

別冊 16

建屋内 RO 循環設備に係る補足説明

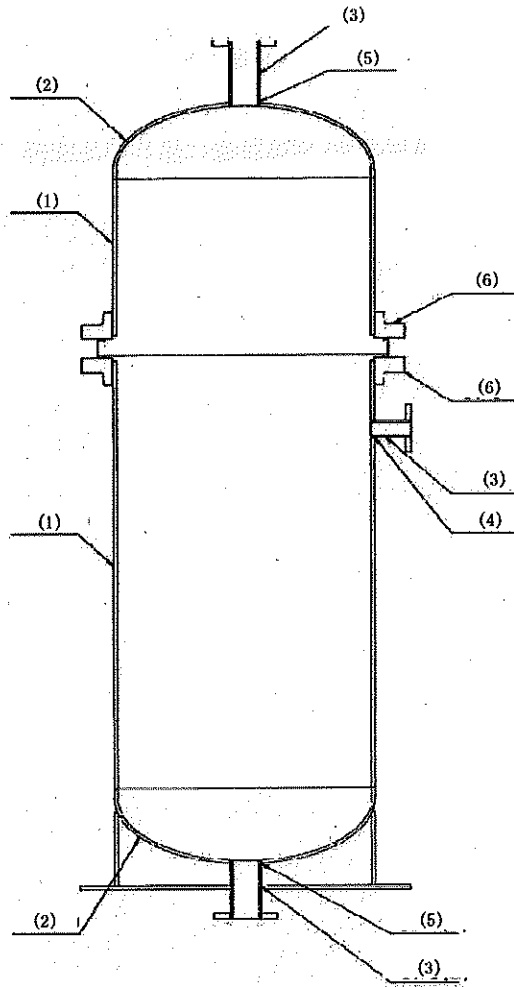
I. 建屋内 RO 循環設備の構造強度評価に係る補足説明

1. 強度評価

1.1 ろ過器

1.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図-1に示す。



図中の番号は、1.1.2の番号に対応する。

図-1 ろ過器概要図

1.1.2 評価結果 (ろ過器)



(1) 胴板の厚さ

胴板名称		胴板
材料		SM400A
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	40
胴の内径	D_1 (mm)	750.00
許容引張応力	S (MPa)	100
継手効率	η	0.7
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)	■■■■■
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	$t_{s.o}$ (mm)	9.00
最小厚さ	t_s (mm)	■■■■■
評価 : $t_s \geq t$, よって胴板の厚さに問題ない。		

(2) 鏡板の形状

鏡板名称		鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL} (mm)	750.00
鏡板の内面における短径の1/2	h (mm)	187.50
長径と短径の比	$D_{iL}/(2 \cdot h)$	2.00
評価 : $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$, よって半だ円形鏡板である。		



(2) 鏡板の厚さ

鏡板名称		鏡板
材料		SM400A
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	40
胴の内径	D_i (mm)	750.00
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)	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)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t_{co} (mm)	9.00
最小厚さ	t_c (mm)	
評価 : $t_c \geq t$, よって鏡板の厚さに問題ない。		

(3) 管台の厚さ (原水入口)

管台名称		原水入口
材料		STPT410-S
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	40
管台の外径	D_0 (mm)	89.10
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)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t_{no} (mm)	5.50
最小厚さ	t_n (mm)	
評価 : $t_n \geq t$, よって管台の厚さに問題ない。		

(3) 管台の厚さ (ろ過処理水出口)

管台名称		ろ過処理水出口
材料		STPT410-S
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	40
管台の外径	D_0 (mm)	89.10
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)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t_{no} (mm)	5.50
最小厚さ	t_n (mm)	
評価 : $t_n \geq t$, よって管台の厚さに問題ない。		

(3) 管台の厚さ (逆洗ベント, 空気入口)

管台名称			逆洗ベント, 空気入口
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.98
最高使用温度		(°C)	40
管台の外径	D_0	(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)	
必要厚さ	t_2	(mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	5.10
最小厚さ	t_n	(mm)	
評価 : $t_n \geq t$, よって管台の厚さに問題ない。			

(4) 胴板の補強を要しない穴の最大径

胴板名称		胴板
材料		SM400A
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	40
胴の外径	D (mm)	768.00
許容引張応力	S (MPa)	100
胴板の最小厚さ	t_s (mm)	6.59
継手効率	η	
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	d_{r2} (mm)	
補強を要しない穴の最大径	(mm)	
評価 : 補強を要する穴		

(5) 鏡板の補強を要しない穴の最大径

鏡板名称		鏡板
材料		SM400A
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	40
鏡板のフランジ部の外径	D (mm)	768.00
許容引張応力	S (MPa)	100
鏡板の最小厚さ	t _c (mm)	5.62
継手効率	η	
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 · t _c	(mm ²)	
200, d _{r2} の小さい値	d _{r2} (mm)	
補強を要しない穴の最大径	(mm)	
評価 : 補強を要する穴		

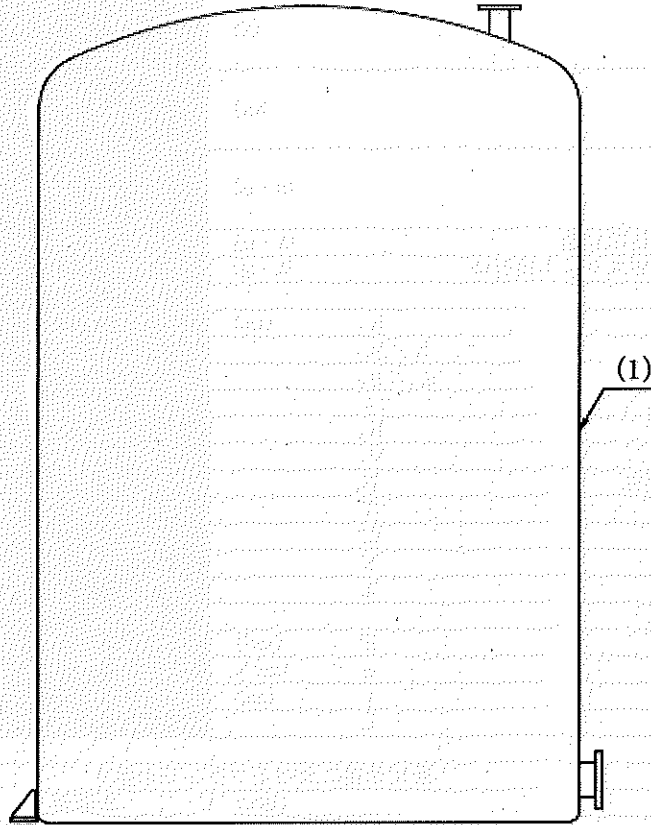
(6) ろ過器胴フランジ応力 (1/2)

フランジ名称		胴フランジ		
フランジ材料		SF490A		
胴又は管台材料		SM400A		
ボルト材料		SNB7		
ガスケット材料		EPDM		
ガスケット厚さ (mm)		8.00		
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 (°C)	最高使用温度 (使用状態) 40	常温 (ガスケット締付時) 40	
	ボルト (MPa)	$\sigma_b = 173$	$\sigma_a = 173$	
	フランジ (MPa)	$\sigma_f = 123$	$\sigma_{fa} = 123$	
	胴又は管台 (MPa)	$\sigma_n = 100$	$\sigma_{na} = 100$	
フランジの外径 A (mm)				
フランジの内径 B (mm)				
ボルト中心円の直径 C (mm)				
ガスケット有効径 G (mm)				
ハブ先端の厚さ g_0 (mm)				
フランジ背面のハブの厚さ g_1 (mm)				
ハブの長さ h (mm)				
ボルト呼び				M24
ボルト本数 n				24
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 (MPa)				
ガスケット座の基本幅 b_0 (mm)				
ガスケット座の有効幅 b (mm)				
内圧による全荷重 H (N)				
ガスケットに加える圧縮力 H_n (N)				
使用状態での最小ボルト荷重 W_{m1} (N)				
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)	2.992 × 10 ³		
	ガスケット締付時 A_{m2} (mm ²)	0.000		
	いずれか大きい値 A_m (mm ²)	2.992 × 10 ³		
実際のボルト総有効断面積 A_b (mm ²)		8.117 × 10 ³		
評価 : $A_b > A_m$, よって十分である。				

1.2 ろ過処理水受タンク

1.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



図中の番号は、1.2.2の番号に対応する。

図-2 ろ過処理水受タンク概要図

1.2.2 評価結果（ろ過処理水受タンク）

(1) 胴板の厚さ

胴板名称		胴板
材料		FRP
水頭	H (m)	4.0000
最高使用温度	(°C)	40
胴の内径	D_i (m)	2.40
液体の比重	ρ	1.03
許容引張応力	S (MPa)	21
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		無し
必要厚さ	t (mm)	
呼び厚さ	t_{s0} (mm)	9.00
最小厚さ	t_s (mm)	
評価 : $t_s \geq t$, よって胴板の厚さに問題ない。		

1.3 建屋内 R0

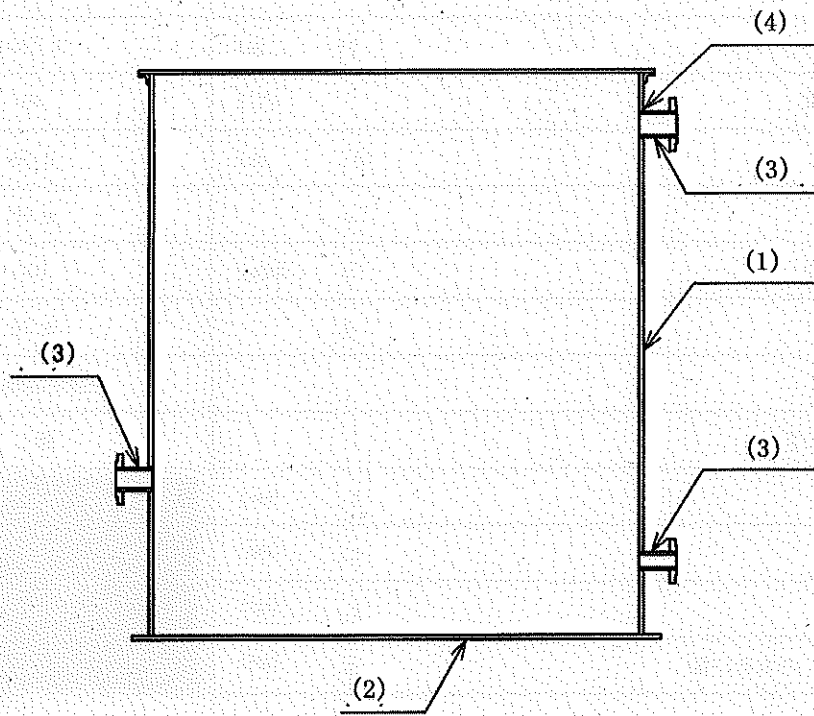
1.3.1 評価結果 (建屋内 R0)

機器名称	製造者仕様 最高使用圧力 (MPa)	製造者仕様 最高使用温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
建屋内 R0	6.9	49	4.5	40

1.4 淡水化処理水受タンク

1.4.1 評価箇所

強度評価箇所を図-3に示す。



図中の番号は、1.4.2の番号に対応する。

図-3 淡水化処理水受タンク概要図

1.4.2 評価結果（淡水化処理水受タンク）

(1) 胴板の厚さ

胴板名称		胴板
材料		SM400C
水頭	H (m)	3.7760
最高使用温度	(°C)	40
胴の内径	D_1 (m)	2.50
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)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
必要厚さ	t_3 (mm)	
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	$t_{s.o}$ (mm)	9.00
最小厚さ	t_s (mm)	
評価 : $t_s \geq t$, よって胴板の厚さに問題ない。		

(2) 底板

a. 底板の形

平板

b. 底板の厚さ

底板名称		底板
材料		SM400C
必要厚さ	t (mm)	3.00
呼び厚さ	$t_{b.o}$ (mm)	12.00
最小厚さ	t_b (mm)	
評価 : $t_b \geq t$, よって底板の厚さに問題ない。		

(3) 管台の厚さ (オーバーフロー)

管台名称		オーバーフロー
材料		STPT410-S
水頭	H (m)	3.7760
最高使用温度	(°C)	40
管台の内径	D_1 (m)	0.1023
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)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t_{no} (mm)	6.00
最小厚さ	t_n (mm)	
評価 : $t_n \geq t$, よって管台の厚さに問題ない。		

(3) 管台の厚さ (RO 処理水出口)

管台名称		RO 処理水出口
材料		STPT410-S
水頭	H (m)	3.7760
最高使用温度	(°C)	40
管台の内径	D_1 (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)	
必要厚さ	t_2 (mm)	
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t_{no} (mm)	5.50
最小厚さ	t_n (mm)	
評価 : $t_n \geq t$, よって管台の厚さに問題ない。		

(3) 管台の厚さ (ドレン)

管台名称		ドレン
材料		STPT410-S
水頭	H (m)	3.7760
最高使用温度	(°C)	40
管台の内径	D ₁ (mm)	0.0527
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)	
必要厚さ	t ₂ (mm)	
t ₁ , t ₂ の大きい値	t (mm)	
呼び厚さ	t _{n0} (mm)	3.90
最小厚さ	t _n (mm)	
評価 : t _n ≥ t, よって管台の厚さに問題ない。		

(4) 胴板の穴の補強 (オーバーフロー) (1/2)

部材名称		オーバーフロー
胴板材料		SM400C
管台材料		STPT410-S
最高使用圧力	P (MPa)	0.04
最高使用温度	(°C)	40
胴板の許容引張応力	S_s (MPa)	100
管板の許容引張応力	S_n (MPa)	103
穴の径	d (mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w (mm)	
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)	2500.00
胴板の計算上必要な厚さ	$t_{s,r}$ (mm)	
管台の計算上必要な厚さ	$t_{n,r}$ (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	$D_{o,n}$ (mm)	
溶接寸法	L_1 (mm)	
溶接寸法	L_4 (mm)	
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)	
評価 : $A_0 > A_r$, よって十分である。		

(4) 胴板の穴の補強 (オーバーフロー) (2/2)

部材名称		オーバーフロー
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径	d_j (mm)	
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)	
溶接部にかかる荷重	W_2 (N)	
溶接部が負うべき荷重	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。		

2.5 主配管

2.5.1 評価箇所

強度評価箇所を図-4, 5に示す。

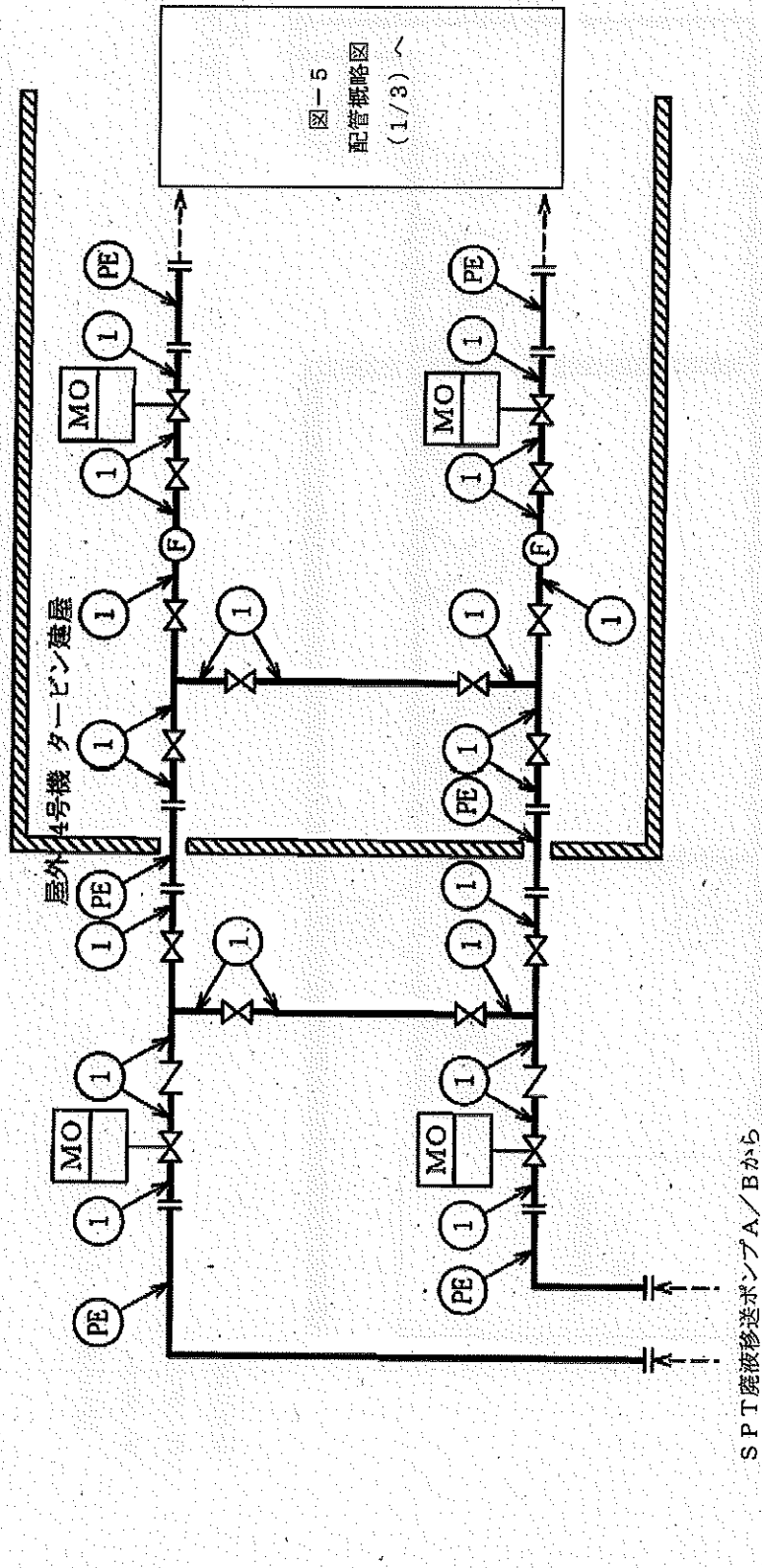
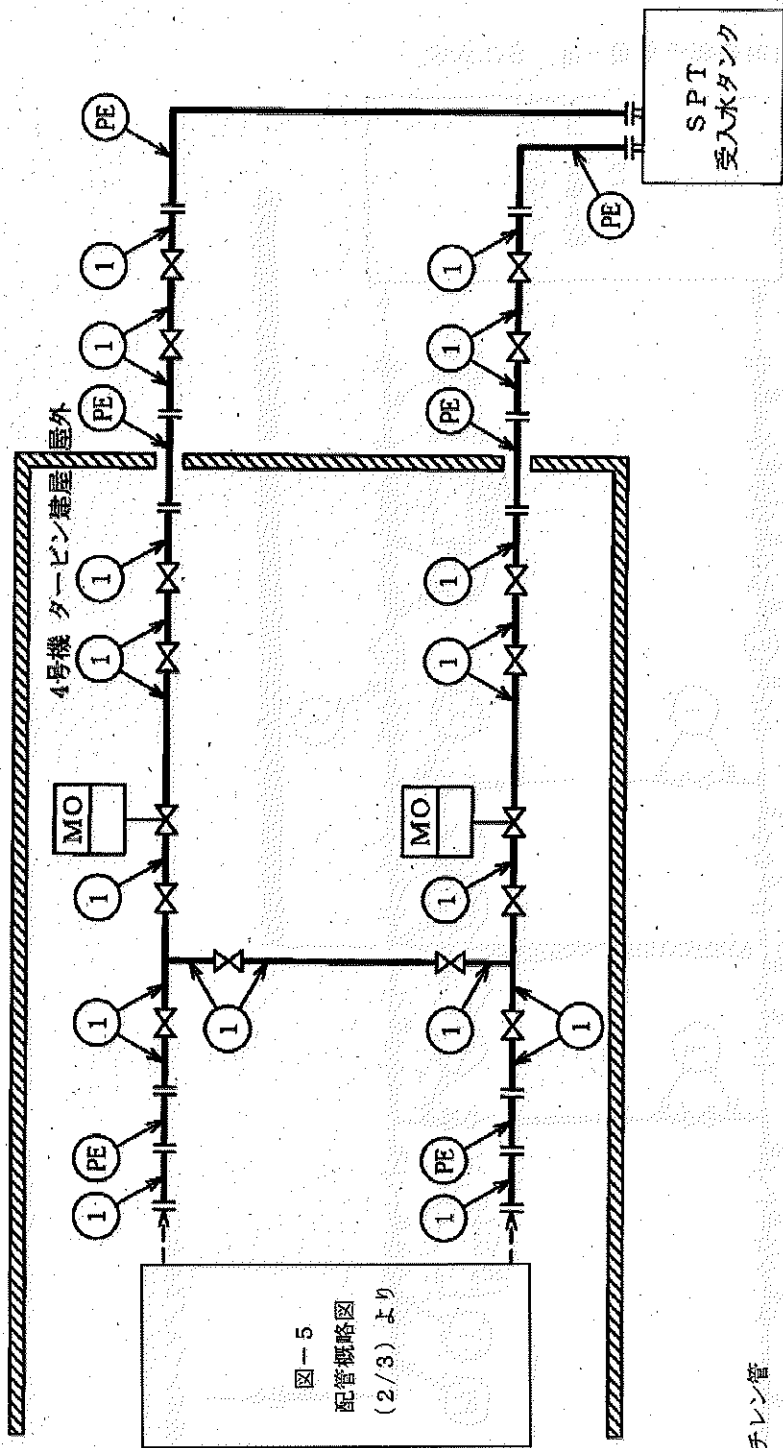


図-4 配管概略図 (建屋内 R0 附属配管を除く主配管) (1/4)



記号凡例

PE : ポリエチレン管

MO : MO 弁

図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。

図-4 配管概略図 (建屋内 R0 附属配管を除く主配管) (2/4)

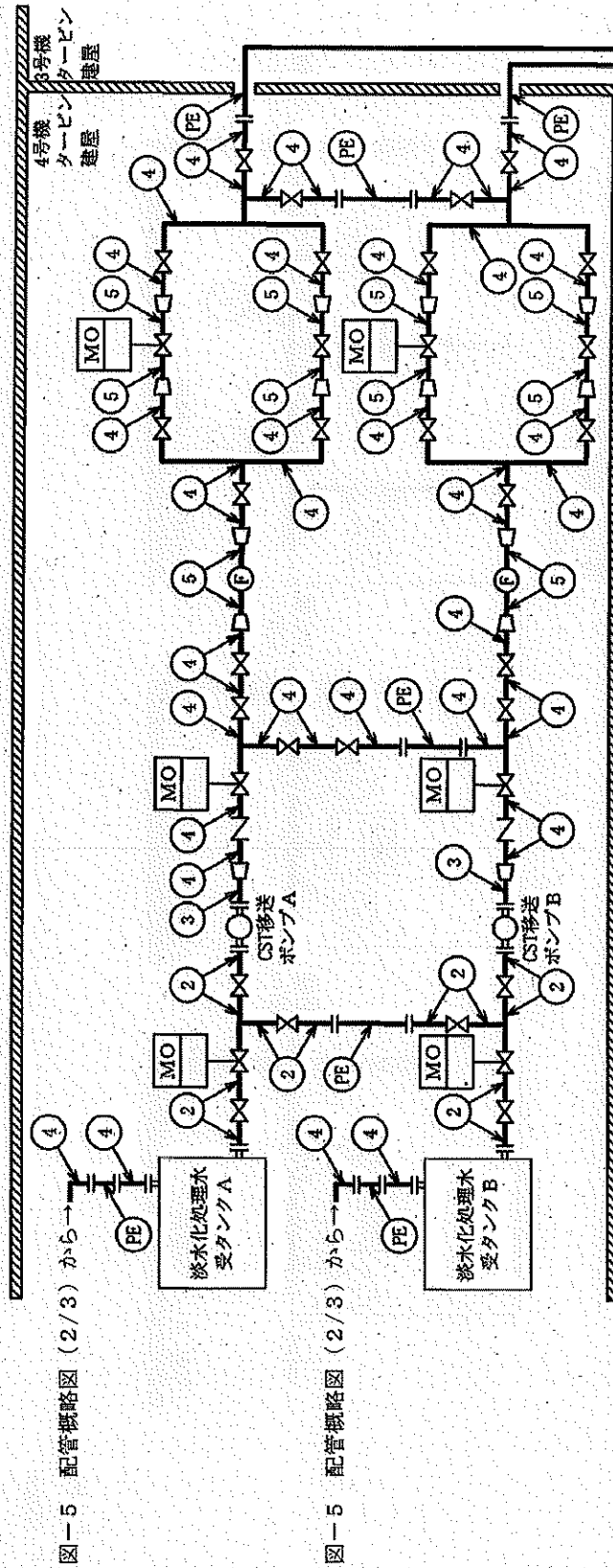


図-5 配管概略図 (2/3) から

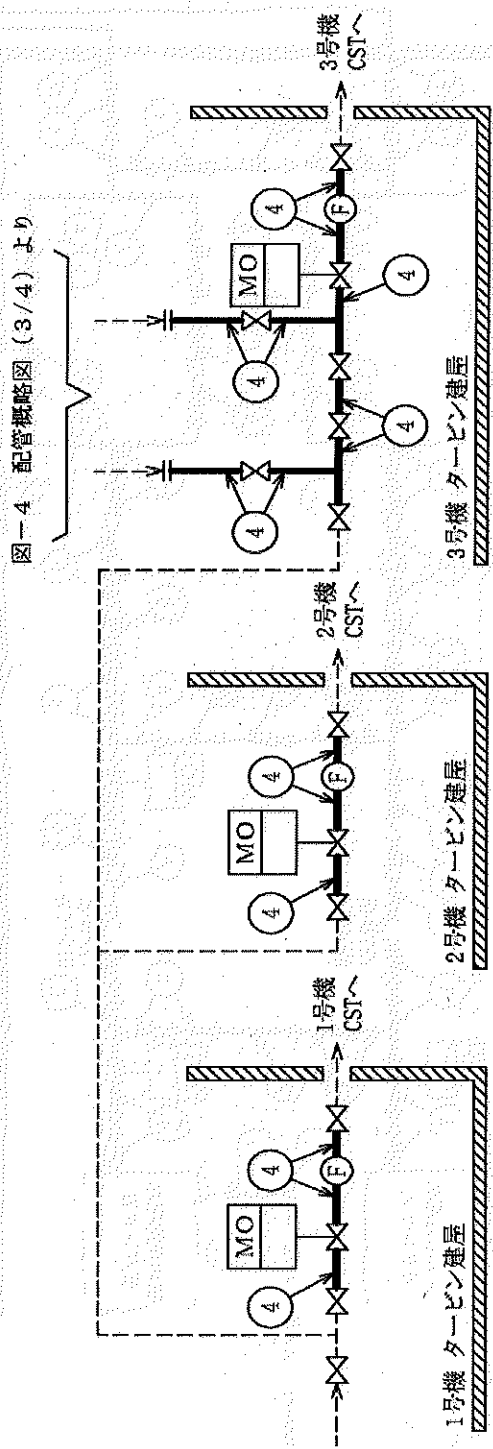
図-5 配管概略図 (2/3) から

記号凡例
 PE : ポリエチレン管
 F : 流量計
 MO : MO弁

図中の番号は、2.5.2の番号に対応する。

図-4 配管概略図 (4/4) ~

図-4 配管概略図 (建屋内R0附属配管を除く主配管) (3/4)



記号凡例

F : 流量計

MO : MO弁

図中の番号は、2.5.2の番号に対応する。

図-4 配管概略図 (建屋内R0附属配管を除く主配管) (4/4)

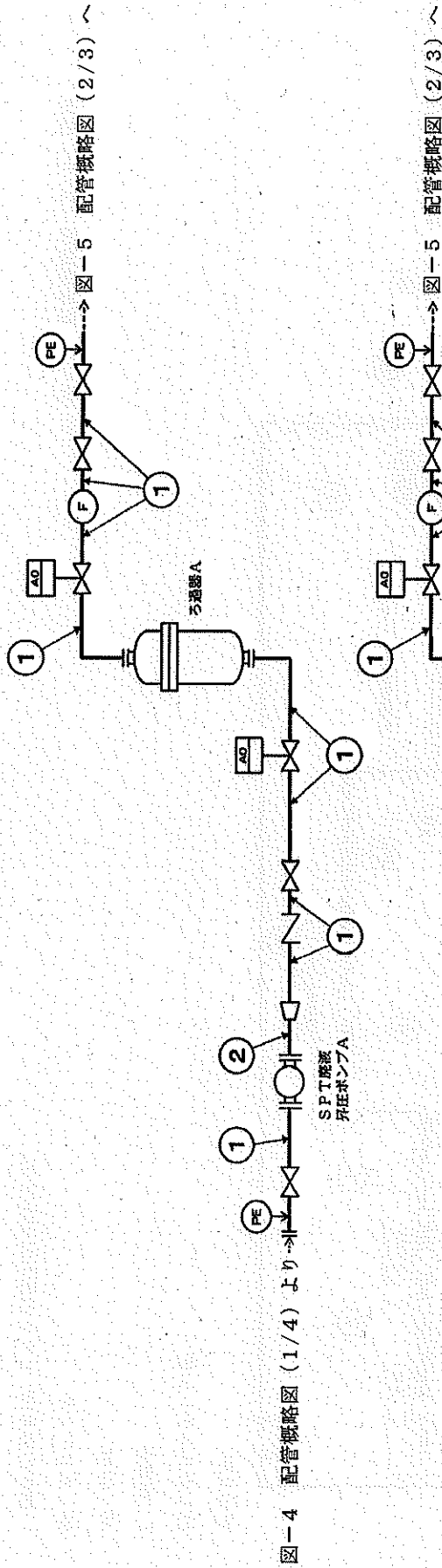


図-4 配管概略図 (1/4) より → 図-5 配管概略図 (2/3) へ

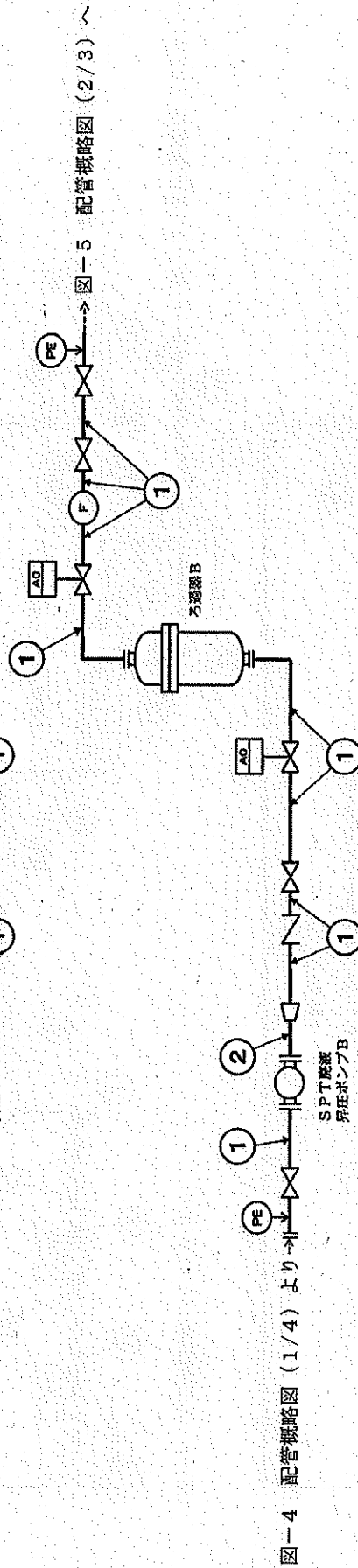


図-4 配管概略図 (1/4) より → 図-5 配管概略図 (2/3) へ

- 記号凡例
 PE : ポリエチレン管
 F : 流量計
 A0 : A0 弁

図中の番号は、2.5.2の番号に対応する。

図-5 配管概略図 (建屋内 R0 附属主配管) (1/3)

図-5 配管概略図 (1/3) より

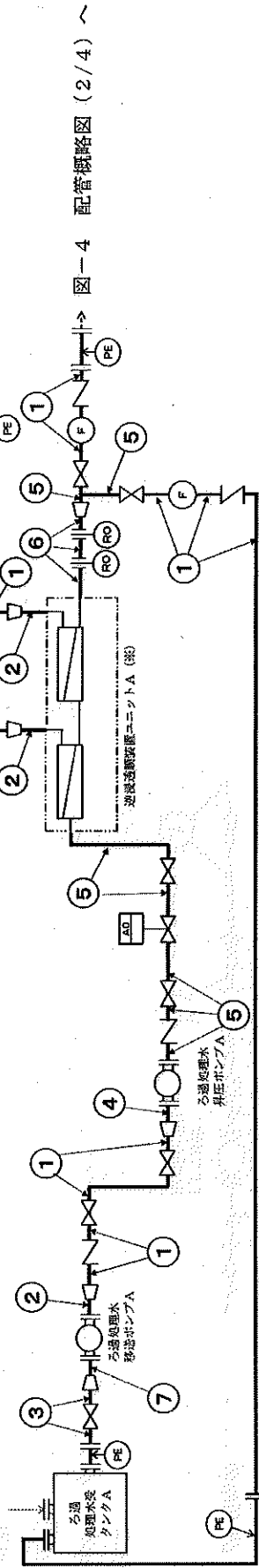


図-4 配管概略図 (3/4) ~

図-4 配管概略図 (2/4) ~

図-5 配管概略図 (1/3) より

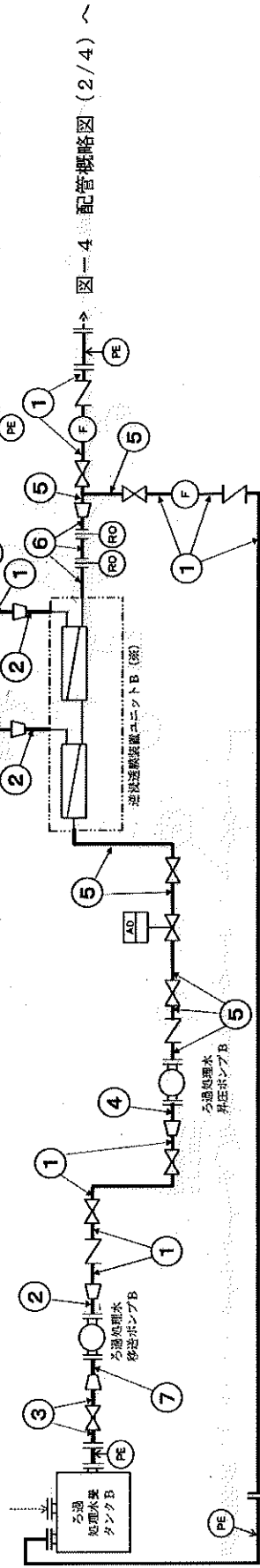


図-4 配管概略図 (3/4) ~

図-4 配管概略図 (2/4) ~

記号凡例

PE: ポリエチレン管

F: 流量計

AO: A0 弁

RO: オリフイス

図中の番号は、2.5.2の番号に対応する。

※ 図-5 配管概略図 (3/3) 参照

図-5 配管概略図 (建屋内 R0 附属主配管) (2/3)

2.5.2 評価結果 (主配管) (1/2)

管の厚さ (建屋内 R0 附属配管を除く主配管)

No.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材質	許容引張応力 S (MPa)	継手効率 η	公差 Q	計算上必要な 最小必要厚さ (t ₁)	規格上必要な 最小必要厚さ (t ₂)	最小厚さ (t _s)
①	0.98	40	89.10	5.50	STP7410	103	1.00	12.5%			
②	静水頭	40	89.10	5.50	SUS316LTP	—	—	12.5%			
③	0.98	40	48.60	5.10	SUS316LTP	111	1.00	12.5%			
④	0.98	40	89.10	5.50	SUS316LTP	111	1.00	12.5%			
⑤	0.98	40	60.50	5.50	SUS316LTP	111	1.00	12.5%			

※配管仕様毎に最も高い圧力にて評価

最小厚さが必要最小厚さ以上であり、十分である。

2.5.2 評価結果 (主配管) (2/2)

管の厚さ (建屋内 R0 附属主配管)

No.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材質	許容引張応力 S (MPa)	継手効率 η	公差 Q	計算上必要な 最小必要厚さ (t ₁)	規格上必要な 最小必要厚さ (t ₂)	最小厚さ (t _s)
①	0.98	40	89.10	5.50	STPT410	103	1.00	12.5%			
②	0.98	40	60.50	5.50	STPT410	103	1.00	12.5%			
③	静水頭	40	165.20	7.10	STPT410	103	1.00	12.5%			
④	0.98	40	114.30	6.00	STPT410	103	1.00	12.5%			
⑤	4.50	40	89.10	5.50	STPT410	103	1.00	12.5%			
⑥	4.50	40	76.30	5.20	STPT410	103	1.00	12.5%			
⑦	静水頭	40	89.10	5.50	STPT410	103	1.00	12.5%			
⑧	4.50	40	114.30	6.00	STPT410	103	1.00	12.5%			
⑨	4.50	40	48.60	5.10	STPT410	103	1.00	12.5%			
⑩	0.98	40	34.00	4.50	STPT410	103	1.00	12.5%			

※配管仕様毎に最も高い圧力にて評価

最小厚さが必要最小厚さ以上であり、十分である。

II. 建屋内 RO 循環設備の耐震性評価に係る補足説明

1. 基礎ボルト（取付ボルト）の強度評価

表-1 基礎ボルト（取付ボルト）の強度評価に関わる数値根拠（タンク）

機器名称	m [kg]	H [mm]	L [mm]	L ₁ [mm]	n _f [-]	n [-]	A _b [mm ²]
ろ過器スキッド							
ろ過処理水受 タンク（本体）							
ろ過処理水受 タンクスキッド							
建屋内 RO スキッド							

表-2 基礎ボルト（取付ボルト）の強度評価に関わる数値根拠（ポンプ）

機器名称	m [kg]	h [mm]	L [mm]	n _f [-]	n [-]	A _b [mm ²]	C _p [-]
SPT 廃液昇圧 ポンプ							
ろ過処理水移送 ポンプ							
ろ過処理水昇圧 ポンプ							
CST 移送ポンプ							

3. 計算数値
3.1 欄に生じる応力

		(単位: MPa)	
		風方向応力	軸方向応力
静水頭又は内圧による応力			
静水頭又は内圧による応力 (鉛直方向地震時)			
運転時質量による引張応力			
鉛直方向地震による引張応力			
変質量による応力			
鉛直方向地震による圧縮応力			
水平方向地震による応力			
応力の和			
引張側			
圧縮側			
組合せ力			
引張り		$\sigma_{ot} = 43$	
圧縮			

3.2 スカートに生じる応力

		(単位: MPa)	
		応力	組合せ応力
運転時質量による応力			
鉛直方向地震による応力			
水平方向地震による応力			
			$\sigma_s = 5$

3.3 固定ボルトに生じる応力

		(単位: MPa)
引張応力		$\sigma_b = 11$
せん断応力		$\tau_b = 13$

4. 結論
4.1 固有周期

		(単位: s)
方向	固有周期	
水平方向	$T_H = 0.015$	
鉛直方向	$T_V = 0.005$	

4.2 応力

		(単位: MPa)		
部材	材料	応力	算出応力	許容応力
脚板	SM400A	組合せ	$\sigma_o = 43$	$S_o = 240$
スカート	SM400A	組合せ	$\sigma_s = 5$	$f_t = 245$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\sigma_c \cdot \sigma_{t1} + \sigma_s \cdot \sigma_{t2}}{f_c} + \frac{f_b}{f_b} \leq 1$	
				0.016 (無次元)
固定ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 176$
		せん断	$\tau_b = 13$	$f_{sh} = 135$

すべて許容応力以下である。

3. 淡水処理水受タンクの耐震性評価

1. 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要区分	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比 重
			水平方向	鉛直方向						
淡水処理水受タンク	B	タービン建屋 O.P. 17.1 *	0.024	-	$C_H = 0.36$	-	静水頭	40	40	1.00

注記*: 基準レベルを示す。

2. 機器要目

m_0 (kg)	m_v (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	θ_s (mm)	H (mm)	s	n
		2500	9.0	202000	77700				

D_c (mm)	D_{b0} (mm)	A_b (mm ²)	S_y (鋼板) (MPa)	S_u (鋼板) (MPa)	S (鋼板) (MPa)	F (鋼板) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)
			235 *1 (厚さ ≤ 16mm)	400 *1	-	205	235 *2 (16mm < 径 ≤ 40mm)	400 *2	235

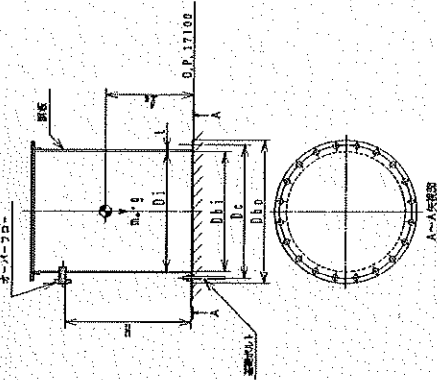
3. 計算数値

3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般応力

応力の種類	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力			
鉛直方向地震による引張応力			
空質量による圧縮応力			
鉛直方向地震による軸方向応力			
水平方向地震による応力			
応力の和			
引張側			
圧縮側			
引張り	$\sigma_{01} = 6$		
圧縮	$\sigma_{0c} = 4$		

注記*1: 最高使用温度で算出
*2: 周囲環境温度で算出



3.2 基礎ポルトに生じる応力

(単位: MPa)	
引張応力	—
せん断応力	$\tau_b = 9$

4. 結論
4.1 固有周期

(単位: s)	
方向	固有周期
水平方向	$T_H = 0.024$
鉛直方向	$T_V = 0.005$

4.2 応力

部材	材料	応力	算出応力	許容応力	方
鋼板	SM400C	一次-段階 圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	$\sigma_c = 6$	$S_s = 240$	
			$\frac{0.022}{f_c} + \frac{0.024}{f_b} \leq 1$		
基礎ポルト	SS400	引張り	—	$f_{t,s} = 176$	*
		せん断	$\tau_b = 9$	$f_{s,b} = 135$	

すべて許容応力以下である。

注記*: (3.1.2.2) 式より算出