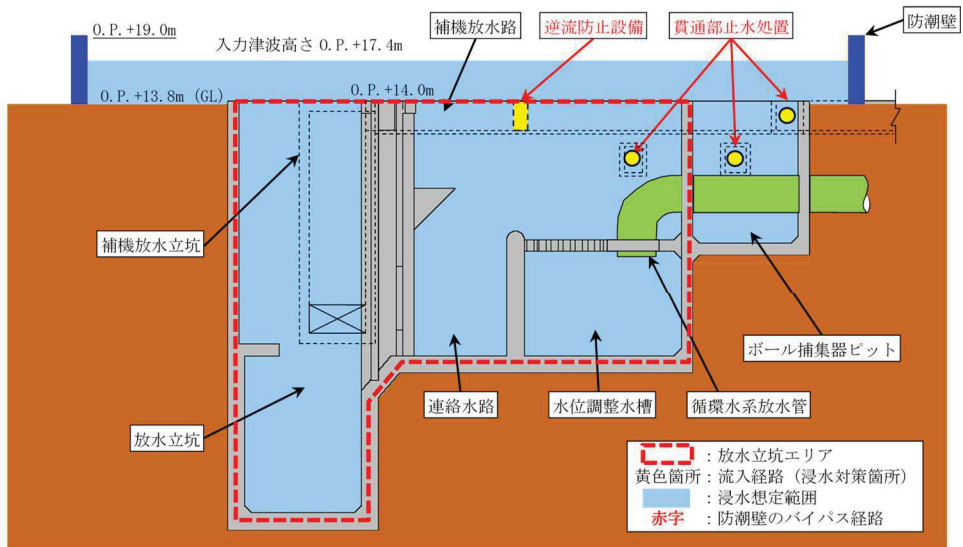
第 2 号機放水立坑 (平面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (11/18)



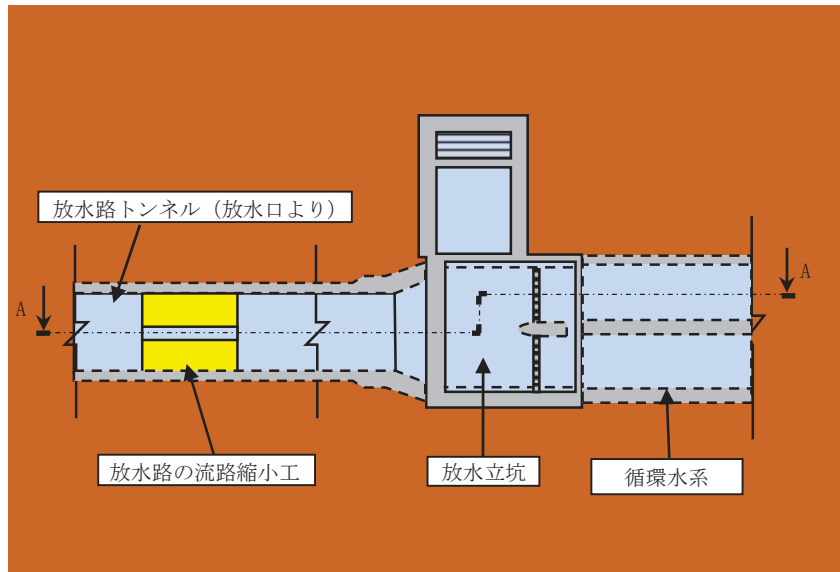
第 2 号機放水立坑 (A-A 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (12/18)



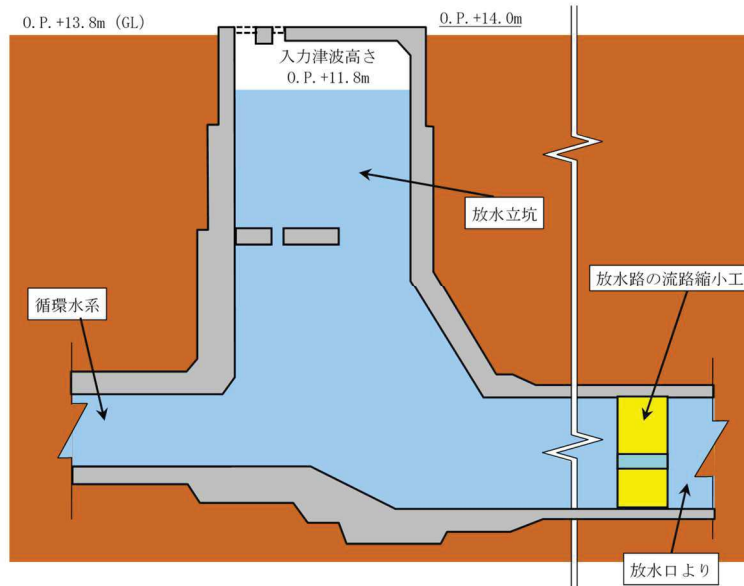
第 2 号機放水立坑 (B-B 断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (13/18)



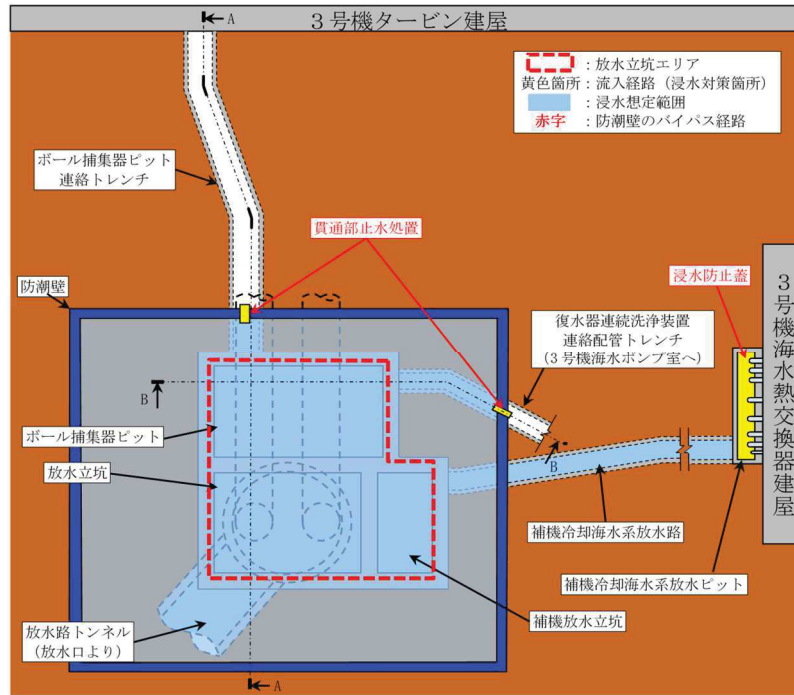
第 1 号機放水立坑（平面図）

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置（14/18）



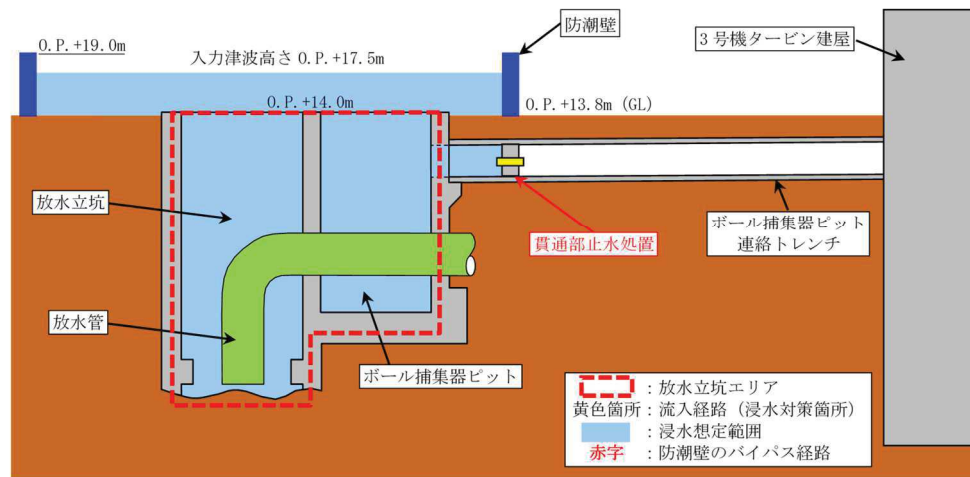
第 1 号機放水立坑（A-A 断面図）

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置（15/18）



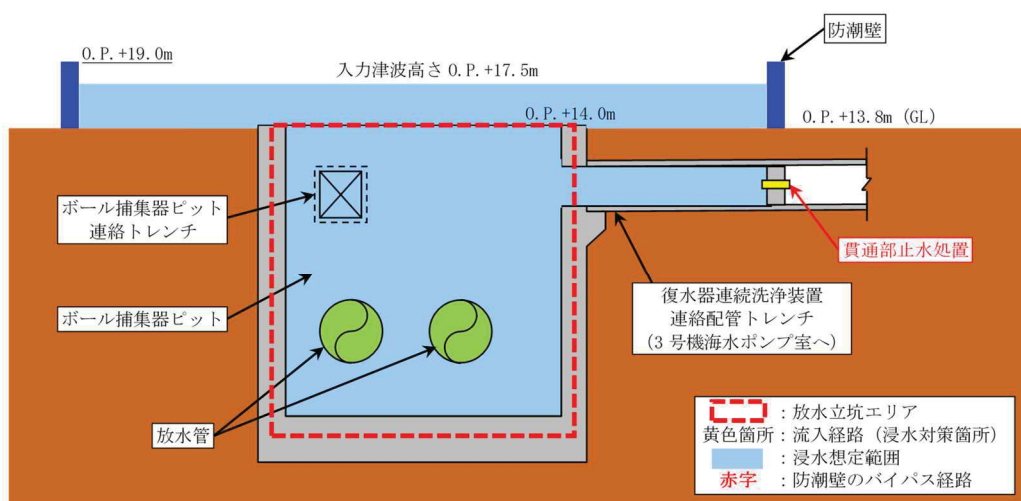
第3号機放水立坑（平面図）

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置（16/18）



第3号機放水立坑（A-A 断面図）

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置（17/18）



第3号機放水立坑 (B-B断面図)

図 2.1-1 強度評価の対象施設の配置 (18/18)

2.2 評価方針

浸水防護施設は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するため、「2.1 評価対象施設」で分類した施設ごとに、浸水防護に関する強度評価を実施する。

3. 構造強度設計

「2.1 評価対象施設」で設定している施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「4. 機能設計」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

各施設の構造強度の設計方針を設定し、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を保持するよう構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するための設計方針を、「2.1 評価対象施設」ごとに示す。

3.1.1 津波防護施設

(1) 防潮堤

防潮堤の構造形式としては、鋼管杭、鋼製遮水壁及び漂流物防護工の上部工を有する杭基礎構造の防潮堤（鋼管式鉛直壁）、セメント改良土による盛土構造の防潮堤（盛土堤防）の2種類からなる。

防潮堤はそれぞれの構造形式ごとに、以下に示すとおり、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、地震後の繰返しの襲来を想定した敷地への遡上に伴う津波（以下「遡上波」という。）の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼管杭、鋼製遮水壁及び漂流物防護工で構成し、鋼管杭の周囲にコンクリート製の背面補強工を設置する。下部工の鋼管杭は岩盤又は改良地盤に支持され、すべり安定性を確保するために改良地盤の海側に置換コンクリートを設置する。上部工の鋼管杭と下部工の鋼管杭は一体の構造であるため、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに、上部工の境界部及び地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

b. 防潮堤（盛土堤防）

防潮堤（盛土堤防）は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に

対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。セメント改良土による盛土構造とし、岩盤又は改良地盤に支持され、すべり安定性を確保するために改良地盤の海側に置換コンクリートを設置する。また、十分に低い透水性の材料とすることにより、有意な漏えいを生じない設計とする。

(2) 防潮壁

防潮壁の構造形式としては、鋼製又はコンクリート製の上部工を有する杭基礎構造防潮壁（防潮壁（第2号機海水ポンプ室，第2号機放水立坑，第3号機海水ポンプ室及び第3号機放水立坑））、鋼製の上部工を構造物上に設置する防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の2種類（5箇所）からなる。

防潮壁はそれぞれの構造形式ごとに、以下に示すとおり、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 防潮壁（第2号機海水ポンプ室）

防潮壁（第2号機海水ポンプ室）は、地震後の繰返しの襲来を想定した取水路、放水路等の経路からの流入に伴う津波（以下「経路からの津波」という。）の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

b. 防潮壁（第2号機放水立坑）

防潮壁（第2号機放水立坑）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

c. 防潮壁（第3号機海水ポンプ室）

防潮壁（第3号機海水ポンプ室）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

d. 防潮壁（第3号機放水立坑）

防潮壁（第3号機放水立坑）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成し、下部工は岩盤に支持される鋼管杭とフーチングで構成する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに、地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置し、有意な漏えいを生じない設計とする。

e. 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）

防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。上部工は鋼製遮水壁（鋼板）で構成し、下部工となる第3号機海水熱交換器建屋取水立坑上に設置する。上部工と下部工を一体とした構造とし、上部工が下部工からずれる又は浮き上がるおそれのない設計とするとともに、上部工と下部工の構造体の境界部は塗膜防水により、有意な漏えいを生じない設計とする。

(3) 取放水路流路縮小工

a. 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）（No.1）、（No.2）

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）（No.1）、（No.2）は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、

第1号機取水路内に設置するコンクリートに貫通部を設けた構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、第1号機放水路内に設置するコンクリートに貫通部を設けた構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(4) 貯留堰（No. 1），（No. 2），（No. 3），（No. 4），（No. 5），（No. 6）

貯留堰（No. 1），（No. 2），（No. 3），（No. 4），（No. 5），（No. 6）は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、取水口底盤に設置する鉄筋コンクリート製の堰で構成し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持するとともに、有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とする。

3.1.2 浸水防止設備

(1) 逆流防止設備

逆流防止設備は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）（No. 1），（No. 2），（No. 3）

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）（No. 1），（No. 2），（No. 3）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の扉体で構成し、屋外排水路（防潮堤南側）の出口側集水ピットに固定する構造（地中構造物）とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、

風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の漂流物防護工及び扉体で構成し、屋外排水路（防潮堤北側）の出口側集水ピットに固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No. 1）、（No. 2）

補機冷却海水系放水路逆流防止設備（No. 1）、（No. 2）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の扉体で構成し、防潮壁（第2号機放水立坑）に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(2) 水密扉

水密扉は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備（3）性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 1）

水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 1）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、第3号機海水熱交換器建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 2）

水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 2）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、第3号機海水熱交換器建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 1）

原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 1）は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、原子炉建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

d. 原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 2）

原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 2）は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、原子炉建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設

計とする。

e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1) は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2) は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

g. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3) は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

h. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)

計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3) は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

i. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

j. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する

設計とする。

k. 第2号機 MCR 浸水防止水密扉

第2号機 MCR 浸水防止水密扉は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

l. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4) は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

m. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5) は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の水密扉で構成し、制御建屋にアンカーボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(3) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)

浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト) は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、原子炉機器冷却海水配管ダクトに固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)

浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット) は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第3号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

c. 浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)

浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第3号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- d. 浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 1)

浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 1)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第3号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- e. 浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 2)

浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 2)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、第3号機海水熱交換器建屋に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- f. 浸水防止蓋(揚水井戸(第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))

浸水防止蓋(揚水井戸(第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、揚水井戸(第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内)に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- g. 浸水防止蓋(揚水井戸(第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))

浸水防止蓋(揚水井戸(第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、揚水井戸(第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内)に固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

h. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)
 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、軽油タンクエリアに固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

i. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋
 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止蓋で構成し、軽油タンクエリアに固定ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(4) 浸水防止壁

a. 第2号機海水ポンプ室浸水防止壁
 第2号機海水ポンプ室浸水防止壁は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製の浸水防止壁で構成し、海水ポンプ室に基礎ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(5) 逆止弁付ファンネル

逆止弁付ファンネルは、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)
 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)
 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1),

(No. 2) , (No. 3)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- c. 第2号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)

第2号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- d. 第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)

第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- e. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1) , (No. 2)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- f. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1) , (No. 2)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- g. 第3号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)

第3号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- h. 第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)

第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、3号機海水熱交換建屋にねじ込み継手で固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(6) 貫通部止水処置

貫通部止水処置は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

- a. 貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)

貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- b. 貫通部止水処置 (第2号機放水立坑防潮壁横断部)

貫通部止水処置 (第2号機放水立坑防潮壁横断部)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

- c. 貫通部止水処置 (第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)

貫通部止水処置 (第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の

隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

d. 貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

e. 貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）

貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）は、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

f. 貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）

貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

g. 貫通部止水処置（第2号機制御建屋）

貫通部止水処置（第2号機制御建屋）は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

h. 貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）

貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）は、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間をシリコンシール又はブーツラバーにより塞ぐ構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.1.3 津波監視設備

(1) 取水ピット水位計

取水ピット水位計は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3 津波監視設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼材で構成し、海水ポンプ室に設置されたスリーブに取付ボルトで固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.2 機能保持の方針

添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、添付書類「VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針」の「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 b. 荷重の組合せ」及び「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 c. 許容限界」で設定している荷重を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

3.2.1 防潮堤

(1) 構造設計

防潮堤は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針」の「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。防潮堤の構造計画を表 3.2-1～表 3.2-2 に示す。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、鋼管杭、鋼製遮水壁及び漂流物防護工による上部工を有する杭基礎構造とし、十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に支持させる構造とする。また、鋼管式鉛直壁において、鋼管杭の周囲にコンクリート製の背面補強工を設置する。改良地盤の海側に、すべり安定性を確保するために置換コンクリートを設置する。

隣接する構造体との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

b. 防潮堤（盛土堤防）

防潮堤（盛土堤防）は、セメント改良土による盛土構造とし、十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に支持させる構造とする。また、改良地盤の海側

に、すべり安定性を確保するために置換コンクリートを設置する。

(2) 評価方針

防潮堤は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼管杭、鋼製遮水壁、漂流物防護工、背面補強工及び置換コンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については、防潮堤（鋼管式鉛直壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

b. 防潮堤（盛土堤防）

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材であるセメント改良土及び置換コンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については、防潮堤（盛土堤防）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

表 3.2-1 構造計画（防潮堤（鋼管式鉛直壁））

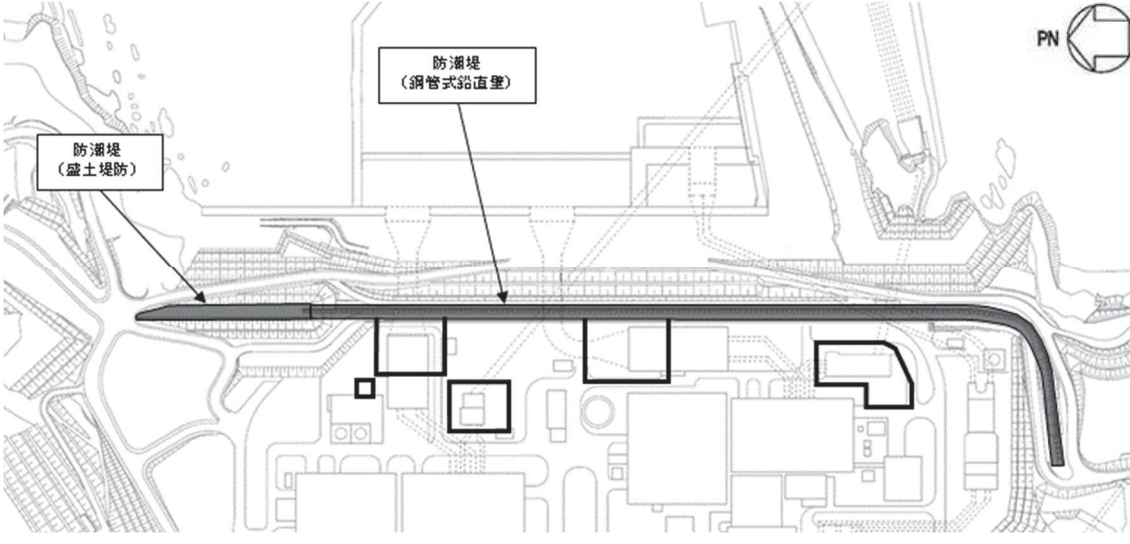
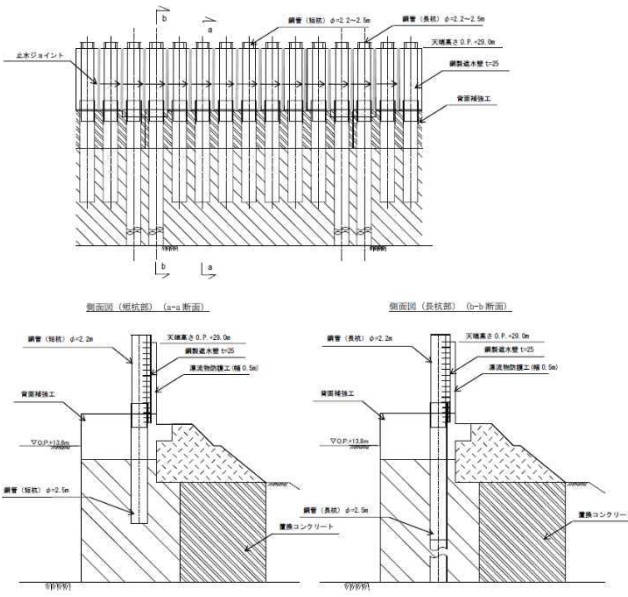
配置図	
	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に設置する。</p>	<p>鋼管杭、鋼製遮水壁、漂流物防護工、背面補強工及び置換コンクリートから構成する。</p>
説明図	
 <p style="text-align: center;">断面図・正面図</p>	

表 3.2-2 構造計画（防潮堤（盛土堤防））

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に設置する。	セメント改良土及び置換コンクリートから構成する。
<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">断面図</p>	

3.2.2 防潮壁

(1) 構造設計

防潮壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

防潮壁は、第2号機海水ポンプ室スクリーンエリア、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室スクリーンエリア、第3号機放水立坑及び第3号機海水熱交換器建屋取水立坑の開口部を囲んで設置する構造物である。

第2号機海水ポンプ室、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室、第3号機放水立坑の防潮壁は、鋼管杭とフーチングによる基礎構造とし、第3号機海水熱交換器建屋の防潮壁は、取水立坑上に設置する。上部構造は、設置箇所に応じて鋼製又はコンクリート製とする。

また、第2号機海水ポンプ室、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室、第3号機放水立坑の防潮壁の内側には車両が進入するため、人力で確実に開閉可能な鋼製扉を設置する。隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

防潮壁の構造計画を表 3.2-3 に示す。

(2) 評価方針

防潮壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

a. 防潮壁（第2号機海水ポンプ室）

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式の構成部材である鋼材及びコンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤については、防潮壁を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

- b. 防潮壁（第2号機放水立坑）
「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）」と同じ。
- c. 防潮壁（第3号機海水ポンプ室）
「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）」と同じ。
- d. 防潮壁（第3号機放水立坑）
「防潮壁（第2号機放水立坑）」と同じ。
- e. 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）の構成部材である鋼材が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（1/3）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>第2号機海水ポンプ室スクリーンエリア、第2号機放水立坑、第3号機海水ポンプ室スクリーンエリア及び第3号機放水立坑の開口部を囲んで設置し、十分な支持性能を有する岩盤に設置する。</p>	<p>上部工は、設置箇所に応じて鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の3種類の構造形式で構成する。下部工は、鋼管杭及びフーチングにより構成する。</p>
説明図	
<p>防潮壁（第2号機海水ポンプ室）鋼製遮水壁（鋼板）</p>	

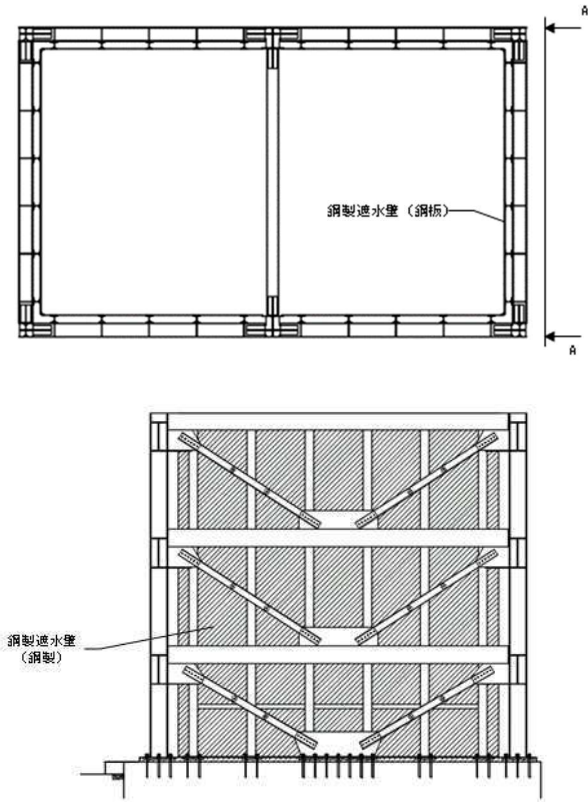
O2 ① VI-3-別添 3-1 R0

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（2/3）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
		<p>防潮壁（第2号機海水ポンプ室）鋼製遮水壁（鋼桁）</p> <p>防潮壁（第2号機海水ポンプ室）鋼製扉</p>

O2 ① VI-3-別添 3-1 R0

表 3.2-3 構造計画（防潮壁）（3/3）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
第3号機海水熱交換器建屋取水立坑上に設置する。	上部工は、鋼製遮水壁（鋼板）で構成する。	 <p>防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）</p>

02 ① VI-3-別添 3-1 R 0

3.2.3 取放水路流路縮小工

(1) 構造設計

取放水路流路縮小工は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取放水路流路縮小工は、第1号機取水路及び第1号機放水路内に設置する構造物であり、それぞれの流路をコンクリートにより縮小するものである。

取放水路流路縮小工の構造計画を表3.2-4に示す。

(2) 評価方針

取放水路流路縮小工は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

a. 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1)，(No.2)

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材であるコンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、基礎地盤については、取放水路流路縮小工を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

b. 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）

「取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1)，(No.2)」と同じ。

3.2.4 貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6)

(1) 構造設計

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) は、取水口底盤に設置する鉄筋コンクリート製の堰であり、取水口と一体構造とする。

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) の天端は、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）の取水に必要な水量を確保するための高さとする。

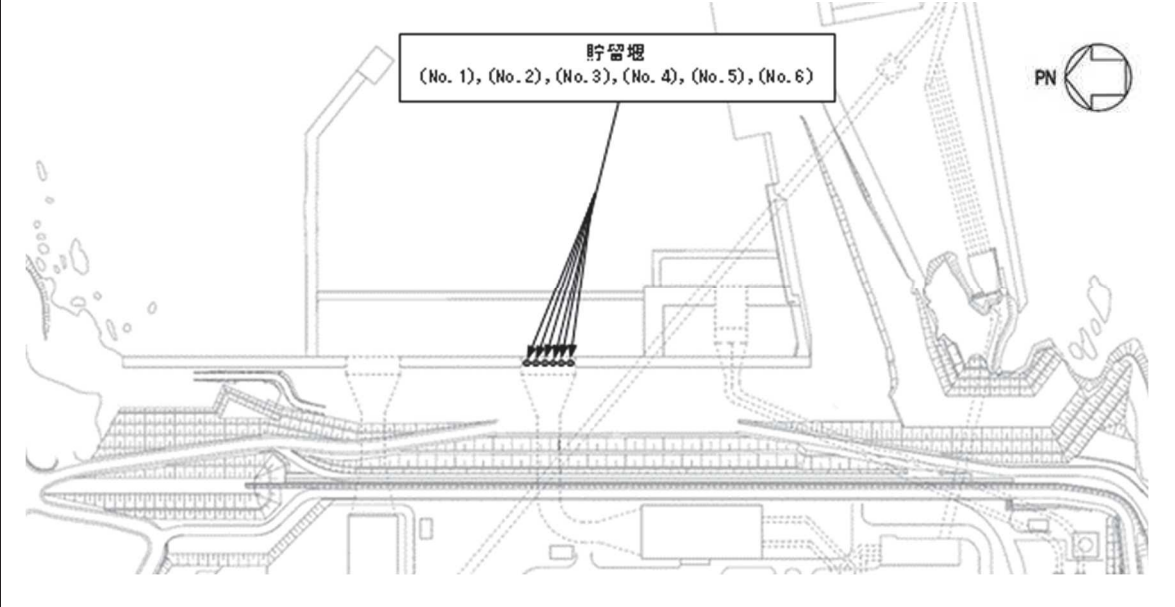
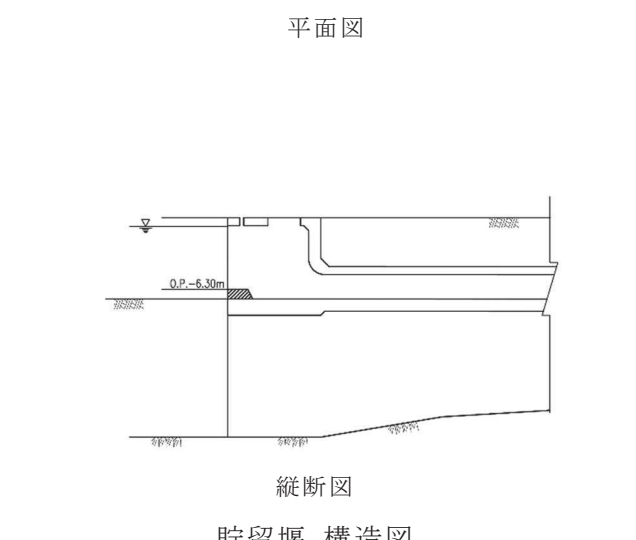
貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) の構造計画を表 3.2-5 に示す。

(2) 評価方針

貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鉄筋コンクリートが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-5 構造計画 (貯留堰)

配置図		
		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>十分な支持性能を有する取水口底盤に設置する。</p>	<p>取水口底盤に設置する鉄筋コンクリート製の堰で構成し、取水口と一体構造とする。</p>	 <p style="text-align: center;">平面図</p> <p style="text-align: center;">縦断面図</p> <p style="text-align: center;">貯留堰 構造図</p>

3.2.5 逆流防止設備

(1) 構造設計

逆流防止設備は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

逆流防止設備の構造計画を表 3.2-6 に示す。

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）及び固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）を主体構造とする。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)は、アンカーで屋外排水路（防潮堤南側）の出口側集水ピット（鉄筋コンクリート製）に固定し、支持する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）及び固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）を主体構造とし、海側に漂流物防護工を設置する。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、アンカーで屋外排水路（防潮堤北側）の出口側集水ピット（鉄筋コンクリート製）に固定し、支持する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）及び固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）を主体構造とする。

補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)は、アンカーで防潮壁（第2号機放水立坑）に固定し、支持する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

(2) 評価方針

逆流防止設備は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉体としてスキンプレート、主桁及び補助桁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、漏えいが想定される隙間は、圧着構

造となるよう、扉体を構成するスキンプレート、主桁及び補助桁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉体としてスキンプレート、主桁及び補助桁並びに漂流物防護工がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、漏えいが想定される隙間は、圧着構造となるよう、扉体を構成するスキンプレート、主桁及び補助桁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)

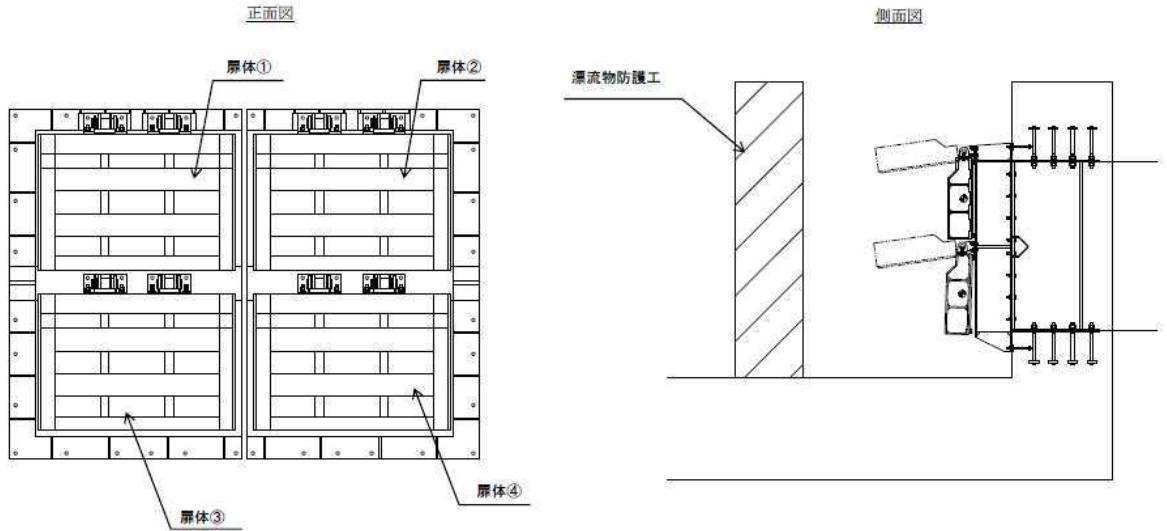
「屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

表 3.2-6 構造計画（逆流防止設備）（1/2）

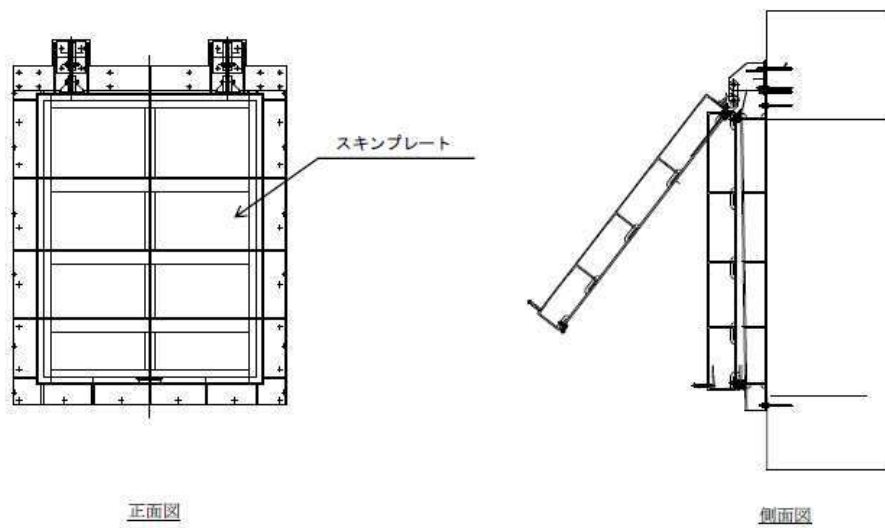
配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>十分な支持性能を有する構造物に設置する。</p>	<p>鋼製の扉体（スキンプレート、主桁及び補助桁）及び固定部（ヒンジ、吊りピン、ジョイント及びアンカー）を主体構造とする。屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、海側に漂流物防護工を設置する。</p>
説明図	
<p>屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）</p>	

表 3.2-6 構造計画（逆流防止設備）（2/2）

説明図



屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）



補機冷却海水系放水路逆流防止設備

02 ① VI-3-別添 3-1 R 0

3.2.6 水密扉

(1) 構造設計

水密扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

水密扉の構造計画を表 3.2-7 に示す。

- a. 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 1）,（No. 2）
水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 1）,（No. 2）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように第3号機海水熱交換器建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。
- b. 原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 1）
原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 1）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように原子炉建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。
- c. 原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 2）
原子炉建屋浸水防止水密扉（No. 2）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように原子炉建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。
- d. 制御建屋浸水防止水密扉（No. 1）
制御建屋浸水防止水密扉（No. 1）は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

g. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)

計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

h. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

i. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉

制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

j. 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉

第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

k. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

1. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)

制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5) は、水密扉として扉板及び芯材並びに固定部としてカンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも水密扉が動かないように制御建屋にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、水密扉に作用する荷重は、カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト及びアンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

(2) 評価方針

水密扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 水密扉(第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉板、芯材、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、扉板及び芯材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、扉板、芯材、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、扉板及び芯材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。


- c. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- d. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- g. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- h. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- i. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- j. 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- k. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- l. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（1/12）

配置図			
計画の概要		説明図	
基礎・支持構造	主体構造	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p>水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1)</p>	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（2/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板, 芯材, 扉枠, カンヌキ, ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	 <p>水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2)</p>


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（3/12）

配置図			
計画の概要		説明図	
基礎・支持構造	主体構造	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)</p>	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。		



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（4/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	 <p style="text-align: center;">原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（5/12）

配置図		
		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板, 芯材, 扉枠, カンヌキ, ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	
		第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉

枠囲みの内容は商業機密及び防護上の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（6/12）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。</p>	<p>扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。</p>
説明図	
<p>制御建屋浸水防止水密扉（No. 1）</p>	


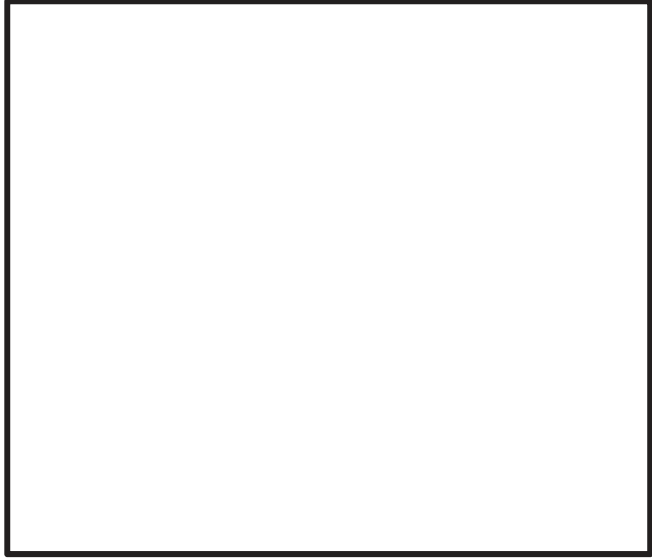
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（7/12）

配置図		
<p>制御建屋地上1階</p> <p>制御建屋浸水防止水密扉(No.2)</p> <p>制御建屋浸水防止水密扉(No.3)</p> <p>制御建屋浸水防止水密扉(No.4)</p> <p>制御建屋浸水防止水密扉(No.5)</p>		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	<p>制御建屋浸水防止水密扉(No. 2)</p>


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（8/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
		 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（9/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。	扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	 <p>制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（10/12）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>扉枠をアンカーボルトにより建屋に固定する。</p>	<p>扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。</p>
説明図	
<p>計測制御電源室(B)浸水防止水密扉 (No. 3)</p>	


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（11/12）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>扉枠をアンカーボルトにより建屋躯体に固定する。</p>	<p>扉板、芯材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成する。</p>
説明図	
<p>制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉</p>	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-7 構造計画（水密扉）（12/12）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
扉枠をアンカーボルトにより建屋躯体に固定する。	扉板，芯材，扉枠，カンヌキ，ヒンジ等の鋼製部材により構成する。	 <p>制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.7 浸水防止蓋

(1) 構造設計

浸水防止蓋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

浸水防止蓋の構造計画を表 3.2-8 に示す。

a. 浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）

浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように原子炉機器冷却海水配管ダクト上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

b. 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）

浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）は、浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように第3号機海水熱交換器建屋側面に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

c. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）

浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように第3号機海水熱交換器建屋の床面に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

d. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部） （No. 1），（No. 2）

浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）（No. 1），（No. 2）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように第3号機海水熱交換器建屋の床面に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

e. 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内）上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボ

ルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

f. 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鋼製の揚水井戸に伝達する構造とする。

g. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1）、（No. 2）

地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1）、（No. 2）は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように軽油タンクエリア上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

h. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋

地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋は、浸水防止蓋及び固定ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止蓋が動かないように軽油タンクエリア上部に固定ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止蓋に作用する荷重は、固定ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

(2) 評価方針

浸水防止蓋は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、浸水防止蓋及び固定ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、浸水防止蓋がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、浸水防止蓋がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

c. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）

「浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）」と同じ。

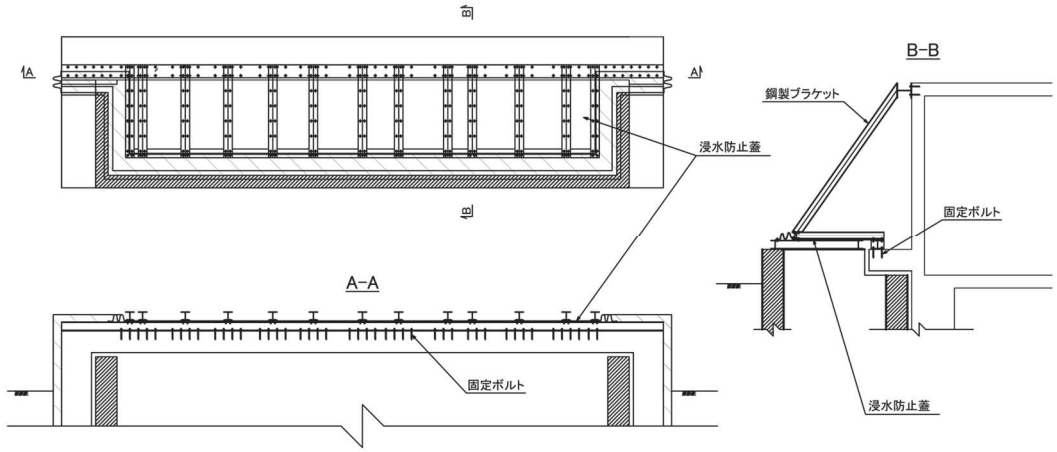
- d. 浸水防止蓋(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)
(No. 1), (No. 2)
「浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)」と同じ。
- e. 浸水防止蓋(揚水井戸(第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))
「浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)」と同じ。
- f. 浸水防止蓋(揚水井戸(第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))
「浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)」と同じ。
- g. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)
津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, 浸水防止蓋及び固定ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また, 止水機能を損なわないよう, 浸水防止蓋がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。
- h. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋
「地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)」と同じ。

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（1/5）

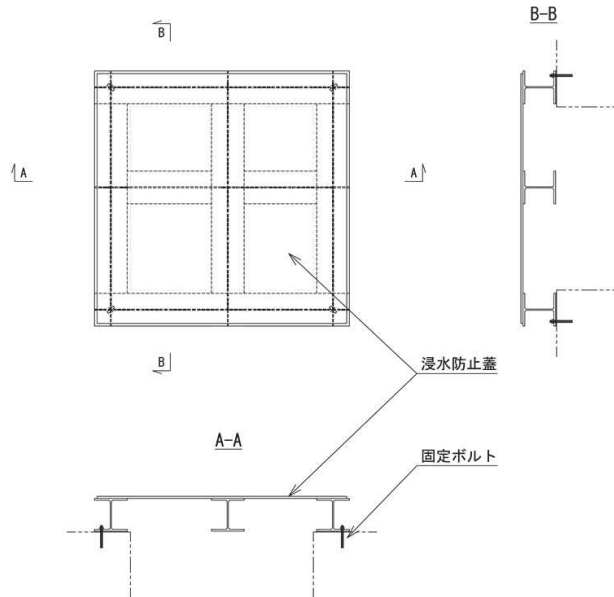
配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>十分な支持性能を有する構造物に設置する。</p>	<p>浸水防止蓋及び固定ボルトにより構成する。</p>
説明図	
<p>浸水防止蓋 （原子炉機器冷却海水配管ダクト）</p>	

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（2/5）

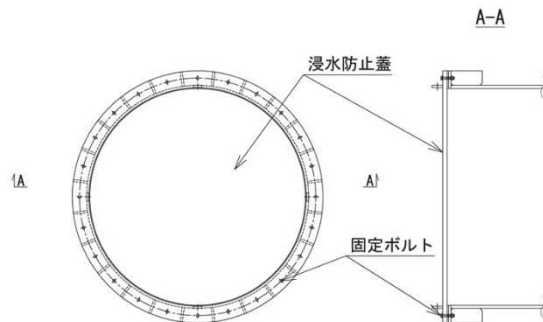
説明図



浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）



浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））



浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

O2 ① VI-3-別添 3-1 R0

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（3/5）

配置図	
計画の概要	
基礎・支持構造	主体構造
<p>第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリアの床面に固定ボルトにより固定する。</p>	<p>浸水防止蓋及び固定ボルトにより構成する。</p>
説明図	
<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）</p>	
<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）(No. 1), (No. 2)</p>	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（4/5）

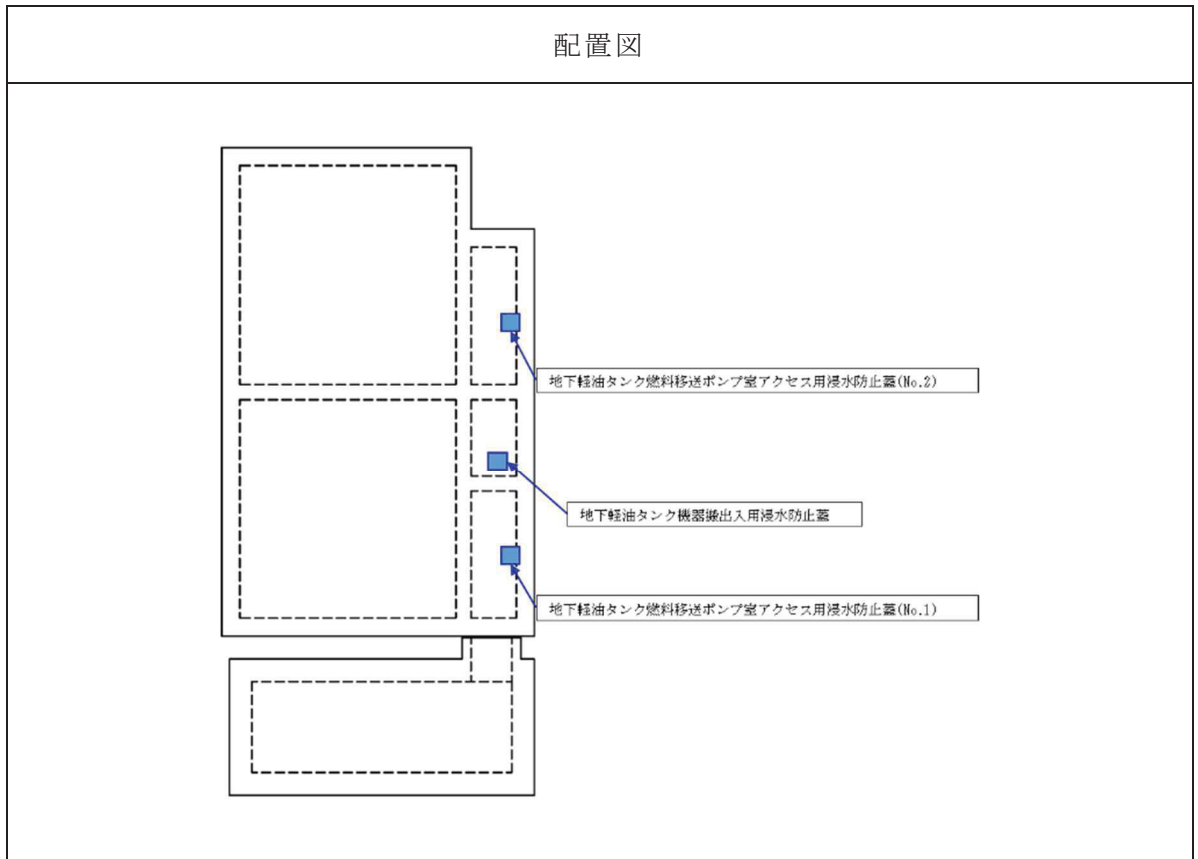
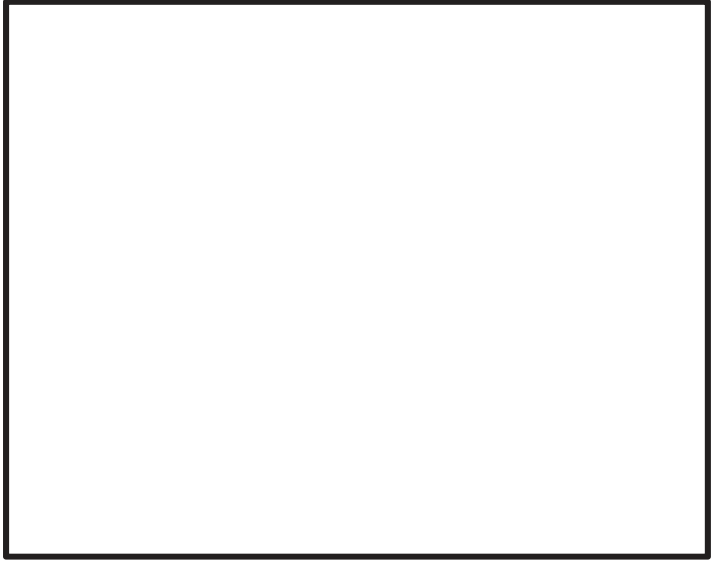



表 3.2-8 構造計画（浸水防止蓋）（5/5）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
軽油タンクエ リア上部(開口 部)に固定ボル トで固定する。	浸水防止蓋及 び固定ボルト により構成す る。	 <p>地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水 防止蓋 (No. 1), (No. 2)</p>  <p>地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.8 浸水防止壁

(1) 構造設計

第2号機海水ポンプ室浸水防止壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

第2号機海水ポンプ室浸水防止壁は、浸水防止壁及び基礎ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも浸水防止壁が動かないように海水ポンプ室の上部に基礎ボルトで固定し、支持する構造とする。また、浸水防止壁に作用する荷重は、基礎ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

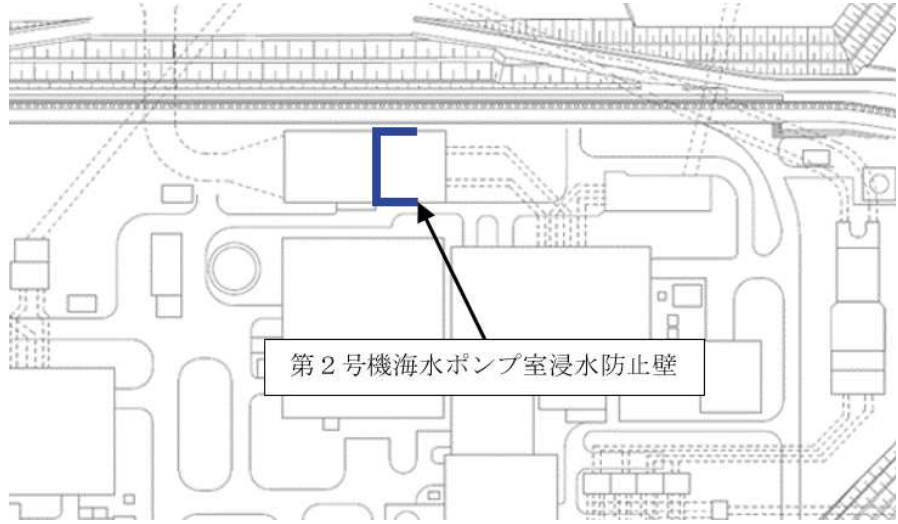
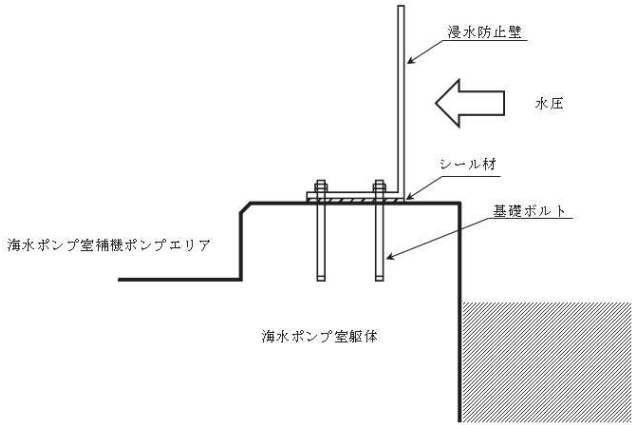
第2号機海水ポンプ室浸水防止壁の構造計画を表3.2-9に示す。

(2) 評価方針

浸水防止壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、浸水防止壁及び基礎ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、浸水防止壁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-9 構造計画（浸水防止壁）

配置図		
		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>海水ポンプ室上部に基礎ボルトで固定する。</p>	<p>浸水防止壁により構成する。</p>	

O2 ① VI-3-別添 3-1 R0

3.2.9 逆止弁付ファンネル

(1) 構造設計

逆止弁付ファンネルは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

逆止弁付ファンネルは、弁本体及び弁体を主体構造とし、荷重が作用した場合にも逆止弁付ファンネルが動かないように第2号機海水ポンプ室の床面及び第3号機海水熱交換器建屋にねじ込み継手で固定し、支持する構造とする。また、逆止弁付ファンネルに作用する荷重は、弁本体のねじ込み継手を介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

逆止弁付ファンネルの構造計画を表 3.2-10 に示す。

(2) 評価方針

逆止弁付ファンネルは、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、弁本体及び弁体がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、弁本体及び弁体がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-10 構造計画（逆止弁付ファンネル）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
第2号機海水ポンプ室及び第3号機海水熱交換器建屋にねじ込み継手で固定する。	弁座を含む弁本体及び弁体で構成する。	<p>配置図</p> <p>第2号機海水ポンプ室</p> <p>第3号機海水熱交換器建屋</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.10 貫通部止水処置

(1) 構造設計

貫通部止水処置は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

貫通部止水処置の構造計画を表 3.2-11 に示す。

a. 貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

b. 貫通部止水処置（第 2 号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 2 号機放水立坑防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

c. 貫通部止水処置（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

d. 貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）

貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

e. 貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）

貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）は、シリコンシール又は

ブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

f. 貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）

貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

g. 貫通部止水処置（第2号機制御建屋）

貫通部止水処置（第2号機制御建屋）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

h. 貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）

貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）は、シリコンシール又はブーツラバーによる止水処置を主体構造とする。

シリコンシールによる止水処置は、貫通口と貫通物の隙間にシリコンシールを充填することにより、止水する構造とする。ブーツラバーによる止水処置は、貫通孔と貫通物にブーツラバーを締付バンドにて締結することにより、止水する構造とする。

(2) 評価方針

貫通部止水処置は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

シリコンシール及びブーツラバーによる止水処置については、地震後の繰返し襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重に対し、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。

b. 貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

- c. 貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）
「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。
- d. 貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）
「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。
- e. 貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）
「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。
- f. 貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）
シリコンシール及びブーツラバーによる止水処置については、津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重に対し、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水压試験で確認した水压以下であることを確認する。
- g. 貫通部止水処置（第2号機制御建屋）
「貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）」と同じ。
- h. 貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）
「貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）」と同じ。

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（1/13）

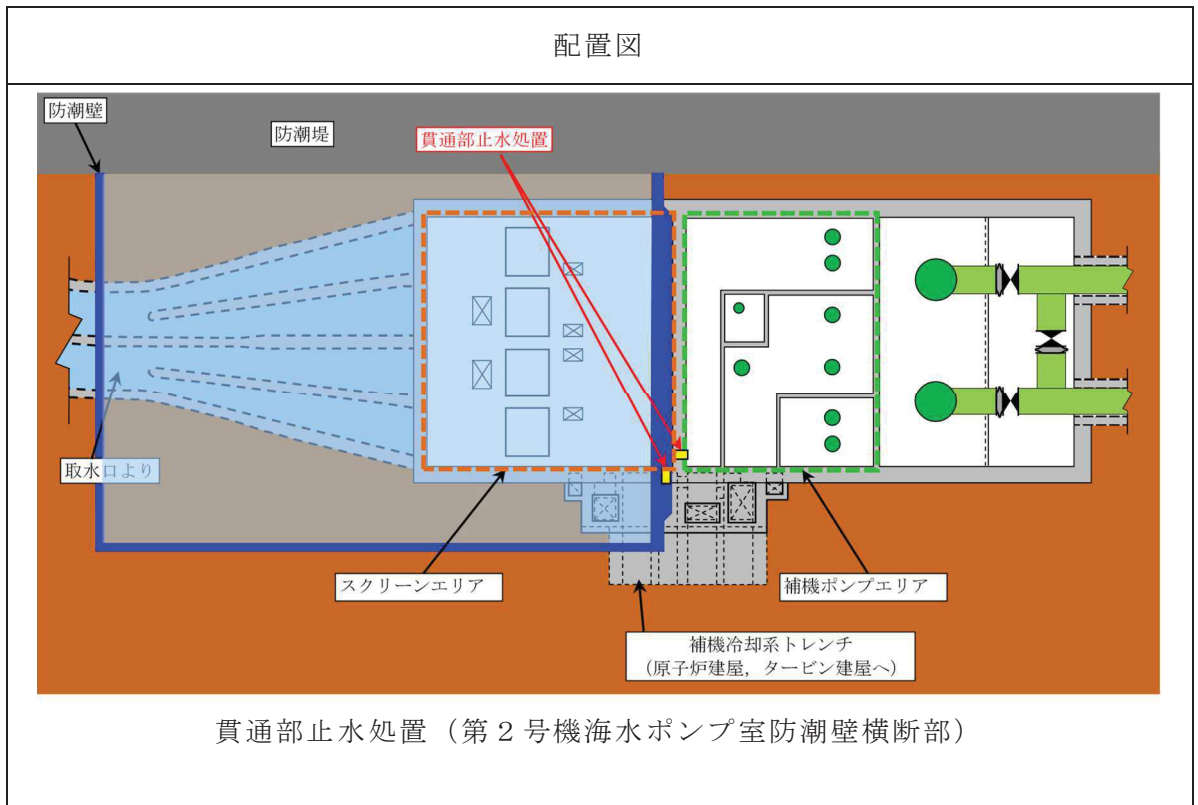


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（2/13）

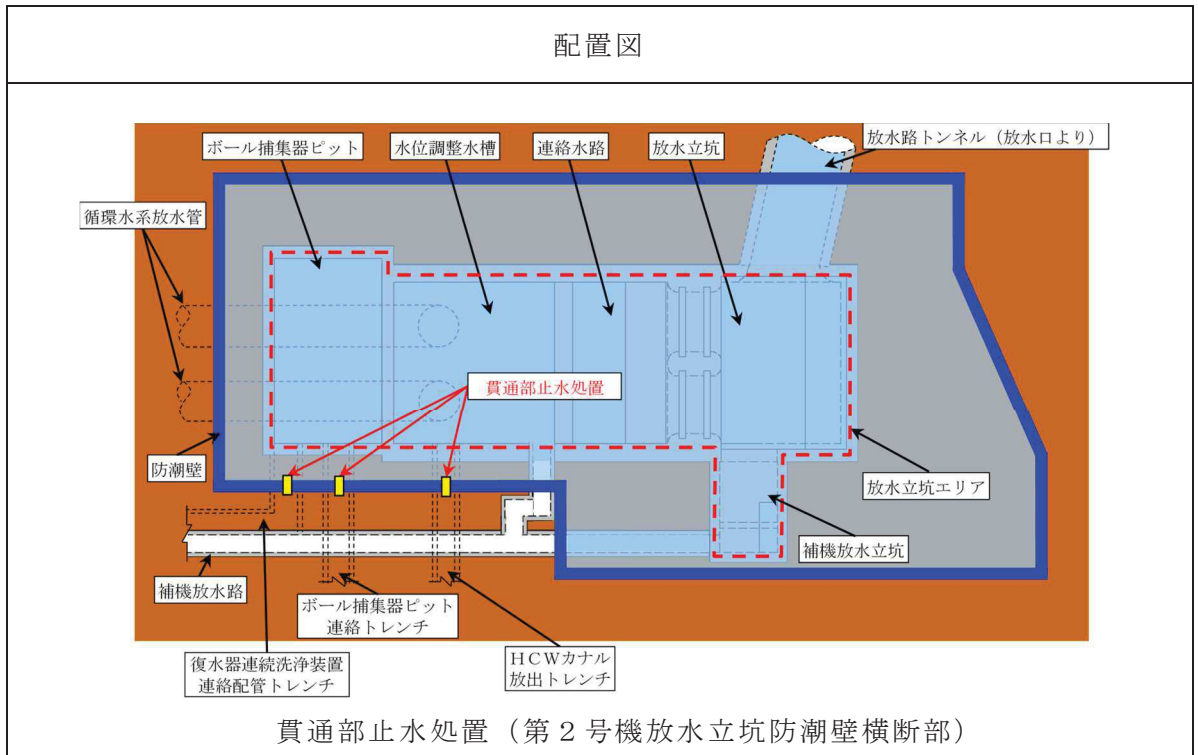
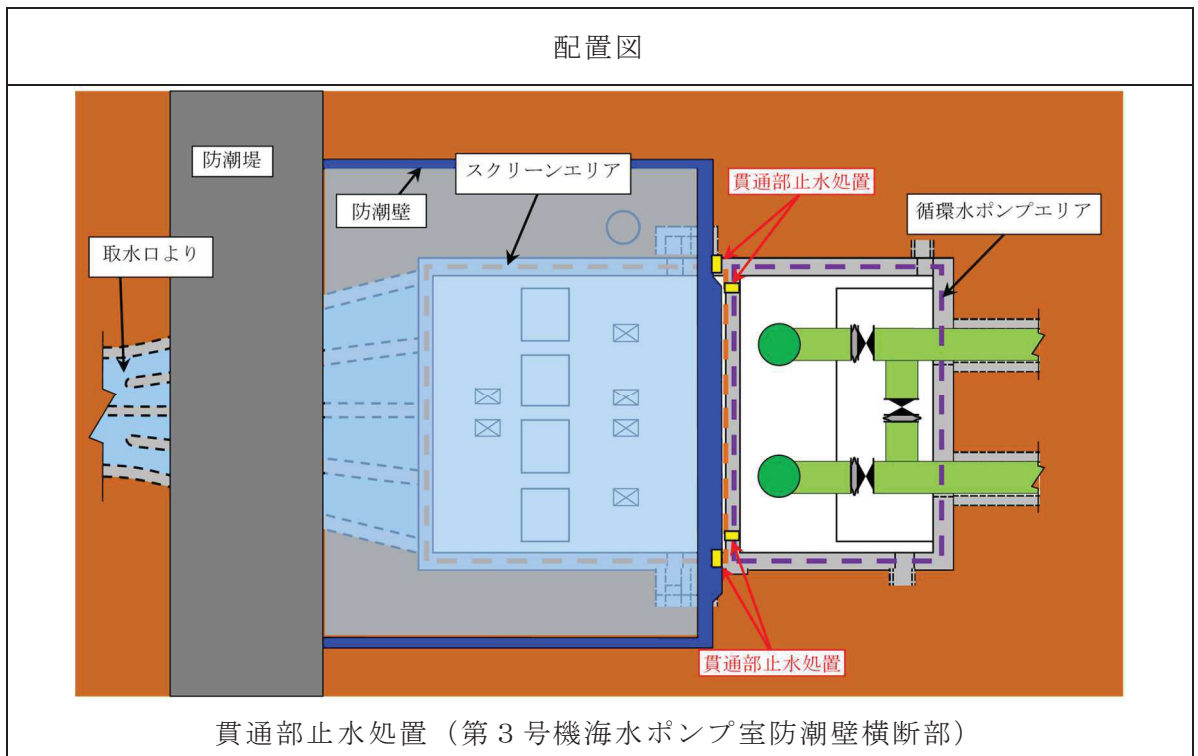


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（3/13）



O2 ① VI-3-別添 3-1 R0

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（4/13）

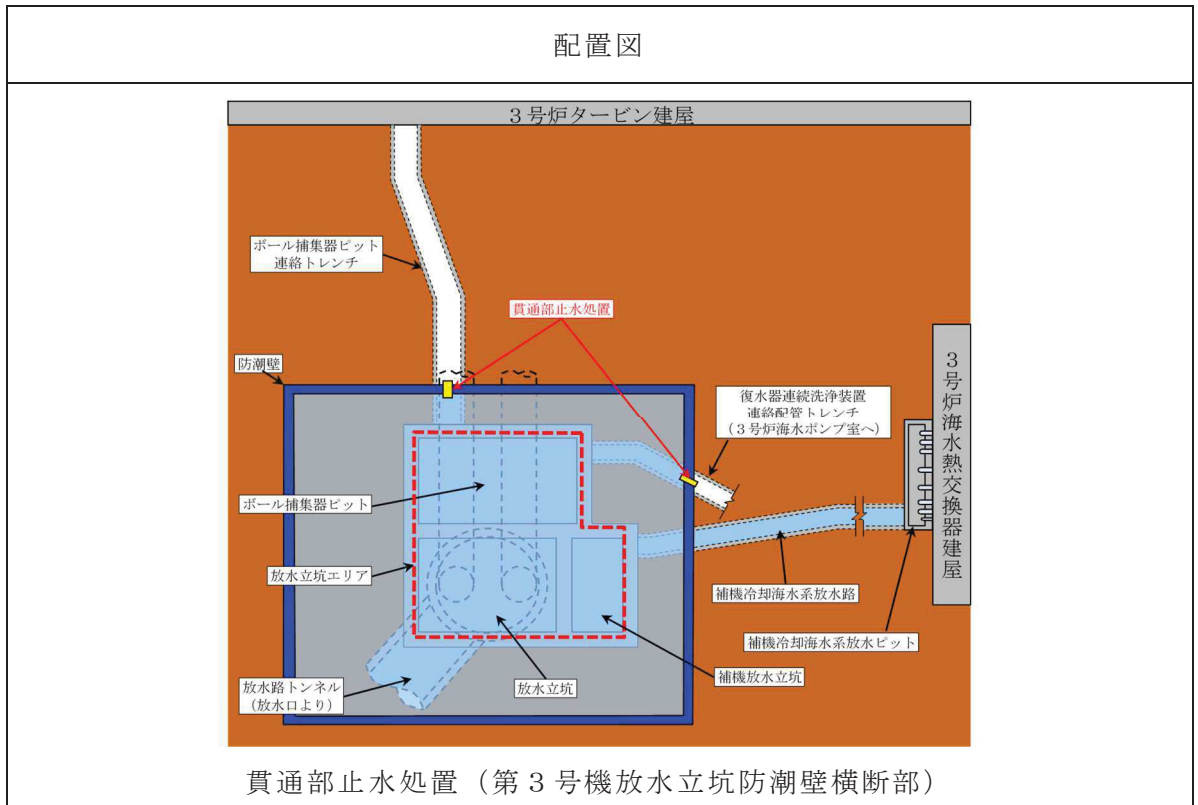


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（5/13）

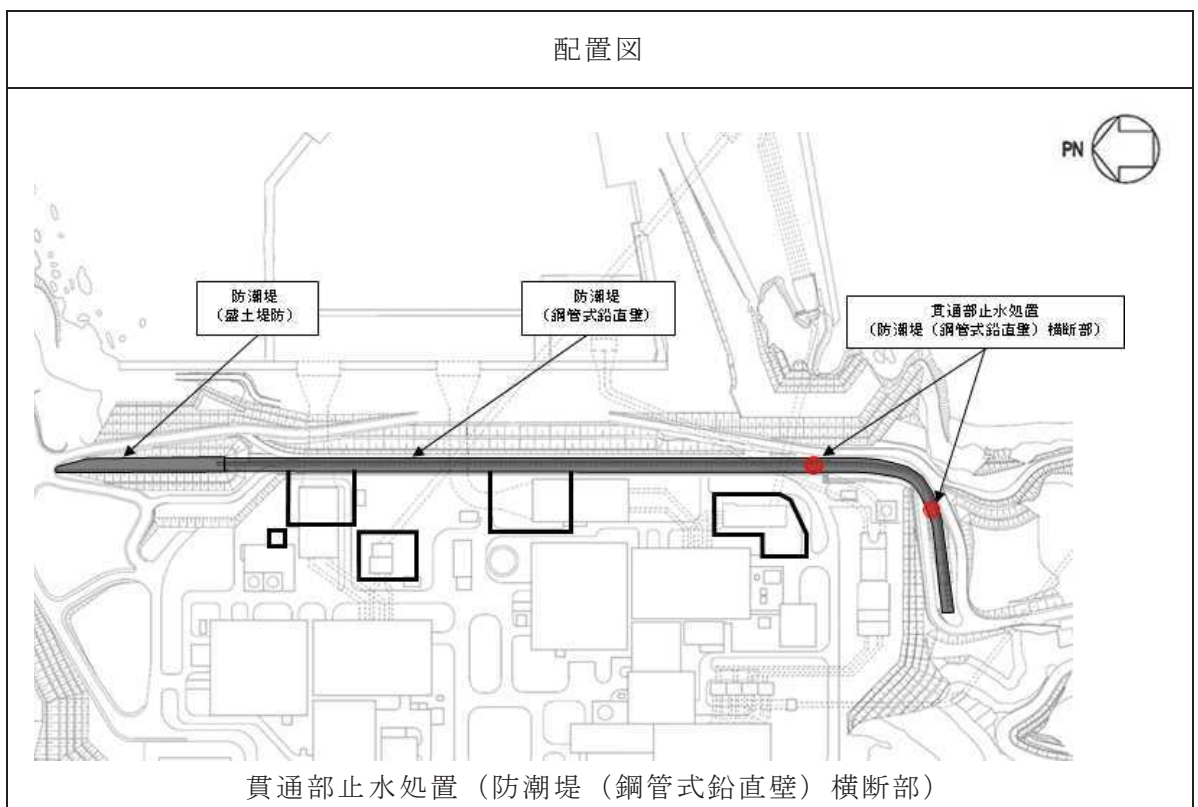
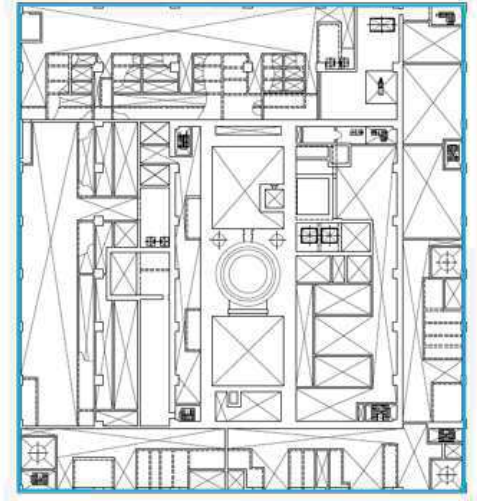


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（6/13）

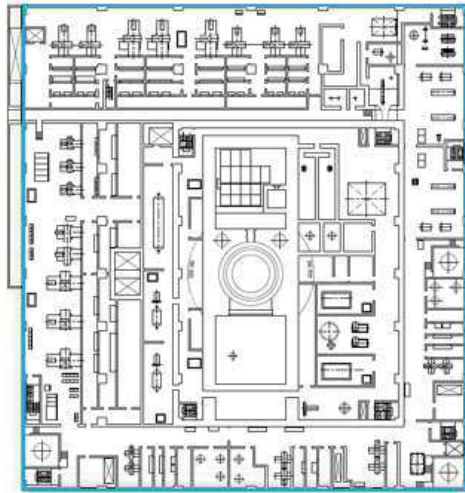
配置図



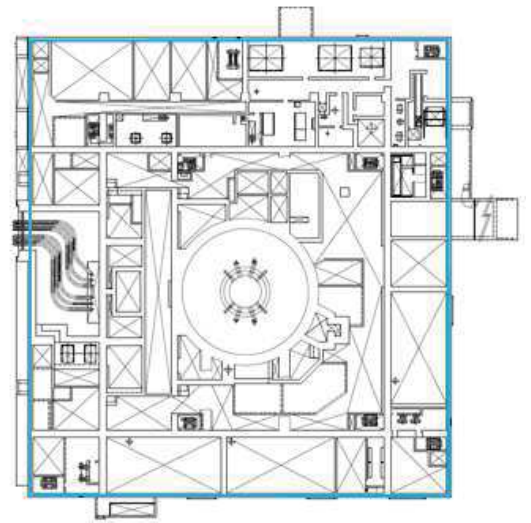
3F



M3F



2F



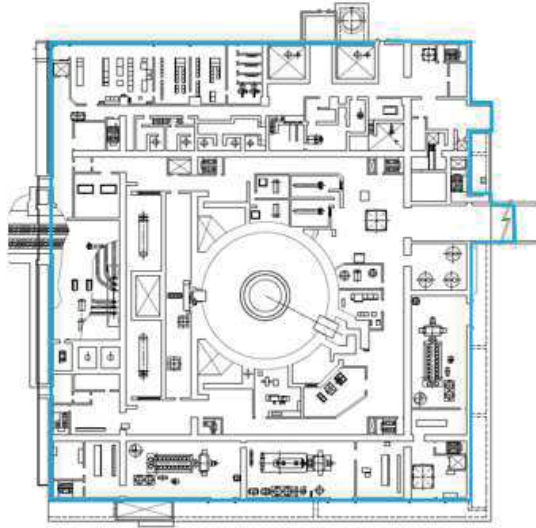
M2F

— : 施工対象の壁面

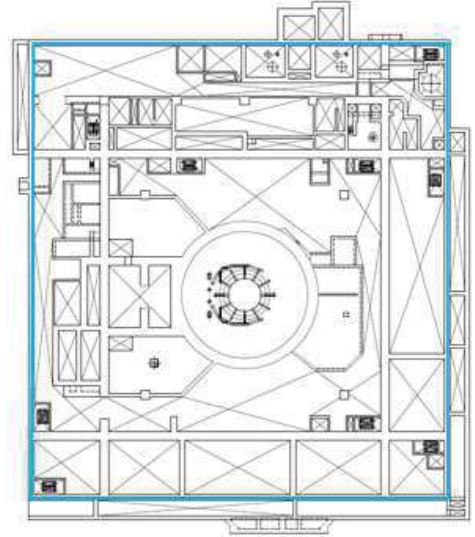
貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）（1/3）

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（7/13）

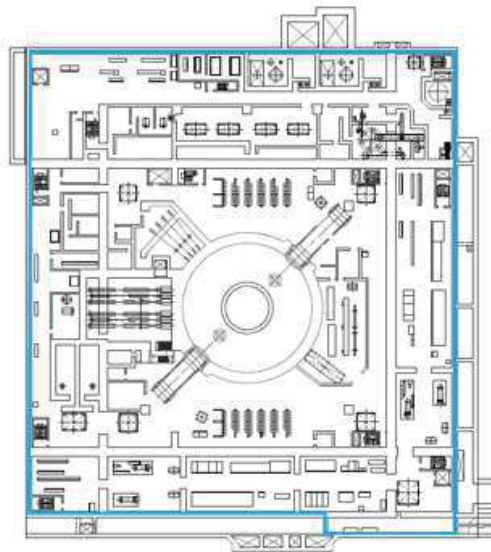
配置図



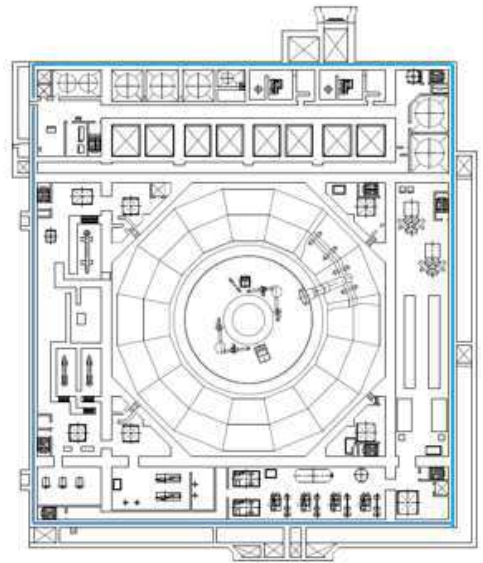
1F



MB1F



B1F



B2F

— : 施工対象の壁面

貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）（2/3）

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（8/13）

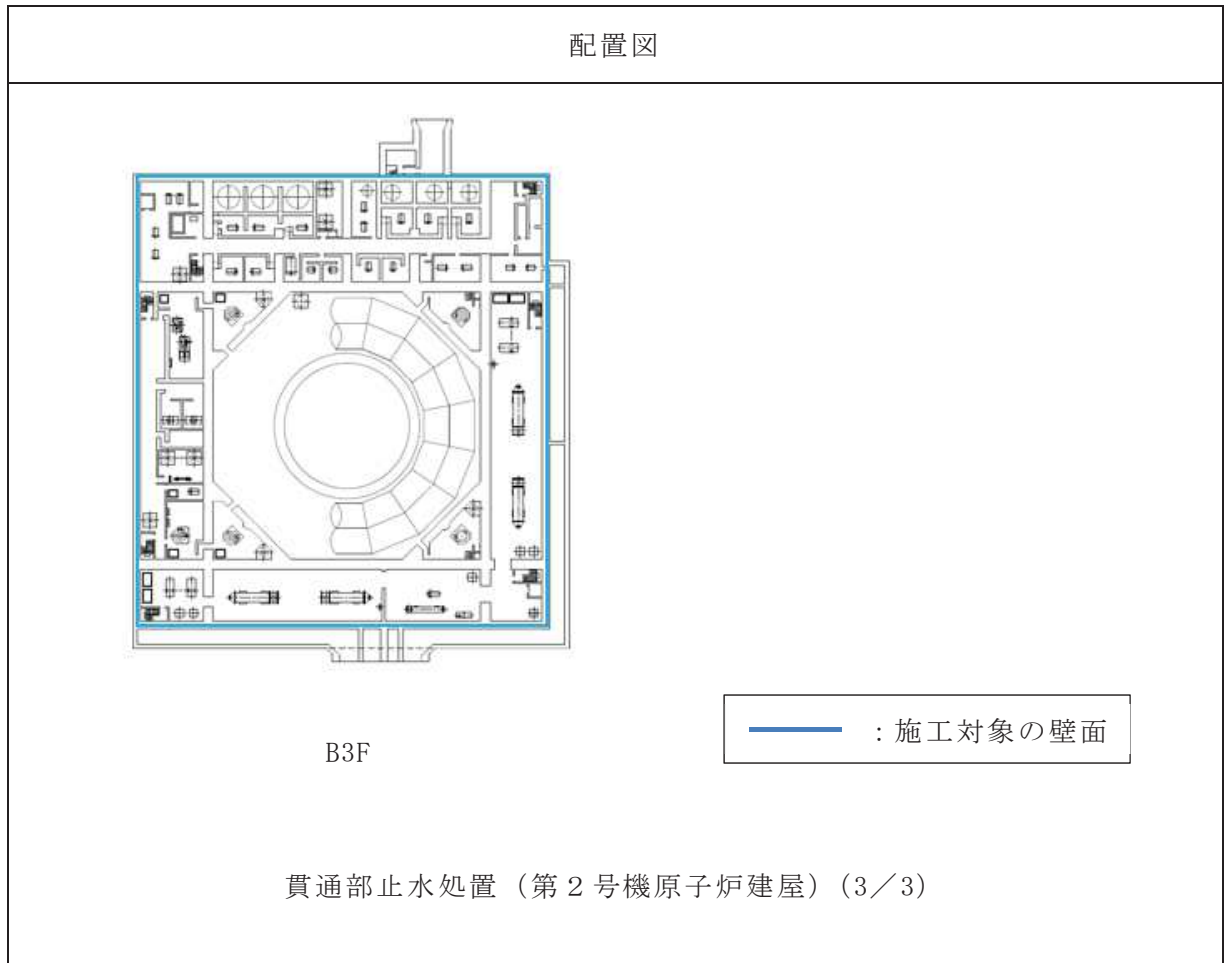
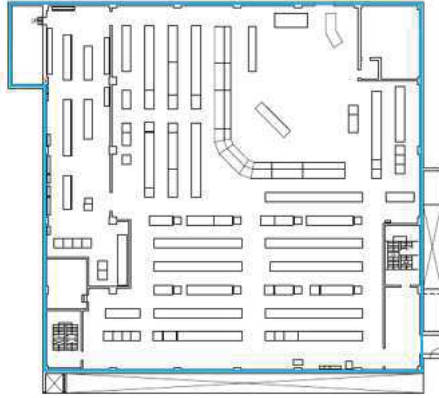
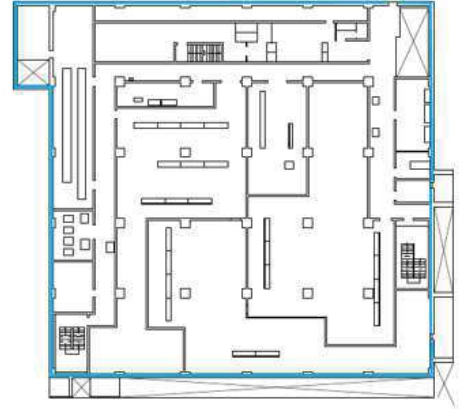


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（9/13）

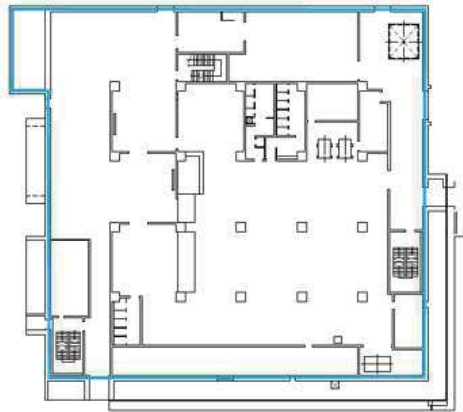
配置図



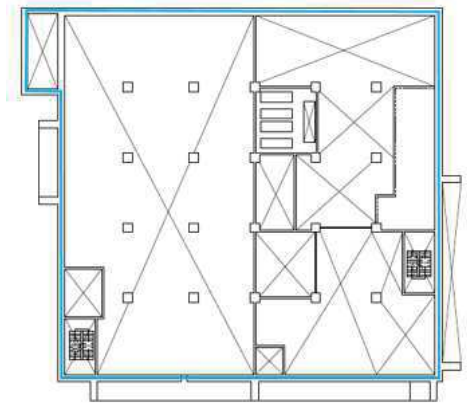
3F



2F



1F



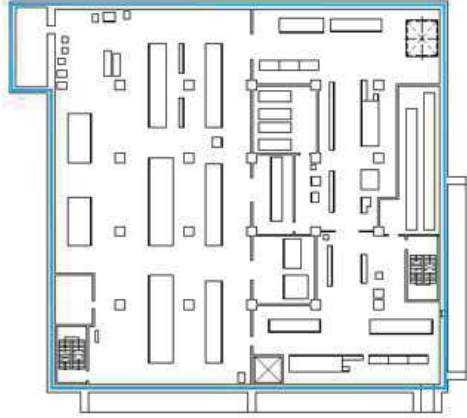
MB1F

— : 施工対象の壁面

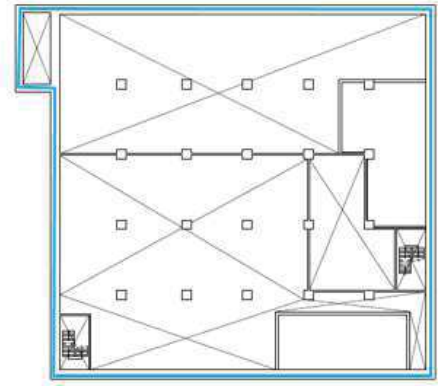
貫通部止水処置（第2号機制御建屋）（1/2）

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（10/13）

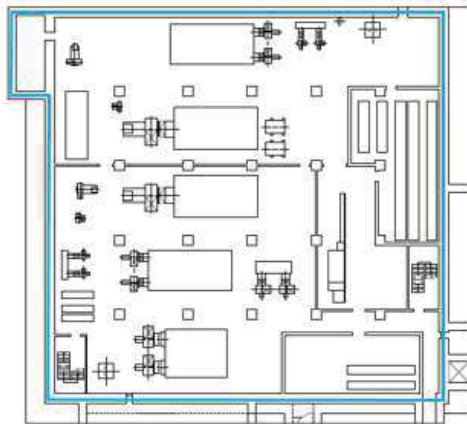
配置図



B1F



MB2F



B2F

— : 施工対象の壁面

貫通部止水処置（第2号機制御建屋）（2/2）

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（11/13）

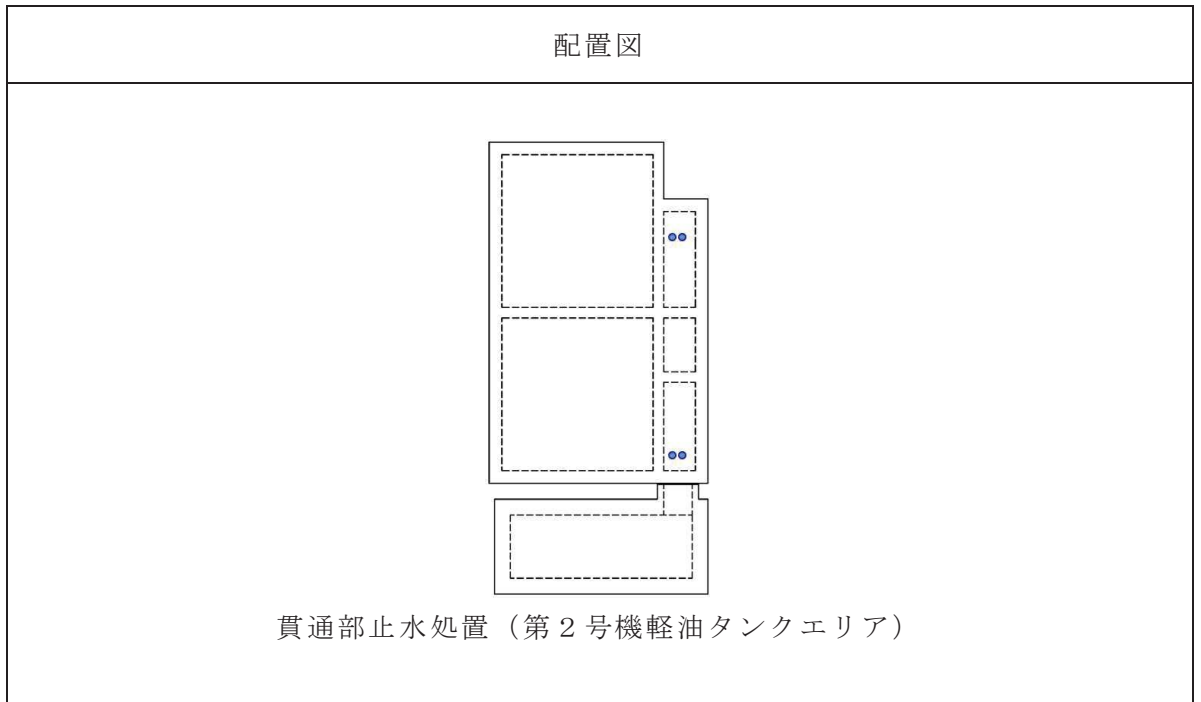


表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（12/13）

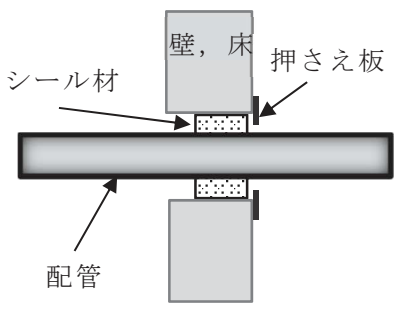
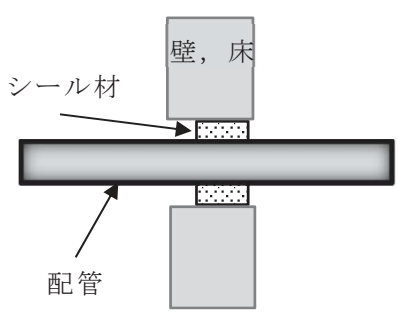
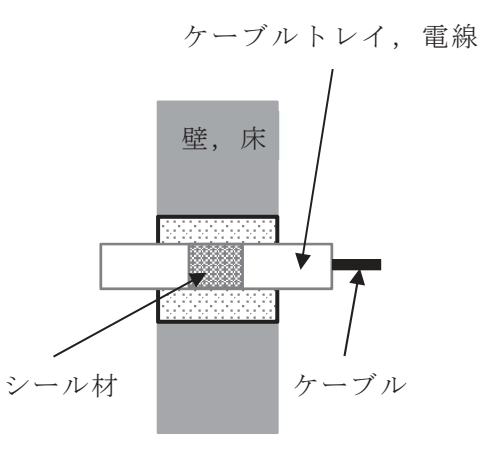
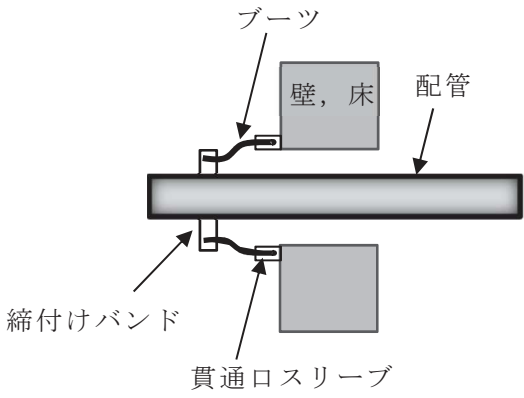
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
貫通部の開口部にシリコンシーリング材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	充填タイプのシリコンシーリング材にて構成する。	 <p>シリコンシーリング材の構造例（押さえ板有り）</p>  <p>シリコンシーリング材の構造例（押さえ板無し）</p>  <p>シリコンシーリング材の構造例（電線管等）</p>

表 3.2-11 構造計画（貫通部止水処置）（13/13）

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるように伸縮性ゴムを用い、壁面又は床面の貫通ロスリーブと配管にて締付けバンドにて締結する。</p>	<p>ブーツラバーと締付けバンドにて構成する。</p>	 <p>ブーツラバーの構造例</p>

3.2.11 取水ピット水位計

(1) 構造設計

取水ピット水位計は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取水ピット水位計は、バブラ管、検出器、ページセット及び監視設備で構成し、構成する設備のうち津波の影響を受けるバブラ管について評価を実施する。取水ピット水位計（バブラ管）は、バブラ管及び取付ボルトを主体構造とし、荷重が作用した場合にも取水ピット水位計（バブラ管）が動かないように海水ポンプ室に設置された取付座に取付ボルトで固定し、支持する構造とする。また、検出器に作用する荷重は、取付ボルト及び取付座を介して鉄筋コンクリートに伝達される構造とする。

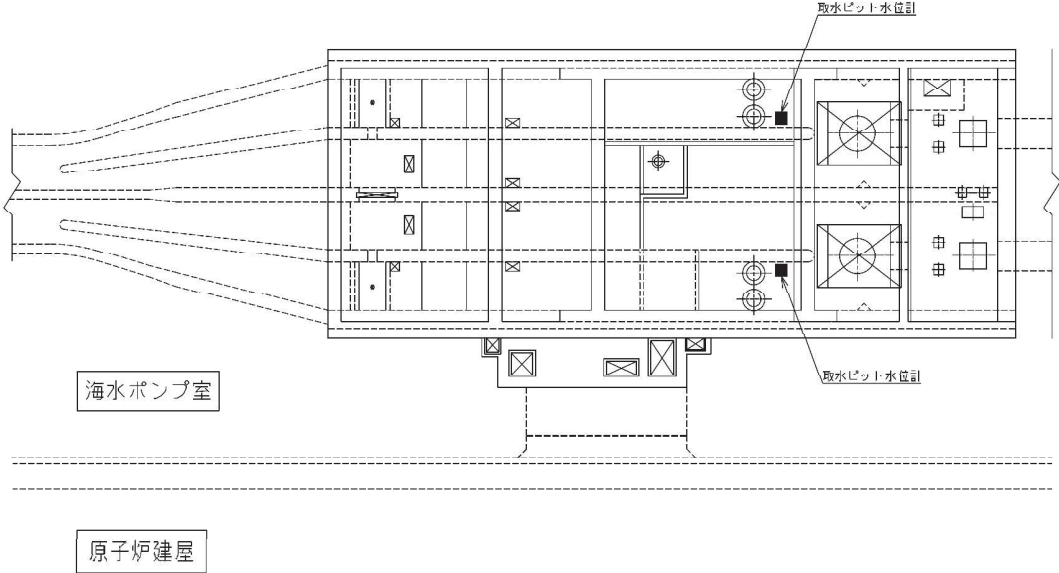
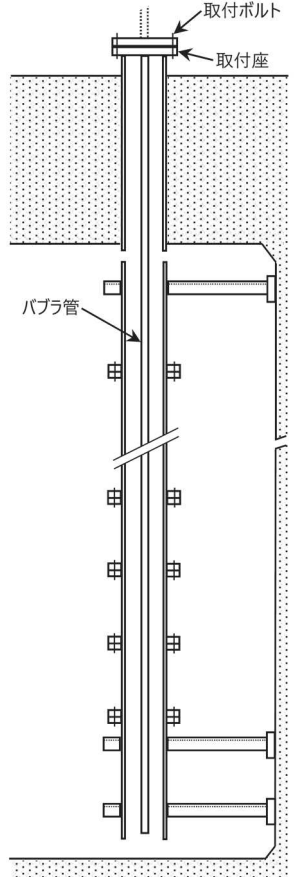
取水ピット水位計の構造計画を表 3.2-12 に示す。

(2) 評価方針

取水ピット水位計は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、取付ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。また、止水機能を損なわないよう、取付ボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-12 構造計画（取水ピット水位計）

配置図		
 <p>The diagram shows a plan view of a facility. On the left, a '海水ポンプ室' (Seawater Pump Room) is indicated. To its right is the '原子炉建屋' (Reactor Building). Inside the reactor building, two '取水ピット水位計' (Water Pit Level Gauges) are shown, each with a label and an arrow pointing to its location. The gauges are positioned in a central area of the building. Various structural elements like walls, doors, and equipment are depicted with dashed and solid lines.</p>		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>取付座に取付ボルトで固定する。</p>	<p>取水ピット水位計(バブラ管)は、バブラ管及び取付ボルトにより構成する。</p>	 <p>The diagram shows a vertical cross-section of the gauge assembly. At the top, a '取付ボルト' (Mounting Bolt) is shown passing through a '取付座' (Mounting Seat) into a concrete structure. Below the seat, a 'バブラ管' (Bubbler Pipe) extends downwards. The pipe is secured to a vertical support structure with several nuts and washers. At the bottom, the pipe terminates near a horizontal structure, likely the water pit.</p>

O2 ① VI-3-別添 3-1 R0

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

浸水防護施設の強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重 (D, G, P)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重又は固定荷重、積載荷重、土圧及び海中部に対する静水圧（浮力含む。）とする。

b. 津波荷重 (P_t, P_h)

津波荷重は、施設ごとに設置位置における津波の浸入形態に応じて、以下のとおり、遡上津波荷重、突き上げ津波荷重又は浸水津波荷重として算定する。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータを表 4.1-1 に示す。

(a) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重は、遡上波により波圧として作用する荷重であり、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 27 年 12 月一部改訂）」等を参考に、各施設の設置位置等における遡上波の高さから、津波波圧算定式として朝倉式を適用する場合は、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波の水位と各施設の設置高さの差分の 1/2 倍を浸水深として、浸水深の 3 倍で作用する水圧として算定する。

ただし、貯留堰については、設置位置における設置高さを考慮し、越流直前の浸水深を用いて設定する。なお、防潮堤の設計における津波荷重については、防潮堤近傍の地盤の沈下を考慮した浸水深を用いて算出する。

(b) 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重は、床面に設置されている施設に対して、経路からの津波が鉛直上向き方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの津波高さ及び流速を用いて算定する。

(c) 浸水津波荷重 (P_h)

浸水津波荷重は、経路からの津波による浸水又は津波による溢水により冠水した場合に静水圧として作用する荷重であり、各施設の設置位置における施設の設置高さ及び浸水深さを考慮して、静水圧として算定する。また、閉塞部における浸水津波荷重については余震の鉛直方向成分の影響を考慮する。

取放水路流路縮小工の設計における津波荷重については、静水圧、流水圧及び貫通部の流速の摩擦により生じる推力を考慮する。また、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1), (No. 2), (No. 3) 及び屋外排水路逆流防止設備（防

潮堤北側)は、防潮堤の海側に面して設置することから、設計における津波荷重については、防潮堤と同様に遡上津波荷重 (P t) を用いて算定する。

なお、防潮壁の設計における津波荷重については、防潮壁近傍の地盤の沈下を考慮した浸水深を用いて算出する。

c. 余震荷重 (K S d)

余震荷重は、弾性設計用地震動 S d - D 2 に伴う地震力 (動水圧含む。) として算定する。

d. 衝突荷重 (P c)

衝突荷重は、基準津波の特徴及び発電所周辺地形の特徴を踏まえ、発電所敷地内及び敷地周辺で漂流物となる可能性のある施設・設備の調査結果から、車両 (2.15t) 及び漁船 (総トン数 5t:排水トン数 15t) を考慮するとともに、遠方から浸水防護施設まで到達する可能性のあるものとして最も質量が大きい漁船 (総トン数 19t:排水トン数 57t) を想定し、敷地前面海域及び防潮堤近傍の津波の流速を考慮して算定する。衝突荷重の算定に当たっては、漂流物の種類、位置、津波の流況等に応じて、「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」、 「FEMA (2019) *1」、 「ASCE (2016) *2」 等による式から適用可能なものを選定して算出し、最も大きくなった漂流物の衝突荷重を設定する。

*1: Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Third Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2019

*2: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2016

e. 風荷重 (P k)

風荷重は、平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号に定められた石巻市及び女川町の基準風速 30m/s を使用する。浸水防護施設が設置される状況に応じて、建築基準法及び建設省告示第 1454 号に基づき、ガスト影響係数等を適切に設定して算出する。

f. 積雪荷重 (P s)

積雪荷重は、女川原子力発電所敷地付近 (石巻特別地域気象観測所) で観測された月最深積雪の最大値 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を基本として設定し、積雪量 1 cm ごとに 20 N/m² の積雪荷重が作用することを考慮し、各施設の積雪面積を乗じて設定する。

(2) 荷重の組合せ

各施設の強度計算に用いる荷重の組合せは、施設の配置、構造計画に基づく形状及び評価部位を踏まえて、「(1) 荷重の種類」で示した荷重 a. ~ f. を常時作用する

荷重，津波の形態に応じた津波荷重等及びその他自然現象による荷重に分けて適切に組み合わせる。

荷重の組合せにおいては，まず，常時作用する荷重として，対象施設に応じて，以下の荷重の組合せを考慮する。構造物については，固定荷重（G）を考慮する。さらに，上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造である場合は，積載荷重（P）を組み合わせる。

一方，機器類については，自重（D）を考慮する。

次に，津波の形態に応じた津波荷重等の組合せを考慮する。

津波荷重として，遡上津波荷重（P_t），突き上げ津波荷重（P_t）又は浸水津波荷重（P_h）を考慮する場合（漂流物の影響を受ける位置に設置している施設については，衝突荷重（P_c）の組合せを考慮する（以下「津波時」という。）と，遡上津波荷重（P_t），突き上げ津波荷重（P_t）又は浸水津波荷重（P_h）と余震荷重（K_{Sd}）の組合せを考慮する場合（以下「重畳時」という。）に分けて強度計算を行う。

最後に，施設の構造等を踏まえ，風荷重（P_k），積雪荷重（P_s）の組合せを考慮する。

風荷重（P_k）については，屋外の直接風を受ける場所に設置している施設のうち，風荷重（P_k）の影響が津波荷重（P_t，P_h）と比べて相対的に無視できないような構造，形状及び仕様の施設については組合せを考慮する。風荷重（P_k）の影響を受ける可能性のある施設については，各強度計算書において風荷重（P_k）の影響を確認する。

積雪荷重（P_s）については，屋外の積雪が生じる場所に設置している施設について，組合せを考慮する。ただし，自重（D）に対して積雪荷重（P_s）の割合が無視できる施設については，各強度計算書において積雪荷重（P_s）の影響が無視できることを確認したうえで，組合せ計算を実施しない。

以上を踏まえ，具体的に施設ごとの強度計算書において考慮すべき荷重の組合せを設定する。荷重の組合せの設定フローを図 4.1-1 に，フローに基づき設定した施設ごとの荷重の組合せ結果を表 4.1-2 に示す。

表 4.1-1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(1/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			津波水位	流速
津波防護 施設	防潮堤（鋼管式鉛直壁）	遡上波	0. P. +24. 4m ^{*1}	13. 0m/s ^{*8}
	防潮堤（盛土堤防）	遡上波	0. P. +24. 4m ^{*1}	13. 0m/s ^{*8}
	防潮壁（第2号機海水ポンプ室）	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*2}	—
	防潮壁（第2号機放水立坑）	経路からの津波	0. P. +17. 4m ^{*3}	—
	防潮壁（第3号機海水ポンプ室）	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*2}	—
	防潮壁（第3号機放水立坑）	経路からの津波	0. P. +17. 5m ^{*3}	—
	防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*2}	—
	取放水路流路縮小工 （第1号機取水路） (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	0. P. +24. 4m ^{*4}	10. 0m/s ^{*9} 20. 0m/s ^{*10}
	取放水路流路縮小工（第1号機放水路）	経路からの津波	0. P. +24. 4m ^{*4}	10. 0m/s ^{*9} 20. 0m/s ^{*10}
	貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)	遡上波	0. P. -6. 3m ^{*5}	13. 0m/s ^{*8}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(2/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			津波水位	流速
浸水防止設備	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	0. P. +24. 4m ^{*1}	
	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	経路からの津波	0. P. +24. 4m ^{*1}	13. 0m/s ^{*8}
	補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	0. P. +17. 4m ^{*3}	—
	水密扉(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*2}	—
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2)	津波による溢水	0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), (No. 3)	津波による溢水	4. 0m ^{*6} (浸水深)	—
	計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)	津波による溢水	0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉	津波による溢水	14. 0m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉	津波による溢水	0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	第2号機 MCR 浸水防止水密扉	津波による溢水	4. 0m ^{*6} (浸水深)	—
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4), (No. 5)	津波による溢水	0. 4m ^{*6} (浸水深)	—
	浸水防止蓋(原子炉機器冷却海水配管ダクト)	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*2}	—
	浸水防止蓋(第3号機補機冷却海水系放水ピット)	経路からの津波	0. P. +17. 5m ^{*2}	1. 0m/s ^{*11}

* : 注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ

(3/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			津波水位	流速
浸水防止設備	浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部） (No. 1), (No. 2)	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*2}	—
	浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*2}	—
	地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	津波による溢水	0. 16m ^{*6} (浸水深)	—
	地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	津波による溢水	0. 16m ^{*6} (浸水深)	—
	第2号機海水ポンプ室浸水防止壁	津波による溢水	0. 16m ^{*6} (浸水深)	—
	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(4/5)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波の パラメータ	
			津波水位	流速
浸水防止 設備	第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室 逆止弁付ファンネル (No.1), (No.2), (No.3)	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	第2号機高圧炉心スプレ イ補機冷却海水ポン プ室逆止弁付ファンネ ル(No.1), (No.2)	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	第2号機タービン補機 冷却海水ポンプ室逆止 弁付ファンネル (No.1), (No.2), (No.3)	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機原子炉補機冷 却海水ポンプ(A)(C)室 逆止弁付ファンネル (No.1), (No.2)	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機原子炉補機冷 却海水ポンプ(B)(D)室 逆止弁付ファンネル (No.1), (No.2)	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機高圧炉心スプレ イ補機冷却海水ポン プ室逆止弁付ファンネ ル(No.1), (No.2)	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}
	第3号機タービン補機 冷却海水ポンプ室逆止 弁付ファンネル (No.1), (No.2), (No.3)	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(5/5)

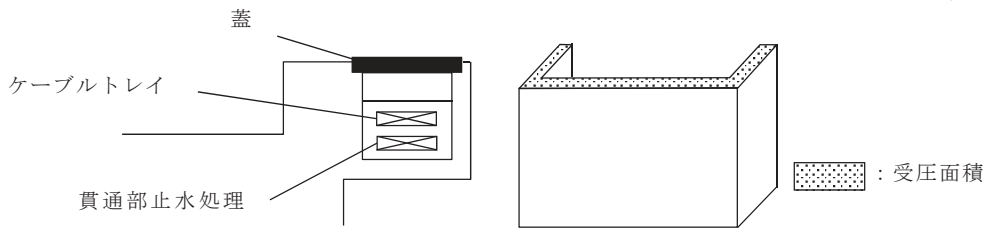
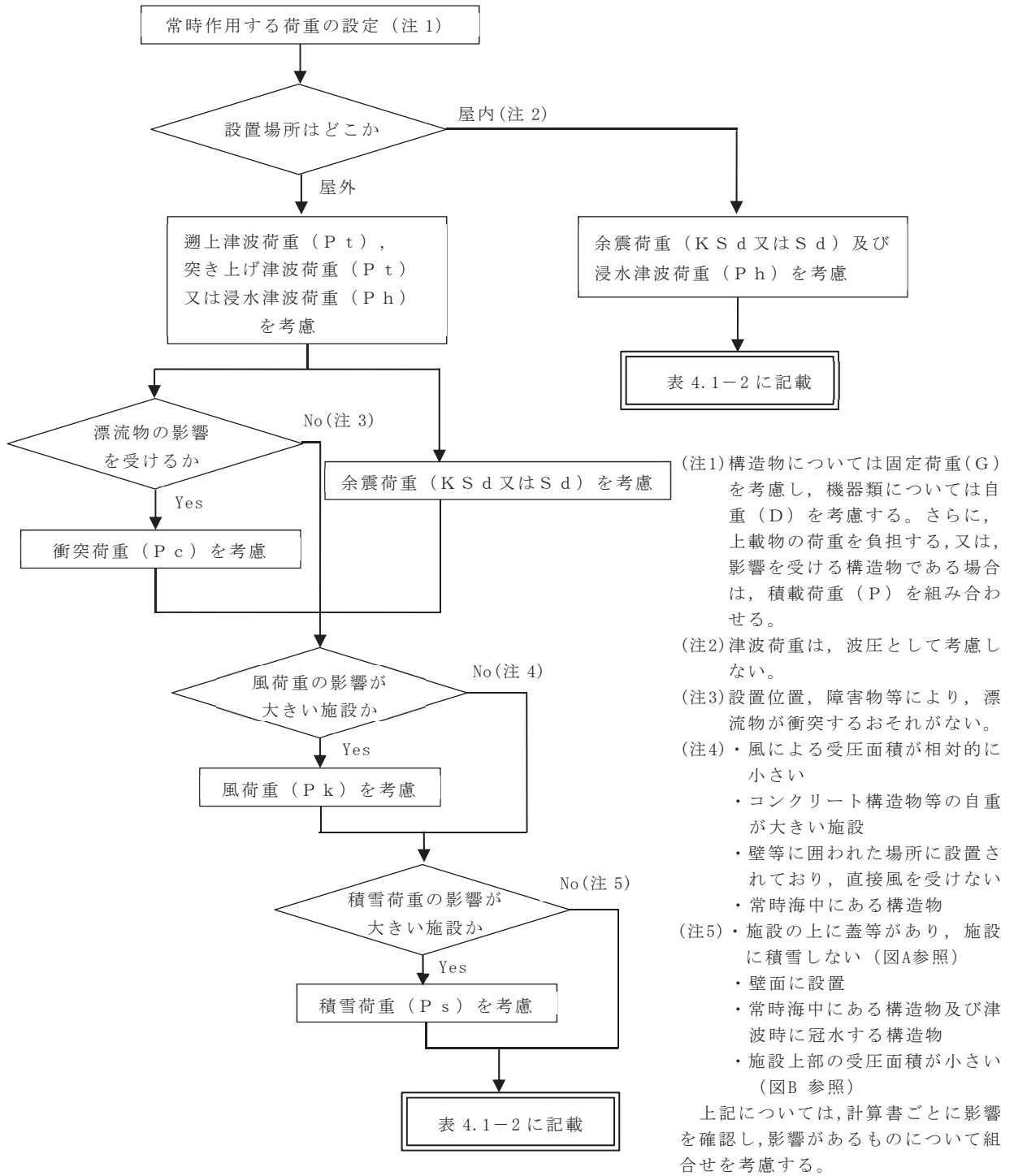
設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			津波水位	流速
浸水防止設備	貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*2}	—
	貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +17. 4m ^{*3}	—
	貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +19. 0m ^{*2}	—
	貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）	経路からの津波	0. P. +17. 5m ^{*3}	—
	貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）	経路からの津波	0. P. +24. 4m ^{*4}	—
	貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）	津波による溢水	0. 16m ^{*6} (浸水深)	—
	貫通部止水処置（第2号機制御建屋）	津波による溢水	0. 16m ^{*6} (浸水深)	—
	貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）	津波による溢水	0. 16m ^{*6} (浸水深)	—
津波監視設備	取水ピット水位計	経路からの津波	0. P. +18. 1m ^{*7}	1. 0m/s ^{*11}

*：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ (1/5) ~ (5/5) の注記を以下に示す。

- *1: 朝倉式を適用する場合に用いる水位であり、基準津波による防潮堤前面（敷地前面）の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤あり」、「1m 沈下（地盤沈下あり）」、「地形改変なし」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(O.P. +1.43m) 及び「潮位のばらつき」(0.16m)、地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」(0.72m の沈降) を考慮している。
- *2: 浸水津波荷重の算出に用いる水位であり、経路からの津波による管路解析による入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤なし」、「1m 沈下（地盤沈下あり）」、「貝付着なし」、「スクリーン損失なし」、「防潮壁平面線形等変更なし」、「地形改変なし」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(O.P. +1.43m) 及び「潮位のばらつき」(0.16m)、地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」(0.72m の沈降) を考慮している。
- *3: 浸水津波荷重の算出に用いる水位であり、経路からの津波による管路解析による入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤なし」、「1m 沈下（地盤沈下あり）」、「貝付着あり」、「スクリーン損失なし」、「防潮壁平面線形等変更なし」、「地形改変なし」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(O.P. +1.43m) 及び「潮位のばらつき」(0.16m)、地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」(0.72m の沈降) を考慮している。
- *4: 浸水津波荷重の算出に用いる水位であり、基準津波による防潮堤前面（敷地前面）の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤あり」、「1m 沈下（地盤沈下あり）」、「地形改変なし」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(O.P. +1.43m) 及び「潮位のばらつき」(0.16m)、地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）で生じる地殻変動」(0.72m の沈降) を考慮している。
- *5: 朝倉式を適用する場合に用いる水位であり、基準津波が貯留堰を越流する直前の津波高さである。津波高さは、「防波堤なし」、「現地形（地盤沈下なし）」の条件として設定している。また、設定に当たっては、潮位変動として「朔望平均干潮位」(O.P. -0.14m) 及び「潮位のばらつき」(-0.10m) を考慮している。
- *6: 浸水津波荷重の算出に用いる津波荷重水位であり、内郭防護における津波による溢水に伴う浸水深と施設の設置高さを考慮して設定している。
- *7: 突き上げ津波荷重の算出に用いる水位であり、基準津波による管路解析により算出した入力津波高さを考慮して設定している。

- *8：衝突荷重の算出に用いる流速であり，津波シミュレーションから算出した防潮堤近傍における基準津波の流速として設定している。
- *9：浸水津波荷重の算出に用いる流速であり，取放水路内の管路解析による取放水路流路縮小工前面及び背面の最大流速を考慮して設定している。
- *10：浸水津波荷重の算出に用いる流速であり，取放水路内の管路解析による取放水路流路縮小工貫通部の最大流速を考慮して設定している。
- *11：突き上げ津波荷重の算出に用いる流速であり，基準津波による入力津波の設定位置において，流速が最大となるケースの条件での流速を考慮して設定している。



図A 蓋等により積雪しない例

図B 上部の受圧面積が小さい場合の例

図 4.1-1 強度計算における荷重の組合せの設定フロー

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (1/9)

強度計算の対象施設		事象	荷重						
			自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防潮堤	防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	津波時	○	○	—	○ 遡上津波(P t)	○	○	○
		重畳時	○	○	○	○ 遡上津波(P t)	—	○	○
	防潮堤 (盛土堤防)	津波時	○	○	—	○ 遡上津波(P t)	○	○	○
		重畳時	○	○	○	○ 遡上津波(P t)	—	○	○

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (2/9)

強度計算の対象施設		事象	荷重						
			自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防潮壁	防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 2 号機放水立坑)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 3 号機放水立坑)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	○
	防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (3/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
取放水路流路縮小工 (第 1 号機 取水路) (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	○	○	○ 浸水津波 (P h)	—	—	—
取放水路流路縮小工 (第 1 号機 放水路)	重畳時	○	○	○	○ 浸水津波 (P h)	—	—	—
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)	津波時	○	—	—	○ 遡上津波 (P t)	○	—	—
	重畳時	○	—	○	○ 遡上津波 (P t)	—	—	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (4/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	津波時	○	—	—	○ 浸水津波(P h)	○	—	—
	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (5/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
水密扉 (第 3 号機海水熱交換器 建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
計測制御電源室(B)浸水防止水 密扉(No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
制御建屋空調機械(A)室浸水防 止水密扉	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
制御建屋空調機械(B)室浸水防 止水密扉	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (6/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○
浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	○
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	○
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	○
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○

(○：考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (7/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○
地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	○
第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	○	—
第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 2 号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 2 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (8/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 3 号機高压炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—
第 3 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル(No. 1), (No. 2), (No. 3)	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—

(○ : 考慮する荷重を示す。)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (9/9)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重(D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重(P t), 突き上げ津波荷重(P t) 又は浸水津波荷重(P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機放水立坑防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第3号機放水立坑防潮壁横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 横断部)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機原子炉建屋)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機制御建屋)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
貫通部止水処置 (第2号機軽油タンクエリア)	重畳時	○	—	○	○ 浸水津波(P h)	—	—	—
取水ピット水位計	重畳時	○	—	○	○ 突き上げ津波(P t)	—	—	—

(○：考慮する荷重を示す。)

4.2 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している。津波荷重を考慮した施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び機能保持の評価方針を踏まえて、評価部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めて施設ごとの許容限界を表 4.2-1 に示す。

各施設の許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の応力や変形の状態を考慮し、評価部位ごとに許容限界を設定する。

4.2.1 施設ごとの許容限界

(1) 防潮堤

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）

(a) 鋼管杭（長杭，短杭）

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭（長杭，短杭）が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(b) 鋼製遮水壁

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼製遮水壁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(c) 鉄筋コンクリート（RC）遮水壁

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，積載物，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，RC 遮水壁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(d) 漂流物防護工

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、漂流物防護工が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(e) 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

(f) 背面補強工

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、背面補強工の健全性及び止水性（遮水性）を保持する設計とするために、背面補強工が、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。

(g) 置換コンクリート

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、置換コンクリートの健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、置換コンクリートが、すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。

(h) 改良地盤，セメント改良土

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、改良地盤及びセメント改良土の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤及びセメント改良土が、すべり破壊しないこと（内

的安定を保持)を確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(i) 基礎地盤 (岩盤, 改良地盤)

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, 堅固な支持地盤に設置する設計とするために, 防潮堤 (鋼管式鉛直壁) を支持する基礎岩盤及び改良地盤の極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

b. 防潮堤 (盛土堤防)

(a) セメント改良土

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, セメント改良土の健全性, 堤体高さ及び止水性 (難透水性) を保持する設計とするために, セメント改良土が, すべり破壊しないこと (内的安定を保持) を確認する評価方針としている。これを踏まえ, 基準津波に対する許容限界は, 「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。

(b) 置換コンクリート

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, 置換コンクリートの健全性及び止水性 (難透水性) を保持する設計とするために, 置換コンクリートが, すべり破壊しないこと (内的安定を保持) を確認する評価方針としている。これを踏まえ, 基準津波に対する許容限界は, 「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。

(c) 改良地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, 改良地盤の健全性及び止水性 (難透水性) を保持する設計とするために, 改良地盤が, すべり破壊しないこと (内的安定を保持) を確認する評価方針としている。これを踏まえ, 基準津波に対する許容限界は, 「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。

(d) 基礎地盤 (岩盤, 改良地盤)

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震, 積載物, 漂流物の衝突, 風及び積雪を考慮した荷重に対し,

堅固な支持地盤に設置する設計とするために、防潮堤（盛土堤防）を支持する基礎岩盤及び改良地盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(2) 防潮壁

a. 防潮壁（第2号機海水ポンプ室）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

イ. 鋼板

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼板が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. 鋼製支柱

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼製支柱が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ハ. 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

ニ. フーチング

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，フーチングが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）

日本道路協会，平成 24 年 3 月)」、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」及び「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ホ． 鋼矢板

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，ボーリング対策としての機能を保持するため，鋼矢板にせん断破壊が生じないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ヘ． 鋼管杭

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ト． 基礎地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，堅固な支持地盤に設置する設計とするために，鋼管杭を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき，「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

イ． 鋼桁

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼桁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ロ. RC 支柱

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，RC 支柱が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会，2002 年制定)」及び「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月)」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ハ. 鉛直支承及び水平支承

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鉛直支承及び水平支承が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋支承便覧 ((社) 日本道路協会，平成 16 年 4 月)」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，許容圧縮応力度及び許容せん断ひずみとして設定する。

ニ. 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

ホ. 角型鋼管

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，角型鋼管が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月)」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ヘ. フーチング

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材

の健全性を保持する設計とするために、フーチングが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」及び「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ト． 鋼矢板

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，ボイリング対策としての機能を保持するため，鋼矢板にせん断破壊が生じないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会，平成19年7月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

チ． 鋼管杭

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

リ． 場所打ち杭

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，場所打ち杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ヌ． 基礎地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，堅固な支持地盤に設置する設計とするために，鋼管杭及び場所打ち杭を支持する基

礎岩盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(c) 鋼製扉

イ. 扉体

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，扉体を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. RC支柱

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，RC支柱が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ハ. 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

ニ. フーチング

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，フーチングが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）

土木学会，2002年制定）」及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断耐力として設定する。

ホ. 鋼管杭

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼管杭が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，降伏強度及びせん断強度として設定する。

ヘ. 基礎地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震，風及び積雪を考慮した荷重に対し，堅固な支持地盤に設置する設計とするために，鋼管杭を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき，「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

b. 防潮壁（第2号機放水立坑）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(a) 鋼製遮水壁（鋼板）」と同じ。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）」と同じ。

(c) 鋼製扉

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(c) 鋼製扉」と同じ。

c. 防潮壁（第3号機海水ポンプ室）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(a) 鋼製遮水壁（鋼板）」と同じ。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）」と同じ。

(c) 鋼製扉

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(c) 鋼製扉」と同じ。

d. 防潮壁（第3号機放水立坑）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(a) 鋼製遮水壁（鋼板）」と同じ。

(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）

「防潮壁（第2号機海水ポンプ室）(b) 鋼製遮水壁（鋼桁）」と同じ。

(c) 鋼製扉

「防潮壁（第 2 号機海水ポンプ室）(c)鋼製扉」と同じ。

e. 防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋）

(a) 鋼製遮水壁（鋼板）

イ. 鋼板

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼製遮水壁（鋼板）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」に基づき、短期許容応力度として設定する。

ロ. 鋼製柱，梁，ブレース

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼製柱，梁並びにブレースが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(3) 取放水路流路縮小工

a. 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1)，(No. 2)

(a) コンクリート

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重，積載荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、コンクリートが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「土地改良事業計画設計基準 設計 [ダム] 技術書 [コンクリートダム編]（農林水産省，平成 15 年 4 月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、せん断破壊，滑動及び曲げに対する必要閉塞長とする。

(b) 基礎地盤

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重，積載荷重及び余震を考慮した荷重に対し、堅固な支持地盤に設置する設計とするために、取放水路流路縮小工を支持する基礎岩盤の極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

b. 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）

「取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1)，(No. 2)」と同じ。

(4) 貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)

a. 鉄筋コンクリート

地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(5) 逆流防止設備

a. 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)

(a) 扉体

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)」及び「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 平成 22 年)」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

b. 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)

(a) 扉体

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)」及び「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 平成 22 年)」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(b) 漂流物防護工

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、漂流物防護工が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日

本道路協会，平成14年3月)」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

- c. 補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1)，(No. 2)

「屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1)，(No. 2)，(No. 3)」と同じ。

(6) 水密扉

- a. 水密扉(第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1)，(No. 2)

(a) 扉板及び芯材

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，扉体を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005改定)」に基づき，短期許容応力度として設定する。

(b) カンヌキ，カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルト

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，カンヌキ部を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005改定)」に基づき，短期許容応力度として設定する。

- b. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)

(a) 扉板及び芯材

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，扉体を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005改定)」に基づき，短期許容応力度として設定する。

(b) カンヌキ，カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルト

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，カンヌキ部を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005改定)」に基づき，短期許容応力度として設定する。

- c. 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。

- d. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- e. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- f. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- g. 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- h. 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- i. 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- j. 第2号機 MCR 浸水防止水密扉
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- k. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。
- l. 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)
「原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)」と同じ。

(7) 浸水防止蓋

- a. 浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)

- (a) 浸水防止蓋

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋 (鋼製部材) が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「ダム・堰施設技術基準 (案) (基礎解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

- (b) 固定ボルト

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、固定ボルト (鋼製部材) が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「ダム・堰施設技術基準 (案) (基礎解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

b. 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）

(a) 浸水防止蓋

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会，平成31年）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(b) 鋼製ブラケット

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼製ブラケットが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」、「水門鉄管技術基準 水門扉編（（社）水門鉄管協会，平成31年）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(c) 止水ジョイント部材

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造体の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形に留める設計とするため、境界部に設置する止水ジョイントが有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

c. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）

(a) 浸水防止蓋

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計基準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(b) 固定ボルト

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、固定ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）」に基づき、短期許容応力度として設定する。

- d. 浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）
 (No. 1), (No. 2)

「浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）」と同じ。

- e. 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

「浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）」と同じ。

- f. 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））

「浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）」と同じ。

- g. 地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)

(a) 浸水防止蓋

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止蓋（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年版（2007年追補含む））J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（（社）日本機械学会）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ_AS）を許容限界として設定する。

(b) 固定ボルト

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、固定ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年版（2007年追補含む））J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（（社）日本機械学会）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ_AS）を許容限界として設定する。

- h. 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋

「地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)」と同じ。

(8) 第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁

a. 浸水防止壁

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、浸水防止壁（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計基準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」に基づき、短期許容応力度として設定する。

b. 基礎ボルト

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重並びに余震及び風を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、基礎ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計基準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」に基づき、短期許容応力度として設定する。

(9) 逆止弁付ファンネル

a. 第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

(a) 弁本体

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、弁本体（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補含む）） J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（（社）日本機械学会）」に準じた供用状態 C の許容応力（許容応力状態 III_AS）を許容限界として設定する。

(b) 弁体

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、弁体（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補含む）） J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（（社）日本機械学会）」に準じた供用状態 C の許容応力（許容応力状態 III_AS）を許容限界として設定する。

- b. 第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- c. 第2号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- d. 第2号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- e. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- f. 第3号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- g. 第3号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

- h. 第3号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

「第2号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)」と同じ。

(10) 貫通部止水処置

- a. 貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)

(a) シリコンシール

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシリコンシールが、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(b) ブーツラバー

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震及を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツラバーが、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

b. 貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

c. 貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

d. 貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）

「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

e. 貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）

「貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）」と同じ。

f. 貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）

(a) シリコンシール

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシリコンシールが、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(b) ブーツラバー

津波による溢水を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツラバーが、有意な漏えいが生じないように津波荷重から計算により求めた圧力が水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

g. 貫通部止水処置（第2号機制御建屋）

「貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）」と同じ。

h. 貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）

「貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）」と同じ。

(11) 取水ピット水位計

a. 取付ボルト

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水時の浸水津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する

設計とするために、取付ボルト（鋼製部材）が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年版（2007年追補含む））J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（（社）日本機械学会）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ_{AS}）を許容限界として設定する。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (1/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮堤（鋼管式鉛直壁）	$G+P+P_t+P_c+P_k+P_s$ $G+P+P_t+K S d+P_k+P_s$	鋼管杭	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		鋼製遮水壁	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		鉄筋コンクリート（RC）遮水壁	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）」及び「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		漂流物防護工	曲げ，せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (2/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	$G+P+P_t+P_c+P_k+P_s$ $G+P+P_t+K S d+P_k+P_s$	背面補強工	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		置換コンクリート	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		セメント改良土, 改良地盤	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		基礎地盤 (岩盤, 改良地盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (3/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮堤 (盛土 堤防)	G+P+P _t +P _c + P _k +P _s G+P+P _t +K S d+ P _k +P _s	セメント改良土	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		置換コンクリート	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		改良地盤	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
		基礎地盤 (岩盤, 改良地盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (4/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼板)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		鋼製支柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。
		フーチング	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」, 「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」及び「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断耐力とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (5/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼板)	G+P h+K S d+P k +P s	鋼矢板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社) 日本港湾協会, 平成 19 年 7 月) 」に示されるせん断強度に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (6/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼桁)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	鋼桁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		RC 支柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」及び「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断耐力とする。
		鉛直支承・水平支承	圧縮, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋支承便覧 ((社) 日本道路協会, 平成 16 年 4 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 許容圧縮応力度及び許容せん断ひずみとする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。
		角型鋼管	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (7/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製遮 水壁 (鋼桁)	G+Ph+KSd+Pk +Ps	フーチング	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 」及び「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断耐力とする。
		鋼矢板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社) 日本港湾協会, 平成 19 年 7 月) 」に示されるせん断強度に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		場所打ち杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断耐力とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (8/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製扉	G+Ph+KSd+Pk +Ps	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)(社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」及び「道路橋示方書(I共通編・II鋼橋編)・同解説(社)日本道路協会,平成24年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。
		RC支柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書[構造性能照査編](社)土木学会,2002年制定)」及び「道路橋示方書(I共通編・IV下部構造編)・同解説(社)日本道路協会,平成24年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,降伏強度及びせん断耐力とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格,漏水試験及び変形試験により,有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (9/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
杭基礎構造防 潮壁 鋼製扉	G+Ph+KSd+Pk +Ps	フーチング	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 」及び「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断耐力とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 降伏強度及びせん断強度とする。
		基礎地盤 (岩盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (10/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋) 鋼製遮水壁 (鋼板)	G+Ph+KSd+Pk	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		鋼製柱, 梁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		鋼製ブレース	引張, 圧縮	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (11/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取放水路流路縮小工 (第1号機取水路) (No. 1), (No. 2)	G+P+Ph+KSd	コンクリート	せん断, 滑動, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土地改良事業計画設計基準 設計[ダム] 技術書 [コンクリートダム編] (農林水産省, 平成15年4月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, せん断破壊, 滑動及び曲げに対する必要閉塞長とする。
		基礎地盤(岩盤, 改良地盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。
取放水路流路縮小工 (第1号機放水路)	G+P+Ph+KSd	コンクリート	せん断, 滑動, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「土地改良事業計画設計基準 設計[ダム] 技術書 [コンクリートダム編] (農林水産省, 平成15年4月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, せん断破壊, 滑動及び曲げに対する必要閉塞長とする。
		基礎地盤(岩盤, 改良地盤)	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, 「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)	G+Pt+Pc G+Pt+KSd	鉄筋コンクリート	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002年制定)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (12/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)	D+Ph+KSd	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「水門鉄管技術基準 水門扉編 (社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)」及び「各種合成構造設計指針・同解説 (社) 日本建築学会, 平成 22 年)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)	D+Ph+Pc D+Ph+KSd	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「水門鉄管技術基準 水門扉編 (社) 水門鉄管協会, 平成 31 年)」及び「各種合成構造設計指針・同解説 (社) 日本建築学会, 平成 22 年)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		漂流物防護工	曲げ, せん断	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」, 「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」, 「道路橋示方書 (II 鋼橋・鋼部材編)・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 29 年 11 月)」及び「鋼構造物設計基準 (II 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (13/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)	D+Ph+KSd	扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「水門鉄管技術基準 水門扉編 ((社) 水門鉄管協会, 平成 31 年) 」及び「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 平成 22 年) 」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (14/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1), (No. 2)	D+Ph+KSd	扉板	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		芯材, カンヌキ受けピン	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ	組合せ*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ受けボルト	引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

* : 曲げ応力度とせん断応力度の組合せ

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (15/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3), 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉, 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉, 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	D+Ph+Sd	扉板	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		芯材, カンヌキ受けピン	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ	組合せ*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		カンヌキ受けボルト	引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

* : 曲げ応力度とせん断応力度の組合せ

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (16/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (原子炉機器 冷却海水配管 ダクト)	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)(社)ダム・堰施設技術協会, 平成28年3月)」に基づき, おおむね弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (17/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (第3号機補機冷却海水系放水ピット)	D+P t+S d+P s	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」、「水門鉄管技術基準水門扉編((社)水門鉄管協会,平成31年)」及び「道路橋示方書(I 共通編・II 鋼橋編)・同解説((社)日本道路協会,平成24年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。
		鋼製ブラケット	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」、「水門鉄管技術基準水門扉編((社)水門鉄管協会,平成31年)」及び「道路橋示方書(I 共通編・II 鋼橋編)・同解説((社)日本道路協会,平成24年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。
		止水ジョイント部材	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格,漏水試験及び変形試験により,有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (18/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	D+P _t +S _d +P _s	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
浸水防止蓋 (第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部)(No.1), (No.2)	D+P _t +S _d +P _s	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (19/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第2号機海水ポンプ室防 潮壁区画内))	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。
浸水防止蓋 (揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防 潮壁区画内))	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」に基づき,おおむね弾性状態にとどまるように,短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (20/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
地下軽油タンク 燃料移送ポンプ 室アクセス用浸 水防止蓋 (No. 1), (No. 2), 地下軽油タンク 機器搬出入用浸 水防止蓋	D+Ph+Sd+Ps	浸水防止蓋	曲げ*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補含む)) JSME S NC 1-2005/2007 ((社) 日本機械学会) 」に準じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態 III _{AS}) 以下とする。
		固定ボルト	引張*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補含む)) JSME S NC 1-2005/2007 ((社) 日本機械学会) 」に準じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態 III _{AS}) 以下とする。

* : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (21/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
第 2 号機海水 ポンプ室浸水 防止壁	D+P h + S d + P k	浸水防止壁	曲げ*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—（社）日本建築学会，2005 改定）」を踏まえて，短期許容応力度とする。
		基礎ボルト	引張*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

146 * : 応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力についても評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (22/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
逆止弁付ファンネル*1	D+P t+S d	弁本体, 弁体	曲げ*2, せん断*2	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補含む)) J S M E S N C 1-2005/2007 ((社) 日本機械学会) 」に準じて供用状態Cの許容応力 (許容応力状態Ⅲ _A S) 以下とする。

- * 1 : 第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)
- 第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)
- 第 2 号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)
- 第 2 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)
- 第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)
- 第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)
- 第 3 号機高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)
- 第 3 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)

* 2 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (23/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処 置 (第 2 号機 海水ポンプ室 防潮壁横断 部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第 2 号機 放水立坑防潮 壁横断部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (24/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処 置 (第3号機 海水ポンプ室 防潮壁横断 部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第3号機 放水立坑防潮 壁横断部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (防潮堤 (鋼 管式鉛直壁) 横断部)	D+Ph+KSd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (25/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処 置 (第 2 号機 原子炉建屋)	D+Ph+Sd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第 2 号機 制御建屋)	D+Ph+Sd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
貫通部止水処 置 (第 2 号機 軽油タンクエ リア)	D+Ph+Sd	シリコンシール	せん断, 圧縮	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツラバー	引張	有意な漏えいが 生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの許容限界 (26/26)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水ピット水位計	D+P t +S d	取付ボルト	引張*, せん断*	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007 年追補含む)) J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 ((社) 日本機械学会) 」に準じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態 III _A S) 以下とする。

* : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力についても評価を行う。

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

余震荷重を基に設定した入力地震動に対する評価手法は、以下に示す解析法により、J E A G 4 6 0 1に基づき実施することを基本とする。

- ・ 時刻歴応答解析
- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

5.1 土木構造物に関する評価式

5.1.1 防潮堤

(1) 評価方針

防潮堤の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴の違いから、防潮堤（鋼管式鉛直壁）及び防潮堤（盛土堤防）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、津波時及び重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-1～表 5.1-2 に示す。

表 5.1-1 評価部位及び評価内容（防潮堤（鋼管式鉛直壁））

評価部位	評価内容
鋼管杭（長杭，短杭）	曲げ，せん断
鋼製遮水壁	曲げ，せん断
鉄筋コンクリート（RC）遮水壁	曲げ，せん断
漂流物防護工	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
背面補強工	すべり安全率
置換コンクリート	すべり安全率
改良地盤，セメント改良土	すべり安全率
基礎地盤（岩盤，改良地盤）	支持力

表 5.1-2 評価部位及び評価内容（防潮堤（盛土堤防））

評価部位	評価内容
セメント改良土	すべり安全率
置換コンクリート	すべり安全率
改良地盤	すべり安全率
基礎地盤（岩盤，改良地盤）	支持力

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-1 防潮堤の強度計算書」に示す。

5.1.2 防潮壁

(1) 評価方針

防潮壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴の違いから、杭基礎構造防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉）及び防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-3～表 5.1-7 に示す。

表 5.1-3 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板））

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ，せん断
鋼製支柱	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
フーチング	曲げ，せん断
鋼矢板	曲げ，せん断
鋼管杭	曲げ，せん断
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-4 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁））

評価部位	評価内容
鋼桁	曲げ，せん断
RC 支柱	曲げ，せん断
鉛直支承・水平支承	圧縮，せん断
止水ジョイント部材	変形
角型鋼管	曲げ，せん断
フーチング	曲げ，せん断
鋼矢板	曲げ，せん断
鋼管杭	曲げ，せん断
場所打ち杭	曲げ，せん断
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-5 評価部位及び評価内容（杭基礎構造防潮壁 鋼製扉）

評価部位	評価内容
扉体	曲げ，せん断
RC 支柱	曲げ，せん断
止水ジョイント部材	変形
フーチング	曲げ，せん断
鋼管杭	曲げ，せん断
基礎地盤（岩盤）	支持力

表 5.1-6 評価部位及び評価内容（防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋））

評価部位	評価内容
鋼製遮水壁（鋼板）	曲げ，せん断
鋼製柱，梁	曲げ，せん断
鋼製ブレース	引張，圧縮

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，添付書類「VI-3-別添 3-2-2 防潮壁の強度計算書」に示す。

5.1.3 取放水路流路縮小工

(1) 評価方針

取放水路流路縮小工の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1)，(No.2)及び取放水路流路縮小工（第1号機放水路）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表5.1-7～表5.1-8に示す。

表5.1-7 評価部位及び評価内容(取放水路流路縮小工(第1号機取水路))(No.1)，(No.2)

評価部位	評価内容
コンクリート	せん断，滑動，曲げ
基礎地盤（岩盤）	支持力

表5.1-8 評価部位及び評価内容（取放水路流路縮小工（第1号機放水路））

評価部位	評価内容
コンクリート	せん断，滑動，曲げ
基礎地盤（岩盤）	支持力

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添3-2-3 取放水路流路縮小工の強度計算書」に示す。

5.1.4 貯留堰(No.1)，(No.2)，(No.3)，(No.4)，(No.5)，(No.6)

(1) 評価方針

貯留堰(No.1)，(No.2)，(No.3)，(No.4)，(No.5)，(No.6)の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、津波時及び重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-9 に示す。

表 5.1-9 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
鉄筋コンクリート	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，添付書類「VI-3-別添 3-2-4 貯留堰の強度計算書」に示す。

5.2 機器・配管系に関する評価式

以下に機器・配管系に関する各強度計算書で用いる強度評価の計算方法を示す。

5.2.1 逆流防止設備

(1) 評価方針

逆流防止設備の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）(No. 1)，(No. 2)，(No. 3)，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び補機冷却海水系放水路逆流防止設備(No. 1)，(No. 2)に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは，津波時及び重畳時を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-1～表 5.2-3 に示す。

表 5.2-1 評価部位及び評価内容(屋外排水路逆流防止設備(防潮堤南側)(No. 1)，(No. 2)，(No. 3))

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ
扉体（補強材）	曲げ，せん断

表 5.2-2 評価部位及び評価内容（屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側））

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ
扉体（補強材）	曲げ，せん断
漂流物防護工	曲げ，せん断

表 5.2-3 評価部位及び評価内容（補機冷却海水系放水路逆流防止設備）(No. 1)，(No. 2)

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ
扉体（補強材）	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，添付書類「VI-3-別添 3-2-5 逆流防止設備の強度計算書」に示す。

5.2.2 水密扉

(1) 評価方針

水密扉の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから，水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1)，(No. 2)，原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)，(No. 2)，制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)，(No. 2)，(No. 3)，(No. 4)，(No. 5)，計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)，制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉，制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉，第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは，重畳時を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-4 に示す。

表 5.2-4 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉板	曲げ
芯材, カンヌキ受けピン	曲げ, せん断
カンヌキ	組合せ*
カンヌキ受けボルト	引張

* : 曲げ応力度とせん断応力度の組合せ

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-6 水密扉の強度計算書」に示す。

5.2.3 浸水防止蓋

(1) 評価方針

浸水防止蓋の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）、浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）、浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部）、浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）(No. 1), (No. 2), 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））、浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））、地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2), 地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-5～表 5.2-12 に示す。

表 5.2-5 評価部位及び評価内容（浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断

表 5.2-6 評価部位及び評価内容（浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
鋼製ブラケット	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断
止水ジョイント部材	変形

表 5.2-7 評価部位及び評価内容（浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断

表 5.2-8 評価部位及び評価内容（浸水防止蓋（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部）（No.1），（No.2））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断

表 5.2-9 評価部位及び評価内容
（浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内）））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断

表 5.2-10 評価部位及び評価内容
（浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断

表 5.2-11 評価部位及び評価内容（地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No. 1），（No. 2））

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断

表 5.2-12 評価部位及び評価内容（地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋）

評価部位	評価内容
浸水防止蓋	曲げ，せん断
固定ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，添付書類「VI-3-別添 3-2-7 浸水防止蓋の強度計算書」に示す。

5.2.4 浸水防止壁

(1) 評価方針

第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，重畳時を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-13 に示す。

表 5.2-13 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
浸水防止壁	曲げ，せん断
基礎ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，添付書類「VI-3-別添 3-2-8 浸水防止壁の強度計算書」に示す。

5.2.5 逆止弁付ファンネル

(1) 評価方針

逆止弁付ファンネルの評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置個所の違いから、第2号機海水ポンプ室に設置する逆止弁付ファンネルと第3号機海水熱交換器建屋に設置する逆止弁付ファンネルに分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-14 に示す。

表 5.2-14 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
弁本体，弁体	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-9 逆止弁付ファンネルの強度計算書」に示す。

5.2.6 貫通部止水処置

(1) 評価方針

貫通部止水処置の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 設置箇所及び構造上の特徴の違いから、貫通部止水処置（第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第2号機放水立坑防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部）、貫通部止水処置（第3号機放水立坑防潮壁横断部）、貫通部止水処置（防潮堤（鋼管式鉛直壁）横断部）、貫通部止水処置（第2号機原子炉建屋）、貫通部止水処置（第2号機制御建屋）、貫通部止水処置（第2号機軽油タンクエリア）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-15 に示す。

表 5.2-15 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
シリコンシール	せん断, 圧縮
ブーツラバー	引張

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-10 貫通部止水処置の強度計算書」に示す。

5.3 津波監視設備に関する評価式

以下に津波監視設備に関する各強度計算書で用いる強度評価の計算方法を示す。

5.3.2 取水ピット水位計

(1) 評価方針

取水ピット水位計の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
取付ボルト	引張, せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 3-2-11 津波監視設備の強度計算書」に示す。

6. 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)
- (2) 道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- (3) 道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- (4) 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- (5) 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- (6) 道路橋示方書 (II 鋼橋・鋼部材編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 29 年 11 月)
- (7) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年)
- (8) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (9) 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009 ((社) 日本電気協会)
- (10) 建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001 年)
- (11) 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年 11 月)
- (12) 建築基準法 (昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- (13) 建築基準法施行令 (昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- (14) 耐津波設計に係る工認審査ガイド (原子力規制委員会, 平成 25 年)
- (15) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－ ((社) 日本建築学会, 2005 年 9 月)
- (16) トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 ((社) 土木学会, 2016 年制定)
- (17) 港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社) 日本港湾協会, 平成 19 年 2 月)
- (18) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年)
- (19) 鋼構造物設計基準 (II 鋼製橋脚編, 名古屋高速道路公社, 平成 15 年 10 月)
- (20) 道路土工カルバート工指針 (平成 21 年度版) ((社) 日本道路協会, 平成 22 年 3 月)
- (21) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補 -1984 ((社) 日本電気協会)
- (22) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (23) 日本産業規格 (J I S)
- (24) ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)

- (25) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補含む)) J S M E
S N C 1 - 2005 / 2007 ((社) 日本機械学会)
- (26) 道路橋支承便覧 ((社) 日本道路協会, 平成 16 年 4 月)
- (27) 橋梁構造物設計施工要領 [II 鋼橋・鋼部材編] (首都高速道路 (株), 平成 15 年)
- (28) 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)
- (29) 下水道施設耐震計算例-処理場・ポンプ場編 (2002 年) ((社) 日本下水道協会)
- (30) 水道施設耐震工法指針・解説 (1997 年) ((社) 日本水道協会)
- (31) 水道施設耐震工法指針・解説 (2009 年) ((社) 日本水道協会)
- (32) 鋼構造接合部設計指針 ((社) 日本建築学会, 2012 年)
- (33) 機械工学便覧 基礎編 α 3 材料力学 ((社) 日本機械学会, 2005 年)

VI-4 その他計算書

目 次

VI-4-1 安全弁及び逃がし弁の吹出量計算書

VI-4-2 生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

VI-4-1 安全弁及び逃がし弁の吹出量計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2.1	記号の定義	2
2.2	容量計算方法	8
3.	原子炉冷却系統施設の安全弁等の容量計算結果	9
3.1	吹出量の計算 (B21-F001A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L)	10
3.1.1	概要	10
3.1.2	吹出量の計算式	10
3.1.3	公称吹出量	11
3.1.4	過圧防護について	13
3.1.5	必要吹出量の設定根拠	13
3.1.6	評価結果	15
3.2	吹出量の計算 (E11-F048A, B)	16
3.2.1	設計条件	16
3.2.2	吹出量の計算式	16
3.2.3	逃がし弁の吹出量	17
3.2.4	必要吹出量の設定根拠	17
3.2.5	評価結果	17
3.3	吹出量の計算 (E11-F048C)	18
3.3.1	設計条件	18
3.3.2	吹出量の計算式	18
3.3.3	逃がし弁の吹出量	19
3.3.4	必要吹出量の設定根拠	19
3.3.5	評価結果	19
3.4	吹出量の計算 (E11-F050A, B)	20
3.4.1	設計条件	20
3.4.2	吹出量の計算式	20
3.4.3	逃がし弁の吹出量	21
3.4.4	必要吹出量の設定根拠	21
3.4.5	評価結果	21
3.5	吹出量の計算 (E11-F054A, B)	22
3.5.1	設計条件	22
3.5.2	吹出量の計算式	22
3.5.3	逃がし弁の吹出量	23
3.5.4	必要吹出量の設定根拠	23
3.5.5	評価結果	23
3.6	吹出量の計算 (E22-F023)	24
3.6.1	設計条件	24

3.6.2	吹出量の計算式	24
3.6.3	逃がし弁の吹出量	25
3.6.4	必要吹出量の設定根拠.....	25
3.6.5	評価結果	25
3.7	吹出量の計算 (E21-F017)	26
3.7.1	設計条件	26
3.7.2	吹出量の計算式	26
3.7.3	逃がし弁の吹出量	27
3.7.4	必要吹出量の設定根拠.....	27
3.7.5	評価結果	27
3.8	吹出量の計算 (E51-F059)	28
3.8.1	設計条件	28
3.8.2	吹出量の計算式	28
3.8.3	逃がし弁の吹出量	29
3.8.4	必要吹出量の設定根拠.....	29
3.8.5	評価結果	29
3.9	吹出量の計算 (E71-F010)	30
3.9.1	設計条件	30
3.9.2	吹出量の計算式	30
3.9.3	逃がし弁の吹出量	31
3.9.4	必要吹出量の設定根拠.....	31
3.9.5	評価結果	31
4.	計測制御系統施設の安全弁等の容量計算結果.....	32
4.1	吹出量の計算 (C41-F003A, B)	33
4.1.1	設計条件	33
4.1.2	吹出量の計算式	33
4.1.3	逃がし弁の吹出量	34
4.1.4	必要吹出量の設定根拠.....	34
4.1.5	評価結果	34
4.2	吹出量の計算 (C41-F022)	35
4.2.1	設計条件	35
4.2.2	吹出量の計算式	35
4.2.3	逃がし弁の吹出量	36
4.2.4	必要吹出量の設定根拠.....	36
4.2.5	評価結果	36
4.3	吹出量の計算 (P54-F065A, B)	37
4.3.1	設計条件	37
4.3.2	吹出量の計算式	37
4.3.3	安全弁の吹出量	38

4.3.4	必要吹出量の設定根拠.....	38
4.3.5	評価結果.....	38
4.4	吹出量の計算 (P54-F1005A, B).....	39
4.4.1	設計条件.....	39
4.4.2	吹出量の計算式.....	39
4.4.3	安全弁の吹出量.....	40
4.4.4	必要吹出量の設定根拠.....	40
4.4.5	評価結果.....	40
5.	原子炉格納施設の安全弁等の容量計算結果.....	41
5.1	吹出量の計算 (E11-F084).....	42
5.1.1	設計条件.....	42
5.1.2	吹出量の計算式.....	42
5.1.3	逃がし弁の吹出量.....	43
5.1.4	必要吹出量の設定根拠.....	43
5.1.5	評価結果.....	43
5.2	吹出量の計算 (E11-F085).....	44
5.2.1	設計条件.....	44
5.2.2	吹出量の計算式.....	44
5.2.3	逃がし弁の吹出量.....	45
5.2.4	必要吹出量の設定根拠.....	45
5.2.5	評価結果.....	45
5.3	吹出量の計算 (T49-F007A, B).....	46
5.3.1	設計条件.....	46
5.3.2	吹出量の計算式.....	46
5.3.3	逃がし弁の吹出量.....	47
5.3.4	必要吹出量の設定根拠.....	47
5.3.5	評価結果.....	47
5.4	吹出量の計算 (T63-F006).....	48
5.4.1	設計条件.....	48
5.4.2	吹出量の計算式.....	48
5.4.3	逃がし弁の吹出量.....	49
5.4.4	必要吹出量の設定根拠.....	49
5.4.5	評価結果.....	49

1. 概要

本計算書は、「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。）」第 20 条及び第 57 条並びにそれらの「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」の安全弁等の規定に基づき設置された原子炉冷却系統施設，計測制御系統施設，原子炉格納施設及び非常用電源設備の安全弁及び逃がし弁が，必要な吹出量以上の容量を有することを確認するための容量計算の方針及びこれに基づいた計算結果について説明するものである。

なお，設計基準対象施設に関しては，技術基準規則の要求事項に変更がないため，今回の申請において変更は行わないが，「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」の改正により追加となる安全弁及び逃がし弁については，本計算書にて必要吹出量又は容量の算定を行う。

重大事故等時に流路となる配管及び容器に付属する安全弁及び逃がし弁が，重大事故等対処設備としての申請範囲となるため，本計算書にて必要吹出量又は容量の算定を行う。

なお，重大事故等対処設備のうち，非常用電源設備の非常用ディーゼル発電設備空気だめ安全弁（R43-F318A, B, F319A, B）及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備空気だめ安全弁（R44-F318, F319）の吹出量は，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 IV-4-8「非常用ディーゼル発電設備空気だめ安全弁の吹出量計算書」及び IV-4-9「高压炉心スプレイ系ディーゼル発電設備空気だめ安全弁の吹出量計算書」において必要吹出量の算定を行っており，設計基準対象施設として使用する場合の系統設備及び使用方法に変更がないこと並びに設計基準対象施設に関しては技術基準規則の要求事項に変更がないため，今回の申請において変更は行わない。

2. 基本方針

蒸気用の安全弁，ガス用安全弁及び逃がし弁（以下「安全弁等」という。）の容量計算は，各安全弁等の施設時に適用された「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 5 0 1 号（以下「S55 年告示第 5 0 1 号」という。））第 103 条（安全弁等の容量の計算式）又は「発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版を含む。））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。）第 10 章（安全弁等）の規定に基づいて算定し，算定結果が必要な吹出量以上であることを確認する。

また，重大事故等対処設備の可搬型設備に設置する安全弁のうち，一般産業品を採用している場合はその産業界の規格・基準を適用することとし，一般高压ガス保安規則（昭和 41 年通商産業省令第 5 3 号）に基づいて算定し，算定結果が必要な吹出量以上であることを確認する。

2.1 記号の定義

安全弁等の容量計算に用いる記号について、次に説明する。

(1) 蒸気用の安全弁の容量計算に使用するもの

a. S55年告示第501号に基づく評価を実施する場合

	記号	単位	定義
蒸気用の安全弁の容量計算*に使用するもの	Q_m	kg/h	公称吹出し量（容量）
	D	mm	弁座口の径
	d_t	mm	のど部の径
	L	mm	リフト
	A	mm ²	吹出し面積 全量式の場合 $A = \frac{\pi}{4} \cdot d_t^2$ (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1986) 附属書付図による)
	p	kg/cm ² (MPa)	公称吹出し量決定圧力 公称吹出し量決定圧力で、設定圧力が 1 kg/cm ² を超えるときは、設定圧力の 1.03 倍、設定圧力が 1 kg/cm ² 以下のときは、設定圧力に 0.2 kg/cm ² を加えた圧力とする。ただし、指定のある場合は、その値による。 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1986) 附属書 2. 蒸気に対する公称吹出し量による)
	K_d	-	公称吹出し係数（米国 NATIONAL BOARD 認定値による）
C	-	蒸気の性質による係数 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1986) 附属書表 1 による)	

注記 * : S55年告示第501号第103条第1項第一号による。

b. 設計・建設規格に基づく評価を実施する場合

	記号	単位	定義
蒸気用の安全弁の容量計算*に使用するもの	Q_m	kg/h	公称吹出し量（容量）
	D	mm	弁座口の径
	d_t	mm	のど部の径
	L	mm	リフト
	A	mm ²	吹出し面積 全量式の場合 $A = \frac{\pi}{4} \cdot d_t^2$ (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1994) 附属書付図 1 による)
	p	MPa	公称吹出し量決定圧力 公称吹出し量決定圧力で、設定圧力が 0.1 MPa を超えるときは、設定圧力の 1.03 倍、設定圧力が 0.1 MPa 以下のときは、設定圧力に 0.02 MPa を加えた圧力とする。ただし、指定のある場合は、その値による。 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1994) 附属書 2. 蒸気に対する公称吹出し量による)
	K_d	-	公称吹出し係数（弁メーカーにおける実験で求めた値による）
C	-	蒸気の性質による係数 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1994) 附属書表 1 による)	

注記 * : 設計・建設規格 SRV-3111(1)による。

(2) ガス用安全弁の容量計算に使用するもの

a. S55 年告示第 5 0 1 号に基づく評価を実施する場合

	記号	単位	定義
ガス用安全弁の容量計算*に使用するもの	Q_m	kg/h	公称吹出し量 (容量)
	D	mm	弁座口の径
	d_t	mm	のど部の径
	L	mm	リフト
	C'	-	ガスの断熱指数による係数 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」 (日本産業規格 J I S B 8 2 1 0-1986) 附属書図 2 による)
	P_1	kg/cm ² (MPa)	公称吹出し量決定圧力の絶対圧力 (特に指定のない場合は, 吹出圧力の 1.1 倍の絶対圧力)
	P_2	kg/cm ² (MPa)	背圧の絶対圧力
	K_d	-	公称吹出し係数 (弁メーカーにおける実験で求めた値による)
	A	mm ²	吹出し面積 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」 (日本産業規格 J I S B 8 2 1 0-1986) 附属書付図による)
	M	-	ガスの分子量
	Z	-	圧縮係数 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」 (日本産業規格 J I S B 8 2 1 0-1986) 附属書図 4 による)
	T	K	公称吹出し量決定圧力におけるガスの絶対温度

注記 * : S55 年告示第 5 0 1 号第 103 条第 1 項第二号による。

b. 一般高圧ガス保安規則に基づく評価を実施する場合

	記号	単位	定義
ガス用安全弁の容量計算*に使用するもの	W	kg/h	規定吹出し量
	D	mm	弁座口の径
	d_t	mm	のど部の径
	L	mm	リフト
	C	-	断熱指数による係数 (「一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について」(20180323 商局第14号)別添「一般高圧ガス保安規則関係例示基準」の「13. 圧力計及び許容圧力以下に戻す安全装置」表第3による)
	p_1	MPa	吹出し量決定圧力の絶対圧力 (吹出圧力の1.1倍以下の絶対圧力)
	p_2	MPa	背圧の絶対圧力
	K	-	吹出し係数 (「一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について」(20180323 商局第14号)別添「一般高圧ガス保安規則関係例示基準」の「13. 圧力計及び許容圧力以下に戻す安全装置」表第2による)
	A	cm ²	吹出し面積 (「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本産業規格JIS B 8210-1994)附属書付図1による)
	M	-	ガスの分子量
	Z	-	圧縮係数 (「一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について」(20180323 商局第14号)別添「一般高圧ガス保安規則関係例示基準」の「13. 圧力計及び許容圧力以下に戻す安全装置」図第1による)
T	K	吹出し量決定圧力におけるガスの絶対温度	

注記 * : 一般高圧ガス保安規則による。

(3) 逃がし弁の容量計算に使用するもの

a. S55年告示第501号に基づく評価を実施する場合

	記号	単位	定義
逃がし弁の容量計算*に使用するもの	W	kg/h	弁の容量
	A	mm ²	弁の流体通路の最小面積 以下の計算式で求めた値又は弁体が所定のリフトに達したときに形成される流体通路の最小面積のうち最も小さな値を使用する。 $\cdot A = \frac{\pi}{4} \cdot d_t^2$ $\cdot A = \pi \cdot D \cdot L$
	n	-	流量係数 (0.5 又は実験的に求めた値)
	D	mm	弁座口の径
	d _t	mm	のど部の径
	L	mm	リフト
	ΔP	kg/cm ²	逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差
	G	g/cm ³	入口側の液体の比重量

注記* : S55年告示第501号第103条第1項第三号による。

b. 設計・建設規格に基づく評価を実施する場合

	記号	単位	定義
逃がし弁の容量計算*に使用するもの	W	kg/h	弁の容量
	A	mm ²	弁の流体通路の最小面積 以下の計算式で求めた最も小さな値を使用する。 ・ $A = \frac{\pi}{4} \cdot d_t^2$ ・ $A = \pi \cdot D \cdot L$
	n	-	流量係数 (0.5 又は実験的に求めた値)
	D	mm	弁座口の径
	d _t	mm	のど部の径
	L	mm	リフト
	△P	MPa	逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差
	G	kg/m ³	入口側の液体の密度

注記 * : 設計・建設規格 SRV-3112 による。

2.2 容量計算方法

安全弁等の容量については、次の適用基準に基づく計算式により容量を求める。

項目		適用基準	計算式
蒸気用安全弁の 吹出量（容量）	①	S55年告示第501号 第103条第1項第一号*1	$Q_m = 0.5145 \cdot C \cdot K_d \cdot A (p+1) \cdot 0.9$
	②	設計・建設規格 SRV-3111 (1) *2	$Q_m = 5.246 \cdot C \cdot K_d \cdot A \cdot (p+0.1) \cdot 0.9$
ガス用安全弁の 吹出量（容量）	③	S55年告示第501号 第103条第1項第二号*3	$Q_m = C' \cdot K_d \cdot A \cdot P_1 \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T}} \cdot 0.9$
	④	一般高圧ガス保安規則*4	$W = C \cdot K \cdot p_1 \cdot A \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T}}$
逃がし弁の容量	⑤	S55年告示第501号 第103条第1項第三号	$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$
	⑥	設計・建設規格 SRV-3112	$W = 5.04 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$

注記*1：日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1986「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書安全弁の公称吹出し量の算定方法」の「2. 蒸気に対する公称吹出し量」による。

*2：日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1994「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書安全弁の公称吹出し量の算定方法」の「2. 蒸気に対する公称吹出し量」による。

*3：日本産業規格 J I S B 8 2 1 0 -1986「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書安全弁の公称吹出し量の算定方法」の「3. ガスに対する公称吹出し量」による。

*4：「一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について」（20180323 商局第14号）別添「一般高圧ガス保安規則関係例示基準」の「13. 圧力計及び許容圧力以下に戻す安全装置」による。

3. 原子炉冷却系統施設の安全弁等の容量計算結果

以下の安全弁等の容量計算結果及び必要な吹出量を次頁以降に示す。

いずれの安全弁等についても容量計算結果が必要な吹出量を上回っていることを確認した。

番号	弁番号	適用基準	対象区分
1	B21-F001A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L	①	DB/SA
2	E11-F048A, B	⑤	DB/SA
3	E11-F048C	⑤	DB/SA
4	E11-F050A, B	⑤	DB/SA
5	E11-F054A, B	⑤	DB/SA
6	E22-F023	⑤	DB/SA
7	E21-F017	⑤	DB/SA
8	E51-F059	⑤	SA
9	E71-F010	⑥	SA

3.1 吹出量の計算 (B21-F001A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L)

3.1.1 概要

主蒸気逃がし安全弁は、原子炉冷却材圧力バウンダリの過度の圧力上昇を防止するため、原子炉格納容器内の主蒸気管に取り付けられ、サブプレッションチェンバのプール水中に蒸気を放出する。

主蒸気逃がし安全弁は、全量式の平衡型ばね安全弁（補助作動装置付）で、次の機能を有する。

(1) 逃がし弁機能

原子炉圧力高の信号により、補助作動装置（アクチュエータ）のピストンを駆動して強制的に開放する。

(2) 安全弁機能

圧力上昇に伴い、ばねに打ち勝って自動開放する。

3.1.2 吹出量の計算式

(1) 主要寸法

呼び径（入口） 150 A
 のど部の径 $d_t =$ mm
 弁座口の径 $D =$ 134.0 mm
 リフト $L =$ mm 以上

(2) 公称吹出量の計算式

主蒸気逃がし安全弁の安全弁としての吹出量の計算は、告示第501号第103条第1項第一号により、JIS B 8210 (1986)「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書 安全弁の公称吹出し量の算定方法」（以下「附属書」という。）の「2. 蒸気に対する公称吹出し量」に従う。

$$Q_m = 0.5145 \cdot C \cdot K_d \cdot A \cdot (p + 1) \cdot 0.9$$

Q_m : 公称吹出し量 (kg/h)

A : 吹出し面積 (mm²)

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d_t^2 = \text{ mm}^2$$

p : 公称吹出し量決定圧力 (kg/cm² (MPa))

$p = 1.03 \times p$ (吹出圧力) (アキュムレーション3%を考慮する。)

ただし、逃がし弁機能の吹出量計算時においては $p =$ (吹出圧力) とする。(アキュムレーションは考慮しない。)

K_d : 公称吹出し係数 $K_d = 0.975$ (米国 NATIONAL BOARD 認定値による)

C : 蒸気の性質による係数

附属書表1の絶対圧力 (kg/cm²) = ((公称吹出し量決定圧力 p) + 1) に対応する係数であり、表1-1に示す。

表 1-1 蒸気の性質による係数

機能	吹出圧力 (kg/cm ² (MPa))	個数 (個)	蒸気の性質による 係数 (—)
逃がし弁機能	75.2 (7.37)	2	0.973
	75.9 (7.44)	3	0.973
	76.6 (7.51)	3	0.974
	77.3 (7.58)	3	0.974
安全弁機能	79.4 (7.79)	2	0.976
	82.6 (8.10)	3	0.978
	83.3 (8.17)	3	0.978
	84.0 (8.24)	3	0.978

3.1.3 公称吹出量

主蒸気逃がし安全弁の各機能における吹出量を表 1-2 に示す。

(1) 逃がし弁機能の吹出量 (公称値)

a. 吹出圧力及び個数

吹出圧力及び個数は表 1-2 に示す。

b. 吹出量の計算

逃がし弁機能は補助作動装置 (アクチュエータ) による強制開操作であるため、アキュムレーションを考慮しない公称吹出し量決定圧力を用いて計算する。

(a) 吹出圧力 75.2 kg/cm² (7.37 MPa) (個数 2)

$$Q_{mR1} = 356000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

(b) 吹出圧力 75.9 kg/cm² (7.44 MPa) (個数 3)

$$Q_{mR2} = 360000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

(c) 吹出圧力 76.6 kg/cm² (7.51 MPa) (個数 3)

$$Q_{mR3} = 363000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

(d) 吹出圧力 77.3 kg/cm² (7.58 MPa) (個数 3)

$$Q_{mR4} = 367000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

総吹出量の公称値は

$$\begin{aligned} Q_{mR} &= 2 \cdot Q_{mR1} + 3 \cdot (Q_{mR2} + Q_{mR3} + Q_{mR4}) \\ &= 3982000 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

であり、定格主蒸気流量 (kg/h) の % の容量を有する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 安全弁機能の吹出量（公称値）

a. 吹出圧力及び個数

吹出圧力及び個数は表 1-2 に示す。

b. 吹出量の計算

安全弁機能は自己蒸気圧に基づくばね作動であるため、アキュムレーション 3 % を考慮した公称吹出し量決定圧力を用いて計算する。

(a) 吹出圧力 79.4 kg/cm² (7.79 MPa) (個数 2)

$$Q_{mS1} = 388000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

(b) 吹出圧力 82.6 kg/cm² (8.10 MPa) (個数 3)

$$Q_{mS2} = 405000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

(c) 吹出圧力 83.3 kg/cm² (8.17 MPa) (個数 3)

$$Q_{mS3} = 408000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

(d) 吹出圧力 84.0 kg/cm² (8.24 MPa) (個数 3)

$$Q_{mS4} = 411000 \text{ (kg/h) / 個 (1000 kg/h 未満は切捨て)}$$

総吹出量の公称値は

$$\begin{aligned} Q_{mS} &= 2 \cdot Q_{mS1} + 3 \cdot (Q_{mS2} + Q_{mS3} + Q_{mS4}) \\ &= 4448000 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

であり、定格主蒸気流量 (kg/h) の % の容量を有する。

表 1-2 吹出量

機能	弁番号	吹出圧力 (kg/cm ² (MPa))	個数 (個)	公称値		必要吹出量			
				吹出量 (kg/h/個)	総吹出量 (kg/h)	吹出量 (kg/h/個)	総吹出量 (kg/h)		
逃 が し 弁 機 能	B21-F001 D, K	75.2 (7.37)	2	356000	3982000				
	B21-F001 B, F, G	75.9 (7.44)	3	360000					
	B21-F001 C, H, J	76.6 (7.51)	3	363000					
	B21-F001 A, E, L	77.3 (7.58)	3	367000					
安 全 弁 機 能	B21-F001 D, K	79.4 (7.79)	2	388000	4448000				
	B21-F001 B, F, G	82.6 (8.10)	3	405000					
	B21-F001 C, H, J	83.3 (8.17)	3	408000					
	B21-F001 A, E, L	84.0 (8.24)	3	411000					

3.1.4 過圧防護について

設計基準対象施設として、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析結果で示すとおり、3.1.3項に示す吹出量を有する逃がし安全弁が動作することによって、運転時の異常な過渡変化時においても、原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の1.1倍（ $87.9 \text{ kg/cm}^2 \times 1.1 = 96.7 \text{ kg/cm}^2$ （ $8.62 \text{ MPa} \times 1.1 = 9.48 \text{ MPa}$ ））を下回ることを確認している。

重大事故等対処設備として、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析結果で示すとおり、3.1.3項に示す吹出量を有する逃がし安全弁が動作することによって、原子炉圧力の上昇が最も厳しい原子炉停止機能喪失時においても、原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の1.2倍（ $8.62 \text{ MPa} \times 1.2 = 10.34 \text{ MPa}$ ）を下回ることを確認している。

3.1.5 必要吹出量の設定根拠

(1) 主蒸気逃がし安全弁(D)(K) (B21-F001D, K)

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、運転時の異常な過渡変化時においても原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の1.1倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とす

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

る。

また、重大事故等時に使用する場合には、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、原子炉圧力の上昇が最も厳しい原子炉停止機能喪失時においても、原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.2 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とする。

(2) 主蒸気逃がし安全弁(B) (F) (G) (B21-F001B, F, G)

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、運転時の異常な過渡変化時においても原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.1 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とする。

また、重大事故等時に使用する場合には、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、原子炉圧力の上昇が最も厳しい原子炉停止機能喪失時においても、原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.2 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とする。

(3) 主蒸気逃がし安全弁(C) (H) (J) (B21-F001C, H, J)

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、運転時の異常な過渡変化時においても原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.1 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とする。

また、重大事故等時に使用する場合には、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、原子炉圧力の上昇が最も厳しい原子炉停止機能喪失時においても、原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.2 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とする。

(4) 主蒸気逃がし安全弁(A) (E) (L) (B21-F001A, E, L)

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、運転時の異常な過渡変化時においても原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.1 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は kg/h/個、安全弁機能の場合は kg/h/個とする。

また、重大事故等時に使用する場合には、原子炉設置許可申請書（添付書類十）の解析により、原子炉圧力の上昇が最も厳しい原子炉停止機能喪失時においても、原子炉

冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が原子炉圧力容器の最高使用圧力の 1.2 倍を下回ることを確認している容量として、質量流量で逃がし弁機能の場合は [] kg/h/個、安全弁機能の場合は [] kg/h/個とする。

3.1.6 評価結果

逃がし安全弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.2 吹出量の計算 (E11-F048A, B)

3.2.1 設計条件

名 称	E11-F048A, B
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	38 (3.73 MPa)
最高使用温度 (°C)	186 (DB/SA)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.2.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 37.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2.3 逃がし弁の吹出量

3.2.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 37.5 \times 1.0}$$

$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

3.2.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁から残留熱除去系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

3.2.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.3 吹出量の計算 (E11-F048C)

3.3.1 設計条件

名 称	E11-F048C
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	38 (3.73 MPa)
最高使用温度 (°C)	100 (DB/SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.3.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 37.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3.3 逃がし弁の吹出量

3.3.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 37.5 \times 1.0}$$

$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

3.3.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁から残留熱除去系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

3.3.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.4 吹出量の計算 (E11-F050A, B)

3.4.1 設計条件

名 称	E11-F050A, B
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	20 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	87.9 (8.62 MPa)
最高使用温度 (°C)	302 (DB) /315 (SA)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.4.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 87.4

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4.3 逃がし弁の吹出量

3.4.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 87.4 \times 1.0}$$

$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

3.4.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、通常運転時、残留熱除去系に生じる閉塞部分に内包する流体の温度上昇による熱膨張分を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

3.4.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.5 吹出量の計算 (E11-F054A, B)

3.5.1 設計条件

名 称	E11-F054A, B
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	14 (1.37 MPa)
最高使用温度 (°C)	186 (DB/SA)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.5.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 13.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5.3 逃がし弁の吹出量

3.5.2 項の式よりWは以下となる。

$$\begin{aligned}
 W &= 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 13.5 \times 1.0} \\
 &= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}
 \end{aligned}$$

3.5.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁から残留熱除去系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

3.5.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.6 吹出量の計算 (E22-F023)

3.6.1 設計条件

名 称	E22-F023
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	14 (1.37 MPa)
最高使用温度 (°C)	100 (DB/SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.6.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 13.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.6.3 逃がし弁の吹出量

3.6.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 13.5 \times 1.0}$$

$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

3.6.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁から高圧炉心スプレイ系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個 とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

3.6.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.7 吹出量の計算 (E21-F017)

3.7.1 設計条件

名 称	E21-F017
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	45 (4.41 MPa)
最高使用温度 (°C)	100 (DB/SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.7.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 44.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.7.3 逃がし弁の吹出量

3.7.2 項の式よりWは以下となる。

$$\begin{aligned} W &= 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 44.5 \times 1.0} \\ &= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)} \end{aligned}$$

3.7.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁から低圧炉心スプレイ系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個 とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

3.7.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.8 吹出量の計算 (E51-F059)

3.8.1 設計条件

名 称	E51-F059
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	14 (1.37 MPa)
最高使用温度 (°C)	66 (SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.8.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃がし弁入口の圧力と逃がし弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 13.5

G : 入口側の液体の比重 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.8.3 逃がし弁の吹出量

3.8.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 13.5 \times 1.0}$$
$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

3.8.4 必要吹出量の設定根拠

重大事故等対処設備として必要な吹出量は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁から原子炉隔離時冷却系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個 とする。

3.8.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

3.9 吹出量の計算 (E71-F010)

3.9.1 設計条件

名 称	E71-F010
種 類	非平衡型
形 式	全量式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	12.5 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (MPa)	1.70
最高使用温度 (°C)	66 (SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

3.9.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC 1-2001 及び 2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001）（日本機械学会）OPP-7000 により、設計・建設規格 SRV-3112 に従う。

$$W = 5.04 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (弁メーカーにおける実験で求めた値による)

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (MPa) 1.70

G : 入口側の液体の密度 (kg/m³) 1000.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.9.3 逃がし弁の吹出量

3.9.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 5.04 \times \square \times 0.67 \times \sqrt{1.1 \times 1.70 \times 1000.0}$$
$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

3.9.4 必要吹出量の設定根拠

重大事故等対処設備として必要な吹出量は、高圧炉心スプレイ系の隔離弁から直流駆動低圧注水系への弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個 とする。

3.9.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

4. 計測制御系統施設の安全弁等の容量計算結果

以下の安全弁等の容量計算結果及び必要な吹出量を次頁以降に示す。

いずれの安全弁等についても容量計算結果が必要な吹出量を上回っていることを確認した。

番号	弁番号	適用基準	対象区分
1	C41-F003A, B	⑤	DB/SA
2	C41-F022	⑤	DB/SA
3	P54-F065A, B	③	DB/SA
4	P54-F1005A, B	④	SA

4.1 吹出量の計算 (C41-F003A, B)

4.1.1 設計条件

名 称	C41-F003A, B
種 類	非平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	13 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	110 (10.79 MPa)
最高使用温度 (°C)	66 (DB/SA)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

4.1.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 109.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.1.3 逃がし弁の吹出量

4.1.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 109.5 \times 1.0}$$

$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

4.1.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、SLC 注入電動弁が全閉状態でほう酸水注入系ポンプ出口配管にほう酸水注入系ポンプの定格流量が流入した場合に、流入流量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

4.1.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

4.2 吹出量の計算 (C41-F022)

4.2.1 設計条件

名 称	C41-F022
種 類	非平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	20 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	13 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	12 (1.18 MPa)
最高使用温度 (°C)	66 (DB/SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

4.2.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 11.5

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2.3 逃がし弁の吹出量

4.2.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 11.5 \times 1.0}$$
$$= \square \text{ kg/h (1 kg/h 未滿切捨て)}$$

4.2.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、原子炉压力容器に接続するほう酸水注入系ポンプ吐出配管に設置される常時閉の弁に弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個とする。

また、重大事故等対処設備として使用する場合においても、使用する系統設備及び使用方法が設計基準対象施設として使用する場合と変わらないため、必要な吹出量の設定根拠は同じである。

4.2.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

4.3 吹出量の計算 (P54-F065A, B)

4.3.1 設計条件

名 称	P54-F065A, B
種 類	非平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	15.0 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	窒素
吹出圧力 (kg/cm ²)	14.8 (1.45 MPa)
最高使用温度 (°C)	66 (DB/SA)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

4.3.2 吹出量の計算式

ガス用安全弁の吹出し量の計算は、告示第501号第103条第1項第二号により、JIS B 8210 (1986)「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書 安全弁の公称吹出し量の算定方法」の「3. ガスに対する公称吹出し量」に従う。

$$Q_m = C' \cdot K_d \cdot A \cdot P_1 \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T}} \cdot 0.9$$

ここで、

Q_m : 公称吹出し量 (kg/h)

C' : κ と P_2/P_1 による係数 (附属書図2による。) 2.65

κ : P_1 における断熱指数 (不明の場合は、 $\kappa = 1.0$ とする。)

P_1 : 公称吹出し量決定圧力の絶対圧力 (kg/cm²) 17.28

(特に指定のない場合は、設定圧力の1.1倍とする。)

P_2 : 背圧の絶対圧力 (kg/cm²)

K_d : 公称吹出し係数 (弁メーカーにおける実験で求めた値による)

A : 吹出し面積 (mm²)

M : ガスの分子量 28.01

Z : 圧縮係数 (附属書図4による。) 1.0

T : 公称吹出し量決定圧力におけるガスの絶対温度 (K) 339

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3.3 安全弁の吹出量

4.3.2 項の式より Q_m は以下となる。

$$Q_m = 2.65 \times \boxed{} \times \boxed{} \times 17.28 \times \sqrt{\frac{28.01}{1.0 \times 339}} \times 0.9$$

$$= \boxed{} \text{ kg/h (0.1 kg/h 未満切捨て)}$$

4.3.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ及び主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータへの窒素供給時、高圧窒素ガス供給系の減圧弁が故障により全開となった場合に、供給ガス流量を全量逃がし得る容量として、質量流量で $\boxed{}$ kg/h/個 とする。

また、重大事故等対処設備として必要な吹出量は、主蒸気逃がし安全弁への窒素供給時、高圧窒素ガスポンベの出口の減圧弁が故障により全開となった場合に、供給ガス流量を全量逃がし得る容量として、質量流量で $\boxed{}$ kg/h/個 とする。

4.3.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

4.4 吹出量の計算 (P54-F1005A, B)

4.4.1 設計条件

名 称	P54-F1005A, B
種 類	非平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	23 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	窒素
吹出圧力 (MPa)	2.06
最高使用温度 (°C)	66 (SA)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

4.4.2 吹出量の計算式

ガス用安全弁の吹出量の計算は、「一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について」(20180323 商局第14号) 別添「一般高圧ガス保安規則関係例示基準」の「13. 圧力計及び許容圧力以下に戻す安全装置」に従う。

$$W = C \cdot K \cdot p_1 \cdot A \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T}}$$

ここで、

W : 規定吹出し量 (kg/h)

C : 断熱指数による係数 2700

κ : 断熱指数 1.4

p_1 : 吹出し量決定圧力の絶対圧力 (MPa) 2.26

p_2 : 背圧の絶対圧力 (MPa)

K : 吹出し係数 0.730

A : 吹出し面積 (cm²)

M : ガスの分子量 28.01

Z : 圧縮係数 (不明な場合は 1.0 とする。) 1.0

T : 吹出し量決定圧力におけるガスの絶対温度 (K) 339

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4.3 安全弁の吹出量

4.4.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 2700 \times 0.730 \times \square \times 2.26 \times \sqrt{\frac{28.01}{1.0 \times 339}}$$

$$= \square \text{ kg/h (1 kg/h 未満切捨て)}$$

4.4.4 必要吹出量の設定根拠

重大事故等対処設備として必要な吹出量は、主蒸気逃がし安全弁への窒素供給時、高圧窒素ガスポンベの出口の減圧弁が故障により全開となった場合に、供給ガス流量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個 とする。

4.4.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

5. 原子炉格納施設の安全弁等の容量計算結果

以下の安全弁等の容量計算結果及び必要な吹出量を次頁以降に示す。

いずれの安全弁等についても容量計算結果が必要な吹出量を上回っていることを確認した。

番号	弁番号	適用基準	対象区分
1	E11-F084	⑥	SA
2	E11-F085	⑥	SA
3	T49-F007A, B	⑤	DB
4	T63-F006	②	SA

5.1 吹出量の計算 (E11-F084)

5.1.1 設計条件

名 称	E11-F084
種 類	平衡型
形 式	全量式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	20 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (MPa)	3.73
最高使用温度 (°C)	186 (SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

5.1.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 J SME S NC 1-2001 及び 2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001) (日本機械学会) OPP-7000 により、設計・建設規格 SRV-3112 に従う。

$$W = 5.04 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (弁メーカーにおける実験で求めた値による)

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (MPa)

G : 入口側の液体の密度 (kg/m³) 1000.0

5.1.3 逃がし弁の吹出量

5.1.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 5.04 \times \square \times \square \times \sqrt{1.1 \times 3.68 \times 1000.0}$$
$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未滿切捨て)}$$

5.1.4 必要吹出量の設定根拠

重大事故等対処設備として必要な吹出量は、代替循環冷却ポンプの吐出側配管の閉塞部分に内包する流体の温度上昇による熱膨張分を全量逃がし得る容量とし、質量流量で \square kg/h/個 とする。

5.1.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

5.2 吹出量の計算 (E11-F085)

5.2.1 設計条件

名 称	E11-F085
種 類	平衡型
形 式	全量式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	20 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (MPa)	1.37
最高使用温度 (°C)	186 (SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

5.2.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、発電用原子力設備規格（設計・建設規格 J S M E S N C 1 - 2001 及び 2005 【事例規格】過圧防護に関する規定 N C - C C - 0 0 1）（日本機械学会）OPP-7000 により、設計・建設規格 SRV-3112 に従う。

$$W = 5.04 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (弁メーカーにおける実験で求めた値による)

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (MPa) 1.32

G : 入口側の液体の密度 (kg/m³) 1000.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.2.3 逃がし弁の吹出量

5.2.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 5.04 \times \square \times \square \times \sqrt{1.1 \times 1.32 \times 1000.0}$$
$$= \square \text{ kg/h (10 kg/h 未満切捨て)}$$

5.2.4 必要吹出量の設定根拠

重大事故等対処設備として必要な吹出量は、代替循環冷却ポンプの吸込及び吐出側配管の閉塞部分に内包する流体の温度上昇による熱膨張分を全量逃がし得る容量とし、質量流量で \square kg/h/個 とする。

5.2.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

5.3 吹出量の計算 (T49-F007A, B)

5.3.1 設計条件

名 称	T49-F007A, B
種 類	平衡型
形 式	揚程式
呼び径 (入口)	25 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	24 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	水
吹出圧力 (kg/cm ²)	2 (196kPa)
最高使用温度 (°C)	171 (DB)
個 数	2
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

5.3.2 吹出量の計算式

逃がし弁としての吹出量は、告示第501号第103条第1項第三号に従う。

$$W = 50.4 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$$

ここで、

W : 弁の容量 (kg/h)

A : 弁の流体通路の最小面積 (mm²)

n : 流量係数 (実験的に求めた値以外は0.5とする) 0.5

ΔP : 逃し弁入口の圧力と逃し弁出口の圧力との差 (kg/cm²) 2

G : 入口側の液体の比重量 (g/cm³) 1.0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.3.3 逃がし弁の吹出量

5.3.2 項の式よりWは以下となる。

$$W = 50.4 \times \square \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 2 \times 1.0}$$
$$= \square \text{ kg/h (1 kg/h 未満切捨て)}$$

5.3.4 必要吹出量の設定根拠

設計基準対象施設として必要な吹出量は、可燃性ガス濃度制御系再結合装置に接続する冷却水配管に設置されるプラント通常運転時に閉の弁に弁座漏えいが生じた場合に、その漏えい量を全量逃がし得る容量として、質量流量で \square kg/h/個 とする。

5.3.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

5.4 吹出量の計算 (T63-F006)

5.4.1 設計条件

名 称	T63-F006
種 類	平衡型
形 式	全量式
呼び径 (入口)	50 A
のど部の径 $d_t =$	<input type="text"/> mm
弁座口の径 $D =$	40.0 mm
リフト $L =$	<input type="text"/> mm 以上
流体の種類	蒸気
吹出圧力 (MPa)	0.78
最高使用温度 (°C)	200 (SA)
個 数	1
必要吹出量 (kg/h/個)	<input type="text"/>

5.4.2 吹出量の計算式

蒸気用安全弁の吹出し量の計算は、設計・建設規格 SRV-3111(1)による場合、J I S B 8 2 1 0 (1994)「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書 安全弁の公称吹出し量の算定方法」 「2. 蒸気に対する公称吹出し量」に従う。

$$Q_m = 5.246 \cdot C \cdot K_d \cdot A \cdot (p + 0.1) \cdot 0.9$$

ここで、

Q_m : 公称吹出し量 (kg/h)

A : 吹出し面積 (mm²)

p : 公称吹出し量決定圧力 (MPa) 0.858

(特に指定のない場合、設定圧力が 0.1 MPa を超えるときは、
設定圧力の 1.03 倍とする。)

K_d : 公称吹出し係数 (弁メーカーにおける実験で求めた値による)

C : 蒸気の性質による係数 (附属書表 1 による。) 0.988

5.4.3 逃がし弁の吹出量

5.4.2 項の式より Q_m は以下となる。

$$Q_m = 5.246 \times 0.988 \times \boxed{} \times \boxed{} \times (0.858 + 0.1) \times 0.9$$

$$= \boxed{} \text{ kg/h (1 kg/h 未満切捨て)}$$

5.4.4 必要吹出量の設定根拠

必要な吹出量は、重大事故等時に原子炉格納容器から原子炉格納容器フィルタベント系によるベントを実施した後に、フィルタ装置を原子炉格納容器及び大気から隔離した場合に、フィルタ装置内の放射性物質からの発熱を考慮しても、フィルタ装置の圧力を最高使用圧力（854kPa）以下に抑え得る容量として、質量流量で $\boxed{}$ kg/h/個とする。

5.4.5 評価結果

弁の容量は、必要な吹出量以上であるので容量は十分である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-4-2 生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

目 次

- VI-4-2-1 中央制御室の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書
- VI-4-2-2 緊急時対策所の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

VI-4-2-1 中央制御室の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び
熱除去についての計算書

本説明書は、「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。）第 38 条，第 54 条及び第 74 条並びにそれらの「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「解釈」という。）に基づく，生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去について説明するものである。

中央制御室の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算は，添付書類「VI-1-7-3 中央制御室の居住性に関する説明書」に含まれている。

VI-4-2-2 緊急時対策所の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び
熱除去についての計算書

本説明書は、「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。）第76条及びそれらの「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「解釈」という。）に基づく、生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去について説明するものである。

緊急時対策所の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算は、添付書類「VI-1-9-3-2 緊急時対策所の居住性に関する説明書」に含まれている。