

$$\sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

- σ_{0t} : 一次一般膜応力 (引張側)
- σ_{0c} : 一次一般膜応力 (圧縮側)
- σ_ϕ : 胴の周方向応力の和
- σ_{xt} : 胴の軸方向応力の和 (引張側)
- σ_{xc} : 胴の軸方向応力の和 (圧縮側)
- τ : 地震により胴に生じるせん断応力

表-30-1 吸着塔 胴板強度評価数値根拠

機器名称	σ_ϕ [MPa]	σ_{xt} [MPa]	σ_{xc} [MPa]	τ [MPa]
吸着塔 B 型 (S32205)	52	30	-19	2
吸着塔 B 型 (S32750)	52	30	-19	2

また、許容応力は、以下の式で設定した。

$$\text{胴板一次一般膜応力の許容応力} : \sigma = \text{Max} (\text{Min} (S_y, 0.6S_u), 1.2S)$$

ASME SA240 S32205 は使用温度 66°C にて

$S_y = 510\text{MPa}$, $S_u = 796\text{MPa}$, $S = 227\text{MPa}$ のため、

$$\sigma = \text{Max} (\text{Min} (510, 0.6 \times 796), 1.2 \times 227) = 477.6 \rightarrow 477\text{MPa}$$

b. 取付部の強度評価

評価に用いた数値を表-30-2に示す。評価の結果、取付部の強度が確保されることを確認した (表-30-3)。

$$\text{取付部の引張応力} : \sigma_b = \frac{2 \times \pi \times F_t}{n \times A_b \times Ct}$$

$$\text{取付部のせん断応力} : \tau_b = \frac{m_0 \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

- m_0 : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- D_{bo} : 容器固定部のベース外径
- t_1 : 溶接部ののど厚
- λ_g : 容器重心までの距離

また、許容応力は、以下の式で設定した。

ASME SA36 相当は使用温度 66°C にて

$S_y = 242\text{MPa}$, $S_u = 400\text{MPa}$ のため、

$$\text{Min}(S_y, 0.7 \cdot S_u) = \text{Min}(242, 0.7 \times 400) = 242 \rightarrow 242\text{MPa}$$

溶接部のため 0.45 倍とし、 $242 \times 0.45 = 108\text{MPa}$

表-30-2 吸着塔 取付部強度評価数值根拠

機器名称	m_o [kg]	λ_g [mm]	D_{bo} [mm]	t_1 [mm]	σ_b [MPa]	τ_b [MPa]
吸着塔B型(S32205)	■	■	■	■	16	3
吸着塔B型(S32750)	■	■	■	■	16	3

表-30-3 吸着塔 耐震評価結果

機器名称	部材	材料	水平震度	応力	算出応力	許容応力
吸着塔B型 (S32205)	胴板	ASME SA240 S32205	0.36	一次一般膜	$\sigma_o=52$	$S_a=393$
	取付部	ASME SA36 相当	0.36	組合せ	$\sigma_b=16$	$f_t=108$
吸着塔B型 (S32750)	胴板	ASME SA240 S32750	0.36	一次一般膜	$\sigma_o=52$	$S_a=477$
	取付部	ASME SA36 相当	0.36	組合せ	$\sigma_b=16$	$f_t=108$

1.2.19. 滞留水一時貯留タンク設備 滞留水受入槽，滞留水一時貯留槽

(1) 構造強度評価

滞留水受入槽，滞留水一時貯留槽について，設計・建設規格に準拠し，構造強度評価を実施した（表-31-1～10）。評価の結果，いずれの項目においても，必要厚さ等を満足しており，十分な構造強度を有することを確認した（表-31-11～14）。

<円筒胴の厚さの評価>

円筒胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうち，いずれか大きい値とする。

a. 計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_1 ：必要厚さ (mm)

D_i ：胴の内径 (m)

H：水頭 (m)

ρ ：液体の比重。ただし，1未満の場合は1とする。

S：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

表-31-1 円筒胴の厚さ評価の数値根拠

機器名称	D_i [m]	H [m]	ρ	材料	温度 [°C]	S [MPa]	η	t_1 [mm]
滞留水受入槽	■	■	1	SM400B	40	100	0.7	0.76 →0.8
滞留水一時貯留槽	■	■	1	SM400B	40	100	0.7	0.76 →0.8

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

炭素鋼鋼板又は低合金鋼板で作られた場合は3mm，その他の材料で作られた場合は1.5mmとする。

<円すい胴の厚さの評価>

円すい胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうち，いずれか大きい値とする。

a. 計算上必要な厚さ： t_1, t_2

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.6 \cdot P)}$$

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i \cdot W}{4 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.1 \cdot P)}$$

ただし， $W = \frac{1}{4} \cdot \left(3 + \sqrt{\frac{D_i}{2 \cdot r_o \cdot \cos \theta}} \right)$

t：必要厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

D_i ：円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径 (mm)

θ ：円すいの頂角の2分の1 (°)

S：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

r_o ：胴の大径端側のすその丸みの部分の内半径 (mm)

表-31-2 円すい胴の厚さ評価の数値根拠

機器名称	P [MPa]	Di [mm]	θ [°]	材料	温度 [°C]	S [MPa]	η	r _o [mm]	t ₁ [mm]	t ₂ [mm]
滞留水受入槽	0.0383	■	■	SM400B	40	100	0.7	■	0.88 →0.9	0.60 →0.7

b. 規格上必要な最小厚さ : t₃

炭素鋼板又は低合金鋼板で作られた場合は3mm, その他の材料で作られた場合は1.5mm とする。

<下部鏡板の厚さの評価>

下部鏡板(全半球鏡板)に必要な厚さは, 次に掲げる値とする。

$$t = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

t : 必要厚さ (mm)
 P : 最高使用圧力 (MPa)
 R : 鏡板の内半径 (mm)
 S : 許容引張応力 (MPa)
 η : 継手効率 (-)

表-31-3 下部鏡板の厚さ評価の数値根拠

機器名称	P [MPa]	R [mm]	材料	温度 [°C]	S [MPa]	η	t [mm]
滞留水受入槽	0.0383	■	SM400B	40	100	0.7	0.09 →0.1
滞留水一時貯留槽	0.0345	■	SM400B	40	100	0.7	0.77 →0.8

<管台の厚さの評価>

管台に必要な厚さは, 次に掲げる値のうち, いずれか大きい値とする。

a. 計算上必要な厚さ : t₁

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t₁ : 必要厚さ (mm)
 D_i : 管台の内径 (m)
 H : 水頭 (m)
 ρ : 液体の比重。ただし, 1未満の場合は1とする。
 S : 許容引張応力 (MPa)
 η : 継手効率 (-)

表-31-4 管台の厚さ評価の数値根拠

機器名称	管台 口径	Di [m]	H [m]	ρ	材料	温度 [°C]	S [MPa]	η	t_1 [mm]
滞留水 受入槽	50A	■	■	1	STPG370	40	93	1	0.01 →0.1
	100A	■	■	1	STPG370	40	93	1	0.02 →0.1
	200A	■	■	1	STPG370	40	93	1	0.04 →0.1
滞留水 一時貯留槽	50A	■	■	1	STPG370	40	93	1	0.01 →0.1
	100A	■	■	1	STPG370	40	93	1	0.02 →0.1
	200A	■	■	1	STPG370	40	93	1	0.04 →0.1

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じて、JSME 規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

< 胴の穴の補強評価 >

- a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなること確認する。

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

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

$$X = X_1 + X_2$$

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

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

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

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

$$Y_2 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_n)$$

$$A_3 = L_1L_1 + L_2L_2 + L_3L_3$$

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

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

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

- A₀ : 補強に有効な総面積 (mm²)
- A₁ : 胴, 鏡板又は平板部分の補強に有効な面積 (mm²)
- A₂ : 管台部分の補強に有効な面積 (mm²)
- A₃ : すみ肉溶接部の補強に有効な面積 (mm²)
- A₄ : 強め材の補強に有効な面積 (mm²)
- η : PVC-3161.2に規定する効率
- t_s : 胴の最小厚さ (mm)
- t_{sr} : 継ぎ目のない胴の計算上必要な厚さ (mm)
(PVC-3122(1)において η=1 としたものの)
- t_n : 管台最小厚さ (mm)
- t_{n1} : 胴板より外側の管台最小厚さ (mm)
- t_{n2} : 胴板より内側の管台最小厚さ (mm)
- t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ (mm)
- P : 最高使用圧力(水頭)=9.80665×10³H ρ (MPa)
- S_s : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)
- S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)
- Di : 管台の内径 (mm)
- X : 胴面に沿った補強に有効な範囲 (mm)
- X₁ : 補強に有効な範囲 (mm)
- X₂ : 補強に有効な範囲 (mm)
- Y₁ : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (mm)
(胴より外側)
- Y₂ : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (mm)
(胴より内側)
- L₁ : 溶接の脚長 (mm)
- L₂ : 溶接の脚長 (mm)
- L₃ : 溶接の脚長 (mm)
- A_r : 補強が必要な面積 (mm²)
- d : 胴の断面に現れる穴の径 (mm)
- F : 係数 (図 PVC-3161.2-1 から求めた値)
- Te : 強め材厚さ (mm)
- W : 強め材の有効範囲 (mm)
- Wi : 開先を含めた管台直径 (mm)
- De : 強め材外径 (mm)

表-31-5 胴の穴の補強評価の数値根拠 (1/5)

機器名称	管台 口径	管台 材料	温度 [°C]	F	η	S_n [MPa]	S_s [MPa]	t_s [mm]	t_{er} [mm]	t_a [mm]	X [mm]	d [mm]	A_1 [mm ²]
滞留水受入槽	100A	STPG370	40	1	1	93	100	8.5	■	4.8	■	■	■
	200A	STPG370	40	1	1	93	100	8.5	■	7.0	■	■	■
滞留水一時貯留槽	100A	STPG370	40	1	1	93	100	8.5	■	4.8	■	■	■
	200A	STPG370	40	1	1	93	100	8.5	■	7.0	■	■	■

表-31-6 胴の穴の補強評価の数値根拠 (2/5)

機器名称	管台 口径	S_n [MPa]	S_s [MPa]	t_{n1} [mm]	t_{n2} [mm]	t_{nr} [mm]	t_s [mm]	T_e [mm]	Y_1 [mm]	Y_2 [mm]	A_2 [mm ²]
滞留水受入槽	100A	93	100	■	■	0.02	8.5	■	■	■	■
	200A	93	100	■	■	0.04	8.5	■	■	■	■
滞留水一時貯留槽	100A	93	100	■	■	0.02	8.5	■	■	■	■
	200A	93	100	■	■	0.04	8.5	■	■	■	■

表-31-7 胴の穴の補強評価の数値根拠 (3/5)

機器名称	管台 口径	L_1 [mm]	L_2 [mm]	L_3 [mm]	A_3 [mm ²]
滞留水受入槽	100A	■	■	■	108.0
	200A	■	■	■	108.0
滞留水一時貯留槽	100A	■	■	■	108.0
	200A	■	■	■	108.0

表-31-8 胴の穴の補強評価の数値根拠 (4/5)

機器名称	管台 口径	W [mm]	W _i [mm]	X [mm]	D _e [mm]	T _e [mm]	A ₄ [mm ²]
滞留水 受入槽	100A	0	115.4	230.9	■	■	0
	200A	0	218.0	436.1	■	■	0
滞留水一 時貯留槽	100A	0	115.4	230.9	■	■	0
	200A	0	218.0	436.1	■	■	0

表-31-9 胴の穴の補強評価の数値根拠 (5/5)

機器名称	管台 口径	d [mm]	t _{sr} [mm]	F	S _n [MPa]	S _s [MPa]	t _n [mm]	A _r [mm ²]	A ₀ [mm ²]
滞留水 受入槽	100A	■	■	1	93	100	4.8	92.9	1205.2
	200A	■	■	1	93	100	7.0	175.2	2233.3
滞留水一 時貯留槽	100A	■	■	1	93	100	4.8	92.9	1205.2
	200A	■	■	1	93	100	7.0	175.2	2233.3

b. 大きい穴の補強を要しない穴の最大径

大きい穴の補強を要しない穴の最大径は、内径 1500[mm]以上の胴において、穴の径が胴の内径の 3分の1 以下の場合である。

- ・滞留水受入槽 : 内径 2,800[mm] ÷ 3 = 933.3[mm]
- ・滞留水一時貯留槽 : 内径 3,100[mm] ÷ 3 = 1033.3[mm]

c. 溶接部の強度

次にかかげる荷重のうちいずれか小さい方が溶接部の負うべき荷重である。

$$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \times S$$

$$W_2 = (d_w \times t_{sr} - A_1) \times S$$

- W₁ : 溶接部の負うべき荷重 (N)
- A₂ : 管台部分の補強に有効な面積 (mm²)
- A₃ : すみ肉溶接部の補強に有効な面積 (mm²)
- A₄ : 強め材の補強に有効な面積 (mm²)
- S : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力 (MPa)
- W₂ : 溶接部の負うべき荷重 (N)
- d_w : 穴の径 (mm)
- t_{sr} : 継ぎ目のない胴の計算上必要な厚さ (mm)
- A₁ : 胴部分の補強に有効な面積 (mm²)

表-31-10 溶接部の強度評価の数値根拠

機器名称	管台 口径	A ₁ [mm ²]	A ₂ [mm ²]	A ₃ [mm ²]	A ₄ [mm ²]	S [MPa]	d _w [mm]	t _{sr} [mm]	W ₁ [N]	W ₂ [N]
滞留水 受入槽	100A	■	■	108.0	0	100	■	■	32180	-79108
	200A	■	■	108.0	0	100	■	■	56230	-149660
滞留水一 時貯留槽	100A	■	■	108.0	0	100	■	■	32180	-79108
	200A	■	■	108.0	0	100	■	■	56230	-149660

表-31-11 滞留水受入槽の評価結果(板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ [mm]	最小厚さ [mm]
滞留水 受入槽	(1) 円筒胴の厚さ	3.0	8.5
	(2) 円すい胴の厚さ	3.0	8.5
	(3) 下部鏡板の厚さ	0.1	8.5
	(4) 管台の厚さ (50A)	2.4	2.7
	(4) 管台の厚さ (100A)	3.5	4.8
	(4) 管台の厚さ (200A)	3.5	7.0

表-31-12 滞留水受入槽の評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
滞留水 受入槽	(4) 管台(100A)	92.9	1205.2
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		933.3	115.4
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
		-79,108	-※
	(4) 管台(200A)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		175.2	2233.3
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		933.3	218.0
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
	-149,660	-※	

※溶接部の負うべき荷重が負であり溶接部の強度計算は不要

表-31-13 滞留水一時貯留槽の評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ [mm]	最小厚さ [mm]
滞留水 一時貯留槽	(1) 円筒胴の厚さ	3.0	8.5
	(2) 下部鏡板の厚さ	0.8	8.5
	(3) 管台の厚さ (50A)	2.4	2.7
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.5	4.8
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.5	7.0

表-31-14 滞留水一時貯留槽の評価結果 (胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
滞留水 一時貯留槽	(3) 管台(100A)	92.9	1205.2
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1033.3	115.4
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
		-79,108	-※
	(3) 管台(200A)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		175.2	2233.3
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1033.3	218.0
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
	-149,660	-※	

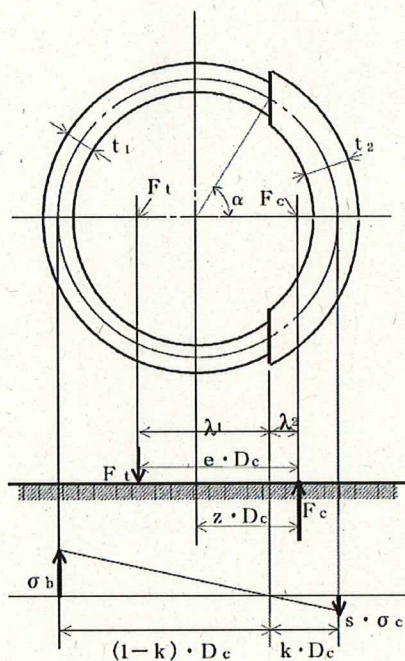
※溶接部の負うべき荷重が負であり溶接部の強度計算は不要

(2)耐震性評価

本評価は、「2.16.2 増設多核種除去設備 添付資料-3 付録1 スカート支持たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づいて評価を実施した。

(a)基礎ボルトの強度評価

基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表-31-15, 16）。



- m : 機器重量
 - ・ 滞留水受入槽 [kg]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [kg]
- g : 重力加速度 (9.80665m/s²)
- l : 胴のスカート接合点から重心までの距離
 - ・ 滞留水受入槽 [mm]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [mm]
- ls : スカートの長さ
 - ・ 滞留水受入槽 [mm]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [mm]
- n : 基礎ボルトの本数 ()
- Ab : 基礎ボルトの軸断面積 ([mm²])
- z : 取付ボルト計算における係数 ()
- e : 取付ボルト計算における係数 ()
- Ct : 取付ボルト計算における係数 ()
- Dc : 基礎ボルトのピッチ円直径
 - ・ 滞留水受入槽 [mm]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [mm]
- Ch : 水平方向設計震度 (0.68)
- Cv : 鉛直方向設計震度 (0.48)

基礎ボルトに作用する引張力：

$$F_t = \frac{1}{e \times Dc} (m_0 \times g \times C_H \times (ls + l) - m_0 \times g \times (1 - C_V) \times z \times Dc)$$

- ・ 滞留水受入槽 $F_t = 119941.6$ [N]
- ・ 滞留水一時貯留槽 $F_t = 63319.6$ [N]

$$\text{基礎ボルトに作用する引張応力} : \sigma_b = \frac{2\pi \times F_t}{n \times A_b \times C_t}$$

- ・ 滞留水受入槽 $\sigma_b = 37.2 \rightarrow 38 [\text{MPa}]$
- ・ 滞留水一時貯留槽 $\sigma_b = 19.7 \rightarrow 20 [\text{MPa}]$

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

- ・ 滞留水受入槽 $\tau_b = 25.5 \rightarrow 26 [\text{MPa}]$
- ・ 滞留水一時貯留槽 $\tau_b = 35.8 \rightarrow 36 [\text{MPa}]$

また、許容応力は、以下の式で設定した。

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

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

ここで、Fは日本機械学会 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、設計温度 $\blacksquare^\circ\text{C}$ における Sy 値、Su 値を用いた。

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

$$Sy : \text{表 8 より } 245 [\text{MPa}]$$

$$Su : \text{表 9 より } 400 [\text{MPa}]$$

$$\text{従って、} F = \min(Sy, 0.7Su) = \min(245, 280) = 245 [\text{MPa}]$$

基礎ボルトの許容引張応力：

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 = 183.8 [\text{MPa}]$$

$$f_{ts} = 1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b$$

$$= 216.4 [\text{MPa}] \text{ (滞留水受入槽)}$$

$$= 200.0 [\text{MPa}] \text{ (滞留水一時貯留槽)}$$

$$f = \min(f_{to}, f_{ts}) = \min(183.8, 216.4) = 183.8 \rightarrow 183 [\text{MPa}] \text{ (滞留水受入槽)}$$

$$f = \min(f_{to}, f_{ts}) = \min(183.8, 200.0) = 183.8 \rightarrow 183 [\text{MPa}] \text{ (滞留水一時貯留槽)}$$

$$\text{基礎ボルトの許容せん断応力} : f_{sb} = F / \sqrt{3} = 141.5 \rightarrow 141 [\text{MPa}]$$

(b) 胴板の強度評価

一次一般膜応力 σ_0 を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表-31-15, 16)。

$$\sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

- ・ 滞留水受入槽 8.8 [MPa]
→ 9 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 10.9 [MPa]
→ 11 [MPa]

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

- ・ 滞留水受入槽 8.8 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 10.9 [MPa]

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

- ・ 滞留水受入槽 2.7 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 5.3 [MPa]

- σ_{0t} : 一次一般膜応力 (引張側)
- σ_{0c} : 一次一般膜応力 (圧縮側)
- σ_ϕ : 胴の周方向応力の和 (引張側)
 - ・ 滞留水受入槽 [MPa]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]
- σ_ϕ : 胴の周方向応力の和 (圧縮側)
 - ・ 滞留水受入槽 [MPa]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]
- σ_{xt} : 胴の軸方向応力の和 (引張側)
 - ・ 滞留水受入槽 [MPa]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]
- σ_{xc} : 胴の軸方向応力の和 (圧縮側)
 - ・ 滞留水受入槽 [MPa]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]
- τ : 地震により胴に生じるせん断応力
 - ・ 滞留水受入槽 [MPa]
 - ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

また、許容応力は、以下の式で設定した。

$$\text{胴板一次一般膜応力の許容応力} : \sigma = \text{Min}(S_y, 0.6 \cdot S_u)$$

ここで、 σ は日本機械学会 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、設計温度 [] °C における S_y 値、 S_u 値を用いた。

S_y : 表 8 より 245 [MPa]

S_u : 表 9 より 400 [MPa]

$$\begin{aligned} \text{胴板一次一般膜応力の許容応力} : \sigma &= \text{Min}(S_y, 0.6 \cdot S_u) \\ &= \text{Min}(245, 240) \\ &= 240 \text{ [MPa]} \end{aligned}$$

(c) スカートの強度評価

組合せ応力 σ_s を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表-31-15, 16)。

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ・ 滞留水受入槽 16.9 [MPa]
→ 17 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 13.2 [MPa]
→ 14 [MPa]

σ_1 : スカートの質量による軸方向応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

σ_2 : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

σ_3 : スカートの鉛直方向地震による軸方向応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

τ : 地震によるスカートに生じるせん断応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

また、許容応力は、以下の式で設定した。

$$\text{スカート組合せ応力の許容応力} : \sigma = F$$

ここで、 σ は日本機械学会 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 付属図表 Part 5 表 8 及び表 9 より、設計温度 [MPa]°C における Sy 値, Su 値を用いた。

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

Sy : 表 8 より 245 [MPa]

Su : 表 9 より 400 [MPa]

$$\text{従って, } F = \min(Sy, 0.7 \cdot Su) = \min(245, 280) = 245 \text{ [MPa]}$$

$$\text{スカート組合せ応力の許容応力} : \sigma = F = 245 \text{ [MPa]}$$

また、座屈評価を下記の式により行い、スカートに座屈が発生しないことを確認した(表-31-15, 16)。

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

- ・ 滞留水受入槽 0.08
- ・ 滞留水一時貯留槽 0.06

σ_1 : スカートの質量による軸方向応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

σ_2 : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

σ_3 : スカートの鉛直方向地震による軸方向応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力

- ・ 滞留水受入槽 [MPa]
- ・ 滞留水一時貯留槽 [MPa]

η : 座屈応力に対する安全率

表-31-15 滞留水受入槽の耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	0.68	0.48	一次一般膜	$\sigma_0 = 9$	$S_a = 240$
				膜+曲げ	$\sigma_0 = 9$	$S_a = 240$
スカート	SM400B	0.68	0.48	組合せ	$\sigma_s = 17$	$F_t = 245$
				圧縮と曲げの組合せ (座屈評価)	$(\eta \cdot \sigma_{s1}/f_c + \eta \cdot \sigma_{s2}/f_b) \leq 1$ 0.08	
取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_b = 38$	$F_{ts} = 183$
				せん断	$\tau_b = 26$	$F_{sb} = 141$

表-31-16 滞留水一時貯留槽の耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	0.68	0.48	一次一般膜	$\sigma_0 = 11$	$S_a = 240$
				膜+曲げ	$\sigma_0 = 11$	$S_a = 240$
スカート	SM400B	0.68	0.48	組合せ	$\sigma_s = 14$	$F_t = 245$
				圧縮と曲げの組合せ (座屈評価)	$(\eta \cdot \sigma_{s1}/f_c + \eta \cdot \sigma_{s2}/f_b) \leq 1$ 0.06	
取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_b = 20$	$F_{ts} = 183$
				せん断	$\tau_b = 36$	$F_{sb} = 141$

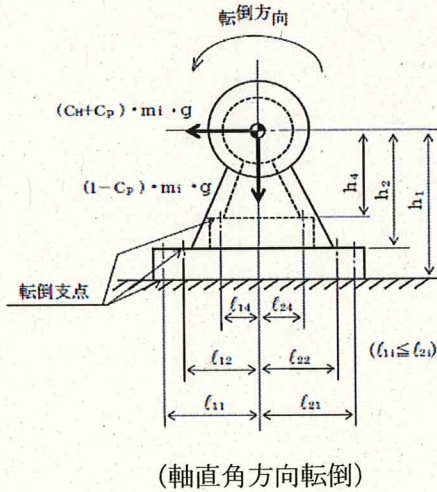
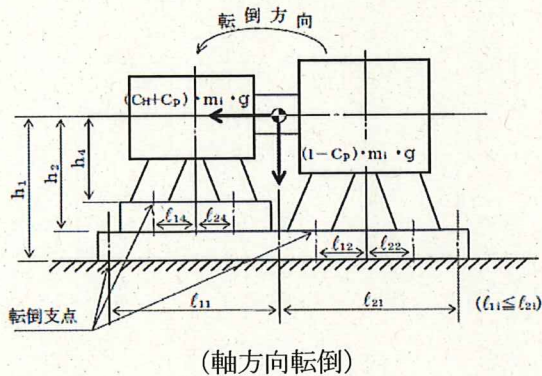
1.2.20. 滞留水一時貯留タンク設備 ポンプ及びスキッド類

本評価は、「2.16.2 増設多核種除去設備 添付資料-3 付録3 横軸ポンプ及びスキッドの耐震性についての計算書作成の基本方針」(耐震設計上の重要度分類B+クラス)に基づいて評価を実施した。評価の結果、取付ボルトの強度が確保されることを確認した(表-32-1~3)。

(1) 滞留水供給ポンプ

a. 取付ボルトの強度評価

評価の結果、取付ボルトの強度が確保されることを確認した(表-32-1)。



- m_i : 運転時質量
(m_1 : [], m_2 : [], m_4 : [] [kg])
- g : 重力加速度 (9.80665 [m/s²])
- h_i : 据付面又は取付面から重心までの距離
(h_1 : [], h_2 : [], h_4 : [] [mm])
- n_i : ボルト本数 (n_1 : [], n_2 : [], n_4 : [])
- M_{pi} : ポンプ回転により作用するモーメント
軸直角方向 (M_{p1} : [], M_{p2} : [], M_{p4} : [] [N・mm])
軸方向 (M_{p1} : [], M_{p2} : [], M_{p4} : [] [N・mm])
- l_{1i} : 重心とボルト間の水平方向距離
軸直角方向 (l_{11} : [], l_{12} : [], l_{14} : [] [mm])
軸方向 (l_{11} : [], l_{12} : [], l_{14} : [] [mm])
- l_{2i} : 重心とボルト間の水平方向距離
軸直角方向 (l_{21} : [], l_{22} : [], l_{24} : [] [mm])
軸方向 (l_{21} : [], l_{22} : [], l_{24} : [] [mm])
- n_{fi} : 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数
軸直角方向 (n_{f1} : [], n_{f2} : [], n_{f4} : [])
軸方向 (n_{f1} : [], n_{f2} : [], n_{f4} : [])
- C_p : ポンプ振動による震度 ([])
- d_i : ボルトの呼び径 (d_1 : [], d_2 : [], d_4 : [] [mm])
- A_{bi} : ボルトの軸断面積
(A_{b1} : [], A_{b2} : [], A_{b4} : [] [mm²])
- C_H : 水平方向設計震度 (0.68)
- C_V : 鉛直方向設計震度 (0.48)

ボルトに作用する引張力（1本あたり）：

$$F_{bi} = \frac{(C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot h_i + M_p - (1 - C_v - C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})}$$

ボルトに作用する引張応力：

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}}$$

軸直角方向： $\sigma_{b1} = 7[\text{MPa}]$, $\sigma_{b2} = -1[\text{MPa}]$, $\sigma_{b4} = 7[\text{MPa}]$

軸方向： $\sigma_{b1} = 4[\text{MPa}]$, $\sigma_{b2} = -1[\text{MPa}]$, $\sigma_{b4} = 7[\text{MPa}]$

ボルトのせん断応力：

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}}, \quad Q_{bi} = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g$$

$\tau_{b1} = 7[\text{MPa}]$, $\tau_{b2} = 3[\text{MPa}]$, $\tau_{b4} = 5[\text{MPa}]$

ボルトの許容引張応力：

$$f_{tsi} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \text{かつ} \quad \leq f_{to} = F_i / 2 \cdot 1.5$$

$F_i = 235[\text{MPa}]$ (SS400, 設計温度 $\blacksquare^\circ\text{C}$ より)

$f_{ts1} = 238[\text{MPa}]$, $f_{ts2} = 243[\text{MPa}]$, $f_{ts4} = 240[\text{MPa}]$

$f_{to1} = f_{to2} = f_{to4} = 235/2 \cdot 1.5 = 176[\text{MPa}]$

以上より, $f_{ts1} = f_{ts2} = f_{ts3} = 176[\text{MPa}]$

ボルトの許容せん断応力：

$$f_{sbi} = F_i / \sqrt{3}$$

$f_{sb1} = f_{sb2} = f_{sb4} = 135[\text{MPa}]$

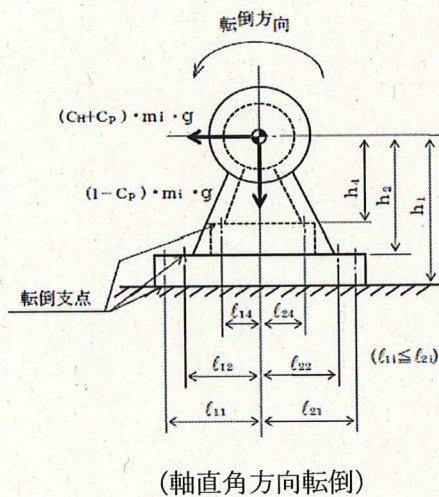
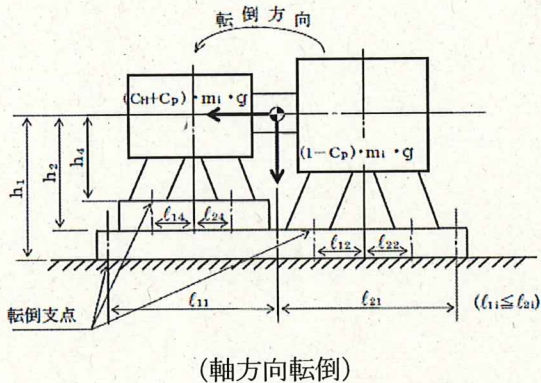
表-32-1 滞留水供給ポンプの耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
ポンプ 基礎ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = 7$	$f_{ts1} = 176$
				せん断	$\tau_{b1} = 7$	$f_{sb1} = 135$
ポンプ 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b2} = -$	$f_{ts2} = 176$
				せん断	$\tau_{b2} = 3$	$f_{sb2} = 135$
原動機 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b4} = 7$	$f_{ts4} = 176$
				せん断	$\tau_{b4} = 5$	$f_{sb4} = 135$

(2) スラッジ排出ポンプ

a. 取付ボルトの強度評価

評価の結果, 取付ボルトの強度が確保されることを確認した (表-32-2)。



- m_i : 運転時質量
(m_1 : ■, m_2 : ■, m_4 : ■ [kg])
- g : 重力加速度 (9.80665 [m/s²])
- h_i : 据付面又は取付面から重心までの距離
(h_1 : ■, h_2 : ■, h_4 : ■ [mm])
- n_i : ボルト本数 (n_1 : ■, n_2 : ■, n_4 : ■)
- M_{pi} : ポンプ回転により作用するモーメント
軸直角方向 (M_{p1} : ■, M_{p2} : ■, M_{p4} : ■ [N・mm])
軸方向 (M_{p1} : ■, M_{p2} : ■, M_{p4} : ■ [N・mm])
- l_{1i} : 重心とボルト間の水平方向距離
軸直角方向 (l_{11} : ■, l_{12} : ■, l_{14} : ■ [mm])
軸方向 (l_{11} : ■, l_{12} : ■, l_{14} : ■ [mm])
- l_{2i} : 重心とボルト間の水平方向距離
軸直角方向 (l_{21} : ■, l_{22} : ■, l_{24} : ■ [mm])
軸方向 (l_{21} : ■, l_{22} : ■, l_{24} : ■ [mm])
- n_{fi} : 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数
軸直角方向 (n_{f1} : ■, n_{f2} : ■, n_{f4} : ■)
軸方向 (n_{f1} : ■, n_{f2} : ■, n_{f4} : ■)
- C_p : ポンプ振動による震度 (■)
- d_i : ボルトの呼び径 (d_1 : ■, d_2 : ■, d_4 : ■ [mm])
- A_{bi} : ボルトの軸断面積
(A_{b1} : ■, A_{b2} : ■, A_{b4} : ■ [mm²])
- C_H : 水平方向設計震度 (0.68)
- C_V : 鉛直方向設計震度 (0.48)

ボルトに作用する引張力 (1本あたり) :

$$F_{bi} = \frac{(C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot h_i + M_p - (1 - C_V - C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot l_{1i}}{n_{fi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})}$$

ボルトに作用する引張応力 :

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}}$$

軸直角方向 : $\sigma_{b1} : 5[\text{MPa}]$, $\sigma_{b2} : -1[\text{MPa}]$, $\sigma_{b4} : 2[\text{MPa}]$

軸方向 : $\sigma_{b1} : 3[\text{MPa}]$, $\sigma_{b2} : -1[\text{MPa}]$, $\sigma_{b4} : 2[\text{MPa}]$

ボルトのせん断応力 :

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}}, \quad Q_{bi} = (C_H + C_D) \cdot m_i \cdot g$$

$$\tau_{b1} : 4[\text{MPa}], \quad \tau_{b2} : 2[\text{MPa}], \quad \tau_{b4} : 1[\text{MPa}]$$

ボルトの許容引張応力 :

$$f_{tsi} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \text{かつ}, \quad \leq f_{to} = F_i / 2 \cdot 1.5$$

$$F_i = 235[\text{MPa}] \quad (\text{SS400, 設計温度 } \blacksquare \text{ } ^\circ\text{Cより})$$

$$f_{ts1} = 241[\text{MPa}], \quad f_{ts2} = 243[\text{MPa}], \quad f_{ts4} = 244[\text{MPa}]$$

$$f_{to1} = f_{to2} = f_{to4} = 235 / 2 \cdot 1.5 = 176[\text{MPa}]$$

$$\text{以上より}, \quad f_{ts1} = f_{ts2} = f_{ts3} = 176[\text{MPa}]$$

ボルトの許容せん断応力 :

$$f_{sbi} = F_i / \sqrt{3}$$

$$f_{sb1} = f_{sb2} = f_{sb4} = 135[\text{MPa}]$$

表-32-2 スラッジ排出ポンプの耐震性評価結果

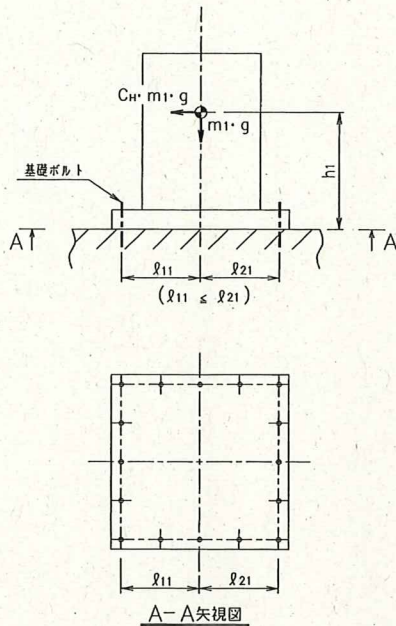
部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
ポンプ 基礎ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = 5$	$f_{ts1} = 176$
				せん断	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 135$
ポンプ 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b2} = -$	$f_{ts2} = 176$
				せん断	$\tau_{b2} = 2$	$f_{sb2} = 135$
原動機 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b4} = 2$	$f_{ts4} = 176$
				せん断	$\tau_{b4} = 1$	$f_{sb4} = 135$

(3) スキッド類

①: 滞留水供給ポンプスキッド, ②: スラッジ排出ポンプスキッド, ③: バルブブラック, ④: 入口ヘッダスキッドとして以下のとおり示す。

a. 取付ボルトの強度評価

評価の結果, 取付ボルトの強度が確保されることを確認した (表-32-3)。



- m_1 : 機器重量
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [] [kg])
- g : 重力加速度 (9.80665 [m/s²])
- h_1 : 据付面からの重心までの距離
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [] [mm])
- l_{11} : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [] [mm])
- l_{21} : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [] [mm])
- n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [])
- n : せん断力の作用する基礎ボルトの評価本数
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [])
- A_b : 基礎ボルトの軸断面積
 (①: [], ②: [], ③: [], ④: [] [mm²])
- C_H : 水平方向設計震度 (①~③: 0.68, ④: 0.65)
- C_v : 鉛直方向設計震度 (①~③: 0.48, ④: 0.46)

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{m_1 \times g \times C_H \times h_1 - m_1 \times g \times (1 - C_v) \times l_{11}}{l_{11} + l_{21}}$$

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

$$\sigma_{bi} = \text{①: } -9, \text{ ②: } -5, \text{ ③: } -8, \text{ ④: } -5 \text{ [MPa]}$$

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

$$\tau_{bi} = \text{①: } 20, \text{ ②: } 11, \text{ ③: } 33, \text{ ④: } 16 \text{ [MPa]}$$

ボルトの許容引張応力 :

$$f_{tsi} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \text{ かつ, } \leq f_{to} = F_i / 2 \cdot 1.5$$

$$F_1 = 235 \text{ [MPa]} \text{ (SS400, 設計温度 } \blacksquare \text{ } ^\circ\text{Cより)}$$

$$f_{ts1} = \text{①: } 214 \text{ [MPa], ②: } 228 \text{ [MPa], ③: } 193 \text{ [MPa], ④: } 220 \text{ [MPa]}$$

$$f_{to1} = 235 / 2 \cdot 1.5 = 176 \text{ [MPa]}$$

以上より, $f_{ts1} = 176 \text{ [MPa]}$

ボルトの許容せん断応力：

$$f_{sbi} = F_i / \sqrt{3}$$

$$f_{sbi} = 135 [\text{MPa}]$$

表-32-3 スキッド類の耐震性評価結果

機器名称	部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
滞留水供給 ポンプスキッド	スキッド	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{bi} = -$	$f_{tsi} = 176$
	取付ボルト				せん断	$\tau_{bi} = 20$	$f_{sbi} = 135$
スラッジ排出 ポンプスキッド	スキッド	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{bi} = -$	$f_{tsi} = 176$
	取付ボルト				せん断	$\tau_{bi} = 11$	$f_{sbi} = 135$
バルブラック	スキッド	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{bi} = -$	$f_{tsi} = 176$
	取付ボルト				せん断	$\tau_{bi} = 33$	$f_{sbi} = 135$
入口ヘッダ スキッド	スキッド	SS400	0.65	0.46	引張	$\sigma_{bi} = -$	$f_{tsi} = 176$
	取付ボルト				せん断	$\tau_{bi} = 16$	$f_{sbi} = 135$

1.2.21. 滞留水一時貯留タンク設備 配管

(1) 構造強度評価

a. 配管 (鋼製)

設計・建設規格に基づき板厚評価を実施した。評価に用いた数値を表-33-1に示す。評価の結果、最高使用圧力に耐えられることを確認した (表-33-2)。

管に必要な厚さは、次に掲げる値のうち、いずれか大きい方の値とする。

① 計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t_1 ：必要厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

D_0 ：管の外径 (mm)

S：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

表-33-1 配管（鋼製）の強度評価の数値根拠

評価機器	口径	Sch	材料	温度 [°C]	P [MPa]	Do [mm]	S [MPa]	η	t_1 [mm]
配管①	100A	40	STPG370	40	1.0	114.3	93.0	1.00	0.611 → 0.62
配管②	150A	40	STPG370	40	1.0	165.2	93.0	1.00	0.884 → 0.89
配管③	100A	40	STPG370	40	静水頭	114.3	93.0	1.00	0.018 → 0.02
配管④	100A	40	STPG370	40	1.37	114.3	93.0	1.00	0.836 → 0.84
配管⑤	150A	40	STPG370	40	1.37	165.2	93.0	1.00	1.209 → 1.21
配管⑥	80A	40	STPG370	40	1.37	89.1	93.0	1.00	0.652 → 0.66
配管⑦	50A	40	STPG370	40	静水頭	60.5	93.0	1.00	0.009 → 0.01
配管⑧	50A	40	STPG370	40	1.0	60.5	93.0	1.00	0.323 → 0.33
配管⑨	125A	40	STPG370	40	1.37	139.8	93.0	1.00	1.023 → 1.03
配管⑩	40A	40	STPG370	40	1.0	48.6	93.0	1.00	0.260 → 0.27
配管⑪	100A	80	STPG370	66	1.37	114.3	93.0	1.00	0.836 → 0.84

② 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じて、JSME 規格 表 PPD-3411-1 より求めた管の厚さとする。

表-33-2 配管（鋼製）の評価結果

評価機器	口径	Sch	材料	最高使用 圧力 [MPa]	最高使用 温度 [°C]	必要厚さ [mm]	最小厚さ [mm]
配管①	100A	40	STPG370	1.0	40	3.4	5.25
配管②	150A	40	STPG370	1.0	40	3.8	6.21
配管③	100A	40	STPG370	静水頭	40	3.4	5.25
配管④	100A	40	STPG370	1.37	40	3.4	5.25
配管⑤	150A	40	STPG370	1.37	40	3.8	6.21
配管⑥	80A	40	STPG370	1.37	40	3.0	4.81
配管⑦	50A	40	STPG370	静水頭	40	2.4	3.40
配管⑧	50A	40	STPG370	1.0	40	2.4	3.40
配管⑨	125A	40	STPG370	1.37	40	3.8	5.77
配管⑩	40A	40	STPG370	1.0	40	2.2	3.20
配管⑪	100A	80	STPG370	1.37	66	3.4	7.52

2. 使用済セシウム吸着塔保管施設及び廃スラッジ貯蔵施設

2.1. 基本方針

2.1.1. 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

使用済セシウム吸着塔保管施設及び廃スラッジ貯蔵施設を構成する機器は、震災以降緊急対応的に設置してきたもので、「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）等規格適合品または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緊急時対応の時間的裕度を勘案した中で設計・製作・検査を行ってきた。

廃スラッジ貯蔵施設を構成する機器は、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。

なお、使用済セシウム吸着塔保管施設を構成するコンクリート製ボックスカルバートは遮へい物として吸着塔等の周囲に配置するものであり、JSME 規格で定める機器には該当しない。

b. 今後（平成 25 年 8 月 14 日以降）設計する機器等

使用済セシウム吸着塔一時保管施設は必要に応じて増設することとしており、地下水等の流入により増加する汚染水の処理に伴う二次廃棄物への対応上、短期間での施設の設置が必要である。このため今後設計する機器等については、日本産業規格（JIS）等規格に適合した工業用品の採用、或いは JIS 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。

2.1.2. 耐震性評価の基本方針

使用済セシウム吸着塔保管施設、廃スラッジ貯蔵施設を構成する機器は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけられる。

使用済セシウム吸着塔保管施設、廃スラッジ貯蔵施設の耐震性に関する評価にあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」に準拠することを基本とするが、必要に応じて現実的な評価を行う。

また、配管に関しては、変位による破壊を防止するため、定ピッチスパン法による配管サポート間隔の設定や、可撓性のある材料を使用する。

なお、廃スラッジ一時保管施設等は、高濃度の放射性物質を貯蔵することから参考としてSクラス相当の評価を行う。

2.2. 評価結果

2.2.1. 使用済セシウム吸着塔保管施設

(1) 構造強度評価

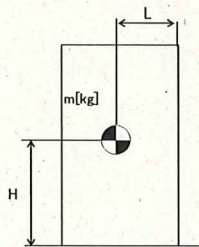
材料証明書がなく、設計・建設規格におけるクラス3機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認した。また、吸着塔の主要仕様から必要肉厚を評価し十分な肉厚を有していることを確認した。

以上のことから、吸着塔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、それらと比較することにより転倒評価を行った。評価に使用した数値を表-34-1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くなることから、転倒しないことを確認した(表-34-2)。



m : 機器質量

g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

w : 機器重量 (m × g)

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

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-34-1 使用済セシウム吸着塔仮保管施設の転倒評価数値根拠

機器名称	m / w	H[m]	L[m]	C _H	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
ボックス カルバート	[kN]				136 → 1.4×10 ²	298 → 2.9×10 ²
セシウム吸着装置 吸着塔	[kN]				81.1 → 8.2×10 ¹	124 → 1.2×10 ²
第二セシウム 吸着装置吸着塔	吸着塔 [t]				180.3 → 1.9×10 ²	421 → 4.2×10 ²
	架台 [t]				300.1 → 3.1×10 ²	
モバイル式処理装置 (吸着塔1塔)	[kg]				50.8 → 5.1×10	107.2 → 1.0×10 ²
モバイル型ストロンチウム除去装置 (フィルタ1塔, 吸着塔1塔及び架台)	[kg]				87.3 → 8.8×10	196.9 → 1.9×10 ²

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-34-2）。

$$\begin{aligned} \text{地震時の水平荷重によるすべり力} & : F_L = C_H \times m \times g \rightarrow F_L / (m \times g) = C_H \\ \text{接地面の摩擦力} & : F_\mu = \mu \times m \times g \rightarrow F_\mu / (m \times g) = \mu \end{aligned}$$

- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- C_H : 水平方向設計震度 (0.30, 0.36, 0.52, 0.60)
- μ : 摩擦係数 (コンクリート/鉄 : 0.40, 鉄/鉄 : 0.52)

表-34-2 使用済セシウム吸着塔仮保管施設耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
ボックス カルバート	本体	転倒	0.30	1.4×10^2	2.9×10^2	kN・m
		滑動	0.30	0.30	0.40	-
セシウム吸着装置 吸着塔	本体	転倒	0.36	8.2×10^1	1.2×10^2	kN・m
		滑動	0.36	0.36	0.52	-
第二セシウム 吸着装置吸着塔	本体	転倒	0.36	1.9×10^2	4.2×10^2	kN・m
			0.60	3.1×10^2		
		滑動	0.36	0.36	0.52	-
			0.52	0.52		
モバイル式処理装 置 (吸着塔1塔)	本体	転倒	0.36	5.1×10	1.0×10^2	kN・m
		滑動	0.36	0.36	0.40	-
モバイル型ストロ ンチウム除去装置 (フィルタ1塔, 吸 着塔1塔及び架台)	本体	転倒	0.36	8.8×10	1.9×10^2	kN・m
		滑動	0.36	0.36	0.40	-

2.2.2. 使用済セシウム吸着塔一時保管施設

(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、吸着塔の主要仕様から必要肉厚を評価し十分な肉厚を有していることを確認した。

以上のことから、吸着塔は必要な構造強度を有すると評価した。

なお高性能容器（タイプ1）および高性能容器（タイプ2）（いずれも補強体付き）に関する評価は「II 2.16 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設」に記す。

(2) 耐震性評価

a. 使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設）の連結ボルト強度評価について

ボックスカルバートは、連結ボルトで相互に連結して転倒し難い構造としている。連結ボルトのうち、最も負荷条件の厳しいものについて引抜力を評価した結果、ボルトの許容引張力（許容値）以下となることを確認した。なお、本施設は B クラス相当の設備と位置づけられるが、参考評価として、水平震度を 0.60 まで拡張して健全性が維持されることを確認した（表-35-1）。

b. 吊上げシャフトの耐震性評価

吊上げシャフトについては、HIC の吊下げ、保管をすることはしないものの、HIC をボックスカルバート内に収納する際に通過させることから、耐震評価（B クラス相当）を実施した。評価の結果、吊上げシャフト架台のアンカーボルトのうち、最も負荷条件が厳しいボルトについても許容値を下回ることを確認した（表-35-2）。

また、吊上げシャフト内の緩衝器カバーについても、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比較した結果、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くなることから転倒しないことを確認した。なお、参考評価として水平震度を 0.6 まで拡張した場合においても問題ないことを確認した（表-35-3）。

c. クレーンの耐震評価

第三施設クレーンに対し、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くなることから、転倒しないことを確認した。なお、参考評価として、耐震 S クラス相当の水平震度（0.6）に対して健全性が確認されることを確認した（表-35-4）。

表-35-1 連結ボルトの強度評価 (1/3)

名称		荷重 V (kN/個)	水平 震度	水平慣性力 H(kN)	重心 鉛直 距離 h1(m)	転倒モーメン ト M(kN・m)	重心 水平 距離 h2(m)	抵抗モーメン ト Mr(kN・m)
ボックス カルバート 1基	下段ボックス		0.36	60.37		109.03		148.57
	上段ボックス			54.72		328.32		132.54
	蓋+転落防止架台			17.25		138.13		57.03
	高性能容器3段積			72.38		269.04		241.24
計				204.72		844.52		579.38

表-35-1 連結ボルトの強度評価 (2/3)

名称		荷重 V (kN/個)	水平 震度	水平慣性力 H(kN)	重心 鉛直 距離 h1(m)	転倒モーメン ト M(kN・m)	重心 水平 距離 h2(m)	抵抗モーメン ト Mr(kN・m)
ボックス カルバート 1基	下段ボックス		0.60	100.62		181.72		148.57
	上段ボックス			91.20		547.20		132.54
	蓋+転落防止架台			28.74		230.13		57.03
	高性能容器3段積			120.63		448.39		241.24
計				341.19		1407.44		579.38

不足モーメント $M_s = M - M_r$

転倒に対する最大引抜力 $P_1 = M_s / Z$ (Z : 連結ボルトの断面係数 24.161m \cdot 本)

通路側ボックスの滑動抵抗力 $H_r = \mu V$ (μ : コンクリート/コンクリートの摩擦係数)

不足活動抵抗力 $H_s = H - H_r$

滑動に対する最大引抜力 $P_2 = H_s / n$ (n : 連結ボルトの本数 8本)

転倒と滑動による最大引抜力(算出値) $P = P_1 + P_2$

表-35-1 連結ボルトの強度評価 (3/3)

名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
ボックスカルバート 連結ボルト	引抜力	0.36	11	184	kN
		0.60	49		

許容値=使用鋼材の許容荷重 \times 鋼材断面積 (許容荷重: 235N/mm 2 , 断面積 787mm 2)

表-35-2 吊上げシャフト架台アンカーボルトの評価結果

名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
吊上げシャフト架台 アンカーボルト	引抜力	0.36	3,182	31,790	N
		0.60	9,888		

【算出値】 アンカーボルトの引抜力 $R_b = \{F_h \cdot H_g - (g \cdot W - F_v) \cdot L_g\} / \{L \cdot N_t\}$

質量 : $W = \text{■} \text{ kg}$

機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルト総本数 : $N_t = 4$ 本

据え付け面より機器重心までの高さ : $H_g = \text{■} \text{ cm}$

検討する方向から見たボルトスパン : $L = \text{■} \text{ cm}$

検討する方向から見たボルト中心から機器重心までの距離 : $L_g = 140 \text{ cm}$

重力加速度 $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$

設計用水平震度 : K_h

設計用垂直震度 : $K_v = K_h / 2$

設計用水平地震力 : $F_h = g \times K_h \times W$

設計用鉛直地震力 : $F_v = g \times K_v \times W$

【許容値】 接着系アンカー1本当りの許容引張耐力 $(T_a)_a = \min[(T_{a1})_a, (T_{a2})_a, (T_{a3})_a]$

$(T_{a1})_a$: アンカー筋の降伏により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張耐力

$(T_{a2})_a$: 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張耐力

$(T_{a3})_a$: 接着系アンカーの付着力により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張耐力

T_{a1} : 鋼材の耐力(降伏)により決まる場合のアンカー1本当りの引張耐力 (N)

T_{a2} : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカー1本当りの引張耐力 (N)

T_{a3} : 接着系アンカーの付着力により決まる場合のアンカー1本当りの引張耐力 (N)

$$(T_{a1})_a = \phi_1 \cdot (T_{a1})$$

$$(T_{a2})_a = \phi_2 \cdot (T_{a2})$$

$$(T_{a3})_a = \phi_3 \cdot (T_{a3})$$

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot s_{ae} \text{ (N)}$$

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{(\sigma_B)} \cdot A_c \text{ (N)}$$

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \text{ (N)}$$

$$A_c = \pi \cdot l_e \cdot (l_e + d_a) \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\tau_a = 10 \cdot \sqrt{(\sigma_B / 21)} \text{ (N)}$$

記号：

sae：鋼材(アンカー筋)の有効断面積 (mm²)

(又は、公称断面積)

σ_y ：アンカー筋の規格降伏点強度 235 (N/mm²)

(又は、0.2%耐力)

σ_B ：既存コンクリートの設計基準強度 40 (N/mm²)

τ_a ：接着系アンカーの付着強度 13.9 (N/mm²)

da：アンカー筋の径 (mm)

le：有効埋込み長さ (mm)

Ac：コンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm²)

ϕ_n 低減係数：

荷重種別	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
長期荷重用	2/3	0.4	0.4
短期荷重用	1.0	0.6	0.6

表-35-3 吊上げシャフト内緩衝器カバーの評価結果

名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
吊上げシャフト内 緩衝器カバー	転倒	0.36	36	71	kN・m
		0.60	60		

【算出値】回転モーメント： $M1=m*L(\text{重心高さ})*Kh$

【許容値】抵抗モーメント： $Mr=1/2*L(\text{奥行})*m*g$

m： kg

L(重心高さ)： m

L(奥行)： m

g：9.80665m/s²

Kh：設計用水平震度

表-35-4 第三施設クレーンの評価結果

名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
第三施設クレーン	転倒	0.36	7.05×10^5	1.85×10^6	kg・m
		0.60	1.17×10^6		

【算出値】 回転モーメント : $M1 = \sum m \cdot L1 \cdot Kh$

【許容値】 抵抗モーメント : $Mr = \sum m \cdot L2$

m : 第三施設クレーン各部位の重量 (kg)

L1 : 据付面からの重心までの距離 (m)

L2 : 転倒支点から機器重心までの距離 (m)

Kh : 設計用水平震度

クレーン各部位

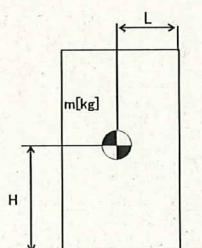
- ・ トロリ自重 (m, L1) = ()
- ・ ガーダー自重+歩道自重+横行給電自重 (m, L1) = ()
- ・ 上部タラップ自重 (m, L1) = ()
- ・ 中間デッキ自重 (m, L1) = ()
- ・ 剛脚自重 (m, L1) = ()
- ・ 下部タラップ自重 (m, L1) = ()
- ・ ケーブル巻取器自重 (m, L1) = ()
- ・ トラニオン自重 (m, L1) = ()
- ・ 揺脚自重 (m, L1) = ()
- ・ 揺脚自重+上部トラニオン自重+下部トラニオン自重+揺脚側ホイールボックス自重 (m, L2) = ()
- ・ ガーダー自重+歩道自重+横行給電自重 (m, L2) = ()
- ・ トロリ自重 (m, L2) = ()

d. 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行った。なお、セシウム吸着装置吸着塔はそれを格納する各々の蓋付ボックスカルバートと吸着塔の評価、第二セシウム吸着装置吸着塔、第三セシウム吸着装置吸着塔、多核種除去設備処理カラム、高性能多核種除去設備吸着塔、RO濃縮水処理設備吸着塔及びサブドレン他浄化装置吸着塔はそれを格納する各々の架台と合わせた評価を実施した。多核種除去設備高性能容器（第三施設）はそれを格納するボックスカルバートと合わせて高性能容器 96 基とボックスカルバート 36 基での評価を実施した。また、モバイル式処理装置は吸着塔の評価、モバイル型ストロンチウム除去装置はフィルタ、吸着塔及び架台の評価、サブドレン他浄化装置、高性能多核種除去設備検証試験装置については、吸着塔及び架台の評価を実施した。

評価に用いた数値を表-35-5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くなることから、転倒しないことを確認した（表-35-6）。

なお高性能容器（タイプ1）および高性能容器（タイプ2）（いずれも補強体付き）に関する評価は「II 2.16 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設」に記す。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- w : 機器重量 (m × g)
- 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

各記号の下付文字は、下記を意味する。

- v : 吸着塔、高性能容器
- b : ボックスカルバート、架台

$$\begin{aligned} \text{地震による転倒モーメント} : M_1 [\text{N} \cdot \text{m}] &= m \times g \times C_H \times H \\ &= g \times C_H \times (m_v \times H_v + m_b \times H_b) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{自重による安定モーメント} : M_2 [\text{N} \cdot \text{m}] &= m \times g \times L \\ &= (m_v \times L_v + m_b \times L_b) \times g \end{aligned}$$

表-35-5 使用済セシウム吸着塔一時保管施設の耐震評価数値根拠 (1/5)

機器名称	数量	m / w	H [m]	L [m]	水平 震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
セシウム吸着装置※ ¹ (吸着塔 32 塔及び ボックスカルバート 16 基)	吸着塔	32	■ [kN]	■	0.36	7,864 → 7.9×10 ³ ※ ³	18,120 → 1.8×10 ⁴ ※ ⁴
	ボックス カルバート	16	■ [kN]	■		0.60	
	ボックス カルバート蓋	16	■ [kN]	■	0.60		
	遮へい	2	■ [kN]	■			
モバイル式処理装置 (吸着塔 1 塔)	1	■ [kg]	■	■	0.36	50.8 → 5.1×10	107.2 → 1.0×10 ²
					0.60	84.7 → 8.5×10	
モバイル型ストロンチウム除去装置 (フィルタ 1 塔, 吸着塔 1 塔及び架台)	1	■ [kg]	■	■	0.36	87.3 → 8.8×10	196.9 → 1.9×10 ²
					0.60	145.4 → 1.5×10 ²	

※1：ボックスカルバート 2 列×8 行の評価である。

※2：ボックスカルバートへの荷重作用高さ

※3：吸着塔の水平荷重の半分がボックスカルバートに作用するとして評価

※4：ボックスカルバート及び遮へい（吸着塔を含まず）の評価

表-35-5 使用済セシウム吸着塔一時保管施設の耐震評価数値根拠 (2/5)

機器名称	数量	m / w	H [m]	L [m]	水平 震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
サブドレン他浄化装置 (吸着塔 2 塔及び架台)	1	[kg]	[m]	[m]	0.36	95.9 → 9.6×10	191.3 → 1.9×10 ²
					0.60	159.8 → 1.6×10 ²	
高性能多核種除去設備検 証試験装置 (吸着塔 6 塔及び架台)	1	[kg]	[m]	[m]	0.36	48.01 → 4.9×10	137.4 → 1.3×10 ²
					0.60	80.01 → 8.1×10	
第三施設 (HIC96 基とボックスカ ルバート 36 基)	吸着塔	96	[kN]	[m]	[m]	0.36	74,407 → 7.4×10 ⁴
	ボックス カルバート	36	[kN]	[m]			
	ボックス カルバート蓋	32	[kN]	[m]		0.60	
	遮へい土砂	4	[kN]	[m]			

表-35-5 使用済セシウム吸着塔一時保管施設の耐震評価数値根拠 (3/5)

機器名称		数量	m / w	H [m]	L [m]	水平 震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
第二セシウム吸着装置 (吸着塔 5塔×2列 及び架台)	吸着塔	10	■ [kg]	■	■	0.36	1,685 → 1.7×10 ³	3,775 → 3.7×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	2,808 → 2.9×10 ³	
高性能多核種除去設備 (吸着塔 (二相ステンレ ス製) 5塔×2列 及び架台)	吸着塔	10	■ [kg]	■	■	0.36	1,940 → 2.0×10 ³	4,334 → 4.3×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	3,234 → 3.3×10 ³	
高性能多核種除去設備 (吸着塔 (ステンレス製) 5塔×2列及び架台)	吸着塔	10	■ [kg]	■	■	0.36	2,040 → 2.1×10 ³	4,334 → 4.3×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	3,400 → 3.4×10 ³	
RO濃縮水処理設備 (吸着塔 5塔×2列 及び架台)	吸着塔	10	■ [kg]	■	■	0.36	1,940 → 2.0×10 ³	4,334 → 4.3×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	3,234 → 3.3×10 ³	
サブドレン他浄化装置吸 着塔 (吸着塔 5塔×2列 及び架台)	吸着塔	10	■ [kg]	■	■	0.36	533 → 6.0×10 ²	1,406 → 1.4×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	889 → 9.0×10 ²	

表-35-5 使用済セシウム吸着塔一時保管施設の耐震評価数値根拠 (4/5)

機器名称		数量	m / w	H[m]	L[m]	水平 震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
セシウム吸着装置※1 (吸着塔 64 塔及び ボックスカルバート 32 基)	吸着塔	64	■	■	■	0.36	16,718 → 1.7×10 ⁴ ※3	62,105 → 6.2×10 ⁴ ※4
	ボックス カルバート	32	■	■				
	ボックス カルバート蓋	32	■	■		0.60	27,863 → 2.8×10 ⁴ ※3	
	遮へい(1)	16	■	■				
	遮へい(2)	32	■	■				
第三セシウム吸着装置 (吸着塔 5 塔×2 列及び 架台) ※吸着塔 A 型	吸着塔	10	■	■	■	0.36	1,936 → 2.0×10 ³	4,304 → 4.3×10 ³
	架台	2	■	■		0.60	3,228 → 3.3×10 ³	
第三セシウム吸着装置 (吸着塔 5 塔×2 列及び 架台) ※吸着塔 B 型	吸着塔	10	■	■	■	0.36	1,940 → 2.0×10 ³	4,334 → 4.3×10 ³
	架台	2	■	■		0.60	3,234 → 3.3×10 ³	
高性能多核種除去設備※5 (吸着塔 (ステンレス製) 6 塔×3 列及び架台)	吸着塔	18	■	■	■	0.36	3,678 → 3.7×10 ³	15,187 → 1.5×10 ⁴
	架台	3	■	■		0.60	6,131 → 6.2×10 ³	

※1：ボックスカルバート4列×8行の評価である。 ※2：ボックスカルバートへの荷重作用高さ

※3：吸着塔の水平荷重の半分がボックスカルバートに作用するとして評価 ※4：ボックスカルバート及び遮へい（吸着塔を含まず）の評価

※5：第二セシウム吸着装置吸着塔，第三セシウム吸着装置吸着塔，多核種除去設備処理カラム，高性能多核種除去設備吸着塔及びRO濃縮水処理設備吸着塔のうち，機器重量，重心高さが評価上最も厳しい高性能多核種除去設備吸着塔（ステンレス製）にて評価を実施

表-35-5 使用済セシウム吸着塔一時保管施設の耐震評価数値根拠(5/5)

機器名称		数量	m / w	H [m]	L [m]	水平 震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
高性能多核種除去設備※1 (吸着塔(ステンレス製) 6塔×2列及び架台)	吸着塔	12	■ [kg]	■	■	0.36	2,451 → 2.5×10 ³	6,626 → 6.6×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	4,085 → 4.1×10 ³	
高性能多核種除去設備※1 (吸着塔(ステンレス製) 3塔×2列及び架台)	吸着塔	6	■ [kg]	■	■	0.36	1,212 → 1.3×10 ³	3,320 → 3.3×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	2,020 → 2.1×10 ³	
高性能多核種除去設備※1 (吸着塔(ステンレス製) 3塔×3列及び架台)	吸着塔	9	■ [kg]	■	■	0.36	1,819 → 1.9×10 ³	7,610 → 7.6×10 ³
	架台	3	■ [kg]	■		0.60	3,031 → 3.1×10 ³	
高性能多核種除去設備※1 (吸着塔(ステンレス製) 2塔×2列及び架台)	吸着塔	4	■ [kg]	■	■	0.36	812 → 9.0×10 ²	1,737 → 1.7×10 ³
	架台	2	■ [kg]	■		0.60	1,353 → 1.4×10 ³	

※1: 第二セシウム吸着装置吸着塔, 第三セシウム吸着装置吸着塔, 多核種除去設備処理カラム, 高性能多核種除去設備吸着塔及びRO濃縮水処理設備吸着塔のうち, 機器重量, 重心高さが評価上最も厳しい高性能多核種除去設備吸着塔(ステンレス製)にて評価を実施

e. 滑動評価

セシウム吸着装置吸着塔，モバイル式処理装置吸着塔，サブドレン他浄化装置吸着塔，高性能多核種除去設備検証試験装置吸着塔，モバイル型ストロンチウム除去装置フィルタ・吸着塔，多核種除去設備高性能容器（第三施設）については，ボックスカルバートとあわせ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-36）。なお，水平震度を0.60まで拡張した評価では，地震時の水平荷重によるすべり力が設置面の摩擦力より大きくなり，滑動する結果となったことから，別途すべり量の評価を実施した。

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

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

m : 機器質量

g : 重力加速度

C_H : 水平方向設計震度 (0.36,

第二セシウム吸着装置吸着塔，第三セシウム吸着装置吸着塔，多核種除去設備処理カラム，高性能多核種除去設備吸着塔，RO濃縮水処理設備吸着塔及びサブドレン他浄化装置吸着塔については，それらを格納する架台が設置床に基礎ボルトで固定されていることから基礎ボルトに作用するせん断荷重と許容せん断荷重を比較することより滑動評価を実施した。基礎ボルトの許容せん断荷重は「日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説」に基づき次式を用いた。評価の結果，基礎ボルトの破断による滑動が生じないことを確認した（表-35-6）。

$$q = mg(C_H - \alpha) \div n$$

$$= g(m_v + m_b)(C_H - \alpha) \div n$$

$$q_a = 0.75 \cdot \phi_{s3} (0.5 \cdot s_c a \cdot \sqrt{F_c \cdot E_c})$$

- q : 基礎ボルト一本に作用するせん断荷重
 q_a : 基礎ボルト一本当たりの許容せん断荷重
 C_H : 水平方向設計震度 (0.36, 0.60)
 m : 機器重量 (表-35-5 参照)
 g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
 α : 機器と床版の摩擦係数 (0.4)
 n : 機器あたりの基礎ボルト本数※
 ϕ_{s3} : 短期荷重に対する低減係数 (0.6)
 s_{ca} : 基礎ボルトの定着部の断面積※
 F_c : コンクリート設計基準強度 (■■■■ N/mm²)
 E_c : コンクリートのヤング率 (■■■■ N/mm²)

※基礎ボルトの本数, 定着部の断面積は以下のとおり

高性能多核種除去設備吸着塔 (ステンレス製)	(吸着塔 5 塔×2 列及び架台)	■■■本,	■■■■ mm ²
高性能多核種除去設備吸着塔 (ステンレス製)	(吸着塔 6 塔×3 列及び架台)	■■■本,	■■■■ mm ²
高性能多核種除去設備吸着塔 (ステンレス製)	(吸着塔 6 塔×2 列及び架台)	■■■本,	■■■■ mm ²
高性能多核種除去設備吸着塔 (ステンレス製)	(吸着塔 3 塔×2 列及び架台)	■■■本,	■■■■ mm ²
高性能多核種除去設備吸着塔 (ステンレス製)	(吸着塔 3 塔×3 列及び架台)	■■■本,	■■■■ mm ²
高性能多核種除去設備吸着塔 (ステンレス製)	(吸着塔 2 塔×2 列及び架台)	■■■本,	■■■■ mm ²

なお高性能容器 (タイプ 1) および高性能容器 (タイプ 2) (いずれも補強体付き) に関する評価は「II 2.16 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設」に記す。

f. すべり量評価

すべり量は、吸着塔とボックスカルバートについて、地震応答加速度時刻歴をもとに設置床に対する累積変位量として算出した。評価の結果すべり量がボックスカルバート間の許容値を超えないことを確認した（表-36）。

表-35-6 使用済セシウム吸着塔一時保管施設耐震評価結果（1/3）

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
セシウム吸着装置※ (吸着塔 32 塔及び ボックスカルバート 16 基)	転倒	0.36	7.9×10^3	1.8×10^4	kN・m
		0.60	1.4×10^4		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		
モバイル式処理装置 (吸着塔 1 塔)	転倒	0.36	5.1×10	1.0×10^2	kN・m
		0.60	8.5×10		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		
モバイル型ストロンチウム除去装置 (フィルタ 1 塔, 吸着塔 1 塔及び架台)	転倒	0.36	8.8×10	1.9×10^2	kN・m
		0.60	1.5×10^2		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		
サブドレン他浄化装置 (吸着塔 2 塔及び架台)	転倒	0.36	9.6×10	1.9×10^2	kN・m
		0.60	1.6×10^2		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		

※ボックスカルバート 2 列 × 8 行の評価である。

表-35-6 使用済セシウム吸着塔一時保管施設耐震評価結果 (2/3)

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
高性能多核種除去設備検 証試験装置 (吸着塔 6 塔及び架台)	転倒	0.36	4.9×10^3	1.3×10^2	kN・m
		0.60	8.1×10^3		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		
第三施設 (HIC96 基とボックスカ ルバート 36 基)	転倒	0.36	2.8×10^4	7.4×10^4	kN・m
		0.60	4.6×10^4		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		
第二セシウム吸着装置 (吸着塔 5 塔×2 列 及び架台)	転倒	0.36	1.7×10^3	3.7×10^3	kN・m
		0.60	2.9×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	8		
高性能多核種除去設備 (吸着塔 (二相ステンレ ス製) 5 塔×2 列 及び架台)	転倒	0.36	2.0×10^3	4.3×10^3	kN・m
		0.60	3.3×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	10		
高性能多核種除去設備 (吸着塔 (ステンレス製) 5 塔×2 列及び架台)	転倒	0.36	2.1×10^3	4.3×10^3	kN・m
		0.60	3.4×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	10		
RO 濃縮水処理設備 (吸着塔 5 塔×2 列 及び架台)	転倒	0.36	2.0×10^3	4.3×10^3	kN・m
		0.60	3.3×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	10		
サブドレン他浄化装置吸 着塔 (吸着塔 5 塔×2 列 及び架台)	転倒	0.36	6.0×10^2	1.4×10^3	kN・m
		0.60	9.0×10^2		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	3		
セシウム吸着装置※ (吸着塔 64 塔及び ボックスカルバート 32 基)	転倒	0.36	1.7×10^4	6.2×10^4	kN・m
		0.60	2.8×10^4		
	滑動	0.36	0.36	0.40	—
		0.60	0.60		

※ボックスカルバート 4 列×8 行の評価である。

表-35-6 使用済セシウム吸着塔一時保管施設耐震評価結果 (3/3)

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
高性能多核種除去設備※ (吸着塔(ステンレス製) 6塔×3列及び架台)	転倒	0.36	3.7×10^3	1.5×10^4	kN・m
		0.60	6.2×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	38	kN
		0.60	7		
高性能多核種除去設備※ (吸着塔(ステンレス製) 6塔×2列及び架台)	転倒	0.36	2.5×10^3	6.6×10^3	kN・m
		0.60	4.1×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	38	kN
		0.60	7		
高性能多核種除去設備※ (吸着塔(ステンレス製) 3塔×2列及び架台)	転倒	0.36	1.3×10^3	3.3×10^3	kN・m
		0.60	2.1×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	38	kN
		0.60	6		
高性能多核種除去設備※ (吸着塔(ステンレス製) 3塔×3列及び架台)	転倒	0.36	1.9×10^3	7.6×10^3	kN・m
		0.60	3.1×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	38	kN
		0.60	6		
高性能多核種除去設備※ (吸着塔(ステンレス製) 2塔×2列及び架台)	転倒	0.36	9.0×10^2	1.7×10^3	kN・m
		0.60	1.4×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	8		
第三セシウム吸着装置 (吸着塔5塔×2列 及び架台)	転倒	0.36	2.0×10^3	4.3×10^3	kN・m
		0.60	3.3×10^3		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	77	kN
		0.60	10		

※第二セシウム吸着装置吸着塔, 第三セシウム吸着装置吸着塔, 多核種除去設備処理カラム, 高性能多核種除去設備吸着塔及びRO濃縮水処理設備吸着塔のうち, 機器重量, 重心高さが評価上最も厳しい高性能多核種除去設備吸着塔(ステンレス製)にて評価を実施

表-36 使用済セシウム吸着塔一時保管施設すべり量評価結果

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
【セシウム吸着塔一時保管施設 (第一施設) (第四施設)】* ・セシウム吸着装置吸着塔 ・モバイル式処理装置吸着塔 ・モバイル型ストロンチウム 除去装置フィルタ及び吸着塔 ・サブドレン他浄化装置吸着塔 ・高性能多核種除去設備検証 試験装置吸着塔	すべり量	0.60	93.3	494	mm
ボックスカルバート	すべり量	0.60	57.5	400	mm

※セシウム吸着塔一時保管施設 (第一施設) (第四施設) のうち, ボックスカルバート間の許容値が評価上最も厳しいセシウム吸着塔一時保管施設 (第四施設) にて評価を実施

g. 第三施設の耐震Sクラスの評価について

本施設を構成するボックスカルバートについて、耐震 S クラスにおいても健全性が維持されることを確認した。

① 連結ボルトの強度評価

ボックスカルバートは、連結ボルトで相互に連結して転倒し難い構造としている。連結ボルトのうち、最も負荷条件の厳しいものについて引抜力を評価した結果、ボルトの許容引張力（許容値）以下となることを確認した（表-37-1）。

② 転倒評価

4列×9行のボックスカルバート群及びその中に格納可能な HIC96基*に対して、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くなることから、転倒しないことを確認した（表-37-2）。

※遮へい土砂を充填するボックスカルバート4箇所を除いた32箇所への格納量

③ 吊上げシャフトの耐震性評価

吊上げシャフトについては、HICの吊下げ、保管をすることはしないものの、HICをボックスカルバート内に収納する際に通過させることから、参考までに耐震評価を実施した。評価の結果、吊上げシャフト架台・吊上げシャフト内緩衝機カバーのアンカーボルトについて許容値を下回ることを確認した（表-37-3）。なお、吊上げシャフト架台アンカーボルトについては、表-35-2の水平震度(0.6)の算出時に保守的に鉛直震度を考慮しているので値は変わらない。

④ クレーンの耐震性評価

第三施設クレーンに対し、参考までに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くなることから、転倒しないことを確認した（表-37-4）。

表-37-1 連結ボルトの強度評価 (1/2)

名称		荷重 V (kN/個)	水平 震度	鉛直 震度	水平慣性力 H (kN)	重心 鉛直 距離 h1 (m)	転倒モーメン ト M (kN・m)	重心 水平 距離 h2 (m)	抵抗モーメン ト Mr (kN・m)
ボックス カルバート 1基	下段ボックス		0.60	0.30	100.62		181.72		104.00
	上段ボックス				91.20		547.20		92.78
	蓋+転落防止架台				28.74		230.13		39.92
	高性能容器3段積				120.63		448.39		168.87
計					341.19		1407.44		405.57

不足モーメント $M_s = M - M_r$

転倒に対する最大引抜力 $P_1 = M_s / Z$ (Z: 連結ボルトの断面係数 24.161m³・本)

通路側ボックスの滑動抵抗力 $H_r = \mu V$ (μ : コンクリート/コンクリートの摩擦係数)

不足活動抵抗力 $H_s = H - H_r$

滑動に対する最大引抜力 $P_2 = H_s / n$ (n: 連結ボルトの本数 8本)

転倒と滑動による最大引抜力(算出値) $P = P_1 + P_2$

表-37-1 連結ボルトの強度評価 (2/2)

名称	評価項目	水平震度	水平震度	算出値	許容値	単位
ボックスカルバート 連結ボルト	引抜力	0.60	0.30	56	184	kN

連結ボルトの材質: SS400, 連結ボルトの径 $\phi 36$

許容値=使用鋼材の許容荷重×鋼材断面積 (許容荷重: 235N/mm², 断面積 787mm²)

表-37-2 転倒評価

機器名称	数量	m / w	H [m]	L [m]	水平 震度	鉛直 震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
第三施設 (HIC96 基とボ ックスカルパー ト 36 基)	吸着塔	96	■■■■ [kN]	■■■■	0.60	0.30	45,290 → 4.6×10 ⁴	52,085 → 5.2×10 ⁴
	ボックス カルパート	36	■■■■ [kN]	■■■■				
	ボックス カルパート蓋	32	■■■■ [kN]	■■■■				
	遮へい土砂	4	■■■■ [kN]	■■■■				

表-37-3 吊上げシャフトの耐震性評価

名称	評価項目	水平震度	鉛直震度	算出値	許容値	単位
吊上げシャフト架台 アンカーボルト	引抜力	0.60	0.30	9,888	31,790	N
吊上げシャフト内 緩衝機カバー アンカーボルト	引抜力	0.60	0.30	2,141	31,790	N

【算出値】

重力加速度 $g=9.80665 \text{ m/s}^2$

設計用水平震度: K_h

設計用垂直震度: $K_v=K_h/2$

設計用水平地震力: $F_h=g \times K_h \times W$

設計用鉛直地震力: $F_v=g \times K_v \times W$

アンカーボルトの引抜力: $R_b = \{F_h \cdot H_g - (g \cdot W - F_v) \cdot L_g\} / \{L \cdot N_t\}$

- 吊上げシャフト架台アンカーボルト

質量: $W = \text{■} \text{ kg}$

機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルト総本数: $N_t=8$ 本

据え付け面より機器重心までの高さ: $H_g = \text{■} \text{ cm}$

検討する方向から見たボルトスパン: $L = \text{■} \text{ cm}$

検討する方向から見たボルト中心から機器重心までの距離: $L_g = \text{■} \text{ cm}$

- 吊上げシャフト内緩衝機カバーアンカーボルト

質量: $W = \text{■} \text{ kg}$

機器転倒を考えた場合の引張りを受ける片側のアンカーボルト総本数: $N_t=6$ 本

据え付け面より機器重心までの高さ: $H_g = \text{■} \text{ cm}$

検討する方向から見たボルトスパン: $L = \text{■} \text{ cm}$

検討する方向から見たボルト中心から機器重心までの距離: $L_g = \text{■} \text{ cm}$

【許容値】

- b. 吊上げシャフトの耐震性評価と同様

表-37-4 クレーンの耐震性評価

名称	評価項目	水平震度	鉛直震度	算出値	許容値	単位
第三施設クレーン	転倒	0.60	0.30	1.17×10 ⁶	1.29×10 ⁶	kg・m

【算出値】回転モーメント：M1=Σm*L1*Kh

【許容値】抵抗モーメント：Mr=Σm*L2*(1-Kv)

Kh：設計用鉛直震度

その他の入力値はc. クレーンの耐震評価と同様

2.2.3. 廃スラッジ一時保管施設

(1) 構造強度評価

スラッジ貯槽について、設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した(表-38)。

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

$$= 0.86$$

$$\rightarrow 0.9$$

t： 胴の計算上必要な厚さ
 Di： 胴の内径 () mm
 H： 水頭 () mm
 ρ： 液体の比重 (1.2)
 S： 最高使用温度(50℃)における材料(SS400)の許容引張応力 (100 MPa)
 η： 長手継手の効率 (0.7)

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。

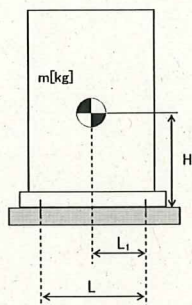
表-38 スラッジ貯槽板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
スラッジ貯槽	円筒型(横置き) タンク板厚	3.0	25.0

(2)耐震性評価

a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程に準拠して評価を行った結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した(表-39)。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- 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
- C_V : 鉛直方向設計震度 (0)

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

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

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

表-39 スラッジ貯槽の基礎ボルトの強度評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
スラッジ貯槽	基礎ボルト	引張	0.36	11	439	MPa
			0.94	131		
		せん断	0.36	42	337	MPa
			0.94	122		

2.2.4. 第二セシウム吸着装置 同時吸着塔（使用済セシウム吸着塔一時保管施設）

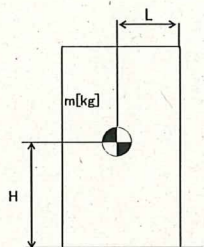
(1)耐震性評価

同時吸着塔（使用済セシウム吸着塔一時保管施設）の耐震性評価は、機器質量及び据付面からの重心までの距離が大きい TYPE-B により評価する。

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。なお、同時吸着塔 10 塔と同時吸着塔を格納する架台 2 台（一組）で評価を実施した。

評価に用いた数値を表-40-1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-40-2）。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- 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

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-40-1 同時吸着塔（使用済セシウム吸着塔一時保管施設）転倒評価結果数値根拠

機器名称	数量	m [kg] (単体)	H [m]	L [m]	C _H	M ₁ [N・m]	M ₂ [N・m]
同時吸着塔 + 架台	同時吸着塔	10	■	■	0.36	1,969,428 → 2.0 × 10 ³ kN・m	4,333,559 → 4.3 × 10 ³ kN・m
	架台	2	■	■		0.60	

b. 滑動評価

同時吸着塔を格納する架台は、基礎ボルトにて固定していることから基礎ボルトに作用するせん断荷重と許容せん断荷重を比較することより滑動評価を実施した。基礎ボルトの許容せん断荷重は「日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説、鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき次式を用いた。評価の結果、基礎ボルトの破断による滑動が生じないことを確認した（表-40-2）。

$$q = mg(C_H - \alpha) \div n$$

$$= g(m_v + m_b)(C_H - \alpha) \div n$$

$$q_a = 0.75 \cdot \phi_{s3} \left(0.5 \cdot s_{ca} \cdot a \cdot \sqrt{F_c \cdot E_c} \right)$$

- q : アンカーボルト一本に作用するせん断荷重
- q_a : アンカーボルト一本当たりの許容せん断荷重
- C_H : 水平方向設計震度 (0.36, 0.60)
- m : 機器重量 (同時吸着塔 m_v : ■■■ kg, 架台 m_b : ■■■ kg)
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- α : 機器と床版の摩擦係数 (0.4)
- n : 機器あたりのアンカーボルト本数 (■■■ 本)
- φ_{s3} : 短期荷重に対する低減係数 (0.6)
- s_{ca} : アンカーボルトの定着部の断面積 (■■■ mm²)
- F_c : コンクリート設計基準強度 (■■■ N/mm²)
- E_c : コンクリートのヤング率 (■■■ N/mm²)

C_H=0.36 の場合 q = -1.81 kN → せん断荷重は発生しない。
 C_H=0.60 の場合 q = 9.03 kN → 10 kN
 q_a = 77.4 kN → 77 kN

表-40-2 同時吸着塔（使用済セシウム吸着塔一時保管施設）耐震評価結果

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
同時吸着塔+架台 (同時吸着塔 10 塔, 架台 2 台)	転倒	0.36	2.0×10 ³	4.3×10 ³	kN・m
		0.60	3.3×10 ³		
	滑動 (ボルトせん断)	0.36	<0	—	kN
		0.60	10	77	

2.2.5. 配管等

(1) 構造強度評価

a. 配管（鋼製）

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，配管は必要な構造強度を有すると評価した。

また，配管の主要仕様から設計・建設規格に基づき板厚評価を実施した。評価に用いた数値を表-41-1に示す。評価の結果，最高使用圧力に耐えられることを確認した（表-41-2）。

$$t = \frac{P D_o}{2S \eta + 0.8P}$$

t : 管の計算上必要な厚さ
 D_o : 管の外径
 P : 最高使用圧力 [MPa]
 S : 最高使用温度における材料の許容引張応力 [MPa]
 η : 長手継手の効率

表-41-1 配管構造強度評価の計算根拠

評価機器	口径	Sch.	材質	温度 [°C]	P [MPa]	D _o [mm]	S* [MPa]	η	t [mm]
配管①	50A	20S	SUS316L	50	0.3	60.5	110	1.00	0.082 → 0.09
配管②	80A	20S	SUS316L	50	0.3	89.1	110	1.00	0.121 → 0.13
配管③	50A	20S	SUS316L	50	0.98	60.5	110	1.00	0.269 → 0.27
配管④	80A	20S	SUS316L	50	0.98	89.1	110	1.00	0.395 → 0.40
配管⑤	50A	40	SUS316L	50	0.98	60.5	110	1.00	0.269 → 0.27
配管⑥	80A	40	SUS316L	50	0.98	89.1	110	1.00	0.395 → 0.40
配管⑦	80A	40	SUS329J4L	50	0.98	89.1	110	1.00	0.395 → 0.40
配管⑧	100A	40	SUS329J4L	50	0.98	114.3	110	1.00	0.507 → 0.51
配管⑨	125A	40	SUS329J4L	50	0.98	139.8	110	1.00	0.621 → 0.63
配管⑩	100A	40	SUS316L	50	0.98	114.3	110	1.00	0.507 → 0.51

※ : SUS329J4L の許容引張応力は設計・建設規格にて定められていないため，保守的に SUS316L の値を使用。

表-41-2 配管構造強度評価結果

評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要肉厚 (mm)	肉厚 (mm)
配管①	50A	20S	SUS316L	0.3	50	0.09	3.5
配管②	80A	20S	SUS316L	0.3	50	0.13	4.0
配管③	50A	20S	SUS316L	0.98	50	0.27	3.5
配管④	80A	20S	SUS316L	0.98	50	0.40	4.0
配管⑤	50A	40	SUS316L	0.98	50	0.27	3.9
配管⑥	80A	40	SUS316L	0.98	50	0.40	5.5
配管⑦	80A	40	SUS329J4L	0.98	50	0.40	5.5
配管⑧	100A	40	SUS329J4L	0.98	50	0.51	6.0
配管⑨	125A	40	SUS329J4L	0.98	50	0.63	6.6
配管⑩	100A	40	SUS316L	0.98	50	0.51	6.0

b. 耐圧ホース (樹脂製)

設計・建設規格上のクラス 3 機器に対する規定を満足する材料ではないが、系統の温度、圧力を考慮して仕様を選定した上で、漏えい試験等を行い、漏えい、運転状態に異常がないことを確認する。従って、耐圧ホースは、必要な構造強度を有していると評価した。

以上

II 2.5 汚染水処理設備等の寸法許容範囲について

1. 設備仕様

1.1 中低濃度タンク（円筒型）

(1) RO 濃縮水貯槽

G7 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	8,100	
胴板厚さ	16	
底板厚さ	25	
高さ	14,730	
管台厚さ(100A)	8.6	
管台厚さ(200A)	12.7	
管台厚さ(600A)	16.0	

D エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	10,000	
胴板厚さ	15	
底板厚さ	25	
高さ	14,565	
管台厚さ(100A)	8.6	
管台厚さ(200A)	12.7	
管台厚さ(600A)	16.0	

*1 主要寸法の最大値ならびに最小値(±0.5%)

*2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の1%以下

(2) 濃縮廃液貯槽, RO 処理水貯槽, 蒸発濃縮処理水貯槽

D エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	10,000	
胴板厚さ	15	
底板厚さ	25	
高さ	14,565	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	16.0	

(3) 多核種処理水貯槽

J5 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	13,000	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (650A)	12.0	

J2, 3 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	16,200	
胴板厚さ	18.8	
底板厚さ	12	
底板 (アニュラ板)	16	
高さ	13,200	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	12.0	

*1 主要寸法の最大値ならびに最小値 ($\pm 0.5\%$)

*2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

J4 エリア (2,900m³)

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	16,920	
胴板厚さ	15	
底板厚さ	12	
高さ	12,900	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (650A)	12.0	

J6 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,012	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	9.5	

H1 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	11,622	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	12.0	

*1 主要寸法の最大値ならびに最小値 (±0.5%)

*2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

J7 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,012	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	9.5	

J4 エリア (1,160m³)

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	13,000	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (650A)	12.0	

H1 東エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	11,622	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	12.0	

*1 主要寸法の最大値ならびに最小値 (±0.5%)

*2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

J8 エリア

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	9,000	[Redacted]
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,012	
管台厚さ(100A) STPG370	6.0	[Redacted]
管台厚さ(100A) STPT410	6.0	[Redacted]
管台厚さ(200A)	8.2	[Redacted]
管台厚さ(600A)	12.0	[Redacted]

K3 エリア

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	8,100	[Redacted]
胴板厚さ	16	
底板厚さ	25	
高さ	14,730	
管台厚さ(100A)	8.6	
管台厚さ(200A)	12.7	
管台厚さ(600A)	16.0	

*1 主要寸法の最大値ならびに最小値(±0.5%)

*2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の1%以下

J9 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	9,000	[Redacted]
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,012	
管台厚さ (100A) STPG370	6.0	[Redacted]
管台厚さ (100A) STPT410	6.0	[Redacted]
管台厚さ (200A)	8.2	[Redacted]
管台厚さ (600A)	12.0	

K4 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	10,000	[Redacted]
胴板厚さ	15	
底板厚さ	25	
高さ	14,565	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	16.0	

H2 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	16,200	[Redacted]
胴板厚さ	18.8	
底板厚さ	12	
底板 (アニュラ板)	16	
高さ	13,200	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	12.0	

*1 主要寸法の最大値ならびに最小値(±0.5%)

*2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

H4 北エリア

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	[Redacted]
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	11,700	
管台厚さ(100A)	6	
管台厚さ(200A)	8.2	
管台厚さ (760mm (内径))	12.0	

H4 南エリア (1,060m³)

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	10,000	[Redacted]
胴板厚さ	15	
底板厚さ	25	
高さ	14,565	
管台厚さ(100A)	8.6	
管台厚さ(200A)	12.7	
管台厚さ(600A)	16.0	

H4 南エリア (1,140m³)

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	10,440	[Redacted]
胴板厚さ	15	
底板厚さ	22	
高さ	14,127	
管台厚さ(100A)	8.6	
管台厚さ(200A)	12.7	
管台厚さ(600A)	16.0	

*1 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の1%以下

*2 主要寸法の最大値ならびに最小値(±0.5%)

G1 南エリア(1,160m³)

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	13,000	
管台厚さ(100A)	6.0	
管台厚さ(200A)	8.2	
管台厚さ(650A)	12.0	

G1 南エリア(1,330m³)

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	15	
底板厚さ	22	
高さ	14,878	
管台厚さ(100A)	8.6	
管台厚さ(200A)	12.7	
管台厚さ(600A)	16.0	

H5, H6(I)エリア

	主要寸法[mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,012	
管台厚さ(100A) STPG370	6.0	
管台厚さ(100A) STPT410	6.0	
管台厚さ(200A)	8.2	
管台厚さ(600A)	12	

*1 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の1%以下

*2 主要寸法の最大値ならびに最小値(±0.5%)

B エリア (700m³)

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	8,100	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	14,730	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	16.0	

B, B 南エリア (1, 330m³)

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	15	
底板厚さ	12	
高さ	14,900	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	16.0	

H3, H6 (II) エリア (1, 356m³)

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,500	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,112	
管台厚さ (100A) STPG370	6.0	
管台厚さ (100A) STPT410	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	12	

*1 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

G6 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	14,715	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (650A)	16.0	

G1, G4 南, G4 北, G5 エリア (1, 356m³)

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,500	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,112	
管台厚さ (100A) STPG370	6.0	
管台厚さ (100A) STPT410	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	12	
入口配管	100A Sch40	—

*1 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

(4) Sr 処理水貯槽

K1 北エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	12,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	12,012	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (600A)	9.5	

K2 エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	10,000	
胴板厚さ	15	
底板厚さ	25	
高さ	14,565	
管台厚さ (100A)	8.6	
管台厚さ (200A)	12.7	
管台厚さ (600A)	16.0	

K1 南エリア

	主要寸法 [mm]	寸法許容範囲
内径	11,000	
胴板厚さ	12	
底板厚さ	12	
高さ	13,000	
管台厚さ (100A)	6.0	
管台厚さ (200A)	8.2	
管台厚さ (650A)	12.0	

* 1 主要寸法の最大値ならびに最小値 (±0.5%)

* 2 最大内径と最小内径との差が当該断面の呼び内径の 1%以下

以上