Ⅴ-3-3-3-5　原子炉補機冷却設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-3-5-1　原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の強度計算書

K7 ① V-3-3-3-5-1-1 R1

Ⅴ-3-3-3-5-1-1　原子炉補機冷却水系熱交換器の強度計算書

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」及びV-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，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(℃)					
原子炉補機冷却水系熱交換器	既設	有	管側	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	0.78	50	0.78	50	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
			胴側	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	70	1.37	70	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

(1) 本計算書は，以下の原子炉補機冷却水系熱交換器の強度計算を行うものである。

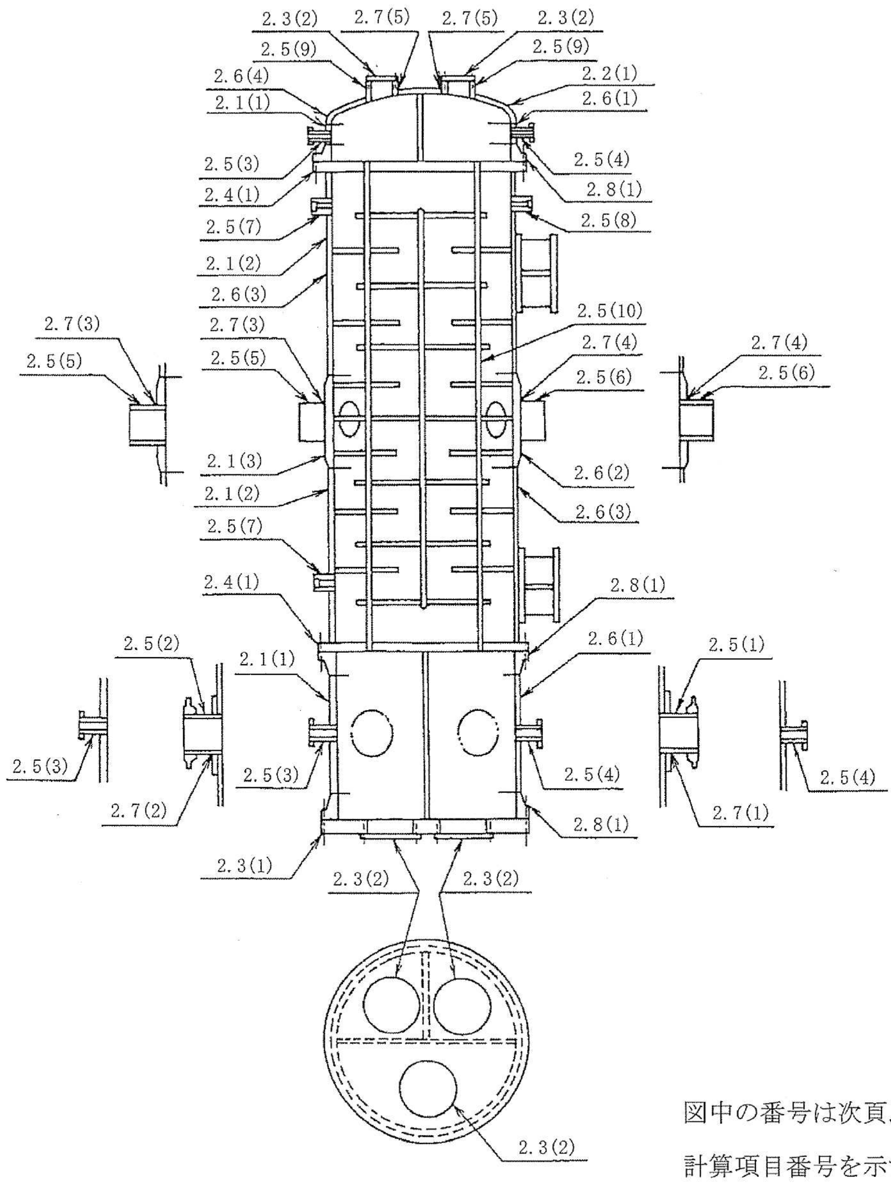
原子炉補機冷却水系熱交換器Ａ，Ｂ系

目　次

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)	管側	0.78
	胴側	1.37
最高使用温度(℃)	管側	50
	胴側	70

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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の内径	D_i	(mm)	2000.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	9.34
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	9.34
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	16.00
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
胴の内径	D_i	(mm)	2000.00
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)	11.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	11.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	16.00
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	SGV480
最高使用圧力　P　(MPa)	1.37
最高使用温度　(℃)	70
胴の内径　D_i　(mm)	2000.00
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)	11.50
t_1，t_2の大きい値　t　(mm)	11.50
呼び厚さ　t_{so}　(mm)	32.00
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	D_{oc}	(mm)	2032.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	2000.00
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	200.00
3・t_{co}		(mm)	48.00
0.06・D_{oc}		(mm)	121.92
評価：D_{oc}≧R，r≧3・t_{co}，r≧0.06・D_{oc}，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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の内径	D_i	(mm)	2000.00
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)	6.53
必要厚さ	t_2	(mm)	10.02
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	10.02
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			有り
平板の径	ｄ	(mm)	2100.00
穴の径	ｄｈ	(mm)	1377.24
評価：ｄｈ ＞ ｄ/2，よって「基本方針」2.8(3)d. により計算を行い，穴の補強計算は行わない。			

（ロ）告示第５０１号第34条第１項及び設計・建設規格 PVC-3320

（ＪＩＳ Ｂ ８２６５ 附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(1) 管側平板
平板材料				SGV480
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)	—
ガスケット座面の形状				—
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	0.78
最高使用温度			(℃)	50
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℃)	Ｓａ	(MPa)	186
	最高使用温度(使用状態)	Ｓｂ	(MPa)	186
ボルト中心円の直径		Ｃ	(mm)	2160.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		ｎ		60
ボルト谷径		ｄｂ	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		Ａｂ	(mm^2)	2.029×10^4
ガスケット接触面の外径		Ｇｓ	(mm)	—
ガスケット接触面の幅		Ｎ	(mm)	—
ガスケット係数		ｍ		—
最小設計締付圧力		ｙ	(N/mm^2)	—
ガスケット座の基本幅		ｂｏ	(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)	2100.00
内圧による全荷重		Ｗ＝Ｈ	(N)	2.702×10^6
使用状態での最小ボルト荷重		Wm_1	(N)	2.702×10^6
ガスケット締付最小ボルト荷重		Wm_2	(N)	—
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	Am_1	(mm^2)	1.452×10^4
	ガスケット締付時	Am_2	(mm^2)	—
	いずれか大きい値	Ａｍ	(mm^2)	1.452×10^4
ボルト荷重	使用状態	Ｗｏ	(N)	2.702×10^6
	ガスケット締付時	Ｗｇ	(N)	3.238×10^6
	いずれか大きい値	Ｆ	(N)	3.238×10^6
モーメントアーム		ｈｇ	(mm)	30.00
取付け方法による係数		Ｋ		0.32
必要厚さ		ｔ	(mm)	144.55
呼び厚さ		ｔｐｏ	(mm)	160.00
最小厚さ		ｔｐ	(mm)	
評価：ｔｐ≧ｔ，よって十分である。				

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	(2) マンホールカバー
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項及び設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ Ｂ ８２６５ 附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(2) マンホールカバー
平板材料				SGV480
ボルト材料				SS400 (直径16mm超え40mm以下)
ガスケット材料				ゴムシート(スプリング硬さ(JIS A)７５未満)
ガスケット厚さ			(mm)	3.0
ガスケット座面の形状				1a-II
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	0.78
最高使用温度			(℃)	50
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)	59
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	59
ボルト中心円の直径		Ｃ	(mm)	565.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		ｎ		20
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)	6.765×10^{3}
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	530.00
ガスケット接触面の幅		Ｎ	(mm)	20.00
ガスケット係数		ｍ		0.50
最小設計締付圧力		ｙ	(N/mm^2)	—
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	10.00
ガスケット座の有効幅		ｂ	(mm)	7.97
平板の径（ガスケット有効径）		ｄ＝Ｇ	(mm)	514.06
内圧による全荷重		Ｗ＝Ｈ	(N)	1.619×10^{5}
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	1.719×10^{5}
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)	2.914×10^{3}
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	—
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	2.914×10^{3}
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	1.719×10^{5}
	ガスケット締付時	W_g	(N)	2.855×10^{5}
	いずれか大きい値	Ｆ	(N)	2.855×10^{5}
モーメントアーム		h_g	(mm)	25.47
取付け方法による係数		Ｋ		0.42
必要厚さ		ｔ	(mm)	26.94
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	35.00
最小厚さ		t_p	(mm)	
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

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)	25.00
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
パッキンの中心円の径又は胴の内径	D	(mm)	2000.00
胴の厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
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＝[redacted]
任意の管の中心が囲む面積	A	(mm^2)	2.716×10^6
面積Aの周のうち穴の径以外の部分の長さ	L	(mm)	1708.40
許容引張応力	S	(MPa)	120
必要厚さ	t_1	(mm)	106.85
必要厚さ	t_2	(mm)	21.35
t_1，t_2，10の大きい値	t	(mm)	106.85
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	129.00 *
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。

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(1) R1

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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	508.00
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)	1.92
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)	26.20
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	508.00
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)	1.92
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)	26.20
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			(3) 管側ベント
材料			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	0.13
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	0.19
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)	5.10
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	3.03
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)	23.80
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	3.03
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)	23.80
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		(℃)	70
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		(℃)	70
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) マンホール
材料			SFVC2B
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	620.00
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)	2.01
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)	81.50
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			(10) 伝熱管
材料			C6870T-O
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
外面に受ける最高の圧力	P_e	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
管台の外径	D_o	(mm)	[redacted]
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)	0.10
必要厚さ	t_2	(mm)	0.55
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	0.55
呼び厚さ	t_{to}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_t	(mm)	[redacted]
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の外径	D	(mm)	2032.00
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			—
$d_{r1}=(D-2\cdot t_s)/4$		(mm)	
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	
K			
$D\cdot t_s$		(mm^2)	
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	193.80
補強を要しない穴の最大径		(mm)	193.80
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
胴の外径	D	(mm)	2064.00
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)	[redacted]
K			[redacted]
$D\cdot t_s$		(mm^2)	[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))

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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
胴の外径	D	(mm)	2032.00
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			—
$d_{r1}=(D-2\cdot t_s)/4$		(mm)	
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	
K			
$D\cdot t_s$		(mm^2)	
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	113.45
補強を要しない穴の最大径		(mm)	113.45
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-3230(2)

鏡板名称			(4) 管側鏡板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	2032.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
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)	
K			
$D\cdot t_c$		(mm^2)	
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	175.19
補強を要しない穴の最大径		(mm)	175.19
評価：補強の計算を要する穴の名称			マンホール(2.7(5))

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			SGV480
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	518.00
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	6.53
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	610.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	12.00
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)	225.0
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)	
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　　ｄｊ　　(mm)	666.67
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)	
溶接部にかかる荷重　　W_2　　(N)	
溶接部の負うべき荷重　　W　　(N)	
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。	

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(1) R1

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			SGV480
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	518.00
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	6.53
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	610.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	12.00
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)	225.0
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)	

評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。

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)	666.67
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　　　W₁ (N)	
溶接部にかかる荷重　　　W₂ (N)	
溶接部の負うべき荷重　　W (N)	
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			(3) 胴側入口
胴板材料			SGV480
管台材料			STS410-S
最高使用圧力	Ｐ	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	457.20
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.50
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)	[redacted]
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)	457.20
溶接寸法	L_1	(mm)	13.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	[redacted]
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	[redacted]
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	169.0
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	[redacted]
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	d j	(mm)	666.67
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)	
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	
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			SGV480
管台材料			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	457.20
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.50
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)	
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)	457.20
溶接寸法	L_1	(mm)	13.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	[redacted]
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)	169.0
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	[redacted]
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	d_j	(mm)	666.67
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)	
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	
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-3240

参照附図　WELD－３３

部材名称			(5) マンホール
鏡板材料			SGV480
管台材料			SFVC2B
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	120
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	635.89
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
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半径	R	(mm)	2000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	6.51
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)	
管台の外径	D_{on}	(mm)	635.89
溶接寸法	L_1	(mm)	13.00
鏡板の有効補強面積	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)	169.0
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			
$X_1 = X_2$でない場合の確認			
穴の補強に必要な面積	A_{rD}	(mm^2)	
鏡板の有効補強面積	A_{1D}	(mm^2)	
管台の有効補強面積	A_{2D}	(mm^2)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_{3D}	(mm^2)	84.50
補強に有効な総面積	A_{0D}	(mm^2)	
評価：$A_{0D} \geqq A_{rD}$，よって十分である。			

注記＊：X_1，X_2は構造上取り得る範囲とした。

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(1) R1

部材名称	(5) 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)	666.67
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)	
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)	55
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)	84
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)	7.168×10^{5}
突合せ溶接部の引張力　W_{e6}　(N)	
突合せ溶接部の引張力　W_{e7}　(N)	
管台のせん断力　W_{e10}　(N)	5.783×10^{6}
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp1}　(N)	1.751×10^{6}
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp2}　(N)	6.500×10^{6}
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp3}　(N)	1.035×10^{6}
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$ 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				SGV480	
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)	―	
ガスケット座面の形状				―	
最高使用圧力		P	(MPa)	0.78	
許容引張応力	温度条件		(℃)	最高使用温度（使用状態）(50)	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)	2230.00	
フランジの内径		B	(mm)	2000.00	
ボルト中心円の直径		C	(mm)	2160.00	
ガスケット有効径		G	(mm)	2100.00	
ハブ先端の厚さ		g_0	(mm)	16.00	
フランジ背面のハブの厚さ		g_1	(mm)	41.00	
ハブの長さ		h	(mm)	100.00	
ボルト呼び				M24	
ボルト本数		n		60	
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752	
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	―	
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	―	
ガスケット係数		m		―	
最小設計締付圧力		y	(N/mm²)	―	
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)	2.702×10^6	
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)	2.702×10^6	
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}	(mm²)	1.452×10^4	
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm²)	―	
	いずれか大きい値	A_m	(mm²)	1.452×10^4	
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm²)	2.029×10^4	
評価：$A_b > A_m$，よって十分である。					

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(1) R1

フランジ名称				(1) 管側フランジ
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	2.702×10^{6}
	ガスケット締付時	W_g	(N)	3.238×10^{6}
距離		R	(mm)	39.00
荷重			(N)	$H_D=$ 2.450×10^{6}
				$H_G=$ —
				$H_T=$ 2.512×10^{5}
モーメントアーム			(mm)	$h_D=$ 59.50
				$h_G=$ 30.00
				$h_T=$ 55.00
モーメント			(N·mm)	$M_D=$ 1.458×10^{8}
				$M_G=$ —
				$M_T=$ 1.381×10^{7}
フランジに作用するモーメント	使用状態		(N·mm)	$M_o=$ 1.596×10^{8}
	ガスケット締付時		(N·mm)	$M_g=$ 9.714×10^{7}
形状係数		h_o	(mm)	178.89
係数		h/h_o		0.5590
係数		g_1/g_0		2.5625
ハブ応力修正係数		f		1.7812
係数		F		0.8008
係数		V		0.1656
フランジの内外径の比		K		1.1150
係数		T		1.8718
係数		U		19.5880
係数		Y		17.8251
係数		Z		9.2228
係数		d	(mm^3)	5.4161×10^{6}
係数		e	(mm^{-1})	4.4766×10^{-3}
フランジの厚さ		t	(mm)	50.00
係数		L		0.6769

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		125	$1.5\cdot\sigma_f=$ 180
					$2.5\cdot\sigma_n=$ 300
フランジの半径方向応力		σ_R		62	$\sigma_f=$ 120
フランジの周方向応力		σ_T		5	$\sigma_f=$ 120
組合せ応力	$(\sigma_H+\sigma_R)/2$			93	$\sigma_f=$ 120
	$(\sigma_H+\sigma_T)/2$			65	$\sigma_f=$ 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		76	$1.5\cdot\sigma_{fa}=$ 180
					$2.5\cdot\sigma_{na}=$ 300
フランジの半径方向応力		σ_R		38	$\sigma_{fa}=$ 120
フランジの周方向応力		σ_T		3	$\sigma_{fa}=$ 120
組合せ応力	$(\sigma_H+\sigma_R)/2$			57	$\sigma_{fa}=$ 120
	$(\sigma_H+\sigma_T)/2$			40	$\sigma_{fa}=$ 120

応力の評価：

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

以上より十分である。

(2) 本計算書は，以下の原子炉補機冷却水系熱交換器の強度計算を行うものである。

原子炉補機冷却水系熱交換器Ｃ系

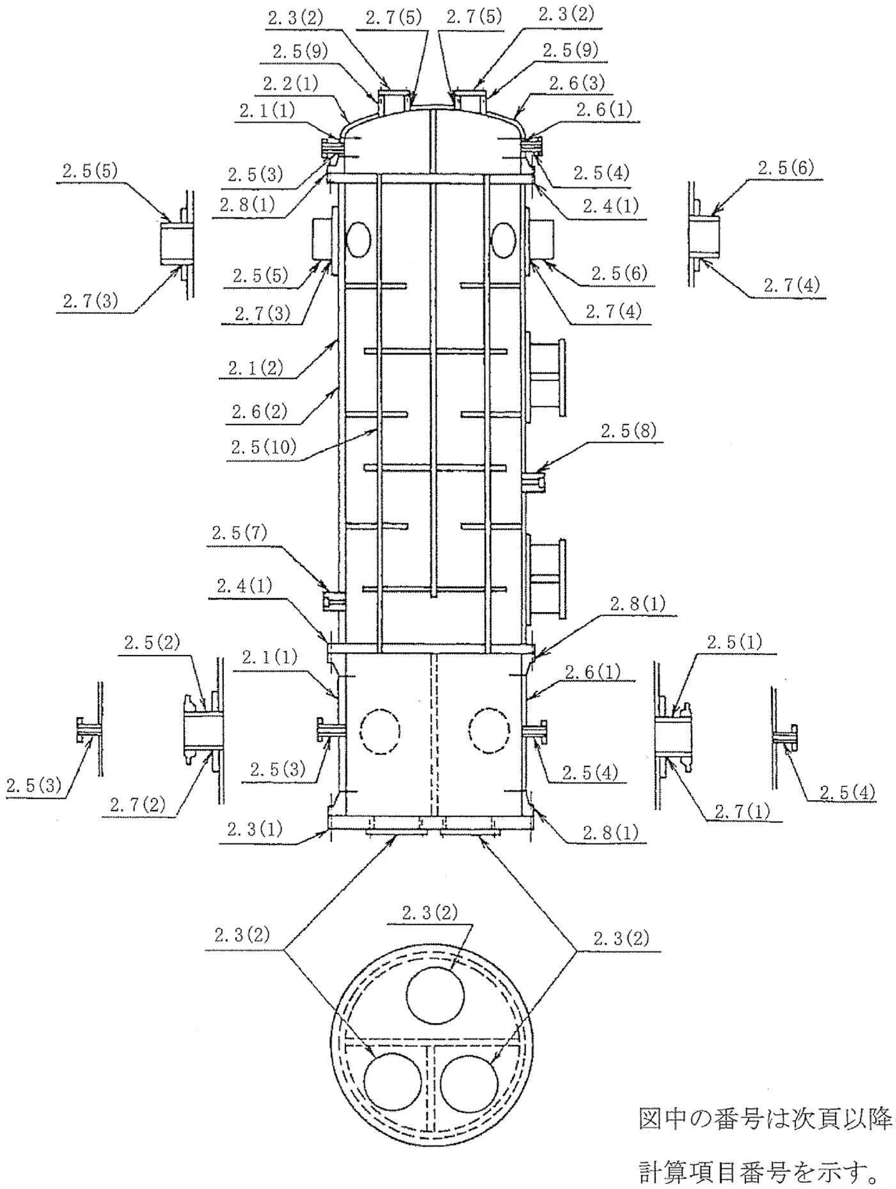
目　　次

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(2) R1

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)	管側	0.78
	胴側	1.37
最高使用温度(℃)	管側	50
	胴側	70

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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の内径	D_i	(mm)	2000.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	9.34
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	9.34
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	16.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(2) R1

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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
胴の内径	D_i	(mm)	2000.00
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)	11.50
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	11.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	16.00
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	D_{oc}	(mm)	2032.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	2000.00
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	200.00
$3 \cdot t_{co}$		(mm)	48.00
$0.06 \cdot D_{oc}$		(mm)	121.92
評価：$D_{oc} \geqq R$，$r \geqq 3 \cdot t_{co}$，$r \geqq 0.06 \cdot D_{oc}$，$r \geqq 50$mm，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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の内径	D_i	(mm)	2000.00
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)	6.53
必要厚さ	t_2	(mm)	10.02
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	10.02
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	16.00
最小厚さ	t_c	(mm)	
評価：$t_c \geqq t$，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			有り
平板の径	d	(mm)	2100.00
穴の径	dｈ	(mm)	1377.24
評価：dｈ ＞ d/2，よって「基本方針」2.8(3)d．により計算を行い，穴の補強計算は行わない。			

（ロ）告示第５０１号第34条第１項及び設計・建設規格 PVC-3320

（ＪＩＳ Ｂ ８２６５ 附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(1) 管側平板
平板材料				SGV480
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)	—
ガスケット座面の形状				—
最高使用圧力		P	(MPa)	0.78
最高使用温度			(℃)	50
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℃)	Sａ	(MPa)	186
	最高使用温度(使用状態)	Sｂ	(MPa)	186
ボルト中心円の直径		C	(mm)	2160.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		60
ボルト谷径		dｂ	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		Aｂ	(mm^2)	2.029×10^4
ガスケット接触面の外径		Gｓ	(mm)	—
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	—
ガスケット係数		m		—
最小設計締付圧力		y	(N/mm^2)	—
ガスケット座の基本幅		bｏ	(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)	2100.00
内圧による全荷重		W＝H	(N)	2.702×10^6
使用状態での最小ボルト荷重		Wｍ１	(N)	2.702×10^6
ガスケット締付最小ボルト荷重		Wｍ２	(N)	—
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	Aｍ１	(mm^2)	1.452×10^4
	ガスケット締付時	Aｍ２	(mm^2)	—
	いずれか大きい値	Aｍ	(mm^2)	1.452×10^4
ボルト荷重	使用状態	Wｏ	(N)	2.702×10^6
	ガスケット締付時	Wｇ	(N)	3.238×10^6
	いずれか大きい値	F	(N)	3.238×10^6
モーメントアーム		hｇ	(mm)	30.00
取付け方法による係数		K		0.32
必要厚さ		t	(mm)	144.55
呼び厚さ		tｐｏ	(mm)	160.00
最小厚さ		tｐ	(mm)	
評価：tｐ≧t，よって十分である。				

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	(2) マンホールカバー
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項及び設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ Ｂ ８２６５ 附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(2) マンホールカバー
平板材料				SGV480
ボルト材料				SS400（直径16mm超え40mm以下）
ガスケット材料				ゴムシート(スプリング硬さ(JIS A)７５未満)
ガスケット厚さ			(mm)	3.0
ガスケット座面の形状				1a-II
最高使用圧力		P	(MPa)	0.78
最高使用温度			(℃)	50
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)	59
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	59
ボルト中心円の直径		C	(mm)	565.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		20
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)	6.765×10^3
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	530.00
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	20.00
ガスケット係数		m		0.50
最小設計締付圧力		y	(N/mm^2)	—
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	10.00
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	7.97
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	514.06
内圧による全荷重		W＝H	(N)	1.619×10^5
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	1.719×10^5
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)	2.914×10^3
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	—
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	2.914×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	1.719×10^5
	ガスケット締付時	W_g	(N)	2.855×10^5
	いずれか大きい値	F	(N)	2.855×10^5
モーメントアーム		h_g	(mm)	25.47
取付け方法による係数		K		0.42
必要厚さ		t	(mm)	26.94
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	35.00
最小厚さ		t_p	(mm)	
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

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)	
必要な距離	z	(mm)	
管穴の中心間距離	P_t	(mm)	25.00
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
パッキンの中心円の径又は胴の内径	D	(mm)	2000.00
胴の厚さ	t_s	(mm)	
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＝　　）
任意の管の中心が囲む面積	A	(mm^2)	2.716×10^6
面積Aの周のうち穴の径以外の部分の長さ	L	(mm)	1708.40
許容引張応力	S	(MPa)	120
必要厚さ	t_1	(mm)	106.85
必要厚さ	t_2	(mm)	21.35
t_1，t_2，10の大きい値	t	(mm)	106.85
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	129.00 *
最小厚さ	t_b	(mm)	
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	508.00
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)	1.92
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)	26.20
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(2) R1

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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	508.00
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)	1.92
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)	26.20
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			(3) 管側ベント
材料			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	0.13
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	0.19
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)	5.10
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(2) R1

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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
管台の外径	D_o	(mm)	355.60
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)	2.36
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)	11.10
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			STS410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
管台の外径	D_o	(mm)	355.60
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)	2.36
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)	11.10
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		(℃)	70
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。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-1(2) R1

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		(℃)	70
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) マンホール
材料			SFVC2B
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	620.00
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)	2.01
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)	81.50
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			(10) 伝熱管
材料			C6870T-O
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
外面に受ける最高の圧力	P_e	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	0.10
必要厚さ	t_2	(mm)	0.55
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	0.55
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の外径	D	(mm)	2032.00
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)	[redacted]
K			[redacted]
$D\cdot t_s$		(mm^2)	[redacted]
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	193.80
補強を要しない穴の最大径		(mm)	193.80
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			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
胴の外径	D	(mm)	2032.00
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			—
$d_{r1}=(D-2\cdot t_s)/4$		(mm)	
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	
K			
$D\cdot t_s$		(mm^2)	
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	113.45
補強を要しない穴の最大径		(mm)	113.45
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))

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) 管側鏡板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	2032.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
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)	
K			
$D\cdot t_c$		(mm^2)	
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	175.19
補強を要しない穴の最大径		(mm)	175.19
評価：補強の計算を要する穴の名称			マンホール(2.7(5))

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			SGV480
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	518.00
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	6.53
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	610.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	12.00
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)	225.0
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)	

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)	666.67
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)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	[redacted]
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	[redacted]
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－１６

部材名称			(2) 管側出口
胴板材料			SGV480
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	518.00
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	6.53
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	610.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	12.00
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)	225.0
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)	
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

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	ｄｊ	(mm)	666.67
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)	
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	
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－１６

部材名称			(3) 胴側入口
胴板材料			SGV480
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	Ｐ	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	365.60
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.50
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	(mm²)	
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	560.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	355.60
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	8.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm²)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm²)	145.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm²)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm²)	

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	d_j	(mm)	666.67
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)	
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)	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)	2.775×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	3.885×10^5
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.877×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(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)	3.231×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	1.603×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	1.070×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	1.239×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	8.992×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.363×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	6.006×10^5
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			(4) 胴側出口
胴板材料			SGV480
管台材料			STS410-S
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	70
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)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	365.60
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)	2000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.50
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	560.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	355.60
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_2	(mm)	8.00
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)	145.0
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)	

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	d_j	(mm)	666.67
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)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	[redacted]
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	[redacted]
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)	2.775×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	3.885×10^5
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.877×10^5
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)	3.231×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	1.603×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	1.070×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	1.239×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	8.992×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.363×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	6.006×10^5
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-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－３３

部材名称			(5) マンホール
鏡板材料			SGV480
管台材料			SFVC2B
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	120
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	635.89
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
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半径	R	(mm)	2000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	6.51
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)	
管台の外径	D_{on}	(mm)	635.89
溶接寸法	L_1	(mm)	13.00
鏡板の有効補強面積	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)	169.0
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			
$X_1 = X_2$でない場合の確認			
穴の補強に必要な面積	A_{rD}	(mm^2)	
鏡板の有効補強面積	A_{1D}	(mm^2)	
管台の有効補強面積	A_{2D}	(mm^2)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_{3D}	(mm^2)	84.50
補強に有効な総面積	A_{0D}	(mm^2)	
評価：$A_{0D} \geqq A_{rD}$，よって十分である。			

注記＊：X_1，X_2は構造上取り得る範囲とした。

部材名称	(5) 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)	666.67
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)	
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)	55
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)	84
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)	7.168×10^5
突合せ溶接部の引張力　W_{e6}　(N)	
突合せ溶接部の引張力　W_{e7}　(N)	
管台のせん断力　W_{e10}　(N)	5.783×10^6
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp1}　(N)	1.751×10^6
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp2}　(N)	6.500×10^6
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp3}　(N)	1.035×10^6
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$ 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				SGV480	
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)	—	
ガスケット座面の形状				—	
最高使用圧力		P	(MPa)	0.78	
許容引張応力	温度条件		(℃)	最高使用温度（使用状態）(50)	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)	2230.00	
フランジの内径		B	(mm)	2000.00	
ボルト中心円の直径		C	(mm)	2160.00	
ガスケット有効径		G	(mm)	2100.00	
ハブ先端の厚さ		g_o	(mm)	16.00	
フランジ背面のハブの厚さ		g_1	(mm)	41.00	
ハブの長さ		h	(mm)	100.00	
ボルト呼び				M24	
ボルト本数		n		60	
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752	
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	—	
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	—	
ガスケット係数		m		—	
最小設計締付圧力		y	(N/mm^2)	—	
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)	2.702×10^6	
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)	2.702×10^6	
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)	1.452×10^4	
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	—	
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	1.452×10^4	
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	2.029×10^4	
評価：$A_b > A_m$，よって十分である。					

フランジ名称				(1) 管側フランジ
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	2.702×10^{6}
	ガスケット締付時	W_g	(N)	3.238×10^{6}
距離		R	(mm)	39.00
荷重			(N)	$H_D=$ 2.450×10^{6}
				$H_G=$ —
				$H_T=$ 2.512×10^{5}
モーメントアーム			(mm)	$h_D=$ 59.50
				$h_G=$ 30.00
				$h_T=$ 55.00
モーメント			(N·mm)	$M_D=$ 1.458×10^{8}
				$M_G=$ —
				$M_T=$ 1.381×10^{7}
フランジに作用するモーメント	使用状態		(N·mm)	$M_o=$ 1.596×10^{8}
	ガスケット締付時		(N·mm)	$M_g=$ 9.714×10^{7}
形状係数		h_o	(mm)	178.89
係数		h/h_o		0.5590
係数		g_1/g_o		2.5625
ハブ応力修正係数		f		1.7812
係数		F		0.8008
係数		V		0.1656
フランジの内外径の比		K		1.1150
係数		T		1.8718
係数		U		19.5880
係数		Y		17.8251
係数		Z		9.2228
係数		d	(mm^{3})	5.4161×10^{6}
係数		e	(mm^{-1})	4.4766×10^{-3}
フランジの厚さ		t	(mm)	50.00
係数		L		0.6769

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	125	$1.5\cdot\sigma_f=$ 180
				$2.5\cdot\sigma_n=$ 300
フランジの半径方向応力		σ_R	62	$\sigma_f=$ 120
フランジの周方向応力		σ_T	5	$\sigma_f=$ 120
組合せ応力	$(\sigma_H+\sigma_R)/2$		93	$\sigma_f=$ 120
	$(\sigma_H+\sigma_T)/2$		65	$\sigma_f=$ 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	76	$1.5\cdot\sigma_{fa}=$ 180
				$2.5\cdot\sigma_{na}=$ 300
フランジの半径方向応力		σ_R	38	$\sigma_{fa}=$ 120
フランジの周方向応力		σ_T	3	$\sigma_{fa}=$ 120
組合せ応力	$(\sigma_H+\sigma_R)/2$		57	$\sigma_{fa}=$ 120
	$(\sigma_H+\sigma_T)/2$		40	$\sigma_{fa}=$ 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。

Ⅴ-3-3-3-5-1-2　原子炉補機冷却水ポンプの強度計算書

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」及びＶ-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。

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

<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="4">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 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>原子炉補機冷却水ポンプ
(A),(B),(D),(E)</td><td>既設</td><td>有</td><td>有</td><td>Non</td><td>Non</td><td>SA-2</td><td>無</td><td>1.37</td><td>70</td><td>1.37</td><td>70</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>原子炉補機冷却水ポンプ
(C),(F)</td><td>既設</td><td>有</td><td>有</td><td>Non</td><td>Non</td><td>SA-2</td><td>無</td><td>1.37</td><td>70</td><td>1.37</td><td>70</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　ポンプ形式

うず巻ポンプであって，ケーシングが軸平行割り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。

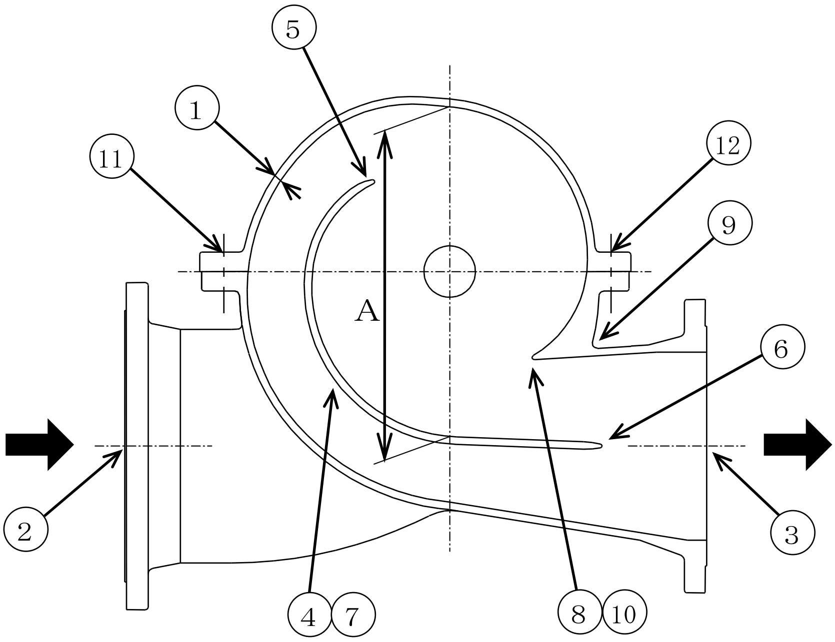


図1－1　概要図

1.3　設計条件

設計条件	原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)
最高使用圧力(MPa)	1.37	1.37
最高使用温度(℃)	70	70

2.　強度計算

2.1　ケーシングの厚さ

設計・建設規格　PMC-3320

機器名称	計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	①		1.37		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	①		1.37		

t (mm)	t_{so} (mm)	t_s (mm)
6.0	20.0	
5.3	16.9	

評価：$t_s \geqq t$，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）

機器名称	計算部位	r_i	r_m	ℓ	t	$t_{\ell o}$	t_ℓ
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	②	190.0	193.0	16.9	6.0		
	③	150.0	153.0	15.1	6.0		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	②	175.0	177.6	15.3	5.3		
	③	125.0	127.6	12.9	5.3		

評価：$t_\ell \geqq t$，よって十分である。

2.3　ケーシングの各部形状

(1)　分流壁の厚さ

設計・建設規格　PMC-3340(1)　　(単位：mm)

機器名称	計算部位	t_1	t_{1so}	t_{1s}
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	④	4.2		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	④	3.7		

評価：$t_{1s} \geqq t_1$，よって十分である。

(2)　分流壁の両端の丸みの半径

設計・建設規格　PMC-3340(2)　　(単位：mm)

機器名称	計算部位	r_1	r_{1so}	r_{1s}
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	⑤	0.3		
	⑥	0.3		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	⑤	0.3		
	⑥	0.3		

評価：$r_{1s} \geqq r_1$，よって十分である。

(3)　分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの半径

告示第５０１号第77条第7項第3号　　(単位：mm)

機器名称	計算部位	r_2	r_{2so}	r_{2s}
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	⑦	7.0		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	⑦	7.0		

評価：$r_{2s} \geqq r_2$，よって十分である。

(4)　ボリュート巻始めの丸みの半径

設計・建設規格　PMC-3340(4)　(単位：mm)

機器名称	計算部位	r_3	r_{3so}	r_{3s}
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	⑧	0.3		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	⑧	0.3		

評価：$r_{3s} \geqq r_3$，よって十分である。

(5) クロッチの丸みの半径

設計・建設規格　PMC-3340(5)　(単位：mm)

機器名称	計算部位	r_4	r_{4so}	r_{4s}
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	⑨	1.8		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	⑨	1.6		

評価：$r_{4s} \geqq r_4$，よって十分である。

(6) ボリュ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半径

告示第５０１号第77条第7項第6号　(単位：mm)

機器名称	計算部位	r_5	r_{5so}	r_{5s}
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	⑩	7.0		
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	⑩	7.0		

評価：$r_{5s} \geqq r_5$，よって十分である。

2.4　ボルトの平均引張応力

設計・建設規格　PMC-3510

機器名称	計算部位	材料	P (MPa)	S_b (MPa)	d_b (mm)	n_i	A_b (mm²)
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	⑪		1.37				
	⑫		1.37				
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	⑪		1.37				
	⑫		1.37				

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット座面形状	A_v (mm²)	W (N)	σ (MPa)
セルフシールガスケット（ゴム）	―	―			31
セルフシールガスケット（ゴム）	―	―			32
セルフシールガスケット（ゴム）	―	―			42
セルフシールガスケット（ゴム）	―	―			52

評価：$\sigma \leqq S_b$，よって十分である。

Ⅴ-3-3-3-5-1-3　原子炉補機冷却海水ポンプの強度計算書

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」及びＶ-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。

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(℃)					
原子炉補機冷却海水ポンプ	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	0.78	50	0.78	50	―	S55告示	設計・建設規格（同等性*）又は告示	a.(b)	SA-2

注記＊：ケーシングの厚さの計算においてクラス３ポンプの軸垂直割りケーシングをもった1段立形ポンプの規定を準用する。

目　　次

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

ターボポンプであって，軸垂直割りケーシングをもった1段の立形ポンプに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

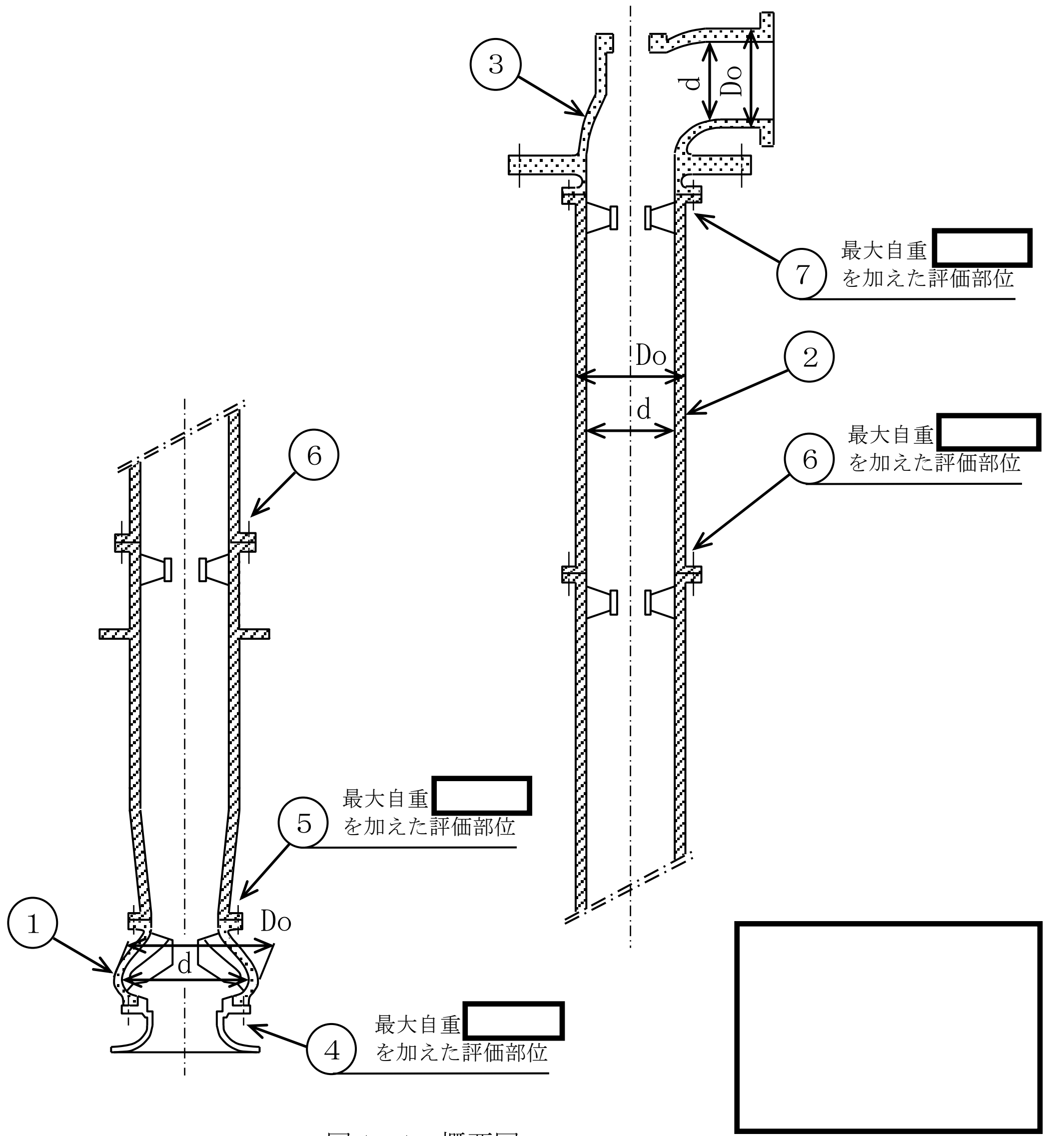


図１－１　概要図

1.3 設計条件

設計条件	
最高使用圧力(MPa)	0.78
最高使用温度(℃)	50

2.　強度計算

2.1　ケーシングの厚さ

設計・建設規格　PMD-3310

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	Ｄｏ (mm)	継手の種類	放射線透過試験の有無
①		0.78			継手無し	―
②		0.78			突合せ片側溶接	
③		0.78			継手無し	―

η	y	d (mm)	t (mm)	t_{so} (mm)	t_s (mm)
1.00	0.4		3.7		
0.60	0.4		3.1		
1.00	0.4		2.5		

評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。

2.2　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)
④		0.78				
⑤		0.78				
⑥		0.78				
⑦		0.78				

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)
セルフシールガスケット (ゴム)	—	—	—	—	
セルフシールガスケット (ゴム)	—	—	—	—	
セルフシールガスケット (ゴム)	—	—	—	—	
セルフシールガスケット (ゴム)	—	—	—	—	

H (N)	H_p (N)	W_{m1} (N)	W_{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)
	—		0		48
	—		0		31
	—		0		34
	—		0		30

評価：$\sigma \leqq S_b$，よって十分である。

Ⅴ-3-3-3-5-1-4　原子炉補機冷却水系サージタンクの強度計算書

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

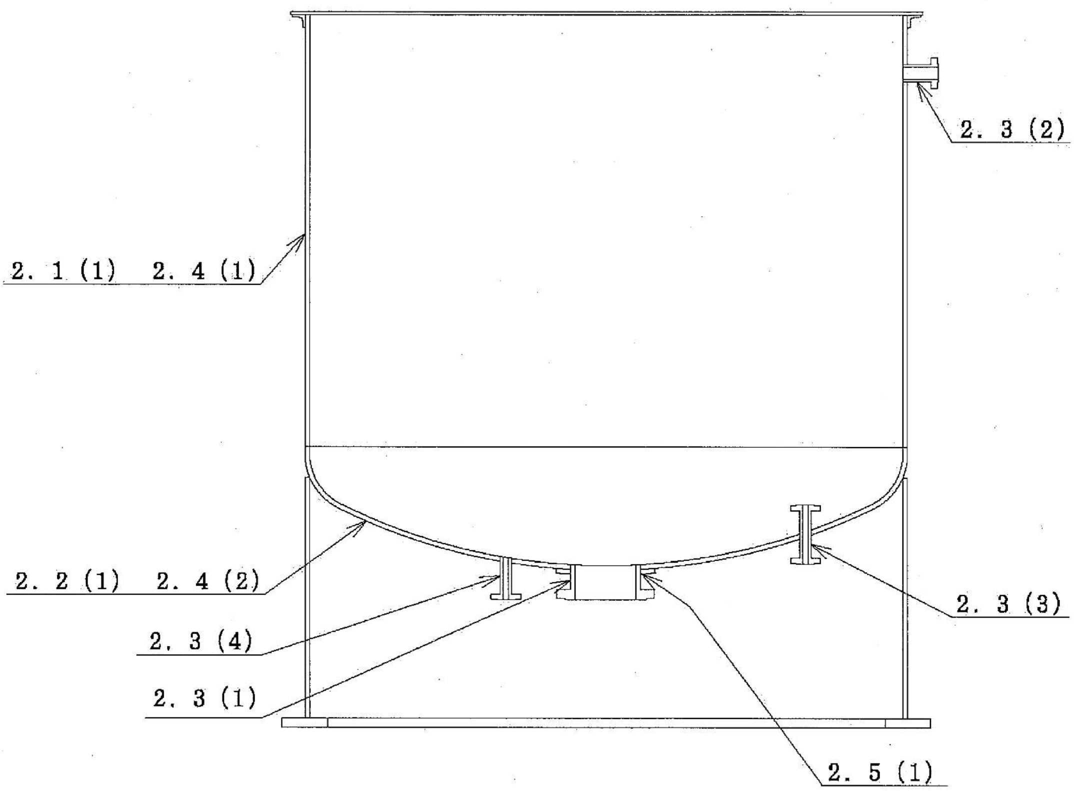
機器名	既設 or 新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
原子炉補機冷却水系サージタンク	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	70	静水頭	70	―	S55告示	設計・建設規格又は告示	―	SA-2

目　次

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)	静水頭
最高使用温度 (℃)	70
液体の比重	1.00

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) 胴板
材料			SM400A
水頭	H	(m)	2.9500
最高使用温度		(℃)	70
胴の内径	D_i	(m)	3.00
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	0.62
必要厚さ	t_3	(mm)	—
t_1, t_2, t_3の大きい値	t	(mm)	3.00
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

2.2　開放タンクの底板の厚さの計算

（イ）設計・建設規格 PVC-3960

底板の形状

底板名称			(1) 鏡板
鏡板の外径	D_{oc}	(mm)	3024.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3000.00
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	300.00
$3 \cdot t_{co}$		(mm)	36.00
$0.06 \cdot D_{oc}$		(mm)	181.44
評価：$D_{oc} \geqq R$，$r \geqq 3 \cdot t_{co}$，$r \geqq 0.06 \cdot D_{oc}$，$r \geqq$ 50mm，よってさら形鏡板である。			

（ロ）設計・建設規格 PVC-3970

底板の厚さ

底板名称			(1) 鏡板
材料			SM400A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.03
最高使用温度		(℃)	70
胴の内径	D_i	(mm)	3000.00
さら形鏡板の形状による係数	W		1.54
許容引張応力	S	(MPa)	100
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)	0.44
必要厚さ	t_2	(mm)	0.67
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	0.67
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_c	(mm)	
評価：$t_c \geqq t$，よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-4 R1

2.3　開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(1) 流体出口
材料			STPT410-S
水頭	H	(m)	2.9500
最高使用温度		(℃)	70
管台の内径	D_i	(m)	0.3334
液体の比重	ρ		1.00
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)	0.05
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	11.10
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(2) オーバフロー
材料			STPT410-S
水頭	H	(m)	2.9500
最高使用温度		(℃)	70
管台の内径	D_i	(m)	0.0781
液体の比重	ρ		1.00
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)	0.01
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	5.50
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(3) 液位発信器
材料			STPT410-S
水頭	H	(m)	2.9500
最高使用温度		(℃)	70
管台の内径	D_i	(m)	0.0250
液体の比重	ρ		1.00
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)	0.01
必要厚さ	t_2	(mm)	1.70
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	4.50
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

開放タンクの管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3980

管台名称			(4) 撹拌用
材料			STPT410-S
水頭	H	(m)	2.9500
最高使用温度		(℃)	70
管台の内径	D_i	(m)	0.0250
液体の比重	ρ		1.00
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)	0.01
必要厚さ	t_2	(mm)	1.70
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	4.50
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.4 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 PVC-3940(2)

胴板名称	(1) 胴板
評価：補強の計算を要する85mmを超える穴の名称	無し

K7 ① V-3-3-3-5-1-4 R1

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 PVC-3940(2)使用

底板名称	(2) 鏡板
評価：補強の計算を要する85mmを超える穴の名称	流体出口(2.5(1))

2.5 開放タンクの穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3240使用

参照附図　ＷＥＬＤ－４２

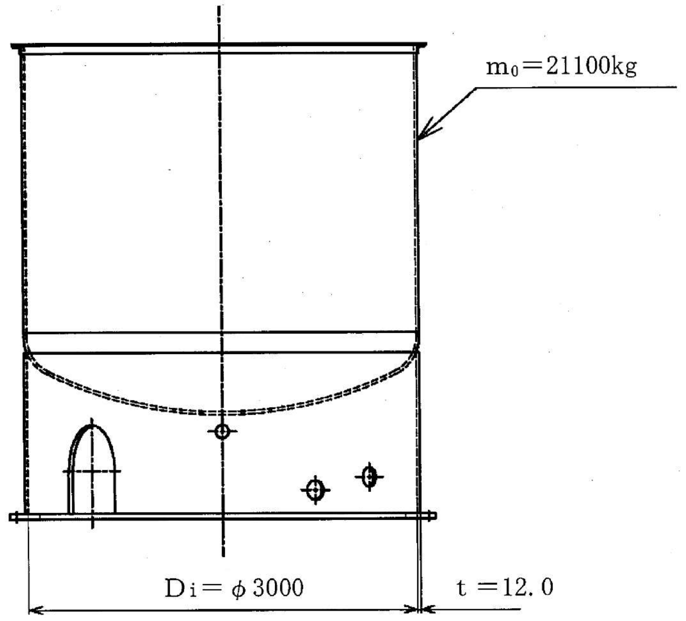
部材名称			(1) 流体出口
鏡板材料			SM400A
管台材料			STPT410-S
強め板材料			SM400A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.03
最高使用温度		(℃)	70
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	103
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内半径	R	(mm)	3000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	0.44
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)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	500.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	355.60
溶接寸法	L_1	(mm)	
溶接寸法	L_2	(mm)	
鏡板の有効補強面積	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)	
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

部材名称			(1) 流体出口
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：$d \leqq d_j$，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)	
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	
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。			

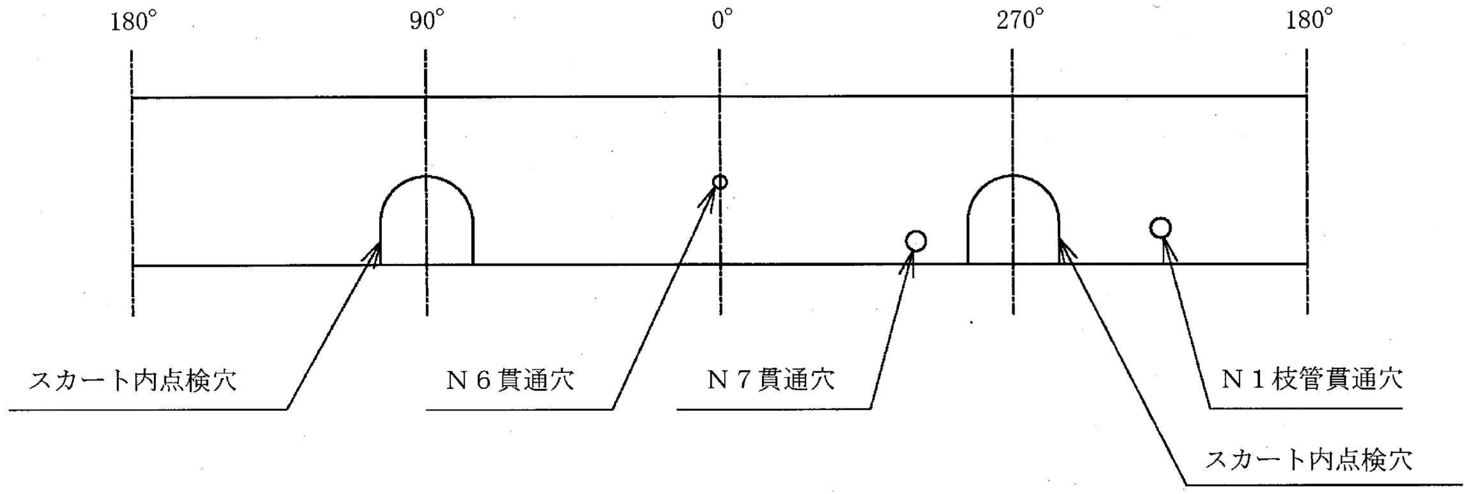
2.6　支持構造物の強度計算書

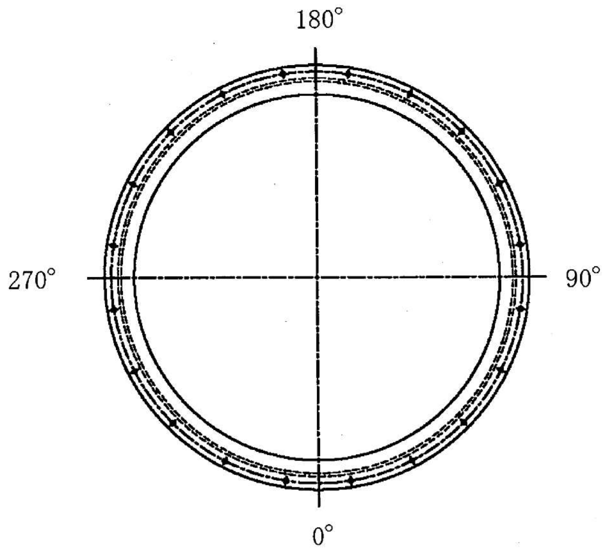
(1)　一次圧縮応力評価

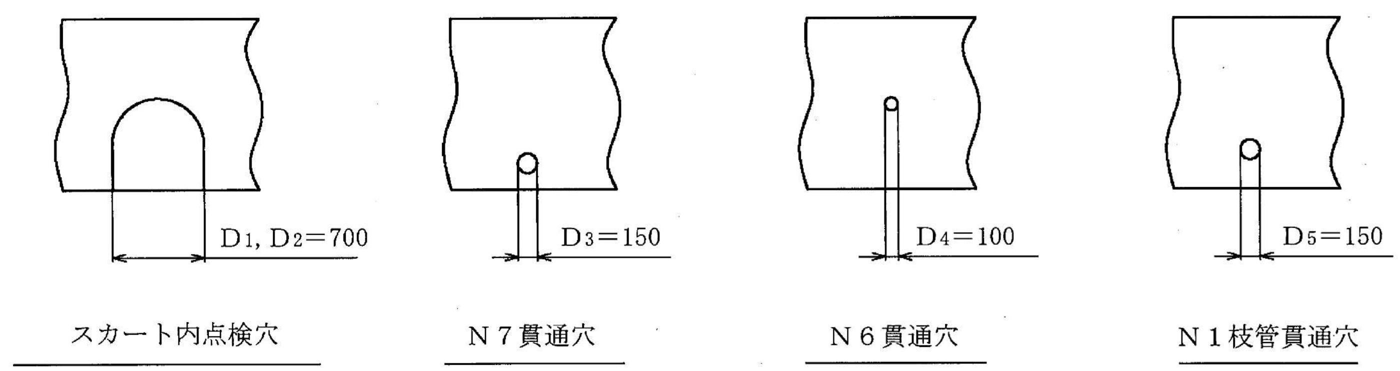
種類	脚本数	材料	最高使用温度 (℃)	F値 (MPa)	鉛直荷重 F_C (N)	断面積 A (mm^2)	一次圧縮応力 σ_c (MPa)	許容圧縮応力 f_c (MPa)	評価
スカート支持 たて置円筒形容器	—	SM400A (板厚16mm以下)	50						σ_cはf_c以下であるので，支持構造物の強度は十分である。



スカートの穴径に関する情報
（代表として，原子炉補機冷却水系サージタンクＡの穴配置を示す。）







（単位：mm）

原子炉補機冷却水系サージタンク　支持構造物の強度計算説明図

Ⅴ-3-3-3-5-1-5　原子炉補機冷却海水系ストレーナの強度計算書

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」及びⅤ-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，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

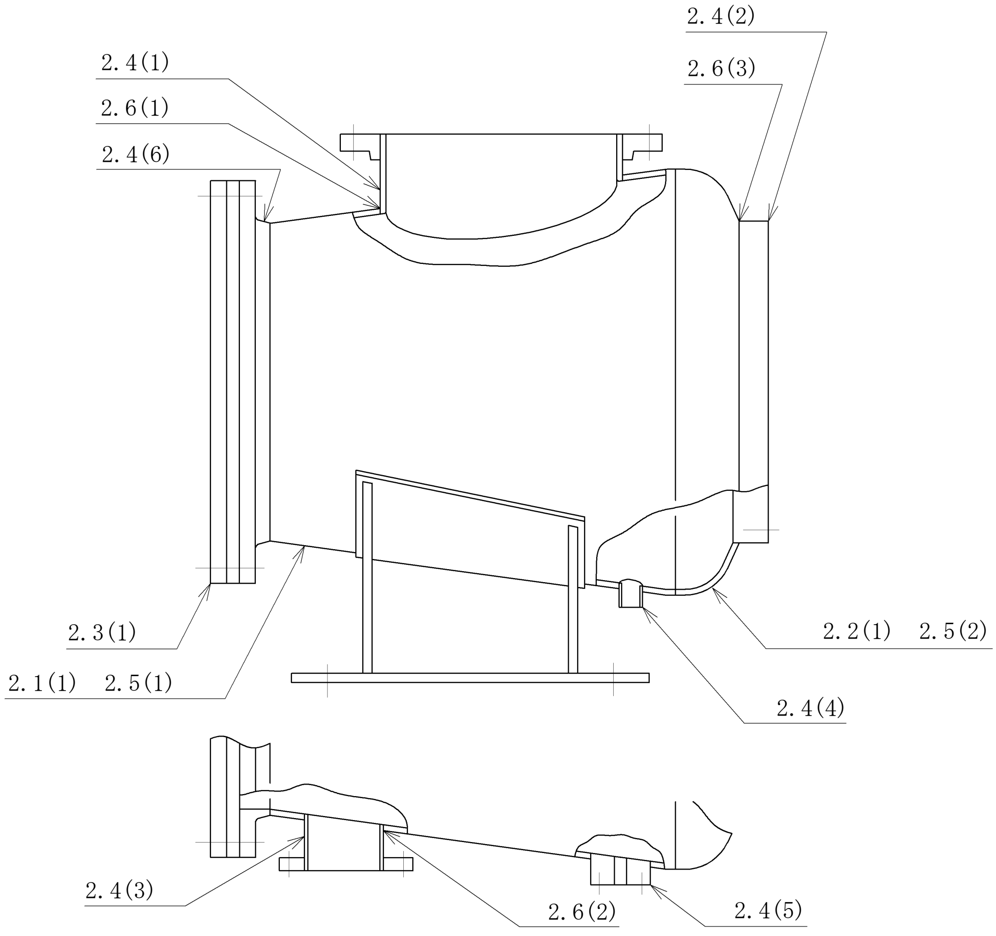
機器名	既設 or 新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	0.78	50	0.78	50	―	S55告示	設計・建設規格又は告示	―	SA-2

目　　次

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)	0.78
最高使用温度(℃)	50

2.　強度計算

2.1　容器の胴の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格　PVC-3111

胴の形状

胴板名称			(1)　胴板
円すい形の胴の形状			図(ｄ)
円すいの頂角の1／2	θ	(°)	7.8
評価：θ≦30°，よって円すい形の胴である。			

（ロ）　設計・建設規格　PVC-3120

胴の厚さ

胴板名称			(1)　胴板
材料			SM400C
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴大径端側の内径	D_O	(mm)	870.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	4.93
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	4.93
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：t_s≧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）　鏡板
鏡板の外径	D_{oc}	(mm)	894.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	870.00
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	87.00
$3 \cdot t_{co}$		(mm)	36.00
$0.06 \cdot D_{oc}$		(mm)	53.64
評価：$D_{oc} \geqq R$，$r \geqq 3 \cdot t_{co}$，$r \geqq 0.06 \cdot D_{oc}$，$r \geqq 50$mm，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）　鏡板
材料			SM400C
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の内径	D_i	(mm)	870.00
さら形鏡板の形状による係数	W		1.54
許容引張応力	S	(MPa)	100
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)	3.41
必要厚さ	t_2	(mm)	5.24
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	5.24
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_c	(mm)	
評価：$t_c \geqq t$，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)　平板
平板の取付け方法	（ａ）
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)　平板
材料			SM400C
最高使用圧力	Ｐ	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
許容引張応力	Ｓ	(MPa)	100
取付け方法による係数	Ｋ		0.20
平板の径	ｄ	(mm)	780.00
必要厚さ	ｔ	(mm)	30.81
呼び厚さ	$ｔ_{ｐｏ}$	(mm)	36.00
最小厚さ	$ｔ_{ｐ}$	(mm)	
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)　海水入口
材料			SM400C
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	508.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	2.82
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)	12.00
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)　海水出口
材料			SF440A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	675.00
許容引張応力	S	(MPa)	110
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)	2.39
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)	67.50
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			(3)　洗浄水出口
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	165.20
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)	0.63
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)	7.10
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-5 R1

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称			(4)　ドレン
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
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)	0.19
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)	5.10
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)　差圧計用
材料			SF440A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	125.00
許容引張応力	S	(MPa)	110
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)	0.45
必要厚さ	t_3	(mm)	3.40
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	3.40
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	50.00
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)　マンホール
材料			SF440A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
管台の外径	D_o	(mm)	660.40
許容引張応力	S	(MPa)	110
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)	2.34
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)	12.00
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-5-1-5 R1

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			SM400C
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴の外径	D	(mm)	894.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
円すいの頂角の1／2	θ	(°)	7.8
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			
$D\cdot t_s$		(mm²)	
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	137.48
補強を要しない穴の最大径		(mm)	137.48
評価：補強の計算を要する穴の名称			海水入口(2.6(1)) 洗浄水出口(2.6(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-3230(2)

鏡板名称			(2)　鏡板
材料			SM400C
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	894.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
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)	127.54
補強を要しない穴の最大径		(mm)	127.54
評価：補強の計算を要する穴の名称			海水出口(2.6(3))

2.6　容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－５

部材名称			(1)　海水入口
胴板材料			SM400C
管台材料			SM400C
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	512.74
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)	870.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.44
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)	
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
溶接寸法	L_4	(mm)	10.00
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)	81.00
補強に有効な総面積積	A_0	(mm^2)	2.586×10^3
評価：$A_0>A_r$，よって十分である。			

注記＊：X_1，X_2は構造上取り得る範囲とした。

部材名称	(1)　海水入口
$X_1 = X_2$でない場合の確認	
穴の補強に必要な面積　A_{rD}　(mm²)	848.7
胴板の有効補強面積　A_{1D}　(mm²)	
管台の有効補強面積　A_{2D}　(mm²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積　A_{3D}　(mm²)	40.50
補強に有効な総面積　A_{0D}　(mm²)	933.8
評価：$A_{0D} \geqq A_{rD}$，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)	435.00
評価：$d > d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要である。	
補強の有効範囲　X_{j1}　(mm)	
補強の有効範囲　X_{j2}　(mm)	
補強の有効範囲　X_j　(mm)	
穴の補強に必要な面積　A_{jr}　(mm²)	
胴板の有効補強面積　A_{j1}　(mm²)	
管台の有効補強面積　A_{j2}　(mm²)	
すみ肉溶接部の有効補強面積　A_{j3}　(mm²)	81.00
補強に有効な補強総面積　A_{j0}　(mm²)	1.788×10^3
評価：$A_{j0} \geqq A_{jr}$，よって十分である。	
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)	
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。	

注記＊：X_{j1}は構造上取り得る範囲とした。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－５

部材名称			(2)　洗浄水出口
胴板材料			SM400C
管台材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
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)	166.74
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)	870.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.44
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)	
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	7.00
溶接寸法	L_4	(mm)	10.00
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)	49.00
補強に有効な総面積積	A_0	(mm^2)	1.076×10^3
評価：$A_0>A_r$，よって十分である。			

注記＊：X_2は構造上取り得る範囲とした。

部材名称			(2)　洗浄水出口
Ｘ$_{1}$＝Ｘ$_{2}$でない場合の確認			
穴の補強に必要な面積	Ａ$_{rD}$	(mm^{2})	270.5
胴板の有効補強面積	Ａ$_{1D}$	(mm^{2})	
管台の有効補強面積	Ａ$_{2D}$	(mm^{2})	
すみ肉溶接部の有効補強面積	Ａ$_{3D}$	(mm^{2})	24.50
補強に有効な総面積	Ａ$_{0D}$	(mm^{2})	531.2
評価：Ａ$_{0D}$≧Ａ$_{rD}$，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)	435.00
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)	
溶接部にかかる荷重	Ｗ$_{2}$	(N)	
溶接部の負うべき荷重	Ｗ	(N)	
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-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－３５

部材名称			(3)　海水出口
鏡板材料			SM400C
管台材料			SF440A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(℃)	50
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	110
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	675.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡の中央部における内面の半径	R	(mm)	870.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	3.40
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)	
管台の外径	D_{on}	(mm)	675.00
溶接寸法	L_1	(mm)	12.00
溶接寸法	L_4	(mm)	10.00
鏡板の有効補強面積	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)	144.0
補強に有効な総面積積	A_0	(mm^2)	3.792×10^3
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

注記＊：X_1，X_2は構造上取り得る範囲とした。

部材名称	(3)　海水出口
大きい穴の補強	
補強を要する穴の限界径　d_j　(mm)	435.00
評価：$d > d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要である。	
補強の有効範囲　X_{j1}　(mm)	
補強の有効範囲　X_{j2}　(mm)	
補強の有効範囲　X_j　(mm)	
穴の補強に必要な面積　A_{jr}　(mm^2)	
鏡板の有効補強面積　A_{j1}　(mm^2)	
管台の有効補強面積　A_{j2}　(mm^2)	
すみ肉溶接部の有効補強面積　A_{j3}　(mm^2)	144.0
補強に有効な総面積　A_{j0}　(mm^2)	3.792×10^3
評価：$A_{j0} \geqq A_{jr}$，よって十分である。	
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)	46
突合せ溶接の許容引張応力　S_{w3}　(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力　S_{w4}　(MPa)	70
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)	5.853×10^5
突合せ溶接部の引張力　W_{e6}　(N)	7.422×10^5
管台のせん断力　W_{e10}　(N)	4.345×10^6
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp1}　(N)	1.327×10^6
予想される破断箇所の強さ　W_{ebp2}　(N)	4.930×10^6
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$ 以上より十分である。	

注記＊：X_{j1}，X_{j2}は構造上取り得る範囲とした。