島根原子力発電所第２号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-005-09
提出年月日	2022 年 7 月 15 日

Ⅵ-3-3-3-3-1-1　残留熱除去系熱交換器の強度計算書

S2 補 Ⅵ-3-3-3-3-1-1 R0

2022 年 7 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

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(℃)					
残留熱除去系熱交換器	既設	有	管側	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	有	S55告示	既工認	—	SA-2
			胴側	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	85	1.37	85	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　計算条件 …… 2
2.1　計算部位 …… 2
2.2　設計条件 …… 2
3.　強度計算 …… 3
3.1　容器の胴の厚さの計算 …… 3
3.2　容器の鏡板の厚さの計算 …… 5
3.3　容器の管台の厚さの計算 …… 6
3.4　容器の補強を要しない穴の最大径の計算 …… 9
3.5　容器の穴の補強計算 …… 11

1.　概要

本計算書については，重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが，残留熱除去系熱交換器の管側は設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから，管側の評価結果については昭和60年4月27日付け59資庁第17250号にて認可された工事計画の添付書類Ⅳ-2-1-4-1「残留熱除去系熱交換器の強度計算書」による。

2. 計算条件

2.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

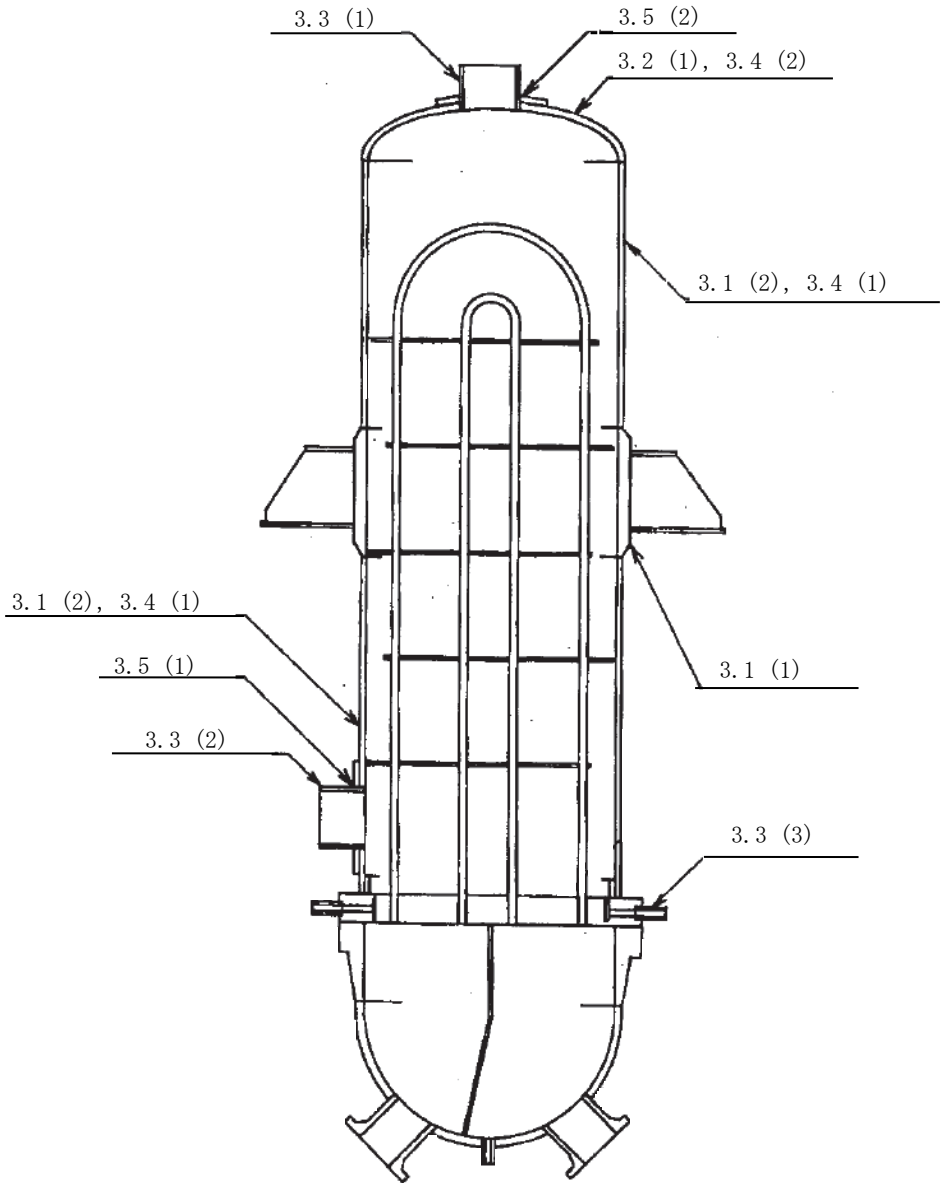

図2－1　概要図

図中の番号は次頁以降の計算項目番号を示す。

2.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	胴側	1.37
最高使用温度(℃)	胴側	85

3. 強度計算

3.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(1) 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)	1800.00
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)	10.35
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	10.35
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	38.00
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
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)	1800.00
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)	10.35
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	10.35
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	16.00
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

3.2　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) 胴側鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL}	(mm)	1800.00
鏡板の内面における短径の1／2	h	(mm)	450.00
長径と短径の比	D_{iL}／（2・h）		2.00
評価：D_{iL}／（2・h）≦2，よって半だ円形鏡板である。			

（ロ）設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称			(1) 胴側鏡板
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)	1800.00
半だ円形鏡板の形状による係数	K		1.00
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)	10.35
必要厚さ	t_2	(mm)	10.29
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	10.35
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	16.00
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t$，よって十分である。			

3.3　容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(1) 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)	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)	9.50
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
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) 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)	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)	9.50
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
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) 胴側ドレン
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)	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)	0.33
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)	[redacted]
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

3.4　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			(1) 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)	1832.00
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)	135.76
補強を要しない穴の最大径		(mm)	135.76
評価：補強の計算を要する穴の名称			胴側出口(3.5(1))

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) 胴側鏡板
材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	1832.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
鏡板の最小厚さ	t_c	(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・t_c）／4		(mm)	[redacted]
61, d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00
K			[redacted]
D・t_c		(mm^2)	[redacted]
200, d_{r2}の小さい値		(mm)	92.87
補強を要しない穴の最大径		(mm)	92.87
評価：補強の計算を要する穴の名称			胴側入口(3.5(2))

3.5　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) 胴側出口
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)	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
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)	1800.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	10.35
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)	4.609×10^3
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)	750.00
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)	7.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	1.662×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	205.2
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	130.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	4.131×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	6.129×10^3
評価：$A_0>A_r$，よって十分である。			

部材名称			(1) 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)	600.00
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)	5.360×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	3.805×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	3.805×10^5
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)	4.552×10^5
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)	3.475×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.059×10^6
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)	1.044×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.740×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	7.043×10^5
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－４６

部材名称			(2) 胴側入口
鏡板材料			SGV49
管台材料			STS42-S
強め板材料			SGV49
最高使用圧力	P	(MPa)	1.37
最高使用温度		(℃)	85
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)	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
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
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)	1620.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	9.26
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)	4.125×10^3
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)	750.00
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)	7.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	1.357×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	193.5
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	130.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	3.610×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.290×10^3
評価：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

部材名称			(2) 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)	600.00
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)	4.720×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	3.562×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	3.562×10^5
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)	4.552×10^5
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)	3.475×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	1.844×10^6
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)	1.044×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.520×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	7.043×10^5
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。			