

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-04-0033_改0
提出年月日	2021年2月19日

VI-3-3-3-6-1-5 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、添付書類「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」、「VI-3-2-8 重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」及び「VI-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、添付書類「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 (℃)
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

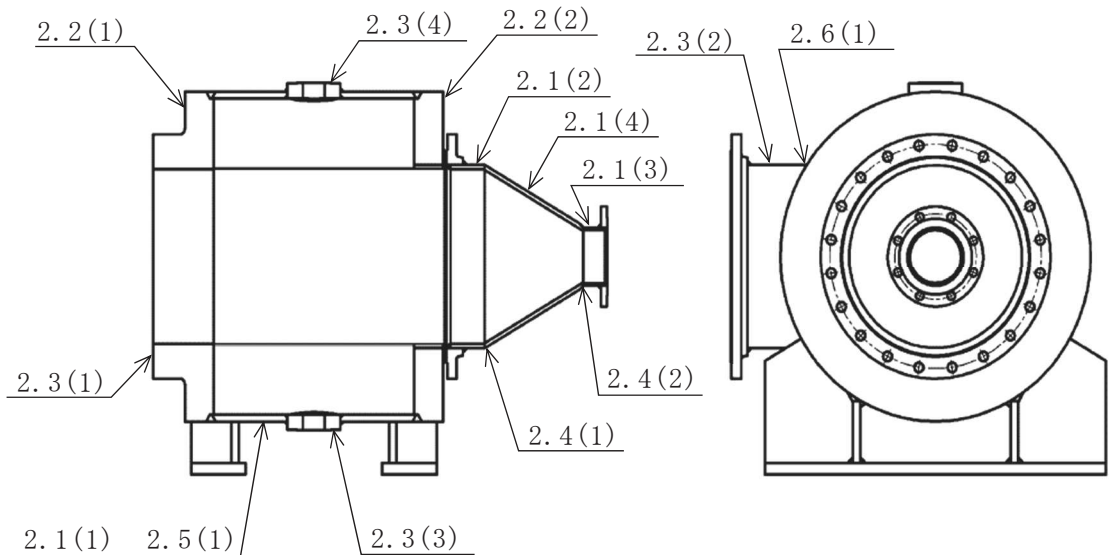
目次

1. 計算条件	1
1.1 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 容器の平板の厚さの計算	6
2.3 容器の管台の厚さの計算	8
2.4 容器の内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による 強め輪の計算	12
2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算	14
2.6 容器の穴の補強計算	15
3. 支持構造物の強度計算書	17

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 (°C)	50

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) 胴板		
材料	SM400C		
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度		(°C)	50
胴の内径	D_i	(mm)	872.00
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)	4.89
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	4.89
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	19.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(2) ふた板 (円筒部)
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)	484.00
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)	2.72
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	3.00
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称			(3) ふた板 (海水バイパス)
材料			STPT370-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78
最高使用温度			50
胴の内径	D_i	(mm)	151.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
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)	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	0.64
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	7.10
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の胴の厚さの計算

(1)設計・建設規格 PVC-3111

胴の形状

胴板名称	(4) ふた板 (円すい部)
円すい形の胴の形	(d)
円すい頂角の $1/2$ θ ($^{\circ}$)	30.0
評価： $\theta \leq 30^{\circ}$ ，よって円すい形の胴である。	

(2)設計・建設規格 PVC-3120

胴の厚さ

胴板名称	(4) ふた板 (円すい部)
材料	SM400C
最高使用圧力 P (MPa)	0.78
最高使用温度 ($^{\circ}\text{C}$)	50
胴の大径端側の内径 D_o (mm)	484.00
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)	3.14
t_1, t_2 の大きい値 t (mm)	3.14
呼び厚さ t_{so} (mm)	12.00
最小厚さ t_s (mm)	
評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。	

2.2 容器の平板の厚さの計算

(1) 告示501号第34条第1項及び第2項

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1) 平板 (海水入口側)	
平板の取付け方法	(i)	
平板の穴の有無	有り	
溶接部の寸法	t_i (mm)	79.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	3.42
胴又は管の最小厚さ	t_s (mm)	
$2 \cdot t_{sr}$	(mm)	6.83
$1.25 \cdot t_s$	(mm)	
平板の径	d (mm)	872.00
穴の径	d_h (mm)	484.00
評価: $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ $d_h > d/2$, よって第2項第2号ロにより計算を行う。		

(2) 告示501号第34条第2項

平板の厚さ

平板名称	(1) 平板 (海水入口側)	
材料	SFVC2B	
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
許容引張応力	S (MPa)	120
取付け方法による係数	K	0.50
平板の径	d (mm)	872.00
必要厚さ	t (mm)	74.57
呼び厚さ	t_{po} (mm)	85.00
最小厚さ	t_p (mm)	
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

(1) 告示 501 号第 34 条第 1 項及び第 2 項

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(2) 平板 (海水バイパス側)	
平板の取付け方法	(i)	
平板の穴の有無	有り	
溶接部の寸法	t_i (mm)	79.00
胴又は管の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	3.42
胴又は管の最小厚さ	t_s (mm)	
$2 \cdot t_{sr}$	(mm)	6.83
$1.25 \cdot t_s$	(mm)	
平板の径	d (mm)	872.00
穴の径	d_h (mm)	508.00
評価: $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ $d_h > d/2$, よって第 2 項第 2 号ロにより計算を行う。		

(2) 告示 501 号第 34 条第 2 項

平板の厚さ

平板名称	(2) 平板 (海水バイパス側)	
材料	SFVC2B	
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
許容引張応力	S (MPa)	120
取付け方法による係数	K	0.50
平板の径	d (mm)	872.00
必要厚さ	t (mm)	74.57
呼び厚さ	t_{po} (mm)	85.00
最小厚さ	t_p (mm)	
評価: $t_p \geq t$, よって十分である。		

2.3 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称		(1) 海水入口
材料		SFVC2B
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
管台の外径	D_o (mm)	675.00
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)	2.19
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)	95.50
最小厚さ	t_n (mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。		

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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			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： $t_n \geq t$ ，よって十分である。			

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称		(3) 排水
材料		SFVC2B
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
管台の外径	D _o (mm)	155.00
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)	0.51
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)	45.00
最小厚さ	t _n (mm)	
評価： t _n ≥ t, よって十分である。		

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称		(4) 空気抜
材料		SFVC2B
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
管台の外径	D_o (mm)	155.00
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)	0.51
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)	45.00
最小厚さ	t_n (mm)	
評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。		

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 容器の内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算設計・建設規格 PVC-3171, PVC-3172, PVC-3173(1), PVC-3173(3)

強め輪の要否

胴板名称	(1) ふた板 (円すい部)	
円すい形の胴の形	(d)	
材料	SM400C	
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
許容引張応力	S (MPa)	100
継手効率	η	0.70
$100 \cdot P / (S \cdot \eta)$		1.11
θ_1	(°)	30.0
円すいの頂角の 1/2	θ (°)	30.0
評価： $\theta_1 \geq \theta$ ，よって強め輪は不要である。		

容器の内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算設計・建設規格 PVC-3171, PVC-3174, PVC-3175(1), PVC-3175(3)

強め輪の要否

胴板名称	(2) ふた板 (円すい部)	
円すい形の胴の形	(d)	
材料	SM400C	
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
許容引張応力	S (MPa)	100
継手効率	η	0.70
$100 \cdot P / (S \cdot \eta)$		1.11
θ_2	(°)	9.4
円すいの頂角の1/2	θ (°)	30.0
評価： $\theta_2 < \theta$ ，よって強め輪は必要である。		

強め輪の計算

胴板名称	(2) ふた板 (円すい部)	
小径端に接続する胴の内径	D_s (mm)	151.00
小径端に接続する胴の最小厚さ	t_s (mm)	
円筒形の胴の計算上必要な厚さ	t' (mm)	0.64
円すい形の胴の最小厚さ	t (mm)	
円筒形の胴の余肉の割合	m_1	8.40
円すい形の胴の余肉の割合	m_2	11.43
m_1, m_2 の小さい値	m	8.40
接続部からの有効距離	a (mm)	20.76
強め輪に必要な断面積	A (mm ²)	12.59
強め輪の有効断面積	A_e (mm ²)	2.321×10^3
評価： $A_e \geq A$ ，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) 胴板
材料		SM400C
最高使用圧力	P (MPa)	0.78
最高使用温度	(°C)	50
胴の外径	D (mm)	910.00
許容引張応力	S (MPa)	100
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)	61.00
K		
$D \cdot t_s$	(mm ²)	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	177.40
補強を要しない穴の最大径	(mm)	177.40
評価：補強の計算を要する穴の名称		海水出口 (2.6(1))

O 2 ③ VI-3-3-3-6-1-5 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 W E L D - 3

部材名称			(1) 海水出口
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		(°C)	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)	
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		
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	872.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	3.42
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
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)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm ²)	3.653×10^3
補強： $A_0 > A_r$ ，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。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材名称	(1) 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)	436.00
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)	
胴板の有効補強面積	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)	
補強に有効な総面積	A_{j0}	(mm ²)	
評価： $A_{j0} > A_{jr}$, 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。			

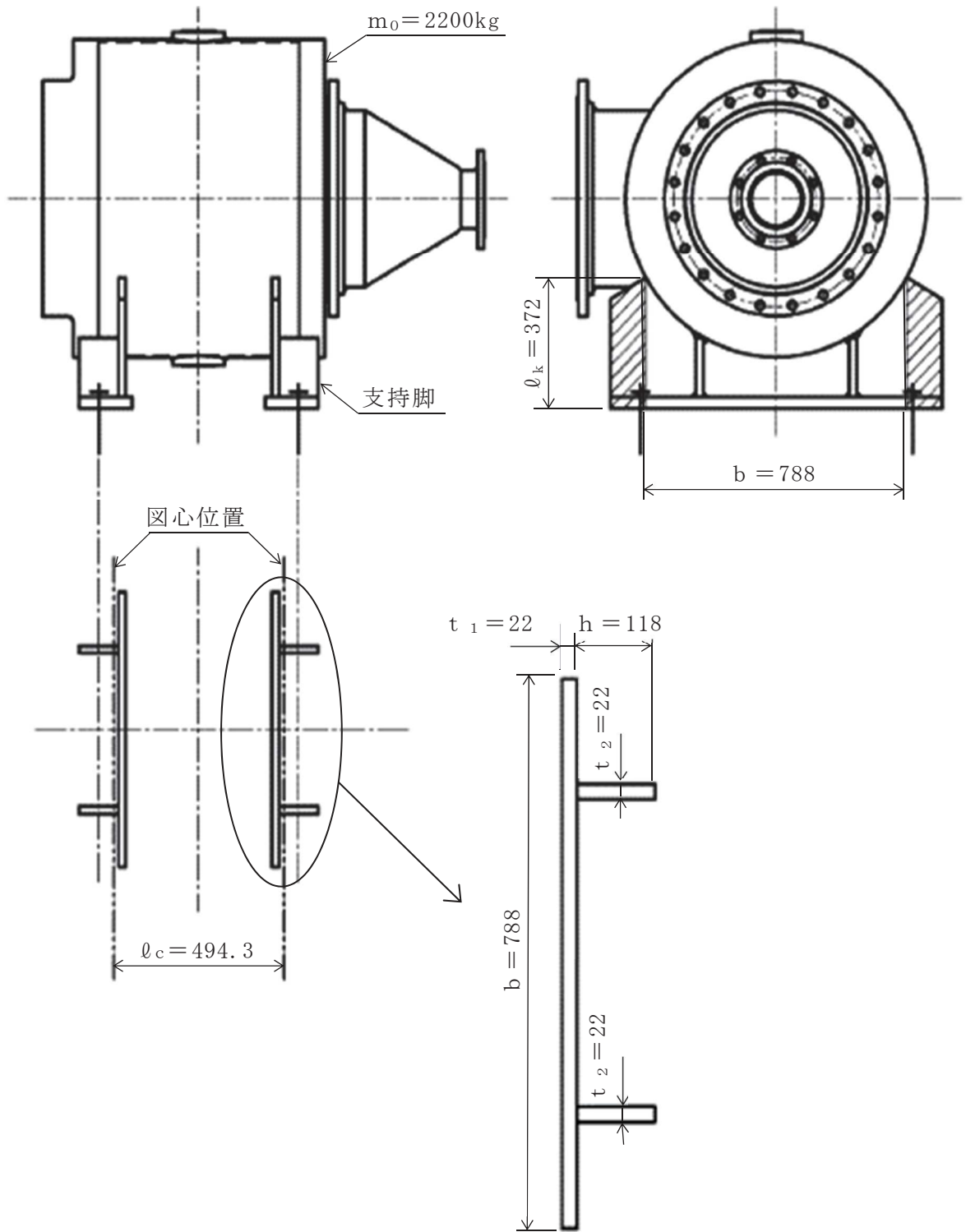
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 支持構造物の強度計算書

(1) 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

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)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm ³)
横置円筒形容器	2	SS400	50	231				

一次圧縮応力 σ_c (MPa)	許容圧縮応力 f_c (MPa)	一次曲げ応力 σ_b (MPa)	許容曲げ応力 f_b (MPa)	組合せ評価 $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$	評価
				0.08	算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。



(単位 : mm)

原子炉補機冷却海水系ストレーナ 支持構造物の強度計算説明図