

別冊 5

汚染水処理設備等に係る補足説明

## I 汚染水処理設備等の構造強度及び耐震性について

汚染水処理設備等を構成する設備について、構造強度評価の基本方針及び耐震性評価の基本方針に基づき構造強度及び耐震性等の評価を行う。

### 1. 汚染水処理設備、貯留設備（タンク等）及び関連設備（移送配管、移送ポンプ等）

#### 1.1. 基本方針

##### 1.1.1. 構造強度評価の基本方針

a. 震災以降緊急対応的に設置又は既に（平成 25 年 8 月 14 日より前に）設計に着手した機器等

汚染水処理設備、貯留設備及び関連設備を構成する機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」において、廃棄物処理設備に相当するクラス 3 機器に準ずるものと位置付けられる。クラス 3 機器の適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「JSME 規格」という。）で規定される。

しかしながら、震災以降緊急対応的にこれまで設置してきた機器等は、必ずしも JSME 規格に従って設計・製作・検査をされたものではなく、日本産業規格（JIS）等の国内外の民間規格、製品の試験データ等を踏まえ、福島第一原子力発電所構内の作業環境、機器等の設置環境や時間的余裕を勘案した中で安全確保を最優先に設計・製作・検査を行ってきた。

汚染水処理設備、貯留設備及び関連設備を構成する機器は、高濃度の汚染水を内包するため、バウンダリ機能の健全性を確認する観点から、設計された肉厚が十分であることを確認している。また、溶接部については、耐圧・漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい等のないことを確認している。

機器等の経年劣化に対しては、適切な保全を実施することで健全性を維持していく。

b. 今後（平成 25 年 8 月 14 日以降）設計する機器等

汚染水処理設備、貯留設備及び関連設備を構成する機器は、「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備に相当するクラス 3 機器に準ずるものと位置付けられる。クラス 3 機器の適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「JSME 規格」という。）で規定される。

汚染水処理設備等は、地下水等の流入により増加する汚染水の対応が必要であり、短期間での機器の設置が求められる。また、汚染水漏えい等のトラブルにより緊急的な対応が必要となることもある。

従って、今後設計する機器等については、JSME 規格に限定するものではなく、日本産業規格（JIS）等の国内外の民間規格に適合した工業用品の採用、或いは American Society of Mechanical Engineers（ASME 規格）、日本産業規格（JIS）、またはこれら

と同等の技術的妥当性を有する規格での設計・製作・検査を行う。溶接（溶接施工法および溶接士）は JSME 規格, American Society of Mechanical Engineers (ASME 規格), 日本産業規格 (JIS), および発電用火力設備に関する技術基準を定める省令にて認証された溶接, または同等の溶接とする。また, JSME 規格で規定される材料の日本産業規格 (JIS) 年度指定は, 技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

さらに, 今後も JSME 規格に記載のない非金属材料 (耐圧ホース, ポリエチレン管等) については, 現場の作業環境等から採用を継続する必要があるが, これらの機器等については, 日本産業規格 (JIS) や日本水道協会規格, 製品の試験データ等を用いて設計を行う

#### 1.1.2. 耐震性評価の基本方針

汚染水処理設備等を構成する機器は, その安全機能の重要度, 地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響 (公衆への被ばく影響) や廃炉活動への影響等を考慮した上で, 核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして適切な耐震設計上の区分を行うとともに, 適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計とする。要求される地震力に対して耐震性を確保できない場合は, その影響について評価を行う。支持部材がない等の理由によって, 耐震性に関する評価ができない設備を設置する場合においては, 可撓性を有する材料を使用するなどし, 耐震性を確保する。

なお, 検討用地震動および同津波に対する評価が必要な設備として抽出された機器等については, 今後対策を講じる。

また, 各機器は必要な耐震性を確保するために, 原則として以下の方針に基づき設計する。

- ・ 倒れ難い構造 (機器等の重心を低くする, 基礎幅や支柱幅を大きくとる)
- ・ 動き難い構造, 外れ難い構造 (機器をアンカ, 溶接等で固定する)
- ・ 座屈が起り難い構造
- ・ 変位による破壊を防止する構造 (定ピッチスパン法による配管サポート間隔の設定, 配管等に可撓性のある材料を使用)

なお, 汚染水処理設備等のうち高濃度の滞留水を扱う設備等については, 参考として S クラス相当の評価を行う。

## 1.2. 評価結果

### 1.2.1. 滞留水移送装置

#### (1) 構造強度評価

材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。従って、滞留水移送装置は必要な構造強度を有すると評価した。

#### (2) 耐震性評価

移送ポンプは、水中ポンプのため地震により有意な応力は発生しない。

### 1.2.2. 油分分離装置

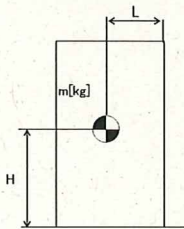
#### (1) 構造強度評価

材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。従って、油分分離装置は必要な構造強度を有すると評価した。

#### (2) 耐震性評価

##### a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した(表-1)。



m : 機器質量 ( [redacted] kg)

g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)

H : 据付面からの重心までの距離 ([redacted] m)

L : 転倒支点から機器重心までの距離 ([redacted] m)

C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36, 0.57)

地震による転倒モーメント :  $M_1 [N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H$

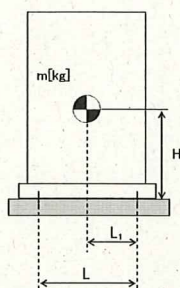
C<sub>H</sub>=0.36 の場合  $M_1 = 49,615 N \cdot m \rightarrow 50 kN \cdot m$

C<sub>H</sub>=0.57 の場合  $M_1 = 78,558 N \cdot m \rightarrow 79 kN \cdot m$

自重による安定モーメント :  $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L = 83,942 N \cdot m \rightarrow 83 kN \cdot m$

b. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表-1）。



- m : 機器質量 ( [redacted] kg)
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離 ( [redacted] mm)
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離 ( [redacted] mm)
- L<sub>1</sub> : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離 ( [redacted] mm)
- n<sub>f</sub> : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数 (2本)
- n : 基礎ボルトの本数 ( [redacted] 本)
- A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの軸断面積 ( [redacted] mm<sup>2</sup>)
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36, 0.57)
- C<sub>V</sub> : 鉛直方向設計震度 (0)

基礎ボルトに作用する引張力：  $F_b = \frac{1}{L}(m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$

C<sub>H</sub>=0.36 の場合 F<sub>b</sub> = -16,481 N < 0 よって、引張力は発生しない。

C<sub>H</sub>=0.57 の場合 F<sub>b</sub> = -2,585 N < 0 よって、引張力は発生しない。

基礎ボルトの引張応力：  $\sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$

C<sub>H</sub>=0.36 の場合 F<sub>b</sub> < 0 のため、引張応力は発生しない。

C<sub>H</sub>=0.57 の場合 F<sub>b</sub> < 0 のため、引張応力は発生しない。

基礎ボルトのせん断応力：  $\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$

C<sub>H</sub>=0.36 の場合 τ<sub>b</sub> = 23.04 → 24 MPa

C<sub>H</sub>=0.57 の場合 τ<sub>b</sub> = 36.48 → 37 MPa

また、許容応力は、以下の式で設定した。

基礎ボルトの許容せん断応力：  $f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$

ここで、F は設計・建設規格 付属図表 part5 表 8 及び表 9 より、SS400 の設計温度 66°Cにおける Sy 値、Su 値を線形補間した値を用い、下記式にて設定した。

$$F = \min (Sy, 0.7Su)$$

・ Sy : 表 8 より 40°C : 235 MPa, 75°C : 222 MPa

$$Sy = 222 + (235 - 222) \times (75-66)/(75-40) = 225 \text{ MPa}$$

・ Su 40°C : 400 MPa, 75°C : 381 MPa

$$Su = 381 + (400 - 381) \times (75-66)/(75-40) = 385 \text{ MPa}$$

従って、 $F = \min (Sy, 0.7Su) = \min (225, 0.7 \times 385) = 225 \text{ MPa}$

基礎ボルトの許容せん断応力は以下の通りとなる。

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 129 \text{ MPa}$$

表-1 油分分離装置耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
油分分離装置	本体	転倒	0.36	50	83	kN・m
			0.57	79		
	基礎ボルト	せん断	0.36	24	129	MPa
			0.57	37		
		引張	0.36	<0	-	MPa
			0.57	<0		

1.2.3. 処理装置（セシウム吸着装置）

(1) 構造強度評価

材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。

また、吸着塔の円筒型容器については、設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、内圧に耐えられることを確認した（表-2）。

$$t = \frac{PD_i}{2S\eta - 1.2P}$$

$$= 6.76 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 6.8 \text{ mm}$$

$t$  : 胴の計算上必要な厚さ  
 $D_i$  : 胴の内径 (            mm)  
 $P$  : 最高使用圧力 (0.97 MPa)  
 $S$  : 最高使用温度 (66°C) における材料 (SUS316L) の許容引張応力 (108 MPa)  
 $\eta$  : 長手継手の効率 (0.60)

ただし、 $t$  の値は炭素鋼、低合金鋼の場合は  $t=3$ [mm]以上、その他の金属の場合は  $t=1.5$ [mm]以上とする。

表-2 セシウム吸着装置構造強度結果

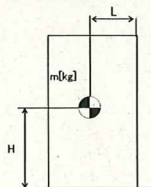
機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
セシウム吸着装置 吸着塔	板厚	6.8	9.5*

※ 最小値

(2) 耐震性評価

a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を行った。評価に用いた数値を表-3-1に示す。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した（表-3-3）。



- $m$  : 機器質量
- $g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- $H$  : 据付面からの重心までの距離
- $L$  : 転倒支点から機器重心までの距離
- $C_H$  : 水平方向設計震度 (0.36, 0.51, 0.57)

地震による転倒モーメント： $M_1 [N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント： $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L$

表-3-1 セシウム吸着装置の転倒評価数値根拠

機器名称	m [kg]	H [m]	L [m]	$C_H$	$M_1$ [N·m]	$M_2$ [N·m]
セシウム 吸着塔	■	■	■	0.36	89,879 → 90 kN·m	130,209 → 130 kN·m
				0.51	127,328 → 128 kN·m	
スキッド (本体)	■	■	■	0.36	512,018 → 513 kN·m	881,804 → 881 kN·m
				0.57	810,695 → 811 kN·m	
スキッド (基礎)	■	■	■	0.36	615,632 → 616 kN·m	958,825 → 958 kN·m
				0.57	974,751 → 975 kN·m	
セシウム吸着 処理水タンク	■	■	■	0.36	143,165 → 144 kN·m	175,759 → 175 kN·m
				0.57	226,677 → 227 kN·m	
セシウム吸着 処理水移送 ポンプ	■	■	■	0.36	2,086 → 2.1 kN·m	7,293 → 7.2 kN·m
				0.57	3,303 → 3.4 kN·m	

b. 滑動評価

地震時の水平荷重によるすべり力と接地面の摩擦力を比較することにより、滑動評価を実施した。評価の結果、地震時の水平荷重によるすべり力は接地面の摩擦力より小さいことから、滑動しないことを確認した(表-3-3)。なお、Sクラス相当の評価では、セシウム吸着塔において地震時の水平荷重によるすべり力が接地面の摩擦力より大きくなったことから、FEMによるトラニオンとピンガイドの強度評価を行った。

地震時の水平荷重によるすべり力 :  $F_L = C_H \times m \times g \rightarrow F_L / (m \times g) = C_H$

接地面の摩擦力 :  $F_\mu = \mu \times m \times g \rightarrow F_\mu / (m \times g) = \mu$

m : 機器質量

g : 重力加速度

$C_H$  : 水平方向設計震度 (0.36, 0.57)

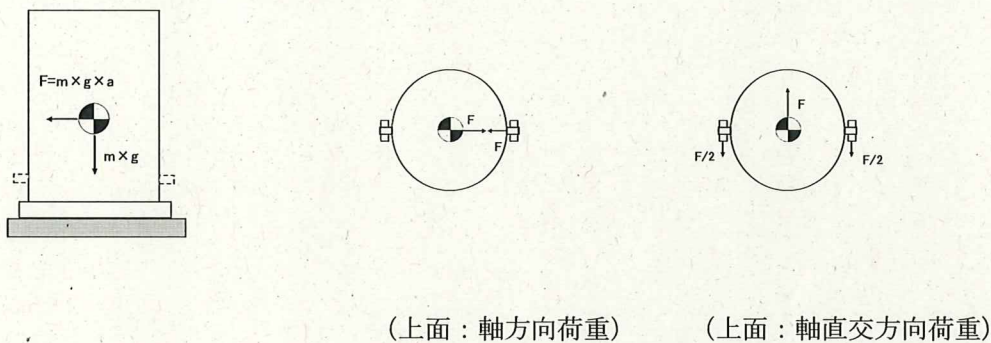
$\mu$  : 摩擦係数 (鉄/鉄 : 0.52)



c. FEMによるトラニオンとピンガイドの強度評価

セシウム吸着塔は、本体下部に位置決めのためのトラニオンが施工されており、スキッド側ピンガイドと取合構造となっている（図-1参照）。

b. 滑動評価において、地震時の水平荷重によるすべり力が接地面の摩擦力より大きくなったことから、軸方向荷重及び軸直交方向荷重を想定し、トラニオンとピンガイドの強度をFEMにより確認する。なお、FEMモデルは、ピンガイドについては各部材の中立面にシェル要素で、トラニオンはソリッド要素で作成した（図-2参照）。FEMによる強度評価の結果ピンガイドは破断せず吸着塔を支持することを確認した（表-3-3）。



(側面)

図-1 トラニオン～ピンガイド概要

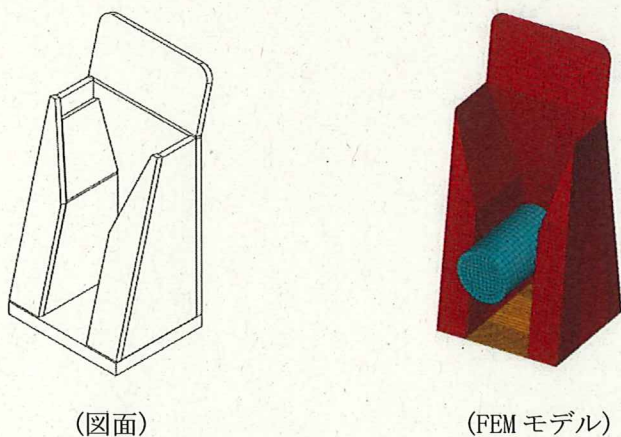
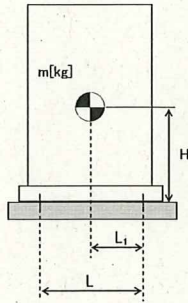


図-2 FEMモデル形状

d. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価に用いた数値を表-3-2に示す。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した(表-3-3)。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- L<sub>1</sub> : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n<sub>f</sub> : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの軸断面積
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36, 0.57)
- C<sub>V</sub> : 鉛直方向設計震度 (0)

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

また、許容応力は、以下の式で設定した。

$$\text{基礎ボルトの許容せん断応力} : f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$$

$$\text{基礎ボルトの許容引張応力} : f_{ts} = \min(1.4f_{to} - 1.6\tau_b, f_{to})$$

ここで、Fは設計・建設規格 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、SS400 の設計温度 66°Cにおける Sy 値、Su 値を線形補間した値を用い、下記式にて設定した。

$$F = \min(Sy, 0.7Su)$$

- Sy 40°C : 235 MPa, 75°C : 222 MPa

$$Sy = 222 + (235 - 222) \times (75-66)/(75-40) = 225 \text{ MPa}$$

- Su 40°C : 400 MPa, 75°C : 381 MPa

$$Su = 381 + (400 - 381) \times (75-66)/(75-40) = 385 \text{ MPa}$$

従って、 $F = \min (S_y, 0.7S_u) = \min (225, 0.7 \times 385) = 225 \text{ MPa}$

基礎ボルトの許容引張応力は以下の通りとなる。

- ・スキッドの場合 ( $C_H=0.57$ )

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 = 168 \text{ MPa}$$

$$f_{ts} = \min(1.4 \times 168 - 1.6 \times 52, 168) = \min(152, 168) = 152 \text{ MPa}$$

- ・セシウム吸着設備処理水タンクの場合 ( $C_H=0.57$ )

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 = 168 \text{ MPa}$$

$$f_{ts} = \min(1.4 \times 168 - 1.6 \times 30, 168) = \min(187.2, 168) = 168 \text{ MPa}$$

基礎ボルトの許容せん断応力は以下の通りとなる。

- ・処理装置 (セシウム吸着装置) 共通

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 129 \text{ MPa}$$

表-3-2 セシウム吸着装置の基礎ボルト強度評価数値根拠

機器名称	m [kg]	H [mm]	L [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	n <sub>r</sub> [本]	n [本]	A <sub>b</sub> [mm <sup>2</sup> ]	C <sub>R</sub>	F <sub>b</sub> [N]	σ <sub>b</sub> [MPa]	τ <sub>b</sub> [MPa]
スキッド	■	■	■	■	23	52	201	0.36	-135,115	<0	32.8 → 33
								0.57	6,270	1.4 → 2	51.9 → 52
セシウム吸着 処理水タンク	■	■	■	■	4	12	314	0.36	-17,909	<0	18.45 → 19
								0.57	27,977	22.27 → 23	29.22 → 30
セシウム吸着 処理水移送 ポンプ	■	■	■	■	2	4	201	0.36	-3,641	<0	5.62 → 6
								0.57	-2,790	<0	8.90 → 9

表-3-3 セシウム吸着装置耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
セシウム 吸着塔	本体	転倒	0.36	90	130	kN・m
			0.51	128		
		滑動	0.36	0.36	0.52	-
			0.57	0.57		
	ピンガイド	相当応力	0.57	182	Sy=159 Su=459	MPa
スキッド	本体	転倒	0.36	513	881	kN・m
			0.57	811		
	基礎	転倒	0.36	616	958	kN・m
			0.57	975		
	基礎ボルト	せん断	0.36	33	129	MPa
			0.57	52		
		引張	0.36	<0	-	MPa
			0.57	2	152	
セシウム吸着 処理水タンク	本体	転倒	0.36	144	175	kN・m
			0.57	227		
	基礎ボルト	せん断	0.36	19	129	MPa
			0.57	30		
		引張	0.36	<0	-	MPa
			0.57	23	168	
セシウム吸着 処理水移送ポンプ	本体	転倒	0.36	2.1	7.2	kN・m
			0.57	3.4		
	基礎ボルト	せん断	0.36	6	129	MPa
			0.57	9		
		引張	0.36	<0	-	MPa
			0.57	<0		

1.2.4. 処理装置（第二セシウム吸着装置）

(1) 構造強度評価

材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。

また、吸着塔の円筒形容器については、設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、内圧に耐えられることを確認した（表-4）。

$$t = \frac{PDi}{2S\eta - 1.2P}$$

$t$  : 胴の計算上必要な厚さ  
 $Di$  : 胴の内径 (            mm)  
 $P$  : 最高使用圧力 (1.37 MPa)  
 $S$  : 最高使用温度 (66°C) における材料 (SUS316L) の許容引張応力 (108 MPa)  
 $\eta$  : 長手継手の効率 (0.60)

$= 9.53$   
 $\rightarrow 9.6$

ただし、 $t$  の値は炭素鋼、低合金鋼の場合は  $t=3$ [mm] 以上、その他の金属の場合は  $t=1.5$ [mm] 以上とする。

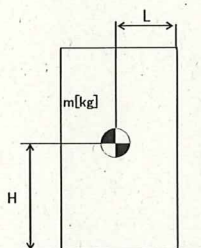
表-4 第二セシウム吸着装置構造強度結果

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
第二セシウム吸着装置 吸着塔	板厚	9.6	12

(2)耐震性評価

a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらと比較することにより転倒評価を実施した。評価に用いた数値を表-5-1に示す。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した(表-5-3)。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 転倒支点から機器重心までの距離
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36, 0.42, 0.60)

地震による転倒モーメント :  $M_1 [N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H$

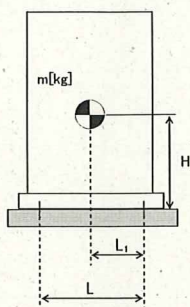
自重による安定モーメント :  $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L$

表-5-1 第二セシウム吸着装置の転倒評価数値根拠

機器名称	m [kg]	H [m]	L [m]	C <sub>H</sub>	M <sub>1</sub> [N・m]	M <sub>2</sub> [N・m]
第二セシウム吸着塔	■	■	■	0.36	143,794 → 144 kN・m	169,194 → 169 kN・m
				0.42	167,760 → 168 kN・m	
ポンプスキッド	■	■	■	0.36	3,839.7 → 3.9 kN・m	6,936.1 → 6.9 kN・m
				0.60	6,399.5 → 6.4 kN・m	

b. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価に用いた数値を表-5-2に示す。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した(表-5-3)。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- L<sub>1</sub> : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n<sub>f</sub> : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの軸断面積
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36, 0.55, 0.60)
- C<sub>V</sub> : 鉛直方向設計震度 (0)

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

また、許容応力は、以下の式で設定した。

$$\text{基礎ボルトの許容せん断応力} : f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$$

$$\text{基礎ボルトの許容引張応力} : f_{ls} = \min(1.4f_{to} - 1.6\tau_b, f_{to})$$

ここで、Fは設計・建設規格 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、SS400 の設計温度 50°Cにおける Sy 値、Su 値を線形補間した値を用い、下記式にて設定した。

$$F = \min(Sy, 0.7Su)$$

・ Sy : 表 8 より 40°C : 235 MPa, 75°C : 222 MPa

$$Sy = 222 + (235 - 222) \times (75 - 50) / (75 - 40) = 231 \text{ MPa}$$

・ Su : 表 9 より 40°C : 400 MPa, 75°C : 381 MPa

$$Su = 381 + (400 - 381) \times (75 - 50) / (75 - 40) = 394 \text{ MPa}$$



従って,  $F = \min (S_y, 0.7S_u) = \min (231, 0.7 \times 394) = 231 \text{ MPa}$

基礎ボルトの許容引張応力は以下の通りとなる。

- ・ 第二セシウム吸着塔の場合 ( $C_H=0.55$ )

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 = 173 \text{ MPa}$$

$$f_{ts} = \min(1.4 \times 173 - 1.6 \times 108, 173) = \min(69.4, 173) = 69 \text{ MPa}$$

基礎ボルトの許容せん断応力は以下の通りとなる。

- ・ 処理装置 (第二セシウム吸着装置) 共通

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 133 \text{ MPa}$$

表-5-2 第二セシウム吸着装置の基礎ボルト強度評価数値根拠

機器名称	m [kg]	H [mm]	L [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	n <sub>r</sub> [本]	n [本]	A <sub>b</sub> [mm <sup>2</sup> ]	C <sub>H</sub>	F <sub>b</sub> [N]	σ <sub>b</sub> [MPa]	τ <sub>b</sub> [MPa]
第二セシウム 吸着塔	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-14,519	<0	70.2 → 71
								0.55	42,466	67.6 → 68	107.3 → 108
ポンプ スキッド	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-2,258	<0	3.76 → 4
								0.60	-391	<0	6.27 → 7

表-5-3 第二セシウム吸着装置耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
第二セシウム 吸着塔	本体	転倒	0.36	144	169	kN・m
			0.42	168		
	基礎ボルト	せん断	0.36	71	133	MPa
			0.55	108		
		引張	0.36	<0	69	MPa
			0.55	68		
ポンプスキッド	本体	転倒	0.36	3.9	6.9	kN・m
			0.60	6.4		
	基礎ボルト	せん断	0.36	4	133	MPa
			0.60	7		
		引張	0.36	<0	-	MPa
			0.60	<0		

### 1.2.5. 処理装置（除染装置）

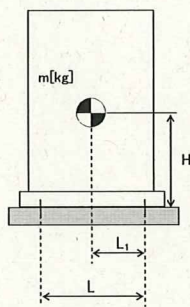
#### (1) 構造強度評価

材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。従って、除染装置は必要な構造強度を有すると評価した。

#### (2) 耐震性評価

##### a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価に用いた数値を表-6-1に示す。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表-6-2）。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- L<sub>1</sub> : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n<sub>f</sub> : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの軸断面積
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36, 0.50, 0.60)
- C<sub>V</sub> : 鉛直方向設計震度 (0)

基礎ボルトに作用する引張力：

・ 反応槽 
$$: F_b = \frac{4}{nD} (m \times g \times C_H \times H) - \frac{m \times g \times (1 - C_V)}{n}$$

・ 凝集沈殿装置 (マルチフロー) 
$$: F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

基礎ボルトの引張応力：
$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

基礎ボルトのせん断応力：
$$\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

また、許容応力は、以下の式で設定した。

$$\text{基礎ボルトの許容せん断応力} : f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$$

$$\text{基礎ボルトの許容引張応力} : f_{ts} = \min(1.4f_{to} - 1.6\tau_b, f_{to})$$

ここで、Fは設計・建設規格 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、設計温度（常温）における Sy 値、Su 値を用いて設定した。

$$F = \min(Sy, 0.7Su)$$

・反応槽 (SUS304)

$$Sy : \text{表 8 より } 40^\circ\text{C} : 205 \text{ MPa}, Su : \text{表 9 より } 40^\circ\text{C} : 520 \text{ MPa}$$

$$\text{従って、} F = \min(Sy, 0.7Su) = \min(205, 0.7 \times 520) = 205 \text{ MPa}$$

・凝集沈殿装置 (マルチフロー) (SS400)

$$Sy : \text{表 8 より } 40^\circ\text{C} : 235 \text{ MPa}, Su : \text{表 9 より } 40^\circ\text{C} : 400 \text{ MPa}$$

$$\text{従って、} F = \min(Sy, 0.7Su) = \min(235, 0.7 \times 400) = 235 \text{ MPa}$$

基礎ボルトの許容引張応力は以下の通りとなる。

・反応槽

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 = 153 \text{ MPa}$$

$$f_{ts} = \min(1.4 \times 153 - 1.6 \times 49, 153) = 135 \text{ MPa} \quad (C_H=0.36)$$

$$f_{ts} = \min(1.4 \times 153 - 1.6 \times 68, 153) = 105 \text{ MPa} \quad (C_H=0.60)$$

・凝集沈殿装置 (マルチフロー)

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 = 176 \text{ MPa}$$

$$f_{ts} = \min(1.4 \times 176 - 1.6 \times 119, 176) = 56 \text{ MPa} \quad (C_H=0.60)$$

基礎ボルトの許容せん断応力は以下の通りとなる。

・反応槽

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 118 \text{ MPa}$$

・凝集沈殿装置 (マルチフロー)

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 135 \text{ MPa}$$

表-6-1 除染装置の基礎ボルト強度評価数値根拠

機器名称	m [kg]	H [mm]	L 又は D [mm]	L <sub>i</sub> [mm]	n <sub>r</sub> [本]	n [本]	A <sub>b</sub> [mm <sup>2</sup> ]	C <sub>H</sub>	F <sub>b</sub> [N]	σ <sub>b</sub> [MPa]	τ <sub>b</sub> [MPa]
反応槽	■	■	■	■	■	■	■	0.36	3,260	16.2 → 17	48.9 → 49
								0.50	15,134	75.3 → 76	67.8 → 68
凝集沈殿装置 マルチフロー	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-226,926	<0	70.8 → 71
								0.60	13,075	6.94 → 7	118.1 → 119

b. 有限要素法によるフレーム構造解析

主要設備についてはコンクリートにアンカーを打った上で架台にて強固に据え付けられていることから、加圧浮上分離装置 (DAF)、凝集沈殿装置 (アクチフロー)、ディスクフィルタについて有限要素法によるフレーム構造解析を用いて基礎ボルトの強度評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度に問題がないことを確認した (表-6-2)。

① 加圧浮上分離装置 (DAF)

設計用水平震度 : 0.6G

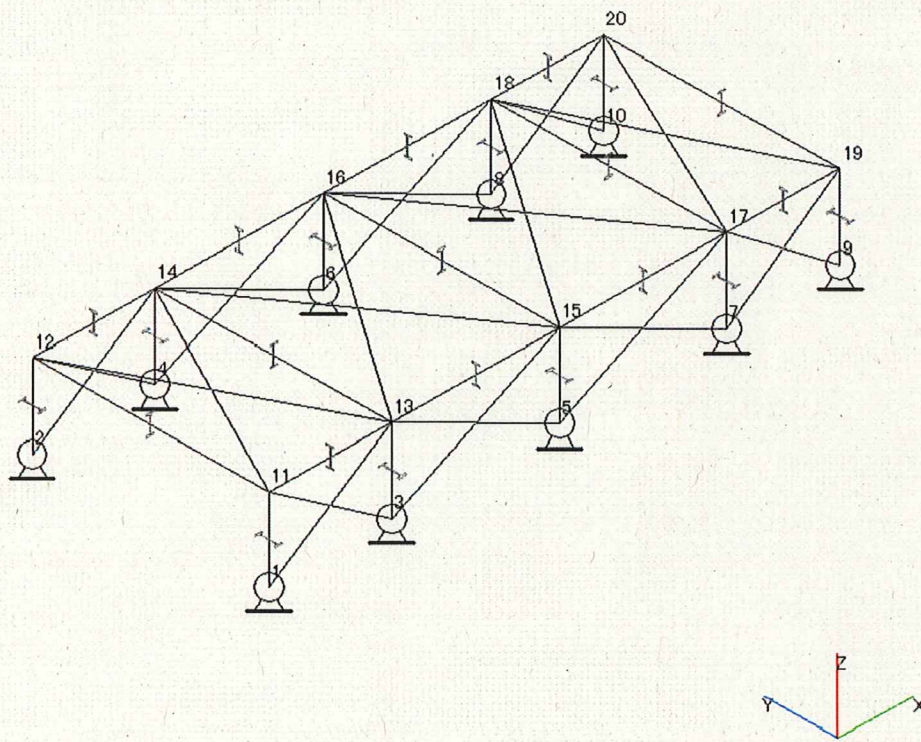


図-3 加圧浮上分離装置 (DAF) 解析モデル

② 凝集沈殿装置 (アクチフロー)

設計用水平震度 : 0.6G

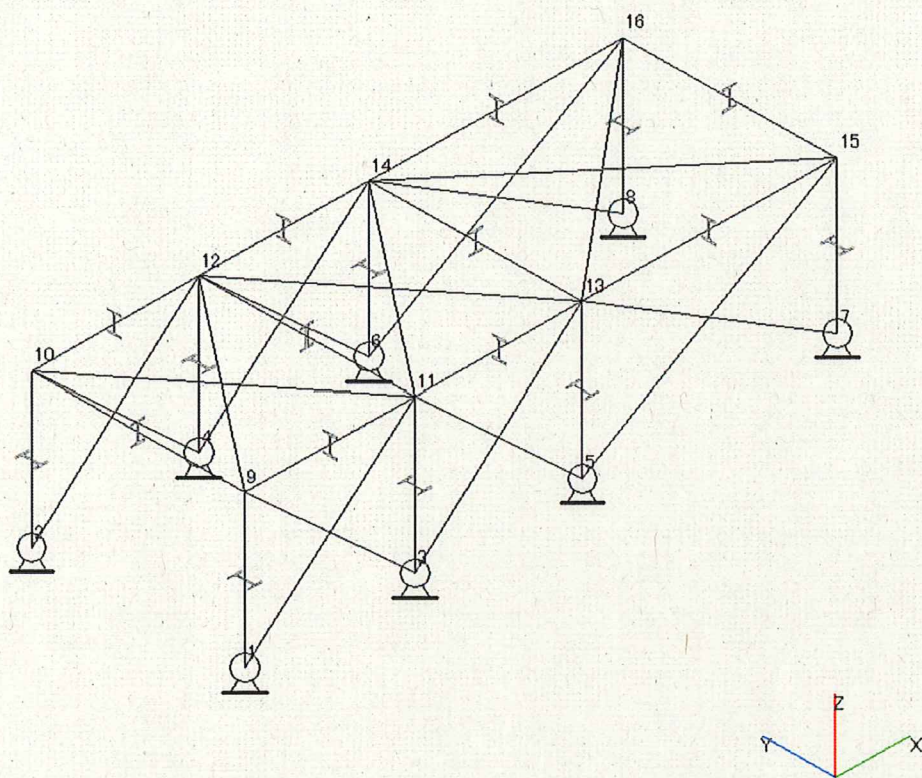


図-4 凝集沈殿装置 (アクチフロー) 解析モデル



③ ディスクフィルタ

設計用水平震度：0.6G

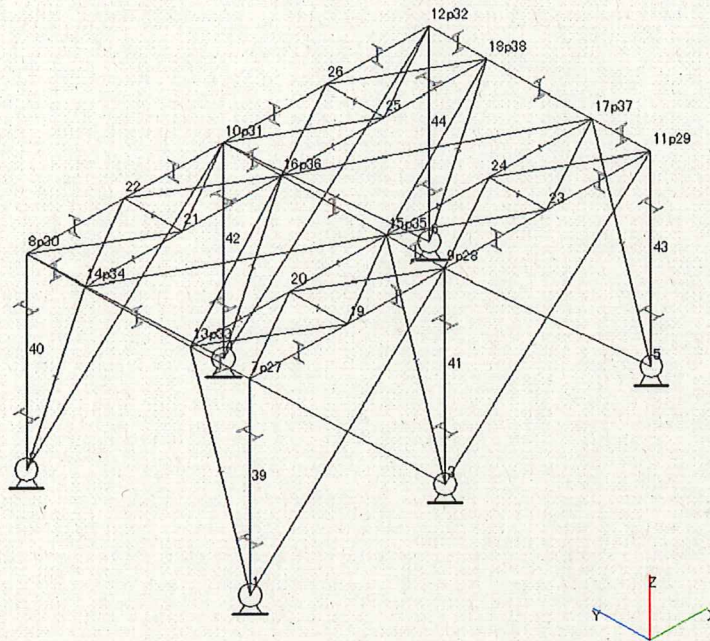


図-5 ディスクフィルタ解析モデル

c. 架台強度評価

加圧浮上分離装置 (DAF), 凝集沈殿装置 (マルチフロー), 凝集沈殿装置 (アクチフロー), ディスクフィルタについて有限要素法によるフレーム構造解析を用いて各部材に発生するたわみ量の評価を実施した。評価の結果, 架台強度に問題がないことを確認した (表-6-2)。

表-6-2 除染装置耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
加圧浮上分離装置 (DAF)	架台 (柱脚)	変位	0.60	1/290	1/120	変位量
	基礎 ボルト	せん断	0.60	27	118	MPa
		引張	0.60	6	153	MPa
反応槽	基礎 ボルト	せん断	0.36	49	118	MPa
			0.50	68		
		引張	0.36	17	135	MPa
			0.50	76	105	
凝集沈殿装置 (マルチフロー)	本体 (壁パネル)	変位	0.60	1/515	1/120	変位量
	基礎 ボルト	せん断	0.36	71	135	MPa
			0.60	119		
		引張	0.36	<0	-	MPa
0.60			7	56		
凝集沈殿装置 (アクチフロー)	架台 (柱脚)	変位	0.6	1/936	1/120	変位量
	基礎 ボルト	せん断	0.60	38	118	MPa
		引張	0.60	51	153	MPa
ディスク フィルタ	架台 (柱脚)	変位	0.6	1/527	1/120	変位量
	基礎 ボルト	せん断	0.60	44	118	MPa
		引張	0.60	19	143	MPa

### 1.2.6. 淡水化装置

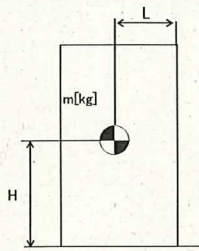
#### (1) 構造強度評価

材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。従って、淡水化装置は必要な構造強度を有すると評価した。

#### (2) 耐震性評価

##### a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価に用いた数値を表-7-1, 2に示す。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した (表-7-5)。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面から重心までの距離
- L : 転倒支点から機器重心までの距離
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36)

地震による転倒モーメント :  $M_1 [N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント :  $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L$

(a) ポンプ, 配管・弁モジュール

転倒モーメント及び安定モーメントの評価式を以下の様に変更し, 評価を実施した。

地震による転倒モーメント :  $M_1 [N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H \rightarrow M_1 / (m \times g) = C_H \times H$

自重による安定モーメント :  $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L \rightarrow M_2 / (m \times g) = L$

表-7-1 淡水化装置 (ポンプ, 配管・弁モジュール) の転倒評価数値根拠

機器名称	水平震度	H [m]	算出値 C <sub>H</sub> × H [m]	許容値 L [m]
SPT 受入水移送ポンプ	0.36	■	0.202 → 0.21	■ → 0.77
廃液 RO 供給ポンプ	0.36	■	0.200 → 0.21	■ → 0.92
RO 処理水供給ポンプ	0.36	■	0.202 → 0.21	■ → 0.77
RO 処理水移送ポンプ	0.36	■	0.467 → 0.47	■ → 0.77
RO 濃縮水供給ポンプ	0.36	■	0.202 → 0.21	■ → 0.77
RO 濃縮水移送ポンプ (旧 RO 濃縮水貯槽移送ポンプ)	0.36	■	0.350 → 0.36	■ → 0.77
RO 濃縮水移送ポンプ	0.36	■	0.347 → 0.35	■ → 0.71
濃縮水移送ポンプ	0.36	■	0.194 → 0.20	■ → 0.77
配管・弁モジュール	0.36	■	0.185 → 0.19	■ → 0.28

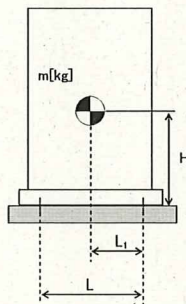
(b) 逆浸透膜装置 (R0-3)

表-7-2 淡水化装置 (R0-2, R0-3) の転倒評価数値根拠

機器名称	m [kg]	H [m]	L [m]	M <sub>1</sub> [kN・m]	M <sub>2</sub> [kN・m]
逆浸透膜装置 R0-3	■	■	■	1.691 → 1.70	1.801 → 1.80

b. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価に用いた数値を表-7-3, 4に示す。評価の結果, 基礎ボルトの強度が確保されることを確認した。(表-7-5)。



- $m$  : 機器質量
- $g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- $H$  : 据付面からの重心までの距離
- $L$  : 基礎ボルト間の水平方向距離
- $L_1$  : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- $n_f$  : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- $n$  : 基礎ボルトの本数
- $A_b$  : 基礎ボルトの軸断面積
- $C_H$  : 水平方向設計震度 (0.36)
- $C_V$  : 鉛直方向設計震度 (0)

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

$$\text{アンカーに作用するせん断荷重} : Q = \frac{m \times g \times C_H}{n}$$

(a) 淡水化装置 (蒸発濃縮装置-1A, 1B, 1C)

表-7-3 淡水化装置 (蒸発濃縮装置-1A, 1B, 1C) の基礎ボルト強度評価数値根拠

	m	h	L	L <sub>1</sub>	n <sub>f</sub>	n	A <sub>b</sub>	C <sub>H</sub>	F <sub>b</sub>	τ
	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[本]	[本]	[mm]		[N]	[MPa]
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-1A)	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-9,373 → <0	29.3 → 30
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-1B)	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-9,567 → <0	38.1 → 39
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-1C)	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-4,000 → <0	35.1 → 36

また、基礎ボルトの許容せん断応力は以下の式で設定した。

$$\text{基礎ボルトの許容せん断応力: } f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$$

ここで、F は設計・建設規格 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、SS400 の設計温度 60°C における Sy 値、Su 値を線形補間した値を用い、下記式にて設定した。

$$F = \min (Sy, 0.7Su)$$

・ Sy 40°C : 235 MPa, 75°C : 222 MPa

$$Sy = 222 + (235 - 222) \times (75-60)/(75-40) = 227 \text{ MPa}$$

・ Su 40°C : 400 Pa, 75°C : 381 MPa

$$Su = 381 + (400 - 381) \times (75-60)/(75-40) = 389 \text{ MPa}$$

従って、 $F = \min (Sy, 0.7Su) = \min (227, 0.7 \times 389) = 227 \text{ MPa}$

基礎ボルトの許容せん断応力は以下の通りとなる。

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 131 \text{ MPa}$$

(b) 淡水化装置 (蒸発濃縮装置-2A, 2B, 3A, 3B, 3C)

表-7-4 淡水化装置 (蒸発濃縮装置-2A, 2B, 3A, 3B, 3C) の  
基礎ボルト強度評価数値根拠

	m [kg]	h [mm]	L [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	n <sub>r</sub> [本]	n [本]	A <sub>b</sub> [mm]	C <sub>H</sub>	F <sub>b</sub> [N]	τ [MPa]
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-2A, B) (濃縮装置)	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-55,702 → <0	87.8 → 88
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-3A, B, C) (濃縮装置)	■	■	■	■	■	■	■	0.36	-106,472 → <0	97.5 → 98

また、基礎ボルトの許容せん断応力は以下の式で設定した。

$$\text{基礎ボルトの許容せん断応力} : f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$$

ここで、F は設計・建設規格 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、SUS304 の設計温度 66°C における Sy 値、Su 値を線形補間した値を用い、下記式にて設定した。

$$F = \min (Sy, 0.7Su)$$

・ Sy 40°C : 205 MPa, 75°C : 183 MPa

$$Sy = 183 + (205 - 183) \times (75-66)/(75-40) = 188 \text{ MPa}$$

・ Su 40°C : 520 Pa, 75°C : 466 MPa

$$Su = 466 + (520 - 466) \times (75-66)/(75-40) = 479 \text{ MPa}$$

従って、 $F = \min (Sy, 0.7Su) = \min (188, 0.7 \times 479) = 188 \text{ MPa}$

基礎ボルトの許容せん断応力は以下の通りとなる。

$$f_{sb} = 1.5 \frac{F}{1.5\sqrt{3}} = 108 \text{ MPa}$$

### c. 滑動評価

地震時の水平荷重によるすべり力と接地面の摩擦力を比較することにより、滑動評価を実施した。評価の結果、地震時の水平荷重によるすべり力は接地面の摩擦力より小さいことから、滑動しないことを確認した (表-7-6)。

$$\text{地震時の水平荷重によるすべり力} : F_L = C_H \times m \times g \rightarrow F_L / (m \times g) = C_H$$

$$\text{接地面の摩擦力} : F_\mu = \mu \times m \times g \rightarrow F_\mu / (m \times g) = \mu$$

表-7-5 淡水化装置耐震評価結果 (1/2)

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
SPT 受入水移送ポンプ	本体	転倒	0.36	0.21	0.77	m
廃液 RO 供給ポンプ	本体	転倒	0.36	0.21	0.92	m
RO 処理水供給ポンプ	本体	転倒	0.36	0.21	0.77	m
RO 処理水移送ポンプ	本体	転倒	0.36	0.47	0.77	m
RO 濃縮水供給ポンプ	本体	転倒	0.36	0.21	0.77	m
RO 濃縮水移送ポンプ (旧 RO 濃縮水貯槽移送 ポンプ)	本体	転倒	0.36	0.36	0.77	m
RO 濃縮水移送ポンプ	本体	転倒	0.36	0.35	0.71	m
濃縮水移送ポンプ	本体	転倒	0.36	0.20	0.77	m
配管・弁モジュール	本体	転倒	0.36	0.19	0.28	m
逆浸透膜装置 (RO-3)	本体	転倒	0.36	1.70	1.80	kN・m

表-7-5 淡水化装置耐震評価結果 (2/2)

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-1A)	基礎	せん断	0.36	30	131	MPa
	ボルト	引張	0.36	<0	-	MPa
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-1B)	基礎	せん断	0.36	39	131	MPa
	ボルト	引張	0.36	<0	-	MPa
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-1C)	基礎	せん断	0.36	36	131	MPa
	ボルト	引張	0.36	<0	-	MPa
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-2A, B) (濃縮装置)	本体	転倒	0.36	<0	-	kN
	基礎 ボルト	せん断	0.36	88	108	MPa
		引張	0.36	<0	-	MPa
蒸発濃縮装置 (蒸発濃縮-3A, B, C) (濃縮装置)	本体	転倒	0.36	<0	-	kN
	基礎 ボルト	せん断	0.36	98	108	MPa
		引張	0.36	<0	-	MPa

1.2.7. 廃止 (高濃度滞留水受タンク)

1.2.8. 中低濃度タンク

(1) 構造強度評価

① 震災以降緊急対応的に設置又は既に (平成 25 年 8 月 14 日より前に) 設計に着手したタンク

a. 円筒型タンクの胴の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価に用いた数値根拠を示す (表-8-1)。



表-8-1 円筒型タンクの胴の板厚評価の数値根拠

機器名称		Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度 [°C]	S [MPa]	$\eta$	t [mm]
RO 濃縮水貯槽 多核種処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量 (溶接)	■	■	1	SS400	常温	100	0.65	9.53 →9.6
		■	■	1	SS400	常温	100	0.65	9.77 →9.8
濃縮廃液貯槽	100m <sup>3</sup> 容量 円筒型 (横置き)	■	■	1	SS400	常温	100	0.60	0.84 →3.0 <sup>※2</sup>

※1 : 満水での水頭。

※2 : 炭素鋼の必要厚さにより3[mm]となる。

b. 円筒型タンクの管台の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、管台の板厚評価を実施した。評価に用いた数値根拠を示す(表-8-2)。

表-8-2 円筒型タンクの管台の板厚評価の数値根拠

機器名称		管台 口径	Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度	S [MPa]	$\eta$	t [mm]
RO 濃縮水貯槽 多核種処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量 (溶接)	100A	■	■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.05 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.11 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	STPY400	常温	100	0.6	0.51 →3.5 <sup>※2</sup>
		100A	■	■	1	SGP	常温	74	0.6	0.13 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	SGP	常温	74	0.6	0.24 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	STPY400	常温	100	0.6	0.52 →3.5 <sup>※2</sup>

※1 : 満水での水頭。

※2 : 管台の外径: 82mm 以上のものについては3.5mm

c. 円筒型タンクの胴の穴の補強評価

設計・建設規格に準拠し、胴の穴の補強について評価を実施した。評価に用いた数値根拠を示す（表-8-3）。

表-8-3 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠（1/4）

機器名称		管台口径	管台材料	温度	F	$\eta$	$S_n$ [MPa]	$S_s$ [MPa]	$t_s$ [mm]	$t_{sr}$ [mm]	$t_n$ [mm]	X [mm]	d [mm]	A1 [mm <sup>2</sup> ]
RO濃縮水貯槽 多核種処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量 (溶接)	100A	STPG370	常温	1	1	93	100	12	■	8.6	■	■	■
		200A	STPG370	常温	1	1	93	100	12	■	12.7	■	■	■
		600A	STPY400	常温	1	1	100	100	12	■	9.5	■	■	■
		100A	SGP	常温	1	1	74	100	12	■	4.5	■	■	■
		200A	SGP	常温	1	1	74	100	12	■	5.8	■	■	■
		600A	STPY400	常温	1	1	100	100	12	■	9.5	■	■	■

表-8-3 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (2/4)

機器名称		管台 口径	H [mm]	d [mm]	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>e</sub> [MPa]	t <sub>n1</sub> [mm]	t <sub>n2</sub> [mm]	h [mm]	t <sub>nr</sub> [mm]	t <sub>s</sub> [mm]	Y <sub>1</sub> [mm]	Y <sub>2</sub> [mm]	A2 [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽 多核種処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量 (溶接)	100A			93	100				0.05	12			
		200A			93	100				0.11	12			
		600A			100	100				0.30	12			
		100A			74	100				0.08	12			
		200A			74	100				0.15	12			
		600A			100	100				0.31	12			

表-8-3 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (3/4)

機器名称		管台 口径	L <sub>1</sub> [mm]	L <sub>2</sub> [mm]	A3 [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽 多核種処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量 (溶接)	100A	█	█	72.00
		200A	█	█	72.00
		600A	█	█	72.00
		100A	█	█	100.00
		200A	█	█	100.00
		600A	█	█	200.00

表-8-3 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (4/4)

機器名称		管台 口径	d [mm]	t <sub>sr</sub> [mm]	F	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	A <sub>r</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>0</sub> [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽 多核種処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量 (溶接)	100A	█	█	1	93	100	609.16 →610	1274.19 →1274
		200A	█	█	1	93	100	1193.97 →1194	2321.09 →2321
		600A	█	█	1	100	100	3656.13 →3657	4376.83 →4376
		100A	█	█	1	74	100	684.46 →685	821.09 →821
		200A	█	█	1	74	100	1320.81 →1321	1444.91 →1444
		600A	█	█	1	100	100	3751.72 →3752	4256.86 →4256

② 平成 25 年 8 月 14 日以降に設計するタンク

a. 円筒型タンクの胴の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した（表-9-1, 2）。

t : 管台の計算上必要な厚さ

Di : 管台の内径

H : 水頭

$\rho$  : 液体の比重

S : 最高使用温度における  
材料の許容引張応力

$\eta$  : 長手継手の効率

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

ただし、t の値は炭素鋼，低合金鋼の場合は t=3[mm]以上，その他の金属の場合は t=1.5[mm]以上とする。また、内径の区分に応じた必要厚さを考慮する。

表-9-1 円筒型タンクの胴の板厚評価の数値根拠 (1/2)

機器名称		Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度 [°C]	S [MPa]	$\eta$	t [mm]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SS400	常温	100	0.70	8.335 →8.4
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	10.199 →10.2
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400A	50.0	100	0.65	8.153 →8.2
		■	■	1	SS400	常温	100	0.70	8.335 →8.4
		■	■	1	SM400C	常温	100	0.70	8.356 →8.4
	1000m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	10.199 →10.2
	1060m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	10.199 →10.2
	1140m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400B	40.0	100	0.7	10.33 →10.4
	1160m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400C	66.0	100	0.6	11.68 →11.7
	1200m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400A	50.0	100	0.65	10.860 →10.9
		■	■	1	SM400A	常温	100	0.7	8.99 →9.0
■		■	1	SM400A	50.0	100	0.65	10.880 →10.9	

※1 : 満水での水頭。

表-9-1 円筒型タンクの胴の板厚評価の数値根拠 (2/2)

機器名称	Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度 [°C]	S [MPa]	$\eta$	t [mm]
多核種処理水貯槽	1220m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400C	常温	100	0.7 9.76 →9.8
	1235m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400C	66.0	100	0.6 11.68 →11.7
	1330m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400B	50.0	100	0.7 11.46 →11.5
		■	■	1	SM400C	常温	100	0.7 11.478 →11.5
		■	■	1	SM490A	66.0	123	0.6 10.751 →10.8
	1356m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400A	50.0	100	0.65 11.418 →11.5
	2400m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400C	常温	100	0.65 16.126 →16.2
	2900m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM490C	66.0	123	0.6 14.498 →14.5
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SS400	常温	100	0.7 10.199 →10.2
	1160m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400C	66.0	100	0.6 11.68 →11.7
	1200m <sup>3</sup> 容量	■	■	1	SM400A	50.0	100	0.65 10.860 →10.9

※1 : 満水での水頭。

表-9-2 円筒型タンクの胴の板厚評価結果

機器名称		評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	8.4	16.0	
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	10.2	15.0	
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	8.2	12.0	
		タンク板厚	8.4	16.0	
		タンク板厚	8.4	12.0	
	1000m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	10.2	15.0	
	1060m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	10.2	15.0	
	1140m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	10.4	15.0	
	1160m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	11.7	12.0	
	1200m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚		9.6	12.0
				9.0	12.0
				10.9	12.0
	1220m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	9.8	12.0	
	1235m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	11.7	12.0	
	1330m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚		11.5	15.0
				10.8	12.0
	1356m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	11.5	12.0	
	2400m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	16.2	18.8	
2900m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	14.5	15.0		
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	10.2	15.0	
	1160m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	11.7	12.0	
	1200m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚	9.6	12.0	

b. 円筒型タンクの底板の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、底板の厚さについて評価を実施した。評価の結果、必要板厚確保していることを確認した（表-9-3）。

表-9-3 円筒型タンクの底板の板厚評価結果

機器名称		評価部位	必要肉厚 [mm]	実厚 [mm]
RO濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	25.0
RO濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	25.0
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
		タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	25.0
	1000m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	25.0
	1060m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	25.0
	1140m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	22.0
	1160m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	1200m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	1220m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	1235m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	1330m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	22.0
		タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	1356m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	2400m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	2900m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
Sr処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	25.0
	1160m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0
	1200m <sup>3</sup> 容量	タンク板厚（底板）	3.0 <sup>*</sup>	12.0

※ 地面、基礎等に直接接触するものについては、3mm

c. 円筒型タンクの管台の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、管台の板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した（表-9-4, 5）。

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 管台の計算上必要な厚さ  
 Di : 管台の内径  
 H : 水頭  
 ρ : 液体の比重  
 S : 最高使用温度における材料の許容引張応力  
 η : 長手継手の効率

ただし、管台の外径の区分に応じた必要厚さを考慮する。



表-9-4 円筒型タンクの管台の板厚評価の数値根拠 (1/4)

機器名称		管台 口径	Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度	S [MPa]	$\eta$	t [mm]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>*2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>*2</sup>
		500A	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	0.49 →3.5 <sup>*2</sup>
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>*2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>*2</sup>
		600A	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	0.59 →3.5 <sup>*2</sup>
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.06 →3.5 <sup>*2</sup>
			■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>*2</sup>
			■	■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.08 →3.5 <sup>*2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.13 →3.5 <sup>*2</sup>
			■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>*2</sup>
			■	■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.15 →3.5 <sup>*2</sup>
		600A	■	■	1	SM400A	50.0	100	0.6	0.57 →3.5 <sup>*2</sup>
			■	■	1	SS400	常温	100	0.7	0.60 →3.5 <sup>*2</sup>
			■	■	1	SM400C	常温	100	0.7	0.60 →3.5 <sup>*2</sup>
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>*2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>*2</sup>
		600A	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	0.59 →3.5 <sup>*2</sup>
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>*2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>*2</sup>
		600A	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	0.59 →3.5 <sup>*2</sup>

※1 : 満水での水頭。

※2 : 管台の外径: 82mm 以上のものについては 3.5mm

表-9-4 円筒型タンクの管台の板厚評価の数値根拠 (2/4)

機器名称	管台 口径	Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度	S [MPa]	$\eta$	t [mm]	
多核種処理水貯槽	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	40	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	40	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	SM400B	40	100	0.7	0.55 →3.5 <sup>※2</sup>
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.14 →3.5 <sup>※2</sup>
		650A	■	■	1	SM400C	66.0	100	0.6	0.68 →3.5 <sup>※2</sup>
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.065 →3.5 <sup>※2</sup>
			■	■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.06 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.126 →3.5 <sup>※2</sup>
			■	■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.11 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	STPY400	50.0	100	1.0	0.579 →3.5 <sup>※2</sup>
			■	■	1	SM400A	50.0	100	0.6	0.575 →3.5 <sup>※2</sup>
		760mm (内 径)	■	■	1	SM400A	常温	100	0.7	0.57 →3.5 <sup>※2</sup>
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.06 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.11 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	SM400C	常温	100	0.7	0.48 →3.5 <sup>※2</sup>
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.14 →3.5 <sup>※2</sup>
		650A	■	■	1	SM400C	66.0	100	0.6	0.68 →3.5 <sup>※2</sup>

※1 : 満水での水頭。

※2 : 管台の外径: 82mm 以上のものについては 3.5mm

表-9-4 円筒型タンクの管台の板厚評価の数値根拠 (3/4)

機器名称	管台 口径	Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度	S [MPa]	$\eta$	t [mm]	
多核種処理水貯槽	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	■■■■	■■■■	1	STPT410	50.0	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
			■■■■	■■■■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.08 →3.5 <sup>※2</sup>
			■■■■	■■■■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.08 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■■■■	■■■■	1	STPT410	50.0	103	1.0	0.14 →3.5 <sup>※2</sup>
			■■■■	■■■■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.15 →3.5 <sup>※2</sup>
			■■■■	■■■■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.15 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■■■■	■■■■	1	SM400B	50.0	100	0.7	0.58 →3.5 <sup>※2</sup>
			■■■■	■■■■	1	SM400C	常温	100	0.7	0.61 →3.5 <sup>※2</sup>
		650A	■■■■	■■■■	1	SM490B	66.0	123	1.0	0.37 →3.5 <sup>※2</sup>
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A	■■■■	■■■■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■■■■	■■■■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.13 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■■■■	■■■■	1	SM400A	50.0	100	0.6	0.58 →3.5 <sup>※2</sup>
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	■■■■	■■■■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■■■■	■■■■	1	STPG370	常温	93	1.0	0.13 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■■■■	■■■■	1	SM400C	常温	100	0.7	0.54 →3.5 <sup>※2</sup>
	2900m <sup>3</sup> 容量	100A	■■■■	■■■■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■■■■	■■■■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.14 →3.5 <sup>※2</sup>
		650A	■■■■	■■■■	1	SM400C	66.0	100	0.6	0.68 →3.5 <sup>※2</sup>

※1 : 満水での水頭。

※2 : 管台の外径 : 82mm 以上のものについては 3.5mm

表-9-4 円筒型タンクの管台の板厚評価の数値根拠 (4/4)

機器名称		管台 口径	Di [m]	H [m]	$\rho$	材料	温度	S [MPa]	$\eta$	t [mm]
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPT410	常温	103	1.0	0.13 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	SS400	常温	100	0.7	0.59 →3.5 <sup>※2</sup>
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.07 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	66.0	93	1.0	0.14 →3.5 <sup>※2</sup>
		650A	■	■	1	SM400C	66.0	100	0.6	0.68 →3.5 <sup>※2</sup>
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.065 →3.5 <sup>※2</sup>
		200A	■	■	1	STPG370	50.0	93	1.0	0.126 →3.5 <sup>※2</sup>
		600A	■	■	1	STPY400	50.0	100	1.0	0.579 →3.5 <sup>※2</sup>

※1 : 満水での水頭。

※2 : 管台の外径 : 82mm 以上のものについては 3.5mm

表-9-5 円筒型タンクの管台の板厚評価結果 (1/2)

機器名称		管台口径	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		500A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
		100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		650A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	9.5
			管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
	760mm (内径)	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0	
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		650A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0

※管台の外径：82mm 以上のものについては 3.5mm

表-9-5 円筒型タンクの管台の板厚評価結果(2/2)

機器名称		管台口径	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
多核種処理水貯槽	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
		650A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
	2900m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
650A		管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0	
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.6
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.7
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	16.0
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		650A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	12.0
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	6.0
		200A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	8.2
		600A	管台板厚	3.5 <sup>*</sup>	9.5

※管台の外径：82mm 以上のものについては3.5mm

d. 円筒型タンクの胴の穴の補強評価

設計・建設規格に準拠し、胴の穴の補強について評価を実施した。評価の結果、補強に有効な面積が補強に必要な面積より大きいため補強が不要であることを確認した(表-9-6, 7)。

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = (\eta t_s - Ft_{sr})(X - d) - 2\left(1 - \frac{S_n}{S_s}\right)(\eta t_s - Ft_{sr})t_n$$

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = 2\left(\text{Max}\left(d, \frac{d}{2} + t_s + t_n\right)\right)$$

$$A_2 = 2((t_{n1} - t_{nr})Y_1 + t_{n2}Y_2)S_n / S_s$$

$$t_{nr} = \frac{PDi}{2S_n - 1.2P}$$

$$Y_1 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{n1} + Te)$$

$$Y_2 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{n2}, h)$$

$$A_3 = L_1L_1 + L_2L_2 + L_3L_3$$

$$A_4 = (W - Wi) \times Te$$

$$W = \text{Min}(X, De)$$

$$Ar = dt_{sr}F + 2\left(1 - \frac{S_n}{S_s}\right)t_{sr}Ft_n$$

- A<sub>0</sub> : 補強に有効な総面積
- A<sub>1</sub> : 胴, 鏡板又は平板部分の補強に有効な面積
- A<sub>2</sub> : 管台部分の補強に有効な面積
- A<sub>3</sub> : すみ肉溶接部の補強に有効な面積
- A<sub>4</sub> : 強め材の補強に有効な面積
- η : PVC-3161.2に規定する効率
- t<sub>s</sub> : 胴の最小厚さ
- t<sub>sr</sub> : 継ぎ目のない胴の計算上必要な厚さ (PVC-3122(1)において η=1としたもの)
- t<sub>n</sub> : 管台最小厚さ
- t<sub>n1</sub> : 胴板より外側の管台最小厚さ
- t<sub>n2</sub> : 胴板より内側の管台最小厚さ
- t<sub>nr</sub> : 管台の計算上必要な厚さ
- P : 最高使用圧力(水頭)=9.80665×10<sup>3</sup>H ρ
- S<sub>s</sub> : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力
- S<sub>n</sub> : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力
- Di : 管台の内径
- X : 胴面に沿った補強に有効な範囲
- X<sub>1</sub> : 補強に有効な範囲
- X<sub>2</sub> : 補強に有効な範囲
- Y<sub>1</sub> : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より外側)
- Y<sub>2</sub> : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より内側)
- h : 管台突出し高さ (胴より内側)
- L<sub>1</sub> : 溶接の脚長
- L<sub>2</sub> : 溶接の脚長
- L<sub>3</sub> : 溶接の脚長
- A<sub>r</sub> : 補強が必要な面積
- d : 胴の断面に現れる穴の径
- F : 係数 (図 PVC-3161.2-1 から求めた値)
- Te : 強め材厚さ
- W : 強め材の有効範囲
- Wi : 開先を含めた管台直径
- De : 強め材外径

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (1/13)

機器名称		管台口径	管台材料	温度	F	$\eta$	$S_n$ [MPa]	$S_s$ [MPa]	$t_s$ [mm]	$t_{tr}$ [mm]	$t_n$ [mm]	X [mm]	d [mm]	A1 [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	16		8.6			
		200A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	16		12.7			
		500A	SS400	常温	1	1	100	100	16		16.0			
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	15		8.6			
		200A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	15		12.7			
		600A	SS400	常温	1	1	100	100	15		16.0			
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		6.0			
			STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	16		8.6			
			STPG370	常温	1	1	93	100	12		8.6			
		200A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		8.2			
			STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	16		12.7			
			STPG370	常温	1	1	93	100	12		12.7			
		600A	SM400A	50.0	1	1	100	100	12		12			
			SS400	常温	1	1	100	100	16		16.0			
			SM400C	常温	1	1	100	100	12		16.0			
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	15		8.6			
		200A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	15		12.7			
		600A	SS400	常温	1	1	100	100	15		16.0			
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	15		8.6			
		200A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	15		12.7			
		600A	SS400	常温	1	1	100	100	15		16.0			
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	40.0	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	12		7.0			
		200A	STPT410	40.0	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	12		10.5			
		600A	SM400B	40.0	1	1	100	100	12		13.0			
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	66.0	1	1	93	100	12		6.0			
		200A	STPG370	66.0	1	1	93	100	12		8.2			
		650A	SM400C	66.0	1	1	100	100	12		12.0			

※: PVC-3166 による。



表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (2/13)

機器名称	管台口径	管台材料	温度	F	$\eta$	$S_n$ [MPa]	$S_s$ [MPa]	$t_s$ [mm]	$t_{cr}$ [mm]	$t_n$ [mm]	X [mm]	d [mm]	A1 [mm <sup>2</sup> ]	
多核種処理水貯槽	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		6.0			
			STPG370	常温	1	1	93	100	12		6.0			
		200A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		8.2			
			STPG370	常温	1	1	93	100	12		8.2			
		600A	STPY400	50.0	1	1	100	100	12		9.5			
			SM400A	50.0	1	1	100	100	12		12.0			
	760mm (内径)	SM400A	常温	1	1	100	100	12		12.0				
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	10.18		4.25			
		200A	STPT410	常温	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	10.18		5.67			
		600A	SM400C	常温	1	1	100	100	10.18		9.96			
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	66.0	1	1	93	100	12		6.0			
		200A	STPG370	66.0	1	1	93	100	12		8.2			
		650A	SM400C	66.0	1	1	100	100	12		12.0			
	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	50.0	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	12		7.0			
			STPG370	常温	1	1	93	100	15		8.6			
			STPG370	66.0	1	1	93	123	12		7.53			
		200A	STPT410	50.0	1	1	103→100 <sup>※</sup>	100	12		10.5			
			STPG370	常温	1	1	93	100	15		12.7			
			STPG370	66.0	1	1	93	123	12		11.12			
		600A	SM400B	50.0	1	1	100	100	12		13.0			
	SM400C		常温	1	1	100	100	15		16.0				
	650A	SM490B	66.0	1	1	123	123	12		15.0				
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		6.0			
		200A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		8.2			
		600A	SM400A	50.0	1	1	100	100	12		12.0			
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	常温	1	1	93	100	18.8		8.6			
		200A	STPG370	常温	1	1	93	100	18.8		12.7			
		600A	SM400C	常温	1	1	100	100	18.8		12.0			

※: PVC-3166による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (3/13)

機器名称		管台口径	管台材料	温度	F	$\eta$	$S_n$ [MPa]	$S_y$ [MPa]	$t_s$ [mm]	$t_{tr}$ [mm]	$t_n$ [mm]	X [mm]	d [mm]	A1 [mm <sup>2</sup> ]
多核種処理水貯槽	2900m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	66.0	1	1	93	123	15		5.25			
		200A	STPG370	66.0	1	1	93	123	15		7.18			
		650A	SM400C	66.0	1	1	100	123	15		11.2			
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	STPT410	常温	1	1	103→100※	100	15		8.6			
		200A	STPT410	常温	1	1	103→100※	100	15		12.7			
		600A	SS400	常温	1	1	100	100	15		16.0			
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	66.0	1	1	93	100	12		6.0			
		200A	STPG370	66.0	1	1	93	100	12		8.2			
		650A	SM400C	66.0	1	1	100	100	12		12.0			
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		6.0			
		200A	STPG370	50.0	1	1	93	100	12		8.2			
		600A	STPY400	50.0	1	1	100	100	12		9.5			

※：PVC-3166による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (4/13)

機器名称	管台 口径	H [m]	d [mm]	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	t <sub>n1</sub> [mm]	t <sub>n2</sub> [mm]	h [mm]	t <sub>nr</sub> [mm]	t <sub>s</sub> [mm]	Y <sub>1</sub> [mm]	Y <sub>2</sub> [mm]	A2 [mm <sup>2</sup> ]	
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	16				
		200A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	16				
		500A		100	100				0.49	16				
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	15				
		200A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	15				
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.06	12				
				103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	16				
				93	100				0.08	12				
		200A		93	100				0.13	12				
				103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	16				
				93	100				0.15	12				
	600A		100	100				0.57	12					
			100	100				0.60	16					
			100	100				0.60	12					
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	15				
		200A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	15				
		600A		100	100				0.59	15				
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	15				
		200A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	15				
		600A		100	100				0.59	15				
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	12				
		200A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	12				
		600A		100	100				0.39	12				

※: PVC-3166 による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (5/13)

機器名称	管台 口径	H [m]	d [mm]	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	t <sub>n1</sub> [mm]	t <sub>n2</sub> [mm]	h [mm]	t <sub>nr</sub> [mm]	t <sub>s</sub> [mm]	Y <sub>1</sub> [mm]	Y <sub>2</sub> [mm]	A2 [mm <sup>2</sup> ]
多核種処理水貯槽	1160m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.07	12			
		200A		93	100				0.14	12			
		650A		100	100				0.68	12			
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.06	12			
				93	100				0.06	12			
		200A		93	100				0.13	12			
				93	100				0.11	12			
		600A		100	100				0.35	12			
				100	100				0.35	12			
		760mm (内径)		100	100				0.40	12			
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100※	100				0.06	10.18			
		200A		103→100※	100				0.12	10.18			
		600A		100	100				0.34	10.18			
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.07	12			
		200A		93	100				0.14	12			
		650A		100	100				0.68	12			
	1330m <sup>3</sup> 容量			103→100※	100				0.07	12			
		100A		93	100				0.08	15			
				93	123				0.10	12			
				103→100※	100				0.14	12			
		200A		93	100				0.16	15			
				93	123				0.20	12			
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A		100	100				0.40	12			
		200A		100	100				0.61	15			
		600A		123	123				0.40	12			
		650A		93	100				0.07	12			
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.13	12			
		200A		100	100				0.35	12			
		600A		93	100				0.07	18.8			
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.14	18.8			
200A			93	100				0.14	18.8				
600A			100	100				0.55	18.8				

※: PVC-3166 による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (6/13)

機器名称	管台 口径	H [m]	d [mm]	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	t <sub>n1</sub> [mm]	t <sub>n2</sub> [mm]	h [mm]	t <sub>nR</sub> [mm]	t <sub>s</sub> [mm]	Y <sub>1</sub> [mm]	Y <sub>2</sub> [mm]	A2 [mm <sup>2</sup> ]
多核種処理水貯槽	2900m <sup>3</sup> 容量	100A		93	123				0.07	15			
		200A		93	123				0.14	15			
		650A		100	123				0.68	15			
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.07	15			
		200A		103→100 <sup>**</sup>	100				0.13	15			
		600A		100	100				0.59	15			
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.07	12			
		200A		93	100				0.14	12			
		650A		100	100				0.68	12			
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A		93	100				0.06	12			
		200A		93	100				0.13	12			
		600A		100	100				0.35	12			

※: PVC-3166 による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (7/13)

機器名称		管台 口径	L <sub>1</sub> [mm]	L <sub>2</sub> [mm]	L <sub>3</sub> [mm]	A3 [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00
		200A	■	■	■	211.00
		500A	■	■	■	211.00
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00
		200A	■	■	■	211.00
		600A	■	■	■	211.00
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	306.00
			■	■	■	211.00
		200A	■	■	■	306.00
			■	■	■	337.00
			■	■	■	306.00
		600A	■	■	■	306.00
	■		■	■	211.00	
	■		■	■	306.00	
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00
		200A	■	■	■	211.00
		600A	■	■	■	211.00
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00
		200A	■	■	■	211.00
		600A	■	■	■	211.00
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00
		200A	■	■	■	211.00
		600A	■	■	■	211.00
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	97.00
		200A	■	■	■	198.00
		650A	■	■	■	306.00
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	306.00
			■	■	■	97.0
		200A	■	■	■	306.00
			■	■	■	198.0
	600A	■	■	■	306.00	
	760mm (内径)	■	■	■	306.0	
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	72.00
200A		■	■	■	162.00	
600A		■	■	■	325.00	

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (8/13)

機器名称		管台 口径	L <sub>1</sub> [mm]	L <sub>2</sub> [mm]	L <sub>3</sub> [mm]	A3 [mm <sup>2</sup> ]	
多核種処理水貯槽	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	97.00	
		200A	■	■	■	198.00	
		650A	■	■	■	306.00	
	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00	
			■	■	■	97.00	
		200A	■	■	■	211.00	
			■	■	■	350.00	
			■	■	■	198.00	
		600A	■	■	■	211.00	
	■		■	■	427.00		
	650A	■	■	■	306.00		
		1356m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	306.00
			200A	■	■	■	306.00
	600A		■	■	■	306.00	
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	358.00	
		200A	■	■	■	446.00	
		600A	■	■	■	421.00	
	2900m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	97.00	
200A		■	■	■	198.00		
650A		■	■	■	350.00		
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	211.00	
		200A	■	■	■	211.00	
		600A	■	■	■	211.00	
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	97.00	
		200A	■	■	■	198.00	
		650A	■	■	■	306.00	
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	■	306.00	
		200A	■	■	■	306.00	
		600A	■	■	■	306.00	

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (9/13)

機器名称		管台 口径	W [mm]	Wi [mm]	X [mm]	De [mm]	Te [mm]	A4 [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
		200A	381.8	222.3	381.8			1435.5
		500A	800.0	514.0	952.0			2574.0
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
		200A	381.8	222.3	381.8			1431.0
		600A	900.0	615.6	1155.2			2559.6
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	234	132.3	234			1220.4
			194.2	120.3	194.2			665.1
			194.2	118.0	194.2			914.4
		200A	438	234.3	438			2444.4
			381.8	240.5	381.8			1271.7
			381.8	220	381.8			1941.6
		600A	1224	627.6	1224			7156.8
			900.0	615.6	1155.2			2559.6
			950	613.0	1155.2			4044.0
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
		200A	381.8	222.3	381.8			1431.0
		600A	900.0	615.6	1155.2			2559.6
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
		200A	381.8	222.3	381.8			1431.0
		600A	900.0	615.6	1155.2			2559.6
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
		200A	381.8	222.3	381.8			1435.5
		600A	900.0	615.5	1155.2			2560.5
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	170.0	124.3	204.6			548.4
		200A	330.0	226.3	399.8			1244.4
		650A	1170.0	674.4	1272.8			5947.2
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	232.6	132.3	232.6			1203.6
			204.6	128	204.6			919.2
		200A	436.6	234.3	436.6			2427.6
			399.8	230	399.8			2037.6
		600A	1223.2	627.6	1223.2			7147.2
	760mm (内径)	1520	802	1520			8616.0	
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	211.6	114.3	211.6			991.3
		200A	409.9	216.3	409.9			1972.4
		600A	790	609.6	1179.4			1837.9



表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (10/13)

機器名称		管台 口径	W [mm]	Wi [mm]	X [mm]	De [mm]	Te [mm]	A4 [mm <sup>2</sup> ]
多核種処理水貯槽	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	170.0	124.3	204.6			548.4
		200A	330.0	226.3	399.8			1244.4
		650A	1170.0	674.4	1272.8			5947.2
	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
			194.2	118	194.2			914.4
			170.0	126.3	198.48			524.4
		200A	381.8	222.3	381.8			1435.5
			381.8	220	381.8			1941.6
			330.0	234.3	388.12			1148.4
		600A	900.0	615.6	1155.2			2559.6
			950.0	613	1155.2			4044.0
		650A	1170.0	678.4	1260.8			5899.2
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A	232.6	132.3	232.6			1203.60
		200A	436.6	234.3	436.6			2427.60
		600A	1223.2	627.6	1223.2			7147.20
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	118	194.2			1432.56
		200A	381.8	220	381.8			3041.84
		600A	1171.2	613	1171.2			10494.16
	2900m <sup>3</sup> 容量	100A	180.0	126.3	204.6			805.5
		200A	350.0	234.3	399.8			1735.5
		650A	1170.0	678.4	1272.8			7374.0
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	194.2	120.3	194.2			665.1
		200A	381.8	222.3	381.8			1431.0
		600A	900.0	615.6	1155.2			2559.6
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	170.0	124.3	204.6			548.4
		200A	330.0	226.3	399.8			1244.4
		650A	1170.0	674.4	1272.8			5947.2
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	232.6	132.3	232.6			1203.6
		200A	436.6	234.3	436.6			2427.6
		600A	1223.2	627.6	1223.2			7147.2

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (11/13)

機器名称		管台 口径	d [mm]	t <sub>sr</sub> [mm]	F	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	A <sub>r</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>0</sub> [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100※	100	568.52 →569	2751.43 →2751
		200A	████	████	1	103 →100※	100	1117.72 →1118	5394.91 →5394
		500A	████	████	1	100	100	2786.98 →2787	9826.50 →9826
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100※	100	694.07 →694	2528.84 →2529
		200A	████	████	1	103 →100※	100	1364.55 →1365	4890.00 →4890
		600A	████	████	1	100	100	4128.68 →4129	9434.94 →9435
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	93	100	625.1 →626	2775.06 →2775
			████	████	1	103 →100※	100	568.52 →569	2751.43 →2751
			████	████	1	93	100	574.99 →575	2510.59 →2511
		200A	████	████	1	93	100	1167.8 →1168	4924.28 →4924
			████	████	1	103 →100※	100	1209.64 →1210	5198.15 →5198
			████	████	1	93	100	1126.98 →1127	4583.62 →4584
		600A	████	████	1	100	100	3246.4 →3247	12707.68 →12707
			████	████	1	100	100	3381.85 →3382	10822.35 →10822
			████	████	1	100	100	3378.39 →3378	9626.82 →9627
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100※	100	694.07 →694	2528.84 →2529
		200A	████	████	1	103 →100※	100	1364.55 →1365	4890.00 →4890
		600A	████	████	1	100	100	4128.68 →4129	9434.94 →9435
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100※	100	694.07 →694	2528.84 →2529
		200A	████	████	1	103 →100※	100	1364.55 →1365	4890.00 →4890
		600A	████	████	1	100	100	4128.68 →4129	9434.94 →9435
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100※	100	702.79 →703	1951.13 →1951
		200A	████	████	1	103 →100※	100	1381.69 →1382	3729.36 →3729
		600A	████	████	1	100	100	4180.52 →4181	7058.33 →7058

※: PVC-3166 による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (12/13)

機器名称	管台 口径	d [mm]	t <sub>sr</sub> [mm]	F	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	A <sub>r</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>0</sub> [mm <sup>2</sup> ]	
多核種処理水貯槽	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	93	100	723.73 →724	1616.18 →1616
		200A	████	████	1	93	100	1410.75 →1411	3195.36 →3195
		650A	████	████	1	100	100	4465.62 →4466	10840.02 →10840
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	93	100	827.69 →828	2544.77 →2545
			████	████	1	93	100	649.8 →650	2060.2 →2060
		200A	████	████	1	93	100	1550.57 →1551	4530.11 →4530
			████	████	1	93	100	1266.6 →1267	4132.6 →4133
		600A	████	████	1	100	100	4321.43 →4321	11400.11 →11400
			████	████	1	100	100	4324.01 →4324	11664.19 →11664
		760mm (内径)	████	████	1	100	100	4788 →4788	14670 →14670
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100*	100	723.25 →723	1677.42 →1677
		200A	████	████	1	103 →100*	100	1401.03 →1401	3240.10 →3240
		600A	████	████	1	100	100	4030.99 →4031	5028.51 →5029
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	93	100	723.73 →724	1616.18 →1616
		200A	████	████	1	93	100	1410.75 →1411	3195.36 →3195
		650A	████	████	1	100	100	4465.62 →4466	10840.02 →10840
	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	████	████	1	103 →100*	100	779.88 →780	1873.75 →1873
			████	████	1	93	100	789.88 →790	2644.12 →2644
			████	████	1	93	123	720.39 →720	1650.60 →1651
		200A	████	████	1	103 →100*	100	1533.25 →1534	3577.15 →3577
			████	████	1	93	100	1548.17 →1548	4955.94 →4955
			████	████	1	93	123	1396.39 →1396	3252.30 →3252
		600A	████	████	1	100	100	4639.12 →4640	6598.45 →6598
			████	████	1	100	100	4641.02 →4641	10448.23 →10448
		650A	████	████	1	123	123	4412.80 →4413	11133.20 →11133

※: PVC-3166 による。

表-9-6 円筒型タンクの穴の補強評価結果の数値根拠 (13/13)

機器名称		管台 口径	d [mm]	t <sub>sr</sub> [mm]	F	S <sub>n</sub> [MPa]	S <sub>s</sub> [MPa]	A <sub>r</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>0</sub> [mm <sup>2</sup> ]
多核種処理水貯槽	1356m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	93	100	870.35 →871	2502.46 →2502
		200A	■	■	1	93	100	1630.50 →1631	4437.10 →4437
		600A	■	■	1	100	100	4544.19 →4545	11441.61 →11441
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	93	100	1030.52 →1031	3547.44 →3547
		200A	■	■	1	93	100	2019.84 →2020	6631.20 →6631
		600A	■	■	1	100	100	6138.84 →6139	17461.90 →17461
	2900m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	93	123	1520.5 →1521	1854.1 →1854
		200A	■	■	1	93	123	2949.4 →2950	3713.5 →3713
		650A	■	■	1	100	123	9288.6 →9289	12857.1 →12857
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	103 →100※	100	694.07 →694	2528.84 →2529
		200A	■	■	1	103 →100※	100	1364.55 →1365	4890.00 →4890
		600A	■	■	1	100	100	4128.68 →4129	9434.94 →9435
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	93	100	723.73 →724	1616.18 →1616
		200A	■	■	1	93	100	1410.75 →1411	3195.36 →3195
		650A	■	■	1	100	100	4465.62 →4466	10840.02 →10840
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	■	■	1	93	100	827.69 →828	2544.77 →2545
		200A	■	■	1	93	100	1550.57 →1551	4530.11 →4530
		600A	■	■	1	100	100	4321.43 →4321	11400.11 →11400

※ : PVC-3166 による。

表-9-7 円筒型タンクの穴の補強評価結果 (1/2)

機器名称		管台口径	評価部位	Ar [mm <sup>2</sup> ]	Ao [mm <sup>2</sup> ]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	569	2751
		200A	管台	1118	5394
		500A	管台	2787	9826
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	694	2529
		200A	管台	1365	4890
		600A	管台	4129	9435
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	626	2775
			管台	569	2751
			管台	575	2511
		200A	管台	1168	4924
			管台	1210	5198
			管台	1127	4584
		600A	管台	3247	12707
			管台	3382	10822
			管台	3378	9627
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	694	2529
		200A	管台	1365	4890
		600A	管台	4129	9435
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	694	2529
		200A	管台	1365	4890
		600A	管台	4129	9435
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	703	1951
		200A	管台	1382	3729
		600A	管台	4181	7058
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	724	1616
		200A	管台	1411	3195
		650A	管台	4466	10840
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	828	2545
			管台	650	2060
		200A	管台	1551	4530
			管台	1267	4133
		600A	管台	4321	11400
			管台	4324	11664
		760mm (内径)	管台	4788	14670

表-9-7 円筒型タンクの穴の補強評価結果(2/2)

機器名称		管台口径	評価部位	Ar[mm <sup>2</sup> ]	Ao[mm <sup>2</sup> ]
多核種処理水貯槽	1220m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	723	1677
		200A	管台	1401	3240
		600A	管台	4031	5029
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	724	1616
		200A	管台	1411	3195
		650A	管台	4466	10840
	1330m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	780	1873
			管台	790	2644
			管台	720	1651
		200A	管台	1533	3577
			管台	1548	4955
			管台	1396	3252
		600A	管台	4640	6598
			管台	4641	10448
		650A	管台	4413	11133
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	871	2502
		200A	管台	1631	4437
		600A	管台	4545	11441
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	1031	3547
		200A	管台	2020	6631
		600A	管台	6139	17461
2900m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	1521	1854	
	200A	管台	2950	3713	
	650A	管台	9289	12857	
Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	694	2529
		200A	管台	1365	4890
		600A	管台	4129	9435
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	724	1616
		200A	管台	1411	3195
		650A	管台	4466	10840
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A	管台	828	2545
		200A	管台	1551	4530
		600A	管台	4321	11400

e. 強め材の取付け強さ

設計・建設規格に準拠し、強め材の取り付け強さについて評価を実施した。評価の結果、溶接部の強度が十分であることを確認した（表-9-8, 9）。

$$F_1 = \frac{\pi}{2} d_o L_1 S \eta_1$$

$$F_2 = \frac{\pi}{2} d t_n S_n \eta_3$$

$$F_3 = \frac{\pi}{2} d'_o t_s S \eta_2$$

$$F_4 = \frac{\pi}{2} d_o L_2 S \eta_1$$

$$F_5 = \frac{\pi}{2} W_o L_3 S \eta_1$$

$$F_6 = \frac{\pi}{2} d'_o t_s S \eta_2$$

$$W = d'_o t_{sr} S - (t_s - F t_{sr}) (X - d'_o) S$$

$$W_1 = F_1 + F_2$$

$$W_2 = F_1 + F_6 + F_4$$

$$W_3 = F_5 + F_2$$

$$W_4 = F_5 + F_3$$

$$W_5 = F_1 + F_3$$

$$W_6 = F_5 + F_6 + F_4$$

F<sub>1</sub> : 断面（管台外側のすみ肉溶接部）におけるせん断強さ

F<sub>2</sub> : 断面（管台内側の管台壁）におけるせん断強さ

F<sub>3</sub> : 断面（突合せ溶接部）におけるせん断強さ

F<sub>4</sub> : 断面（管台内側のすみ肉溶接部）におけるせん断強さ

F<sub>5</sub> : 断面（強め材のすみ肉溶接部）におけるせん断強さ

F<sub>6</sub> : 断面（突合せ溶接部）におけるせん断強さ

d<sub>o</sub> : 管台外径

d : 管台内径

d<sub>o'</sub> : 胴の穴の径

W<sub>o</sub> : 強め材の外径

S : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力

S<sub>n</sub> : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力

L<sub>1</sub> : すみ肉溶接部の脚長（管台取付部（胴より外側））

L<sub>2</sub> : すみ肉溶接部の脚長（管台取付部（胴より内側））

L<sub>3</sub> : 溶接部の脚長（強め材）

η<sub>1</sub> : 強め材の取付け強さ（表 PVC-3169-1 の値）

η<sub>2</sub> : 強め材の取付け強さ（表 PVC-3169-1 の値）

η<sub>3</sub> : 強め材の取付け強さ（表 PVC-3169-1 の値）

W : 溶接部の負うべき荷重

t<sub>sr</sub> : 継目のない胴の計算上必要な厚さ

（PVC-3122(1)において η=1 としたものの）

F : 管台の取付角度より求まる係数

（図 PVC-3161. 2-1 から求めた値）

X : 胴面に沿った補強に有効な範囲

W<sub>1</sub> : 予想される破断箇所の強さ

W<sub>2</sub> : 予想される破断箇所の強さ

W<sub>3</sub> : 予想される破断箇所の強さ

W<sub>4</sub> : 予想される破断箇所の強さ

W<sub>5</sub> : 予想される破断箇所の強さ

W<sub>6</sub> : 予想される破断箇所の強さ

表-9-8 円筒型タンクの強め材の取付け強さの数値根拠 (1/15)

機器名称		管台 口径	d o' [mm]	t <sub>sr</sub> [mm]	S [MPa]	t <sub>s</sub> [mm]	X [mm]	F	W [N]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A			100	16.0	194.2	1.0	1864.1
		200A			100	16.0	381.8	1.0	-25256.1 <sup>※</sup>
		500A			100	16.0	952.0	1.0	-137004 <sup>※</sup>
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A			100	15	194.2	1.0	33964.16
		200A			100	15	381.8	1.0	39660.64
		600A			100	15	1155.2	1.0	22336.96
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	116.3	1.0	61639
					100	16.0	194.2	1.0	1864.1
					100	12	194.2	1.0	32107.58
		200A			100	12	218.3	1.0	115699
					100	16.0	381.8	1.0	4663.9
					100	12	381.8	1.0	39114.82
		600A			100	12	611.6	1.0	324248
					100	16.0	1155.2	1.0	-18590.4 <sup>※</sup>
					100	12	1155.2	1.0	35356.48
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A			100	15	194.2	1.0	33964.16
		200A			100	15	381.8	1.0	39660.64
		600A			100	15	1155.2	1.0	22336.96
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A			100	15	194.2	1.0	33964.16
		200A			100	15	381.8	1.0	39660.64
		600A			100	15	1155.2	1.0	22336.96
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	194.2	1.0	56681.96
		200A			100	12	381.8	1.0	89746.84
		600A			100	12	1155.2	1.0	193413.76
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	204.6	1.0	37367.82
		200A			100	12	399.8	1.0	63939.66
		650A			100	12	1272.8	1.0	167003.76
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	116.3	1.0	82174.99
					100	12	204.6	1.0	24978
		200A			100	12	218.3	1.0	154245.91
					100	12	399.8	1.0	36114
		600A			100	12	611.6	1.0	432142.92
					100	12	1223.2	1.0	130882.4
		760mm (内径)			100	12	1520	1.0	79200

※溶接部の負うべき荷重が負であるため、以降の溶接部の取付け強さの確認は不要である。



表-9-8 円筒型タンクの強め材の取付け強さの数値根拠 (2/15)

機器名称		管台 口径	d o' [mm]	t <sub>sr</sub> [mm]	S [MPa]	t <sub>s</sub> [mm]	X [mm]	F	W [N]	
多核種処理水貯槽	1220m <sup>3</sup> 容量	100A			100	10.18	211.6	1.0	55708	
		200A			100	10.18	409.9	1.0	93155	
		600A			100	10.18	1179.4	1.0	235930	
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	204.6	1.0	37367.82	
		200A			100	12	399.8	1.0	63939.66	
		650A			100	12	1272.8	1.0	167003.76	
	1330m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	194.2	1.0	72095.91	
					100	15	194.2	1.0	54189.70	
					123	12	198.48	1.0	49299	
		200A			100	12	381.8	1.0	120050.88	
					100	15	381.8	1.0	76526.30	
					123	12	388.12	1.0	84993	
		600A			100	12	1155.2	1.0	285103.70	
					100	15	1155.2	1.0	127803.20	
		650A			123	12	1260.8	1.0	210134	
	1356m <sup>3</sup> 容量	100A			100	12	232.6	1.0	33261.80	
		200A			100	12	436.6	1.0	62433.80	
		600A			100	12	1223.2	1.0	174917.60	
	2400m <sup>3</sup> 容量	100A			100	18.8	194.2	1.0	87207.86	
		200A			100	18.8	381.8	1.0	122940.94	
		600A			100	18.8	1171.2	1.0	205800.96	
	2900m <sup>3</sup> 容量	100A			100	15	204.6	1.0	55660	
		200A			100	15	399.8	1.0	94803	
		650A			100	15	1276.0	1.0	243134	
	Sr 処理水貯槽	1057m <sup>3</sup> 容量	100A			100	15	194.2	1.0	33964.16
			200A			100	15	381.8	1.0	39660.64
			600A			100	15	1155.2	1.0	22336.96
1160m <sup>3</sup> 容量		100A			100	12	204.6	1.0	37367.82	
		200A			100	12	399.8	1.0	63939.66	
		650A			100	12	1272.8	1.0	167003.76	
1200m <sup>3</sup> 容量		100A			100	12	116.3	1.0	82174.99	
		200A			100	12	218.3	1.0	154245.91	
		600A			100	12	611.6	1.0	432142.92	

表-9-8 円筒型タンクの強め材の取付け強さの数値根拠 (3/15)

機器名称		管台 口径	d o [mm]	L <sub>1</sub> [mm]	S [MPa]	$\eta_1$	F <sub>1</sub> [N]
RO 濃縮水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74331
		200A			—	—	—
		500A			—	—	—
RO 濃縮水貯槽 濃縮廃液貯槽 RO 処理水貯槽 蒸発濃縮処理水貯槽	1000m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74331
		200A			100	0.46	140662
		600A			100	0.46	396429
多核種処理水貯槽	700m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74330
					100	0.46	140662
		200A			100	0.46	187549
					100	0.46	396429
		600A			—	—	—
					100	0.46	528571
	1000m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74331
		200A			100	0.46	140662
		600A			100	0.46	396429
	1060m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74331
		200A			100	0.46	140662
		600A			100	0.46	396429
	1140m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74331
		200A			100	0.46	140662
		600A			100	0.46	396429
	1160m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	92170
		200A			100	0.46	174421
		650A			100	0.46	572620
	1200m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	74330
					100	0.46	49554
		200A			100	0.46	140662
		600A			100	0.46	396429
		760mm (内径)			100	0.46	509843
	1220m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	49554
		200A			100	0.46	140662
		600A			100	0.46	396429
	1235m <sup>3</sup> 容量	100A			100	0.46	92170
		200A			100	0.46	174421
		650A			100	0.46	572620