

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-3-008-53 改2
提出年月日	2020年9月18日

V-3-3-6-2-7-1-5 フィルタ装置の強度計算書

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-5 R0

2020年9月
東京電力ホールディングス株式会社

V-3-3-6-2-7-1-5 フィルタ装置の強度計算書

まえがき

本計算書は、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」、V-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」及びV-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」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、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

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 (℃)
フィルタ装置	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・ 建設規格	—	SA-2

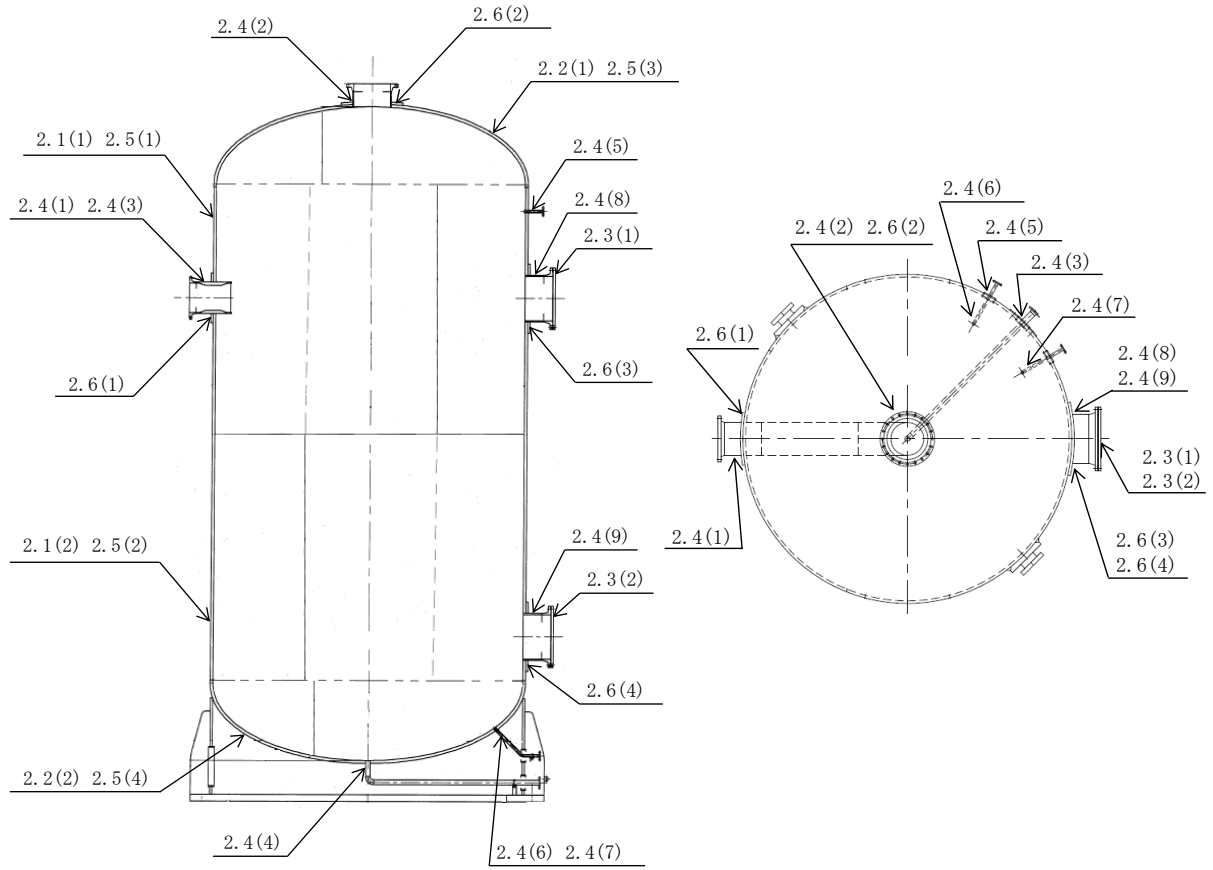
目 次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の鏡板の厚さの計算	3
2.3 容器の平板の厚さの計算	4
2.4 容器の管台の厚さの計算	6
2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算	8
2.6 容器の穴の補強計算	10
3. 支持構造物の強度計算	14

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	0.62
最高使用温度 (°C)	200

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3121, PVC-3122(1)

胴板名称		(1) 上部胴板	(2) 下部胴板
材料		SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	0.62
最高使用温度	(°C)	200	200
胴の内径	D_i (mm)	4000.00	4000.00
許容引張応力	S (MPa)	107	107
継手効率	η	1.00	1.00
継手の種類		突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無		有り	有り
必要厚さ	t_1 (mm)	1.50	1.50
必要厚さ	t_2 (mm)	11.63	11.63
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	11.63	11.63
呼び厚さ	$t_{s.o}$ (mm)	32.00	32.00
最小厚さ	t_s (mm)	30.40	30.40
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

(イ) 設計・建設規格 PVC-3210(3)

鏡板の形状

鏡板名称	(1) 上部鏡板	(2) 下部鏡板
鏡板の内面における長径 D_{iL} (mm)	3994.00	3994.00
鏡板の内面における短径の1/2 h (mm)	998.50	998.50
長径と短径の比 $D_{iL}/(2 \cdot h)$	2.00	2.00
評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。		

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3220, PVC-3225

鏡板の厚さ

鏡板名称	(1) 上部鏡板	(2) 下部鏡板
材料	SUS316L	SUS316L
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200
胴の内径 D_i (mm)	4000.00	4000.00
半だ円形鏡板の形状による係数 K	1.00	1.00
許容引張応力 S (MPa)	107	107
継手効率 η	1.00	1.00
継手の種類	突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無	有り	有り
必要厚さ t_1 (mm)	11.63	11.63
必要厚さ t_2 (mm)	11.58	11.58
t_1, t_2 の大きい値 t (mm)	11.63	11.63
呼び厚さ $t_{c.o.}$ (mm)	38.00	38.00
最小厚さ t_c (mm)	30.00	30.00
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

(イ) 設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1) 上部マンホール平板
平板の取付け方法	(m)
平板の穴の有無	無し

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3310

(J I S B 8 2 6 5 附属書3適用)

平板の厚さ

平板名称	(1) 上部マンホール平板		
平板材料	SUSF316L		
ボルト材料	SUS316		
ガスケット材料	SUS316L		
ガスケット厚さ	(mm)	4.5	
ガスケット座面の形状	1a		
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	
最高使用温度	(°C)	200	
平板の許容引張応力	S (MPa)	107	
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20°C)	S_a (MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S_b (MPa)	92
ボルト中心円の直径	C (mm)	730.00	
ボルト呼び	M24		
ボルト本数	n	24	
ボルト谷径	d_b (mm)	20.752	
実際のボルト総有効断面積	A_b (mm ²)	8.117×10^3	
ガスケット接触面の外径	G_s (mm)	672.00	
ガスケット接触面の幅	N (mm)	16.00	
ガスケット係数	m	3.00	
最小設計締付圧力	y (MPa)	68.9	
ガスケット座の基本幅	b_o (mm)	8.00	
ガスケット座の有効幅	b (mm)	7.13	
平板の径(ガスケット有効径)	$d = G$ (mm)	657.74	
内圧による全荷重	$W = H$ (N)	2.107×10^5	
使用状態での最小ボルト荷重	W_{m1} (N)	2.655×10^5	
ガスケット締付最小ボルト荷重	W_{m2} (N)	1.015×10^6	
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1} (mm ²)	2.885×10^3
	ガスケット締付時	A_{m2} (mm ²)	7.867×10^3
	いずれか大きい値	A_m (mm ²)	7.867×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o (N)	2.655×10^5
	ガスケット締付時	W_g (N)	1.031×10^6
	いずれか大きい値	F (N)	1.031×10^6
モーメントアーム	h_g (mm)	36.13	
取付け方法による係数	K	0.47	
必要厚さ	t (mm)	34.29	
呼び厚さ	$t_{p.o}$ (mm)	36.00	
最小厚さ	t_p (mm)	36.00	
評価: $t_p \geq t$, よって十分である。			

容器の平板の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

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

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3310

(J I S B 8 2 6 5 附属書3適用)

平板の厚さ

平板名称	(2) 下部マンホール平板		
平板材料	SUSF316L		
ボルト材料	SUS316		
ガスケット材料	SUS316L		
ガスケット厚さ	(mm)	4.5	
ガスケット座面の形状	1a		
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	
最高使用温度	(°C)	200	
平板の許容引張応力	S (MPa)	107	
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20°C)	S _a (MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S _b (MPa)	92
ボルト中心円の直径	C (mm)	730.00	
ボルト呼び	M24		
ボルト本数	n	24	
ボルト谷径	d _b (mm)	20.752	
実際のボルト総有効断面積	A _b (mm ²)	8.117×10 ³	
ガスケット接触面の外径	G _s (mm)	672.00	
ガスケット接触面の幅	N (mm)	16.00	
ガスケット係数	m	3.00	
最小設計締付圧力	y (MPa)	68.9	
ガスケット座の基本幅	b _o (mm)	8.00	
ガスケット座の有効幅	b (mm)	7.13	
平板の径(ガスケット有効径)	d = G (mm)	657.74	
内圧による全荷重	W = H (N)	2.107×10 ⁵	
使用状態での最小ボルト荷重	W _{m1} (N)	2.655×10 ⁵	
ガスケット締付最小ボルト荷重	W _{m2} (N)	1.015×10 ⁶	
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A _{m1} (mm ²)	2.885×10 ³
	ガスケット締付時	A _{m2} (mm ²)	7.867×10 ³
	いずれか大きい値	A _m (mm ²)	7.867×10 ³
ボルト荷重	使用状態	W _o (N)	2.655×10 ⁵
	ガスケット締付時	W _g (N)	1.031×10 ⁶
	いずれか大きい値	F (N)	1.031×10 ⁶
モーメントアーム	h _g (mm)	36.13	
取付け方法による係数	K	0.47	
必要厚さ	t (mm)	34.29	
呼び厚さ	t _{p.o} (mm)	36.00	
最小厚さ	t _p (mm)	36.00	
評価: t _p ≥ 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) ガス入口	(2) ガス出口	(3) 給水	(4) ドレン	(5) 液面計
材料	SUS316L-B	SUS316L	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	200
管台の外径 D _o (mm)	406.40	508.00	76.30	60.50	34.00
許容引張応力 S (MPa)	107	107	107	107	107
継手効率 η	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	突合せ両側溶接	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	-	無し	-	-	-
必要厚さ t ₁ (mm)	1.18	2.10	0.22	0.18	0.10
必要厚さ t ₃ (mm)	-	-	-	-	-
t ₁ , t ₃ の大きい値 t (mm)	1.18	2.10	0.22	0.18	0.10
呼び厚さ t _{no} (mm)	12.70	16.00	5.20	3.90	3.40
最小厚さ t _n (mm)	11.20	14.70	4.55	3.40	2.90

判定: $t_n \geq t$, よって十分である。

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(6)液面計	(7)液面計	(8)上部マンホール	(9)下部マンホール
材料	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUS316L	SUS316L
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200
管台の外径 D _o (mm)	34.00	34.00	609.60	609.60
許容引張応力 S (MPa)	107	107	107	107
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無	-	-	有り	有り
必要厚さ t ₁ (mm)	0.10	0.10	1.77	1.77
必要厚さ t ₃ (mm)	-	-	-	-
t ₁ , t ₃ の大きい値 t (mm)	0.10	0.10	1.77	1.77
呼び厚さ t _{no} (mm)	3.40	3.40	18.00	18.00
最小厚さ t _n (mm)	2.90	2.90	16.50	16.50
判定: 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) 上部胴板	(2) 下部胴板
材料		SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	0.62
最高使用温度	(°C)	200	200
胴の外径	D (mm)	4064.00	4064.00
許容引張応力	S (MPa)	107	107
胴板の最小厚さ	t_s (mm)	30.40	30.40
継手効率	η	1.00	1.00
継手の種類		継手無し	継手無し
放射線検査の有無		-	-
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$	(mm)	1000.80	1000.80
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	61.00	61.00
K		0.4256	0.4256
$D \cdot t_s$	(mm ²)	1.235×10^5	1.235×10^5
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	200.00	200.00
補強を要しない穴の最大径	(mm)	200.00	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称		ガス入口(2.6(1)) 上部マンホール(2.6(3))	下部マンホール(2.6(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		(3) 上部鏡板	(4) 下部鏡板
材料		SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	0.62
最高使用温度	(°C)	200	200
鏡板のフランジ部の外径	D (mm)	4070.00	4070.00
許容引張応力	S (MPa)	107	107
鏡板の最小厚さ	t_c (mm)	30.00	30.00
継手効率	η	1.00	1.00
継手の種類		継手無し	継手無し
放射線検査の有無		-	-
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_c) / 4$	(mm)	1002.50	1002.50
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	61.00	61.00
K		0.4319	0.4319
$D \cdot t_c$	(mm ²)	1.221×10^5	1.221×10^5
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	200.00	200.00
補強を要しない穴の最大径	(mm)	200.00	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称		ガス出口(2.6(2))	無し

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附图 WELD-19

部材名称			(1) ガス入口
胴板材料			SUS316L
管台材料			SUS316L-B
強め板材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(°C)	200
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)	384.00
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	412.40
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	30.40
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	11.20
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	4000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.63
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	1.12
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm ²)	4.466×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	384.00
補強の有効範囲	X_2	(mm)	384.00
補強の有効範囲	X	(mm)	768.00
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	58.70
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	28.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	30.70
強め板の外径	B_e	(mm)	640.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	406.40
溶接寸法	L_1	(mm)	15.00
溶接寸法	L_2	(mm)	25.00
溶接寸法	L_3	(mm)	15.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm ²)	7.208×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm ²)	1.811×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm ²)	1.075×10^3
強め板の有効補強面積	A_4	(mm ²)	7.172×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm ²)	1.727×10^4
評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
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)	1.076×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-2.581×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-2.581×10^5
評価： $W < 0$ 、よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3240

参照附图 WELD-46

部材名称			(2) ガス出口
鏡板材料			SUS316L
管台材料			SUS316L
強め板材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(°C)	200
鏡板の許容引張応力	S_c	(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)	478.60
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	514.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	30.00
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	14.70
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3594.60
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	10.42
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	1.40
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	4.987×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	478.60
補強の有効範囲	X_2	(mm)	478.60
補強の有効範囲	X	(mm)	957.20
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	67.45
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	36.75
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	30.70
強め板の外径	B_e	(mm)	808.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	16.00
溶接寸法	L_2	(mm)	25.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	9.371×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	1.795×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	881.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	9.210×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.126×10^4
評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
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)	1.272×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-4.296×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-4.296×10^5
評価： $W < 0$ 、よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附图 WELD-16

部材名称	(3) 上部マンホール	
胴板材料	SUS316L	
管台材料	SUS316L	
強め板材料	SUS316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.62
最高使用温度	(°C)	200
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)	576.60
管台が取り付く穴の径	d_w (mm)	615.60
胴板の最小厚さ	t_s (mm)	30.40
管台の最小厚さ	t_n (mm)	16.50
胴板の継手効率	η	1.00
係数	F	1.00
胴の内径	D_i (mm)	4000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	11.63
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr} (mm)	1.68
穴の補強に必要な面積	A_r (mm ²)	6.705×10^3
補強の有効範囲	X_1 (mm)	576.60
補強の有効範囲	X_2 (mm)	576.60
補強の有効範囲	X (mm)	1153.20
補強の有効範囲	Y_1 (mm)	71.95
補強の有効範囲	Y_2 (mm)	41.25
強め板の最小厚さ	t_e (mm)	30.70
強め板の外径	B_e (mm)	900.00
管台の外径	D_{on} (mm)	609.60
溶接寸法	L_1 (mm)	18.00
溶接寸法	L_2 (mm)	25.00
胴板の有効補強面積	A_1 (mm ²)	1.082×10^4
管台の有効補強面積	A_2 (mm ²)	2.133×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3 (mm ²)	949.0
強め板の有効補強面積	A_4 (mm ²)	8.915×10^3
補強に有効な総面積	A_0 (mm ²)	2.282×10^4
評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。		
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径	d_j (mm)	1000.00
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)	1.284×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2 (N)	-3.921×10^5
溶接部の負うべき荷重	W (N)	-3.921×10^5
評価： $W < 0$ 、よって溶接部強度計算を行わない。		

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附图 WELD-16

部材名称	(4) 下部マンホール	
胴板材料	SUS316L	
管台材料	SUS316L	
強め板材料	SUS316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.62
最高使用温度	(°C)	200
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)	576.60
管台が取り付く穴の径	d_w (mm)	615.60
胴板の最小厚さ	t_s (mm)	30.40
管台の最小厚さ	t_n (mm)	16.50
胴板の継手効率	η	1.00
係数	F	1.00
胴の内径	D_i (mm)	4000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	11.63
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr} (mm)	1.68
穴の補強に必要な面積	A_r (mm ²)	6.705×10^3
補強の有効範囲	X_1 (mm)	576.60
補強の有効範囲	X_2 (mm)	576.60
補強の有効範囲	X (mm)	1153.20
補強の有効範囲	Y_1 (mm)	71.95
補強の有効範囲	Y_2 (mm)	41.25
強め板の最小厚さ	t_e (mm)	30.70
強め板の外径	B_e (mm)	900.00
管台の外径	D_{on} (mm)	609.60
溶接寸法	L_1 (mm)	18.00
溶接寸法	L_2 (mm)	25.00
胴板の有効補強面積	A_1 (mm ²)	1.082×10^4
管台の有効補強面積	A_2 (mm ²)	2.133×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3 (mm ²)	949.0
強め板の有効補強面積	A_4 (mm ²)	8.915×10^3
補強に有効な総面積	A_0 (mm ²)	2.282×10^4
評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。		
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径	d_j (mm)	1000.00
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)	1.284×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2 (N)	-3.921×10^5
溶接部の負うべき荷重	W (N)	-3.921×10^5
評価： $W < 0$ 、よって溶接部強度計算を行わない。		

3. 支持構造物の強度計算

(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
スカート支持 たて置円筒形容器	—	SUS316L	200	162	9.611×10^5	3.333×10^5	3	107	σ_c は f_c 以下である ので、支持構造物の 強度は十分である。

