

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-3-008-20 改0
提出年月日	2020年4月23日

V-3-3-6-2-2 ベント管の基本板厚計算書

K7 ① V-3-3-6-2-2 R0

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

V-3-3-6-2-2 ベント管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づくとともに、V-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V-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に準じて計算を行う。

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、V-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

評価部位	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 (℃)
垂直管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
水平吐出管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
リターンライン	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
底部閉止板	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・適用規格の選定

評価部位	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
垂直管	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
水平吐出管	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
リターンライン	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
底部閉止板	平板の強度計算	設計・建設規格 又は告示	S55 告示	告示第 5 0 1 号

目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用基準	1
1.3 計算精度と数値の丸め方	2
2. 設計条件	3
2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度	3
2.2 材料及び許容応力	3
3. ベント管の基本板厚計算	4
3.1 垂直管	5
3.2 水平吐出管	7
3.3 リターンライン	9
3.4 垂直管の穴の補強計算	11
3.5 底部閉止板	27

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づくとともに、V-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V-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に準じて、ベント管が十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ベント管は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 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。）
- (2) 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501号）（以下「告示第501号」という。）

1.3 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
最高使用圧力		MPa	—	—	小数点以下第2位*1
温度		℃	—	—	整数位
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	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
面積	下記以外の面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
	必要な面積	mm ²	有効数字5桁目	切上げ	有効数字4桁*3
	有効な面積	mm ²	有効数字5桁目	切捨て	有効数字4桁*3
力	必要な強さ	N	有効数字5桁目	切上げ	有効数字4桁*3

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。

*3：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

2. 設計条件

2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 (差圧)	173kPa (S A後)
外圧 (差圧)	14kPa (S A後)
温度	200℃ (S A後)

2.2 材料及び許容応力

(1) 材料

使用する材料を表 2-1 に示す。

表 2-1 使用材料表

使用部位	使用材料
垂直管	SUS304L
水平吐出管	SUS304L
リターンライン	□
底部閉止板	SUS304L

(2) 許容引張応力

使用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 又は告示第 5 0 1 号別表第 6 に規定されている値とする。

a. 設計・建設規格

SUS304L

S = 102MPa

S = □ MPa

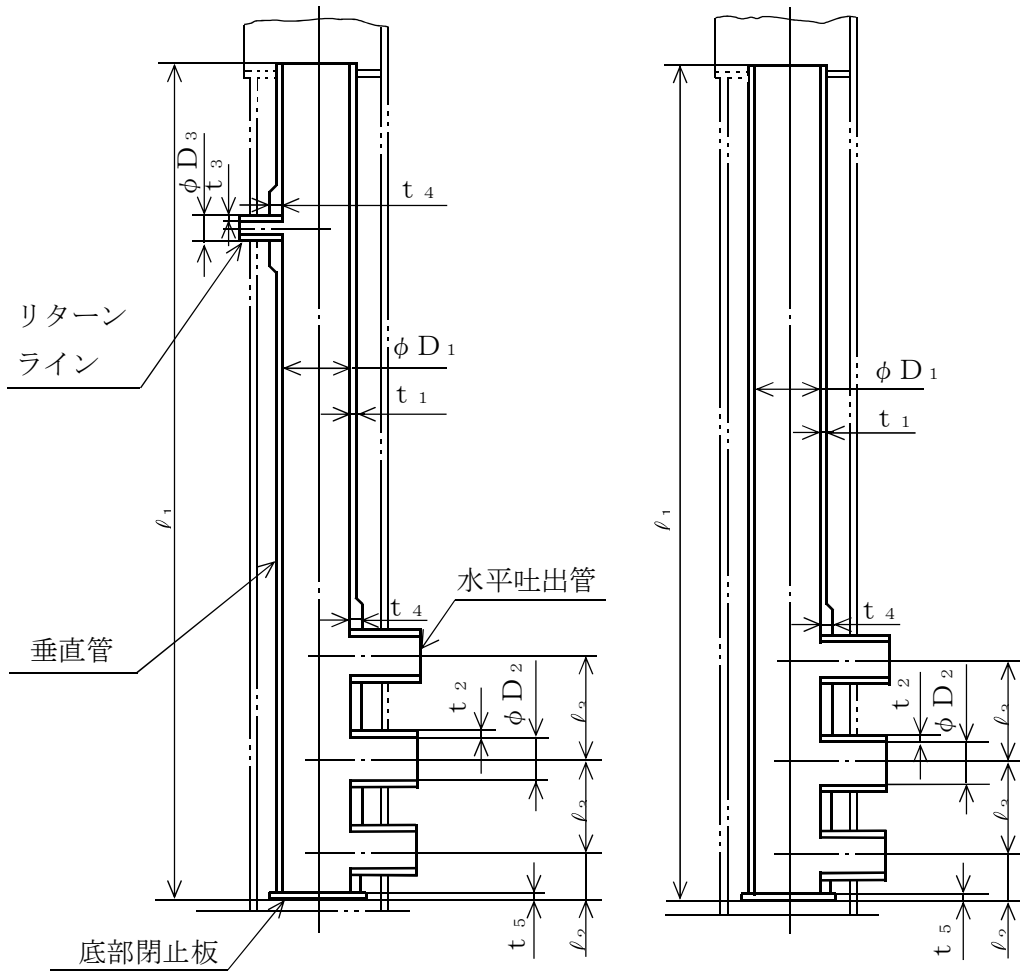
b. 告示第 5 0 1 号

SUS304L

S = 102MPa

3. ベント管の基本板厚計算

ベント管の形状及び寸法を図3-1に示す。



A : リターンライン有

B : リターンライン無

$D_1 = 1200$	$D_2 = 700$	$D_3 = \square$	$l_1 = \square$
$l_2 = \square$	$l_3 = \square$	$t_1 = 6.5$	$t_2 = 20$
$t_3 = \square$	$t_4 = \square$	$t_5 = 50$	

図3-1 ベント管の形状及び寸法 (単位: mm)

「2. 設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき、ベント管各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1 垂直管

(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	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

垂直管における、内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し、計算結果を表 3-1 に示す。

これより、垂直管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

表 3-1 垂直管の板厚計算結果

管の名称			垂直管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(°C)	200
管の外径	D _o	(mm)	1213
許容引張応力	S	(MPa)	102
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 _{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t _{R2}	(mm)	1.03
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R	(mm)	1.03
呼び厚さ	t _{s0}	(mm)	6.5
最小厚さ	t _s	(mm)	<input type="text"/>
評価：t _s ≥ t _R , よって十分である。			

(3) 外圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(2)）

垂直管における，外圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3-2 に示す。

これより，垂直管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

表 3-2 垂直管の板厚計算結果

管の名称		垂直管
材料		SUS304L
最高使用圧力	P_e (MPa)	0.014
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D_o (mm)	1213
付録材料図表より求めた値	B	2.68
必要厚さ	t_{R1} (mm)	—
必要厚さ	t_{R2} (mm)	4.76
t_{R1} , t_{R2} の大きい値	t_R (mm)	4.76
呼び厚さ	t_{so} (mm)	6.5
最小厚さ	t_s (mm)	<input type="text"/>
評価： $t_s \geq t_R$ ，よって十分である。		

3.2 水平吐出管

(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	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

水平吐出管における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3-3 に示す。

これより，水平吐出管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

表 3-3 水平吐出管の板厚計算結果

管の名称	水平吐出管	
材料	SUS304L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D _o (mm)	740
許容引張応力	S (MPa)	102
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 _{R1} (mm)	—
必要厚さ	t _{R2} (mm)	0.63
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	0.63
呼び厚さ	t _{so} (mm)	20
最小厚さ	t _s (mm)	□
評価：t _s ≥ t _R ，よって十分である。		

(3) 外圧に対する厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(2)）

ベント管の外圧に対する評価結果として，水平吐出管の許容外圧を表 3-4 に示す。

これより，水平吐出管は設計・建設規格の条件を満足している。

表 3-4 水平吐出管の許容外圧

管の名称		水平吐出管
材料		SUS304L
最高使用圧力	P (MPa)	0.014
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D_o (mm)	740
最小厚さ	t_s (mm)	
t_s / D_o		
許容引張応力	S (MPa)	102
許容外圧	P_e (MPa)	1.06
評価： $P_e \geq P$ ，よって十分である。		

3.3 リターンライン

(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	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

リターンラインにおける、内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し、計算結果を表 3-5 に示す。

これより、リターンラインは設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

表 3-5 リターンラインの板厚計算結果

管の名称	リターンライン	
材料	□	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D _o (mm)	□
許容引張応力	S (MPa)	□
継手効率	η	1.00
継手の種類		—
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t _{R1} (mm)	—
必要厚さ	t _{R2} (mm)	0.27
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	0.27
呼び厚さ	t _{so} (mm)	□
最小厚さ	t _s (mm)	□
評価：t _s ≥ t _R , よって十分である。		

(3) 外圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(2)）

ベント管の外圧に対する評価結果として，リターンラインの許容外圧を表 3-6 に示す。

これより，リターンラインは設計・建設規格の条件を満足している。

表 3-6 リターンラインの許容外圧

管の名称	リターンライン	
材料	□	
最高使用圧力	P_e (MPa)	0.014
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D_o (mm)	□
最小厚さ	t_s (mm)	
t_s / D_o		
許容引張応力	S (MPa)	
許容外圧	P_e (MPa)	1.67
評価： $P_e \geq P$ ，よって十分である。		

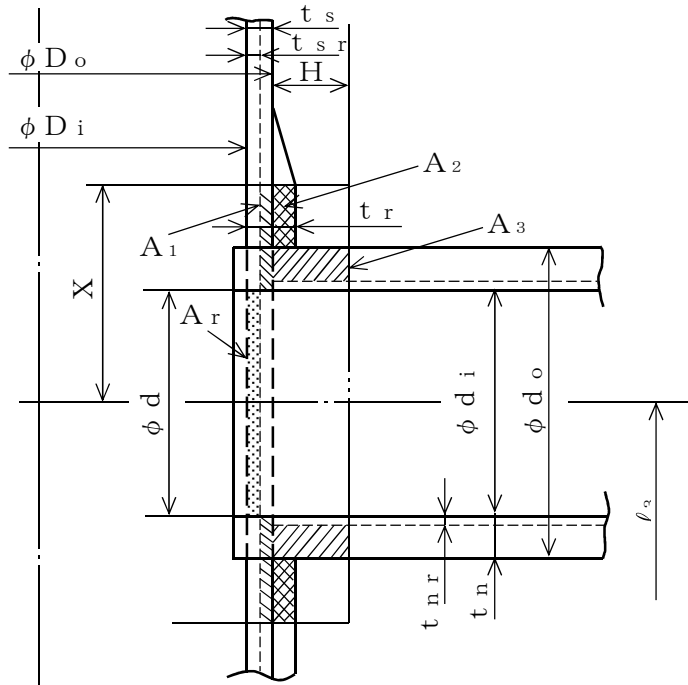
3.4 垂直管の穴の補強計算

(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	主管の有効補強面積	mm ²
	A ₂	補強板の有効補強面積	mm ²
	A ₃	管台の有効補強面積	mm ²
	A _{e o}	穴の中心線の両側に有効な面積	mm ²
	A _{e r}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm ²
	D _J	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	D _{J 1}	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	D _{J 2}	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	H	補強の有効範囲	mm
	H ₁	補強の有効範囲	mm
	H ₂	補強の有効範囲	mm
	W _R	溶接部の負うべき荷重	N
	W _{R 1}	溶接部にかかる荷重	N
	W _{R 2}	溶接部にかかる荷重	N
	X	補強の有効範囲	mm
	X ₁	補強の有効範囲	mm
	X ₂	補強の有効範囲	mm
X'	穴の周囲から穴の径の1/4の範囲	mm	

(2) 水平吐出管

垂直管穴部の寸法を図3-2に示す。



- $D_i =$
- $D_o =$
- $d = d_i =$
- $d_o =$
- $l_3 =$
(隣接穴中心との距離)
- $t_n =$
- $t_r =$
- $t_s =$

図3-2 穴部の形状及び寸法 (単位: mm)

a. 穴の補強計算

(a) 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422）

穴の補強の要否の計算結果を表 3-7 に示す。

穴の径 d は 61mm かつ主管の内径の $1/4$ より大きい。したがって、設計・建設規格 PPC-3422(1) に該当しない。

また、穴の径 d は、200mm より大きいため設計・建設規格 PPC-3422(2) に該当しない。したがって、補強計算を必要とする。

表 3-7 穴の補強の要否の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
主管の内径の $1/4$	$D_i/4$	(mm)	
穴の径	d	(mm)	
評価： $d > 61$ ， $d > D_i/4$ ， $d > 200$ ，よって補強計算を必要とする。			

(b) 主管の計算上必要な厚さ

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

(c) 管台の計算上必要な厚さ

$$t_{nr} = \frac{P \cdot d_i}{2 \cdot S - 1.2 \cdot P}$$

(d) 補強に必要な面積

$$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{sr} \cdot (2 - \sin \theta)$$

(e) 補強に有効な範囲

イ. 穴の中心線に平行な直線による範囲 X

X は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$$X_1 = d$$

$$X_2 = \frac{d}{2} + t_s + t_n$$

ここで、底部閉止板による有効範囲の制限を考慮して

$X = \ell_2 - t_s$ とする。

ロ. 主管の面に沿う線による範囲 H

H は次の計算式で求めた値のうちいずれか小さいもの

$$H_1 = 2.5 \cdot t_s$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_n + (t_r - t_s)$$

(f) 補強に有効な総面積

イ. 主管の補強に有効な面積 A_1

A_1 は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$$A_a = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot X - d)$$

$$A_b = 2 \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (t_s + t_n)$$

ロ. 補強板の補強に有効な面積 A_2

$$A_2 = (t_r - t_s) \cdot (2 \cdot X - d_o)$$

ハ. 管台の補強に有効な面積 A_3

$$A_3 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot H$$

ニ. 補強に有効な総面積 A_0

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(g) 結論

穴の補強の計算結果を表 3-8 に示す。

これより、穴の補強は十分である。

表 3-8 穴の補強計算結果

主管 (管台) 名称	垂直管 (水平吐出管)	
材料	SUS304L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
許容引張応力	S (MPa)	102
穴の径	d (mm)	
管台の内径	d _i (mm)	
主管の最小厚さ	t _s (mm)	
補強板の最小厚さ	t _r (mm)	
管台の最小厚さ	t _n (mm)	
継手効率	η	1.00
係数	F	1.00
主管の外径	D _o (mm)	
主管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)	
補強に必要な面積	A _r (mm ²)	7.770 × 10 ²
補強に有効な範囲	X ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	X ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	X (mm)	
補強に有効な範囲	H ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	H ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	H (mm)	
主管の補強に有効な面積	A ₁ (mm ²)	1.378 × 10 ³
補強板の補強に有効な面積	A ₂ (mm ²)	3.068 × 10 ³
管台の補強に有効な面積	A ₃ (mm ²)	4.817 × 10 ²
補強に有効な総面積	A ₀ (mm ²)	4.927 × 10 ³
評価：A ₀ > A _r ， よって十分である。		

b. 隣接する2つの穴（設計・建設規格 PPC-3424(2)）

(a) 隣接する2つの穴の中心間の距離（ l_3 ）及び面積

2つの穴の中心間距離 $l_3 = \boxed{}$ mm (図3-1より)

穴の径の平均値の1.5倍 $1.5 \cdot d$

2つの穴の間にある補強に有効な面積 $= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot A_o = A_o$

2つの穴の補強に必要な面積の $\frac{1}{2} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot A_r = A_r$

2つの穴の間の主管の必要な面積 $= A_{sr} = 0.7 \cdot l_3 \cdot t_{sr} \cdot F$

2つの穴の間の主管の有効な面積 $= A_{so} = (l_3 - d_o) \cdot t_r$

(b) 結論

隣接する2つの穴の計算結果を表3-9に示す。

これより、隣接する2つの穴の規定を満足している。

表3-9 隣接する2つの穴の計算結果

2つの穴の中心間距離	l_3	(mm)	<input type="text"/>
穴の径の平均値	d	(mm)	<input type="text"/>
穴の径の平均値の1.5倍	$1.5 \cdot d$	(mm)	<input type="text"/>
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	<input type="text"/>
係数	F		1.00
管台の外径	d_o	(mm)	<input type="text"/>
補強板の最小厚さ	t_r	(mm)	<input type="text"/>
2つの穴の間にある補強に有効な面積	A_o	(mm ²)	4.927×10^3
2つの穴の補強に必要な面積の $\frac{1}{2}$	A_r	(mm ²)	7.770×10^2
2つの穴の間の主管の必要な面積	A_{sr}	(mm ²)	9.878×10^2
2つの穴の間の主管の有効な面積	A_{so}	(mm ²)	1.102×10^4
評価： $l_3 > 1.5 \cdot d$, $A_o > A_r$, $A_{so} > A_{sr}$, よって十分である。			

c. 大きい穴の補強（設計・建設規格 PPC-3424(4)）

(a) 大きい穴の補強を要する限界径 D_J

大きい穴の補強を要する限界径 D_J は次の値のうち、いずれか小さいもの

$$D_{J1} = D_i / 2$$

$$D_{J2} = 500\text{mm}$$

(b) 結論

大きい穴の補強の計算結果を表 3-10 に示す。

穴の径 d は大きい穴の補強を要する限界径 D_J より大きい。

したがって、大きい穴に対する補強を必要とする。

ここで、3.4(2)a.(e)項に示す補強に有効な範囲 X は、穴の周囲から穴の径の $1/4$ の範囲 X' 内であり、かつ、補強に有効な面積 A_o は補強に必要な面積 A_r の $2/3$ より大きい。

これより、大きい穴の補強は十分である。

表 3-10 大きい穴の補強の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J1}	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J2}	(mm)	500
大きい穴の補強を要する限界径	D_J	(mm)	500
穴の径	d	(mm)	
評価： $d > D_J$ ，よって大きい穴に対する補強を必要とする。			
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	4.927×10^3
補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な範囲	X	(mm)	
穴の周囲から穴の径の $1/4$ の範囲	X'	(mm)	
補強に必要な面積の $2/3$	$2/3 \cdot A_r$	(mm^2)	5.180×10^2
評価： $X < X'$ ， $A_o > 2/3 \cdot A_r$ ，よって十分である。			

d. 補強に有効な面積の制限（設計・建設規格 PPC-3424(5)）

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積 A_{er}

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

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積 A_{eo}

$$A_{eo} = A_o / 2$$

(c) 結論

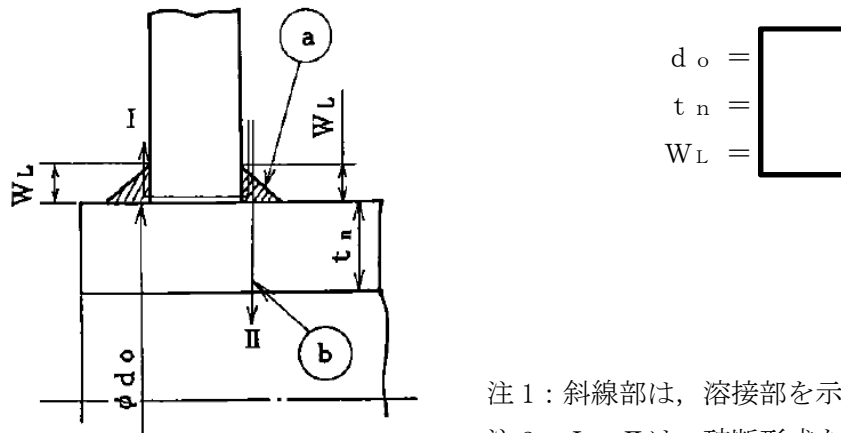
穴の中心線の両側の補強の計算結果を表 3-11 に示す。

これより、穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3-11 穴の中心線の両側の補強の計算結果

補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	4.927×10^3
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	3.885×10^2
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	2.463×10^3
評価： $A_{eo} > A_{er}$ ，よって十分である。			

- e. 強め材取付部の強さ（設計・建設規格 PPC-3424(8)）
水平吐出管の取付部の形状及び寸法を図3-3に示す。



注1：斜線部は、溶接部を示す。
注2：I，IIは、破断形式を示す。

図3-3 水平吐出管の取付部の形状及び寸法（単位：mm）

- (a) 強め材取付部の必要強さ
次の2式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = A_0 \cdot S$$

$$W_{R2} = (d_o \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S$$

- (b) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表3-12に示す。

これより、強め材取付部の強度計算は必要ない。

以上より、強め材取付部の強さは十分である。

表3-12 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称	垂直管と水平吐出管との結合部の強め材取付部	
材料	SUS304L	
許容引張応力	S (MPa)	102
管台の外径	d _o (mm)	[]
主管の計算上必要な厚さ	t _{sr} (mm)	[]
補強に有効な総面積	A ₀ (mm ²)	4.927 × 10 ³
主管の補強に有効な面積	A ₁ (mm ²)	1.378 × 10 ³
溶接部にかかる荷重	W _{R1} (N)	5.026 × 10 ⁵
溶接部にかかる荷重	W _{R2} (N)	-6.282 × 10 ⁴
溶接部の負うべき荷重	W _R (N)	-6.282 × 10 ⁴
評価：W _R < 0，よって十分である。		

(3) リターンライン

垂直管穴部の寸法を図3-4に示す。

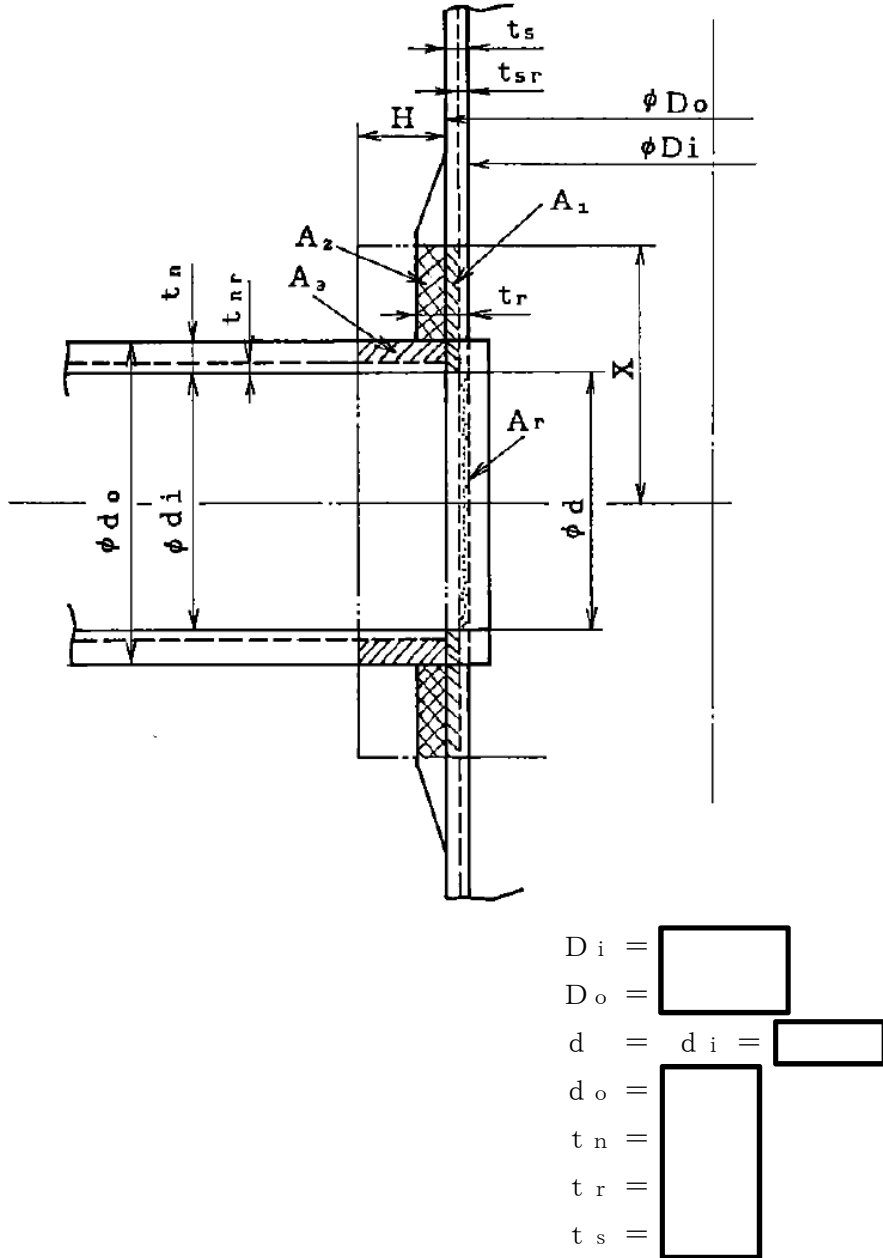


図3-4 穴部の形状及び寸法 (単位: mm)

a. 穴の補強計算

(a) 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422）

穴の補強の要否の計算結果を表 3-13 に示す。

穴の径 d は 61mm より大きい。したがって、設計・建設規格 PPC-3422(1) に該当しない。

また、穴の径 d は、200mm より大きいため設計・建設規格 PPC-3422(2) に該当しない。したがって、補強計算を必要とする。

表 3-13 穴の補強の要否の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
主管の内径の 1/4	$D_i/4$	(mm)	
穴の径	d	(mm)	
評価： $d > 61$, $d < D_i/4$, $d > 200$, よって補強計算を必要とする。			

(b) 主管の計算上必要な厚さ

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

(c) 管台の計算上必要な厚さ

$$t_{nr} = \frac{P \cdot d_i}{2 \cdot S - 1.2 \cdot P}$$

(d) 補強に必要な面積

$$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{sr} \cdot (2 - \sin \theta)$$

(e) 補強に有効な範囲

イ. 穴の中心線に平行な直線による範囲 X

X は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$$X_1 = d$$

$$X_2 = \frac{d}{2} + t_s + t_n$$

ロ. 主管の面に沿う線による範囲 H

H は次の計算式で求めた値のうちいずれか小さいもの

$$H_1 = 2.5 \cdot t_s$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_n + (t_r - t_s)$$

(f) 補強に有効な総面積

イ. 主管の補強に有効な面積 A_1

A_1 は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

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

$$A_b = 2 \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (t_s + t_n)$$

ロ. 補強板の補強に有効な面積 A_2

$$A_2 = (t_r - t_s) \cdot (2 \cdot X - d_o)$$

ハ. 管台の補強に有効な面積 A_3

$$A_3 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot H$$

ニ. 補強に有効な総面積 A_0

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(g) 結論

穴の補強の計算結果を表 3-14 に示す。

これより、穴の補強は十分である。

表 3-14 穴の補強計算結果

主管 (管台) 名称		垂直管 (リターンライン)
材料		SUS304L ()
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
許容引張応力	S (MPa)	[Redacted]
穴の径	d (mm)	
管台の内径	d _i (mm)	
主管の最小厚さ	t _s (mm)	
補強板の最小厚さ	t _r (mm)	
管台の最小厚さ	t _n (mm)	
継手効率	η	
係数	F	1.00
主管の外径	D _o (mm)	[Redacted]
主管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)	
補強に必要な面積	A _r (mm ²)	3.306 × 10 ²
補強に有効な範囲	X ₁ (mm)	[Redacted]
補強に有効な範囲	X ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	X (mm)	
補強に有効な範囲	H ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	H ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	H (mm)	
主管の補強に有効な面積	A ₁ (mm ²)	1.401 × 10 ³
補強板の補強に有効な面積	A ₂ (mm ²)	3.319 × 10 ³
管台の補強に有効な面積	A ₃ (mm ²)	2.576 × 10 ²
補強に有効な総面積	A ₀ (mm ²)	4.977 × 10 ³
評価: A ₀ > A _r , よって十分である。		

b. 大きい穴の補強（設計・建設規格 PPC-3424(4)）

(a) 大きい穴の補強の要否

大きい穴の補強を要する限界径 D_J は次の値のうち、いずれか小さいもの

$$D_{J1} = D_i / 2$$

$$D_{J2} = 500\text{mm}$$

(b) 結論

大きい穴の補強の計算結果を表 3-15 に示す。

これより、大きい穴に対する補強の評価は不要である。

表 3-15 大きい穴の補強の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J1}	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J2}	(mm)	500
大きい穴の補強を要する限界径	D_J	(mm)	500
穴の径	d	(mm)	
評価： $d < D_J$ ，よって、大きい穴に対する補強の評価は不要である。			

c. 補強に有効な面積の制限（設計・建設規格 PPC-3424(5)）

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積 A_{er}

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

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積 A_{eo}

$$A_{eo} = A_o / 2$$

(c) 結論

穴の中心線の両側の補強の計算結果を表 3-16 に示す。

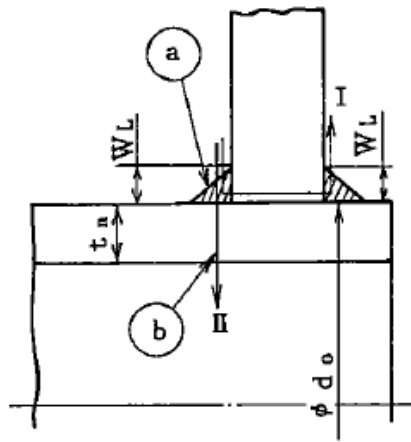
これより、穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3-16 穴の中心線の両側の補強の計算結果

補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	3.306×10^2
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	4.977×10^3
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	1.653×10^2
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	2.488×10^3
評価： $A_{eo} > A_{er}$ ，よって十分である。			

d. 強め材取付部の強さ（設計・建設規格 PPC-3424(8)）

リターンラインの取付部の形状及び寸法を図 3-5 に示す。



$d_o =$

$t_n =$

$W_L =$

注 1：斜線部は、溶接部を示す。
注 2：I，IIは、破断形式を示す。

図 3-5 リターンラインの取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a) 強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = A_0 \cdot S$$

$$W_{R2} = (d_o \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S$$

(b) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3-17 に示す。

これより、強め材取付部の強度計算は必要ない。

以上より、強め材取付部の強さは十分である。

表 3-17 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称	垂直管とリターンラインとの結合部の強め材取付部	
材料	SUS304L (<input type="text"/>)	
許容引張応力	S (MPa)	<input type="text"/>
管台の外径	d_o (mm)	<input type="text"/>
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	<input type="text"/>
補強に有効な総面積	A_0 (mm ²)	4.977×10^3
主管の補強に有効な面積	A_1 (mm ²)	1.401×10^3
溶接部にかかる荷重	W_{R1} (N)	<input type="text"/>
溶接部にかかる荷重	W_{R2} (N)	-1.095×10^5
溶接部の負うべき荷重	W_R (N)	-1.095×10^5
評価： $W_R < 0$ ，よって十分である。		

3.5 底部閉止板

(1) 記号の説明

告示第501号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 底部閉止板の必要厚さ（告示第501号第58条第3項）

底部閉止板における，必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-18に示す。

これより，底部閉止板は告示第501号の要求を満足している。

$$t_{R2} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

表3-18 底部閉止板の板厚計算結果

板の名称	底部閉止板	
材料	SUS304L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
平板の径又は最小内のり	d (mm)	1200
許容引張応力	S (MPa)	102
係数	K	0.75
必要厚さ	t _{R1} (mm)	—
必要厚さ	t _{R2} (mm)	42.76
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	42.76
呼び厚さ	t _{so} (mm)	50
最小厚さ	t _s (mm)	50
評価：t _s ≥ t _R ，よって十分である。		