島根原子力発電所第２号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-005-46改02
提出年月日	2022 年 12 月 19 日

Ⅵ-3-3-3-6-1-1　原子炉補機冷却系熱交換器の強度計算書

S2 補 Ⅵ-3-3-3-6-1-1 R0

2022 年 12 月

中国電力株式会社

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

まえがき

本計算書は，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-3-2-7「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，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

<table>
<tr><th rowspan="3">機器名</th><th rowspan="3">既設
or
新設</th><th rowspan="3">施設時の
技術基準
に対象と
する施設
の規定が
あるか</th><th colspan="5">クラスアップするか</th><th colspan="5">条件アップするか</th><th rowspan="3">既工認に
おける
評価結果
の有無</th><th rowspan="3">施設時の
適用規格</th><th rowspan="3">評価区分</th><th rowspan="3">同等性
評価
区分</th><th rowspan="3">評価
クラス</th></tr>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">クラス
アップ
の有無</th><th rowspan="2">施設時
機器
クラス</th><th rowspan="2">ＤＢ
クラス</th><th rowspan="2">ＳＡ
クラス</th><th rowspan="2">条件
アップ
の有無</th><th colspan="2">ＤＢ条件</th><th colspan="2">ＳＡ条件</th></tr>
<tr><th>圧力
(MPa)</th><th>温度
(℃)</th><th>圧力
(MPa)</th><th>温度
(℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">原子炉補機冷却系
熱交換器</td><td rowspan="2">既設</td><td rowspan="2">有</td><td>管側</td><td>有</td><td>DB-3</td><td>DB-3</td><td>SA-2</td><td>無</td><td>0.98</td><td>40</td><td>0.98</td><td>40</td><td>—</td><td>S55告示</td><td>設計・建設規格
又は告示</td><td>—</td><td>SA-2</td></tr>
<tr><td>胴側</td><td>有</td><td>DB-3</td><td>DB-3</td><td>SA-2</td><td>無</td><td>1.37</td><td>85</td><td>1.37</td><td>85</td><td>—</td><td>S55告示</td><td>設計・建設規格
又は告示</td><td>—</td><td>SA-2</td></tr>
</table>

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 ………………………………………… 5
 2.3　容器の平板の厚さの計算 ………………………………………… 6
 2.4　容器の管板の厚さの計算 ………………………………………… 7
 2.5　容器の管台の厚さの計算 ………………………………………… 8
 2.6　容器の補強を要しない穴の最大径の計算 ………………………………………… 17
 2.7　容器の穴の補強計算 ………………………………………… 20
 2.8　容器のフランジの計算 ………………………………………… 28

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

主要寸法(mm)*			材料
管側	胴内径	1700	—
	胴板厚さ	14.00	SGV49
	鏡板厚さ	16.00	SGV49
	平板厚さ	145.00	SGV49
	フランジ厚さ	65.00	SFVC2B
胴側	胴内径	1700	—
	胴板厚さ	14.00	SGV49
		28.00	
管板厚さ		115.00	SGV49
全長		8556	—

注記＊：公称値を示す。

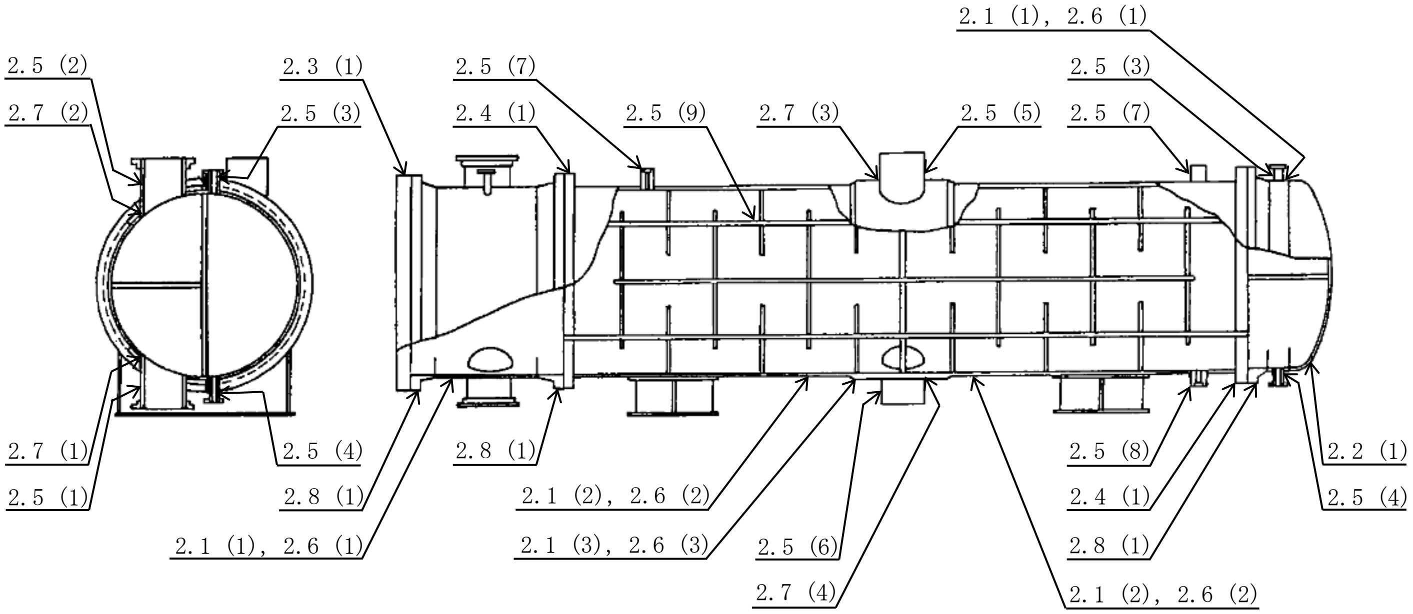

図1−1　概要図

図中の番号は次頁以降の

計算項目番号を示す。

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	管側	0.98
	胴側	1.37
最高使用温度(℃)	管側	40
	胴側	85

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) 管側胴板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
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)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	6.98
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	6.98
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	14.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(2) 胴側胴板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
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)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	9.78
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	9.78
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	14.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(3) 胴側胴板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
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)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	9.78
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	9.78
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	28.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t$，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

鏡板の形状

鏡板名称			(1)　管側鏡板
鏡板の外径	Ｄｏｃ	(mm)	1732.00
鏡板の中央部における内面の半径	Ｒ	(mm)	1700.00
鏡板のすみの丸みの内半径	ｒ	(mm)	170.00
3・ｔｃｏ		(mm)	48.00
0.06・Ｄｏｃ		(mm)	103.92
評価：Ｄｏｃ≧Ｒ，　ｒ≧3・ｔｃｏ，　ｒ≧0.06・Ｄｏｃ，　ｒ≧50mm，よってさら形鏡板である。			

（ロ）設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称			(1)　管側鏡板
材料			SGV49
最高使用圧力	Ｐ	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
さら形鏡板の形状による係数	Ｗ		1.54
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)	6.98
必要厚さ	t_2	(mm)	10.71
t_1，t_2の大きい値	ｔ	(mm)	10.71
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	16.00
最小厚さ	t_c	(mm)	
評価：t_c≧ｔ，よって十分である。			

2.3　容器の平板の厚さの計算

（イ）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) 管側平板
平板の取付け方法	（k）
平板の穴の有無	無し

（ロ）告示第５０１号第34条第１項

平板の厚さ

平板名称				(1) 管側平板
平板材料				SGV49
ボルト材料				SCM435（直径60mm以下）
ガスケット材料				セルフシールガスケット(ゴム)
ガスケット厚さ			(mm)	8.4
ガスケット座面の形状				—
最高使用圧力		P	(MPa)	0.98
最高使用温度			(℃)	40
平板の許容引張応力		S	(MPa)	120
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20℃)	S_a	(MPa)	186
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	186
ボルト中心円の直径		C	(mm)	1895.00
ボルト呼び				M30×3
ボルト本数		n		68
ボルト谷径		d_b	(mm)	26.752
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	3.822×10^4
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	1818.40
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	8.40
ガスケット係数		m		0
最小設計締付圧力		y	(N/mm^2)	0
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	—
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	—
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	1818.40
内圧による全荷重		W＝H	(N)	2.545×10^6
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	2.545×10^6
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	—
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	1.368×10^4
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	—
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	1.368×10^4
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	2.545×10^6
	ガスケット締付時	W_g	(N)	4.827×10^6
	いずれか大きい値	F	(N)	4.827×10^6
モーメントアーム		h_g	(mm)	38.30
取付け方法による係数		K		0.36
必要厚さ		t	(mm)	98.04
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	145.00　＊
最小厚さ		t_p	(mm)	
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

注記＊：モネルメタルクラッドは含まない。

2.4　容器の管板の厚さの計算

（イ）設計・建設規格 PVC-3510(1)

管穴の中心間距離

管板名称			(1) 管板
管の外径	d_t	(mm)	[redacted]
必要な距離	z	(mm)	[redacted]
管穴の中心間距離	P_t	(mm)	[redacted]
評価：$P_t \geqq z$，よって十分である。			

（ロ）設計・建設規格 PVC-3510(2)

管板の厚さ

管板名称			(1) 管板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
パッキンの中心円の径又は胴の内径	D	(mm)	1700.00
胴の厚さ	t_s	(mm)	12.14
管及び管板の支え方による係数	F		1.00 (伝熱管の形式： 直管)
管板の支え方			胴側胴と一体である。（t_s／D＝0.007）
任意の管の中心が囲む面積	A	(mm^2)	1.877×10^6
面積Aの周のうち穴の径以外の部分の長さ	L	(mm)	1155.20
許容引張応力	S	(MPa)	120
必要厚さ	t_1	(mm)	90.83
必要厚さ	t_2	(mm)	21.82
t_1，t_2，10の大きい値	t	(mm)	90.83
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	115.00 *
最小厚さ	t_b	(mm)	[redacted]
評価：$t_b \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：銅合金クラッドは含まない。

2.5　容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(1) 管側入口
材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
管台の外径	D_o	(mm)	457.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
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)	2.17
必要厚さ	t_3	(mm)	3.80
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	14.30
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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			(2) 管側出口
材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
管台の外径	D_o	(mm)	457.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
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)	2.17
必要厚さ	t_3	(mm)	3.80
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	14.30
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

S2 補 VI-3-3-3-6-1-1 R0

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(3) 管側ベント
材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
管台の外径	D_o	(mm)	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	103
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)	0.17
必要厚さ	t_3	(mm)	1.70
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.40
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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			(4) 管側ドレン
材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
管台の外径	D_o	(mm)	48.60
許容引張応力	S	(MPa)	103
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)	0.23
必要厚さ	t_3	(mm)	2.20
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	2.20
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.70
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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			(5) 胴側入口
材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
管台の外径	D_o	(mm)	406.40
許容引張応力	S	(MPa)	103
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)	2.69
必要厚さ	t_3	(mm)	3.80
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	12.70
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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) 胴側出口
材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
管台の外径	D_o	(mm)	406.40
許容引張応力	S	(MPa)	103
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)	2.69
必要厚さ	t_3	(mm)	3.80
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	3.80
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	12.70
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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			(7) 胴側ベント
材料			SFVC2B
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
管台の外径	D_o	(mm)	65.00
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)	0.37
必要厚さ	t_3	(mm)	2.70
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	2.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	15.25
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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			(8) 胴側ドレン
材料			SFVC2B
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
管台の外径	D_o	(mm)	65.00
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)	0.37
必要厚さ	t_3	(mm)	2.70
t_1, t_3の大きい値	t	(mm)	2.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	7.95
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，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			(9) 伝熱管
材料			C6870T-O
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
外面に受ける最高の圧力	P_e	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
管台の外径	D_o	(mm)	
許容引張応力	S	(MPa)	81
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)	0.14
必要厚さ	t_2	(mm)	0.65
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	0.65
呼び厚さ	t_{to}	(mm)	
最小厚さ	t_t	(mm)	
評価：$t_t \geqq t$，よって十分である。			

2.6　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) 管側胴板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
胴の外径	D	(mm)	1728.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
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・t_s）／4		(mm)	
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00
K			
D・t_s		(mm^2)	
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	158.13
補強を要しない穴の最大径		(mm)	158.13
評価：補強の計算を要する穴の名称			管側入口(2.7(1)) 管側出口(2.7(2))

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			(2) 胴側胴板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
胴の外径	D	(mm)	1728.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
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)	[redacted]
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00
K			[redacted]
$D\cdot t_s$		(mm^2)	[redacted]
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	105.44
補強を要しない穴の最大径		(mm)	105.44
評価：補強の計算を要する穴の名称			無し

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			(3) 胴側胴板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
胴の外径	D	(mm)	1756.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
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)	[redacted]
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00
K			[redacted]
$D\cdot t_s$		(mm²)	[redacted]
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			胴側入口(2.7(3)) 胴側出口(2.7(4))

2.7　容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－１６

部材名称			(1) 管側入口
胴板材料			SGV49
管台材料			STS42-S
強め板材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	120
穴の径	d	(mm)	[redacted]
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	467.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	6.98
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	[redacted]
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	3.057×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	X_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	X	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	[redacted]
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	[redacted]
強め板の外径	B_e	(mm)	660.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	457.20
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	10.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	2.231×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	465.3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	181.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	2.462×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.339×10^3
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

部材名称			(1) 管側入口
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	566.67
評価：$d \leqq d_j$，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)	3.730×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.234×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.234×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	55
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	67
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	84
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	72
応力除去の有無			無し
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	3.568×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	5.723×10^5
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	2.413×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	[redacted]
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	[redacted]
突合せ溶接部の引張力	W_{e8}	(N)	[redacted]
突合せ溶接部の引張力	W_{e9}	(N)	[redacted]
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	5.565×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	1.822×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	[redacted]
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	[redacted]
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	1.370×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.497×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	9.133×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$，$W_{ebp6} \geqq W$ 以上より十分である。			

容器の穴の補強計算
設計・建設規格 PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－１６

部材名称			(2) 管側出口
胴板材料			SGV49
管台材料			STS42-S
強め板材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(℃)	40
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	120
穴の径	d	(mm)	[redacted]
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	467.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	6.98
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	[redacted]
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	3.057×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	X_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	X	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	[redacted]
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	[redacted]
強め板の外径	B_e	(mm)	660.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	457.20
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	10.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	2.231×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	465.3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	181.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	2.462×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.339×10^3
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

S2 補 VI-3-3-3-6-1-1 R0

部材名称			(2) 管側出口
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d j	(mm)	566.67
評価：d≦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)	3.730×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.234×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.234×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	55
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	67
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	84
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	72
応力除去の有無			無し
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	3.568×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	5.723×10^5
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	2.413×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	[redacted]
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	[redacted]
突合せ溶接部の引張力	W_{e8}	(N)	[redacted]
突合せ溶接部の引張力	W_{e9}	(N)	[redacted]
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	5.565×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	1.822×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	[redacted]
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	[redacted]
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	1.370×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.497×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	9.133×10^5
評価：$W_{ebp1}\geqq W$，$W_{ebp2}\geqq W$，$W_{ebp3}\geqq W$，$W_{ebp4}\geqq W$，$W_{ebp5}\geqq W$，$W_{ebp6}\geqq W$ 以上より十分である。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－３

部材名称			(3) 胴側入口
胴板材料			SGV49
管台材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
穴の径	d	(mm)	[redacted]
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	406.40
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	1700.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	9.78
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	[redacted]
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	3.810×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	X_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	X	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	[redacted]
管台の外径	D_{on}	(mm)	406.40
溶接寸法	L_1	(mm)	11.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	6.162×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	289.5
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	121.0
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	6.573×10^3

評価：$A_0>A_r$，よって十分である。

部材名称			(3) 胴側入口
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	ｄｊ	(mm)	566.67
評価：ｄ≦ｄｊ，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)	4.926×10^{4}
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-2.630×10^{5}
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-2.630×10^{5}
評価：Ｗ＜０，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図　WELD－3

部材名称			(4) 胴側出口
胴板材料			SGV49
管台材料			STS42-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	406.40
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)	1700.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	9.78
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)	3.810×10^3
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)	
管台の外径	D_{on}	(mm)	406.40
溶接寸法	L_1	(mm)	11.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	6.162×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	289.5
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	121.0
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	6.573×10^3
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

部材名称			(4) 胴側出口
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	ｄｊ	(mm)	566.67
評価：ｄ≦ｄｊ，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)	4.926×10^{4}
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-2.630×10^{5}
溶接部の負うべき荷重	Ｗ	(N)	-2.630×10^{5}
評価：Ｗ＜０，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。			

2.8 容器のフランジの計算

設計・建設規格 PVC-3710

(ＪＩＳ Ｂ ８２６５ 附属書3適用)

(内圧を受けるフランジ)　　　　　　　　　　　参照附図　　ＦＬＡＮＧＥ—2　一体形フランジ

フランジ名称				(1) 管側フランジ	
フランジ材料				SFVC2B	
胴又は管台材料				SGV49	
ボルト材料				SCM435 (直径60mm以下)	
ガスケット材料				セルフシールガスケット(ゴム)	
ガスケット厚さ			(mm)	8.4	
ガスケット座面の形状				—	
最高使用圧力		P	(MPa)	0.98	
許容引張応力	温度条件		(℃)	最高使用温度 (使用状態) (40)	常温 (ガスケット締付時) (20)
	ボルト		(MPa)	σ_b= 186	σ_a= 186
	フランジ		(MPa)	σ_f= 120	σ_{fa}= 120
	胴又は管台		(MPa)	σ_n= 120	σ_{na}= 120
フランジの外径		A	(mm)	1965.00	
フランジの内径		B	(mm)	1700.00	
ボルト中心円の直径		C	(mm)	1895.00	
ガスケット有効径		G	(mm)	1818.40	
ハブ先端の厚さ		g_0	(mm)	14.00	
フランジ背面のハブの厚さ		g_1	(mm)	47.50	
ハブの長さ		h	(mm)	130.00	
ボルト呼び				M30×3	
ボルト本数		n		68	
ボルト谷径		d_b	(mm)	26.752	
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	1818.40	
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	8.40	
ガスケット係数		m		0	
最小設計締付圧力		y	(N/mm^2)	0	
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	—	
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	—	
内圧による全荷重		H	(N)	2.545×10^6	
ガスケットに加える圧縮力		H_p	(N)	—	
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	2.545×10^6	
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	—	
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	1.368×10^4	
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	—	
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	1.368×10^4	
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	3.822×10^4	

評価：$A_b > A_m$，よって十分である。

S2 補 VI-3-3-3-6-1-1 R0

フランジ名称				(1) 管側フランジ
ボルト荷重	使用状態	Wo	(N)	2.545×10^{6}
	ガスケット締付時	Wg	(N)	4.827×10^{6}
距離		R	(mm)	50.00
荷重			(N)	H_D= 2.224×10^{6}
				H_G= —
				H_T= 3.206×10^{5}
モーメントアーム			(mm)	h_D= 73.75
				h_G= 38.30
				h_T= 67.90
モーメント			(N·mm)	M_D= 1.640×10^{8}
				M_G= —
				M_T= 2.177×10^{7}
フランジに作用するモーメント	使用状態		(N·mm)	M_o= 1.858×10^{8}
	ガスケット締付時		(N·mm)	M_g= 1.849×10^{8}
形状係数		h_o	(mm)	154.27
係数		h/h_o		0.8427
係数		g_1/g_0		3.3929
ハブ応力修正係数		f		1.5586
係数		F		0.7157
係数		V		0.0829
フランジの内外径の比		K		1.1559
係数		T		1.8564
係数		U		14.7925
係数		Y		13.4612
係数		Z		6.9512
係数		d	(mm^3)	5.3946×10^{6}
係数		e	(mm^{-1})	4.6393×10^{-3}
フランジの厚さ		t	(mm)	65.00
係数		L		0.7520

使用状態におけるフランジの強さ

応力			(MPa)	計算値	許容引張応力
ハブの軸方向応力		σ_H		101	$1.5\cdot\sigma_f$= 180
					$2.5\cdot\sigma_n$= 300
フランジの半径方向応力		σ_R		49	σ_f= 120
フランジの周方向応力		σ_T		14	σ_f= 120
組合せ応力	$(\sigma_H+\sigma_R)/2$			75	σ_f= 120
	$(\sigma_H+\sigma_T)/2$			57	σ_f= 120

ガスケット締付時のフランジの強さ

応力			(MPa)	計算値	許容引張応力
ハブの軸方向応力		σ_H		100	$1.5\cdot\sigma_{fa}$= 180
					$2.5\cdot\sigma_{na}$= 300
フランジの半径方向応力		σ_R		48	σ_{fa}= 120
フランジの周方向応力		σ_T		14	σ_{fa}= 120
組合せ応力	$(\sigma_H+\sigma_R)/2$			74	σ_{fa}= 120
	$(\sigma_H+\sigma_T)/2$			57	σ_{fa}= 120

応力の評価：

使用状態	ガスケット締付時
$\sigma_H\leqq Min(1.5\cdot\sigma_f,\ 2.5\cdot\sigma_n)$	$\sigma_H\leqq Min(1.5\cdot\sigma_{fa},\ 2.5\cdot\sigma_{na})$
$\sigma_R\leqq\sigma_f$	$\sigma_R\leqq\sigma_{fa}$
$\sigma_T\leqq\sigma_f$	$\sigma_T\leqq\sigma_{fa}$
$(\sigma_H+\sigma_R)/2\leqq\sigma_f$	$(\sigma_H+\sigma_R)/2\leqq\sigma_{fa}$
$(\sigma_H+\sigma_T)/2\leqq\sigma_f$	$(\sigma_H+\sigma_T)/2\leqq\sigma_{fa}$

以上より十分である。