

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-20-0044_改0
提出年月日	2020年12月22日

VI-3-2-14 重大事故等クラス3機器の強度評価方法

2020年12月

東北電力株式会社

## 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 <sup>*1</sup>		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 <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
角度		°	小数点以下第2位 (小数点以下第1位) <sup>*3</sup>	四捨五入	小数点以下第1位 (整数位) <sup>*3</sup>

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
$\eta$	$\eta$	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 <sub>o</sub>	D <sub>o</sub>	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 <sub>r</sub>	管に必要な厚さ	mm
	t <sub>s</sub>	管の最小厚さ	mm
	t <sub>t</sub>	炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小厚さ	mm
	算式	t <sub>r</sub> 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 ( $t_s$ )  $\geq$  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
	$\eta$	$\eta$	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 <sub>0</sub>	穴の補強に有効な面積の総和	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>1</sub>	穴の補強に有効な主管部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>2</sub>	穴の補強に有効な管台部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>3</sub>	穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>4</sub>	穴の補強に有効な強め材部の面積	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>r</sub>	A <sub>r</sub>	穴の補強に必要な面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>rD</sub>	大穴の補強に必要な面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>0D</sub>	大穴の補強に有効な面積の総和	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>1D</sub>	大穴の補強に有効な主管部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>2D</sub>	大穴の補強に有効な管台部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>3D</sub>	大穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>4D</sub>	大穴の補強に有効な強め材部の面積	mm <sup>2</sup>	
		A <sub>s</sub>	A <sub>s r</sub>	2つの穴の間の主管に必要な断面積	mm <sup>2</sup>
			A <sub>s o</sub>	2つの穴の間の主管の断面積	mm <sup>2</sup>
			A <sub>r i</sub>	2つの穴の補強に必要な面積の2分の1の面積	mm <sup>2</sup>
	A <sub>o i</sub>		2つの穴の間にある補強に有効な面積	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>r s</sub>		隣接する穴の補強に必要な面積	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>2 s</sub>		隣接する穴の補強に有効な管台部の面積	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>3 s</sub>		隣接する穴の補強に有効なすみ肉部の面積	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>4 s</sub>		隣接する穴の補強に有効な強め材部の面積	mm <sup>2</sup>	
	D <sub>i</sub>	D <sub>i b</sub>	管台の内径	mm	
		D <sub>i r</sub>	主管の内径	mm	
		D <sub>o b</sub>	管台の外径	mm	
		D <sub>o e</sub>	強め材の外径	mm	
		d <sub>D</sub>	断面に現われる隣接する穴の径	mm	
		d <sub>f r D</sub>	大穴の補強を要しない限界径	mm	
		d <sub>r 1</sub>	補強を要しない穴の最大径	mm	
		d <sub>r 2</sub>	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 <sub>1</sub>	すみ肉溶接のせん断応力係数	—	
		F <sub>2</sub>	突合せ溶接の引張応力係数	—	
		F <sub>3</sub>	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 <sub>A</sub>	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 <sub>AD</sub>	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 <sub>N</sub>	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 <sub>ND</sub>	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 <sub>S</sub>	2つの穴の中心間の距離	mm
			L <sub>1</sub>	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 <sub>2</sub>	強め材のすみ肉部の脚長 *	mm
		P	P	最高使用圧力	MPa
			Q <sub>b</sub>	管台の厚さの負の許容差	%, mm
	S	S <sub>b</sub>	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 <sub>e</sub>	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 <sub>w1</sub>	すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa	
		S <sub>w2</sub>	突合せ溶接の許容引張応力	MPa	
		S <sub>w3</sub>	突合せ溶接の許容せん断応力	MPa	
	t <sub>n</sub>	t <sub>b</sub>	管台の最小厚さ	mm	
		t <sub>bn</sub>	管台の公称厚さ	mm	
	t <sub>nr</sub>	t <sub>br</sub>	管台の計算上必要な厚さ	mm	
		t <sub>e</sub>	強め材の最小厚さ	mm	
		W	溶接部の負うべき荷重	N	
	W <sub>e1</sub>	管台取付部すみ肉溶接部の許容せん断力	N		
	W <sub>e2</sub>	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)	$\theta$	$W_{e3}$	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
		$\alpha$	分岐管の中心線と主管の中心線との交角	°
		$\pi$	円周率	—
		形式	管台の取付け形式	—



(2) 計算手順及び算式

a. 穴の形状

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

b. 管台の取付け形式

図 2-1～図 2-3 に管台の取付け形式及び予想される破断形式を示す。

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

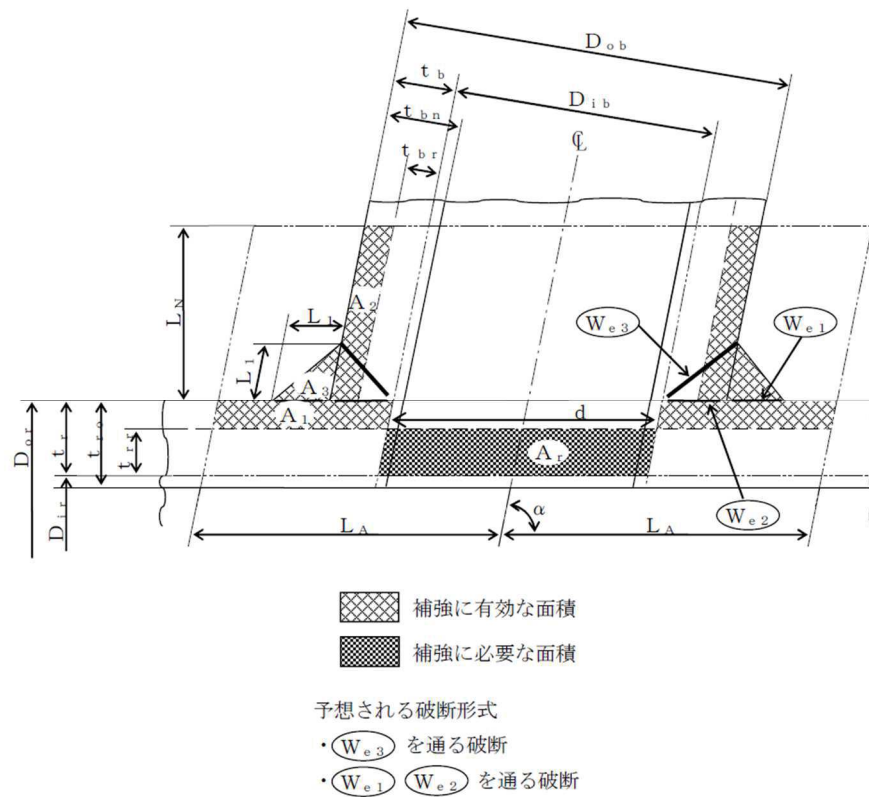


図 2-1 A形 (強め材のない場合)

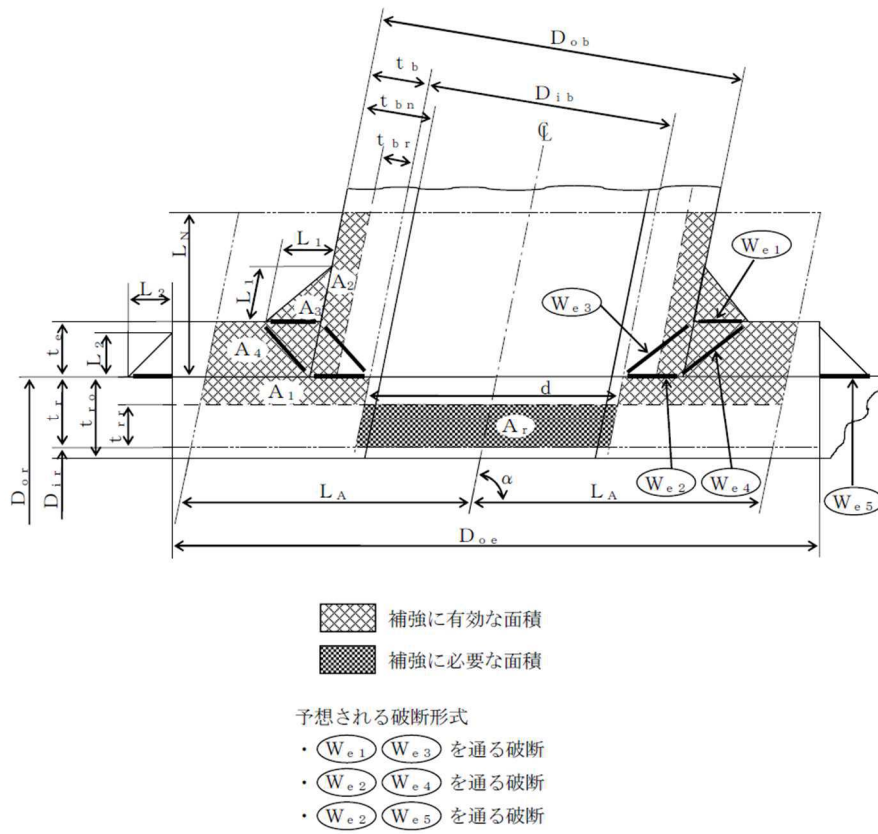
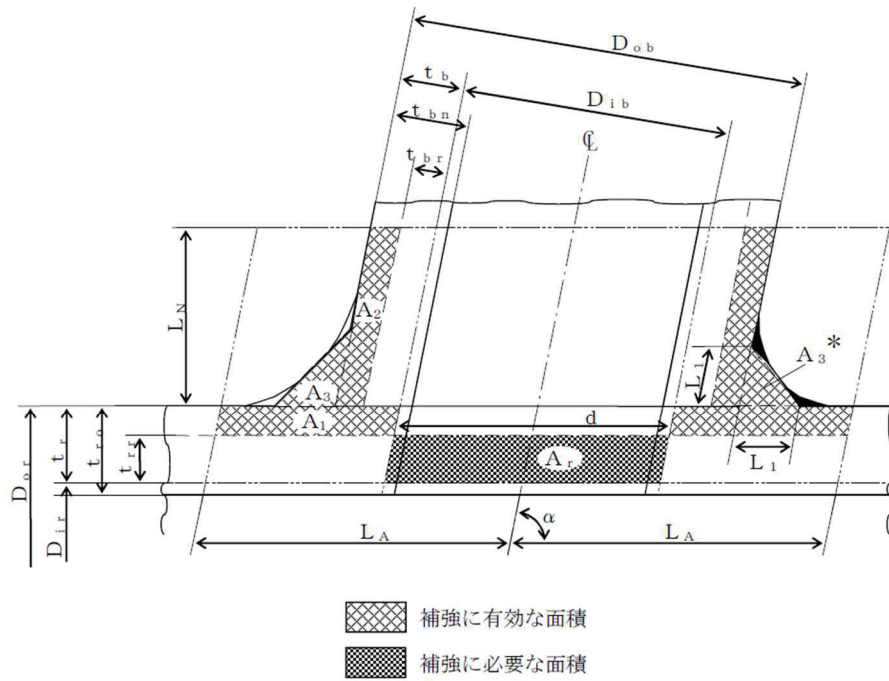


図 2-2 B形（強め材のある場合）



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

図 2-3 C 形 (一体形で強め材のない場合)

c. 穴の補強の要否

穴の補強の要否は，設計・建設規格 PPD-3422 を適用する。

(a) 算式

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

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

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

直管又は曲げ管の場合

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

ただし，K の値は次の算式による。

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

ただし， $K > 0.99$  の場合は  $K = 0.99$  とする。

(b) 評価

補強を要しない穴の最大径 ( $d_{fr}$ )  $\geq$  断面に現れる穴の径 ( $d$ ) ならば，穴の補強計算及び溶接部の強度計算は必要ない。

必要な場合は，d 項以降による。

d. 穴の補強に有効な範囲

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

ただし，構造上計算した有効範囲が取れない場合は，構造上取り得る範囲とする。

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

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

イ. 直管又は曲げ管の場合

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

e. 主管の厚さの計算

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

(a) 直管又は曲げ管の場合

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

ただし、 $\eta = 1.00$

f. 管台の厚さの計算

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

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

g. 穴の補強計算

穴の補強計算は、設計・建設規格 PPD-3424(1)を適用する。

(a) 算式

イ. 補強に必要な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

ロ. 補強に有効な面積

(イ) 直管又は曲げ管の場合

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

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

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

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

(強め材が有効範囲  $L_A$  内にある場合)

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

(強め材が有効範囲  $L_A$  の外までである場合)

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

(b) 評価

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

h. 大穴の補強の要否

大穴の補強の要否は，設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

(a) 算式

大穴の補強を要しない限界径 ( $d_{f r D}$ )

イ.  $D_{i r}$  が 1500 mm 以下の場合

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

ただし，500 mm を超える場合 500 mm とする。

ロ.  $D_{i r}$  が 1500 mm を超える場合

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

ただし，1000 mm を超える場合 1000 mm とする。

(b) 評価

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

必要な場合は， $i$  項以降による。

i. 大穴の補強に有効な範囲

大穴の補強に有効な範囲は、設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。  
 ただし、構造上計算した有効範囲が取れない場合は、構造上取り得る範囲とする。

(a) 大穴の補強における管台の取付け形式

図 2-4～図 2-6 に大穴の補強における管台の取付け形式を示す。

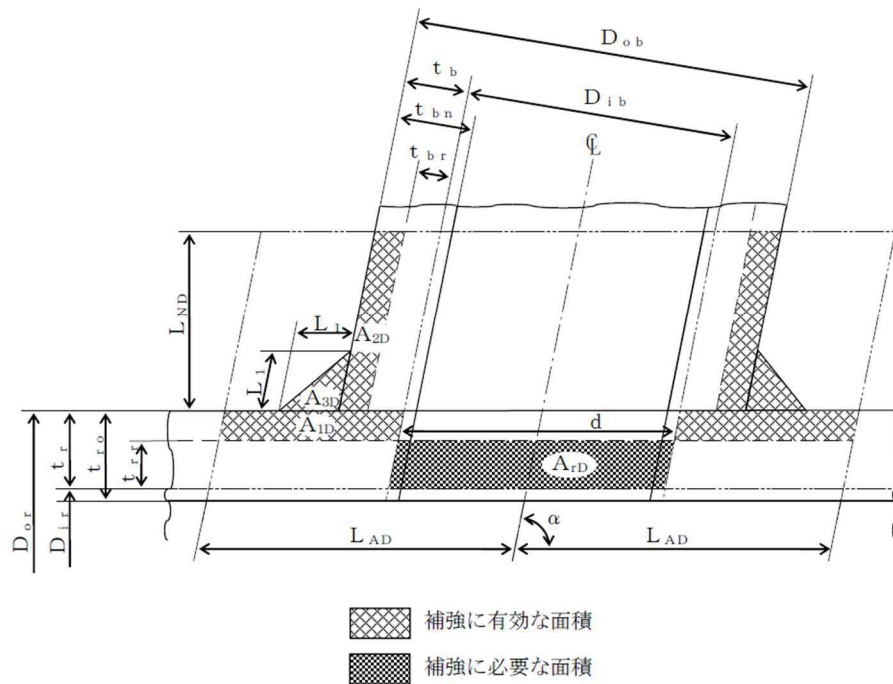


図 2-4 A形（強め材のない場合）



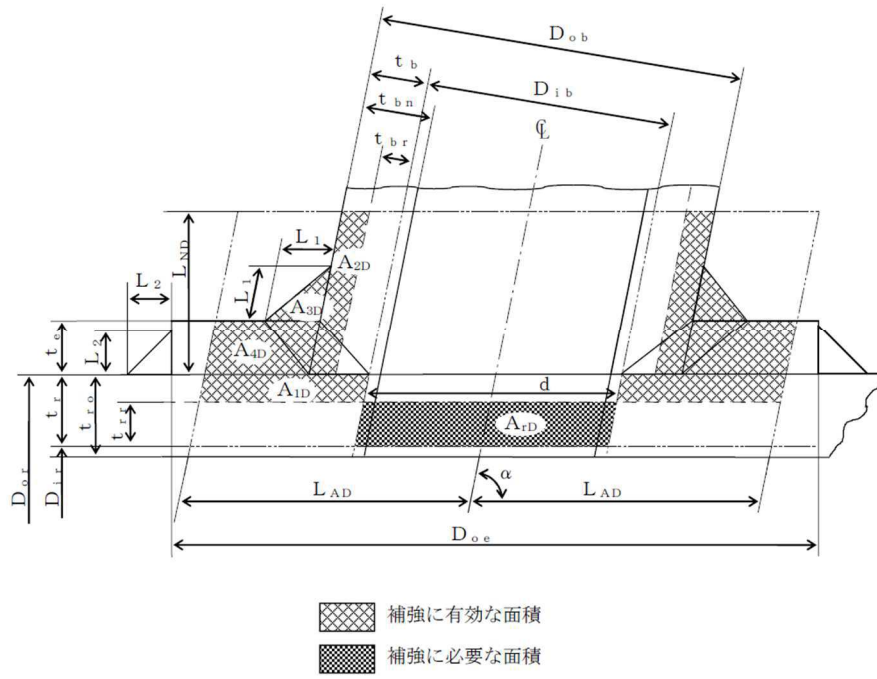
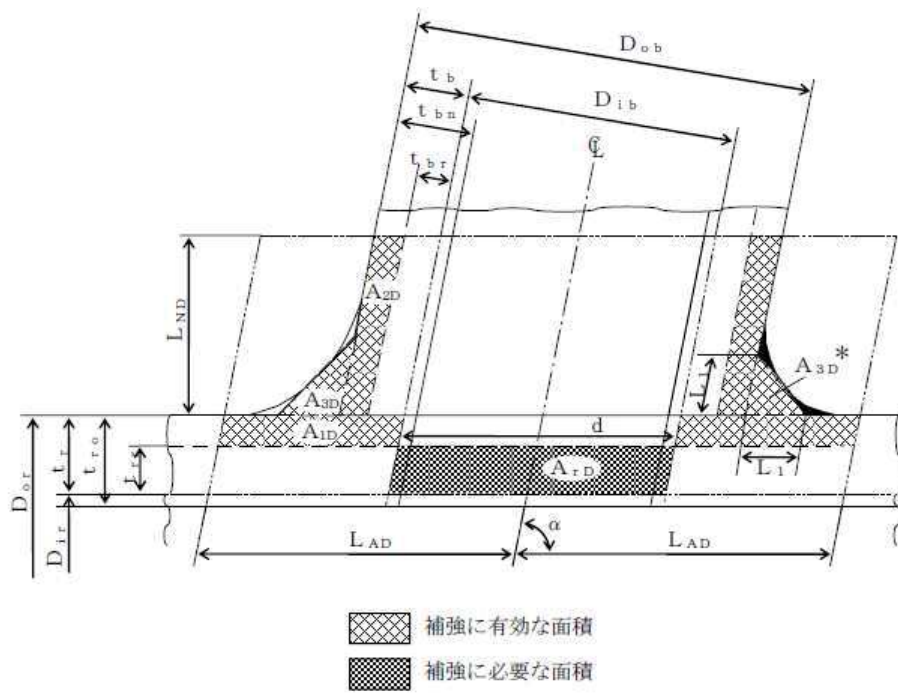


図 2-5 B形（強め材のある場合）



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

図 2-6 C形 (一体形で強め材のない場合)

(b) 穴の中心線に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

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

(c) 主管の面に平行な直線で区切られる大穴の補強に有効な範囲

$$L_{ND} = L_N$$

j. 大穴の補強計算

大穴の補強計算は、設計・建設規格 PPD-3424(4)を適用する。

(a) 算式

イ. 大穴の補強に必要な面積

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

ロ. 大穴の補強に有効な面積

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

$$A_{2D} = A_2$$

(管台の外径が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

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

(管台の外径が有効範囲  $L_{AD}$  の外にまである場合)

$$A_{3D} = A_3$$

(すみ肉部の脚長が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

$$A_{3D} = 0$$

(すみ肉部の脚長が有効範囲  $L_{AD}$  の外にまである場合)

$$A_{4D} = A_4$$

(強め材が有効範囲  $L_{AD}$  内にある場合)

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

(強め材が有効範囲  $L_{AD}$  の外まである場合)

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

(b) 評価

大穴の補強に有効な面積 ( $A_{0D}$ )  $\geq$  大穴の補強に必要な面積 ( $A_r$ ) 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 JEM-1435」（以下「JEM-1435」という。）等に基ついた温度試験により，対象とする非常用発電装置（可搬型）の定格負荷状態における最高使用温度が，メーカー許容値の範囲内であること。
- ロ. 対象とする非常用発電装置（可搬型）の容量がメーカー仕様の範囲内であること。



### 3. 強度評価書のフォーマット

#### 3.1 強度評価書のフォーマットの概要

重大事故等クラス3機器のうち、設計・建設規格に基づく強度計算を実施した機器については、耐圧部分を構成する部材について計算に必要な条件及び結果を記載したフォーマットとする。

一方、完成品として一般産業品の規格及び基準に基づく強度評価を実施した機器については、適用した規格及び基準への適合性を確認するために必要な条件及びその結果を記載したフォーマットとする。

#### 3.2 強度評価書のフォーマット

強度評価書のフォーマットは、以下のとおりである。

(1) 設計・建設規格に定められたクラス3管の規定を準用した強度計算結果

FORMAT-I 管の強度計算書

FORMAT-II 管の穴と補強計算書

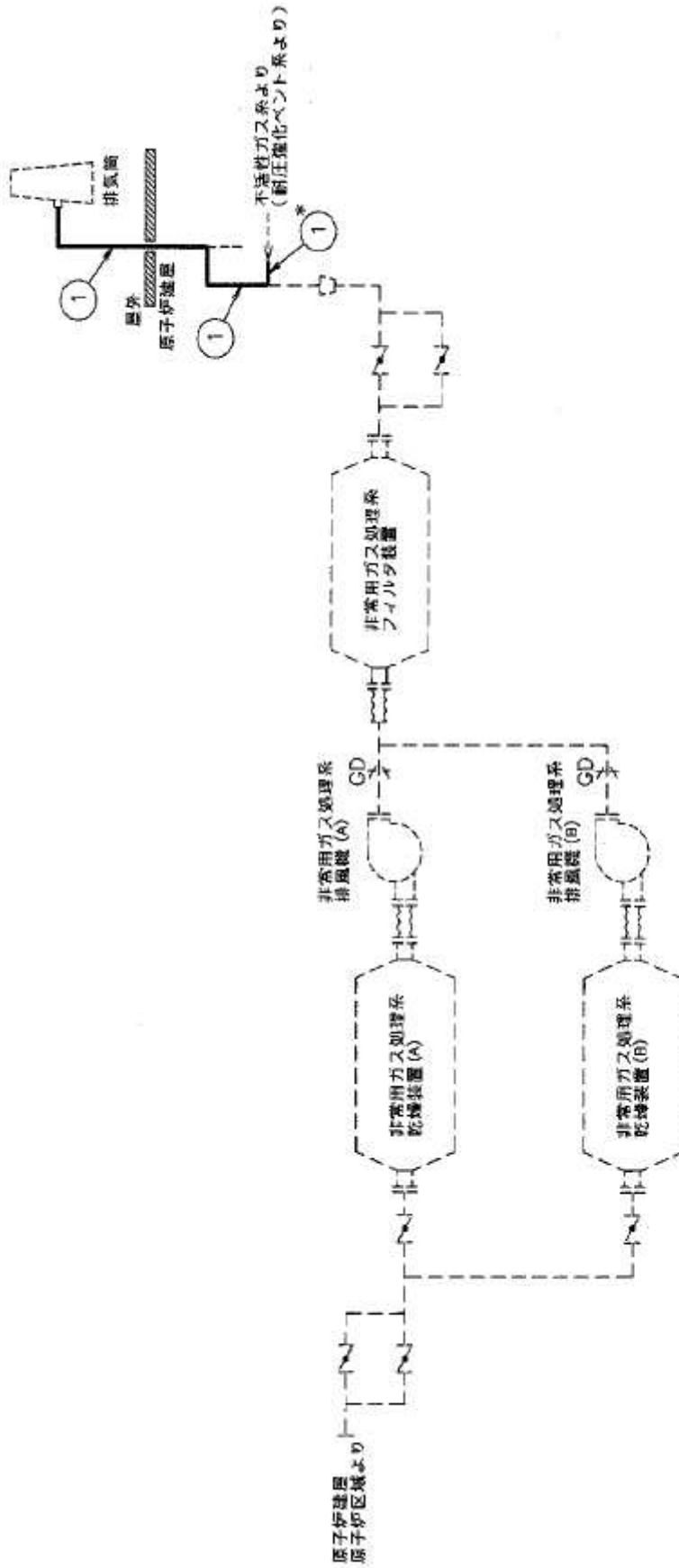
(2) 完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

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

FORMAT-IV 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果(メーカー規格及び基準)

FORMAT-V 一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果(非常用発電装置(可搬型))

(1) 設計・建設規格に定められたクラス3管の規定を準用した強度計算結果  
概略系統図



注記\*：管継手  
非常用ガス処理系概略系統図

FORMAT - I

管の強度計算書 (重大事故等クラス3管)

設計・建設規格 PPD-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外径 D <sub>o</sub> (mm)	公称厚さ (mm)	材	料	製	法	ク	ラ	S	η	Q	t <sub>s</sub> (mm)	t (mm)	算	t <sub>r</sub> (mm)	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

評価:  $t_s \geq t_r$ , よって十分である。

FORMAT - II

管の穴と補強計算書 (重大事故等クラス 3 管)

設計・建設規格 PPD-3420 準用

NO.	T3	$A_r$	( $\text{mm}^2$ )	
形 式		$A_0$	( $\text{mm}^2$ )	
最高使用圧力 (MPa)		$A_1$	( $\text{mm}^2$ )	
最高使用温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )		$A_2$	( $\text{mm}^2$ )	
主管と管台の角度 ( $^{\circ}$ )		$A_3$	( $\text{mm}^2$ )	
		$A_4$	( $\text{mm}^2$ )	
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)		$A_{rD}$	( $\text{mm}^2$ )	
$\eta$		$A_{0D}$	( $\text{mm}^2$ )	
		$A_{1D}$	( $\text{mm}^2$ )	
管台材料		$A_{2D}$	( $\text{mm}^2$ )	
$S_b$ (MPa)		$A_{3D}$	( $\text{mm}^2$ )	
$D_{ob}$ (mm)		$A_{4D}$	( $\text{mm}^2$ )	
$D_{ib}$ (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. メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験

III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

(b-2) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較, IとIIの使用条件の比較）

IV. 評価結果

FORMAT - V

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（非常用発電装置（可搬型））

I. 非常用発電装置（可搬型）の使用目的及び使用環境，使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量 (kVA/個)

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	容量 (kVA/個)	メーカー許容値 (°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-3) : 使用条件に対する強度の確認（IIとJEM-1435に規定される温度試験との比較，IとIIの使用条件の比較）

IV. 評価結果

別紙 1 設計・建設規格に定められたクラス 3 管の規定を準用した  
強度計算結果の概略系統図記載要領



設計・建設規格に定められたクラス 3 管の規定を準用した強度計算結果の概略系統図については、添付書類「VI-3-2-7 クラス 3 管の強度計算方法 別紙 1 基本板厚計算書の概略系統図記載要領」による。