

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

| | |
|----------------|------------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 | 設計及び工事計画審査資料 |
| 資料番号 | KK6添-3-005-40 改0 |
| 提出年月日 | 2023年10月23日 |

VI-3-3-3-5-1-5 原子炉補機冷却海水系ストレーナの強度計算書

2023年10月
東京電力ホールディングス株式会社

VI-3-3-3-5-1-5 原子炉補機冷却海水系ストレーナの強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

| 機器名 | 既設 or 新設 | 施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか | クラスアップするか | | | | 条件アップするか | | | | 既工認に おける 評価結果 の有無 | 施設時の 適用規格 | 評価区分 | 同等性 評価 区分 | 評価 クラス | |
|-----------------|----------------|---|-------------------|------------------|-----------|-----------|------------------|-------------|------------|-------------|----------------------------|--------------|-------|-----------------|-----------|------------|
| | | | クラス アップ の有無 | 施設時 機器 クラス | DB クラス | SA クラス | 条件 アップ の有無 | DB条件 | | SA条件 | | | | | | |
| | | | | | | | | 圧力 (MPa) | 温度 (°C) | 圧力 (MPa) | | | | | | 温度 (°C) |
| 原子炉補機冷却海水系ストレーナ | 既設 | 有 | 有 | DB-3 | DB-3 | SA-2 | 無 | 0.78 | 50 | 0.78 | 50 | — | S55告示 | 設計・建設規格 又は告示 | — | SA-2 |

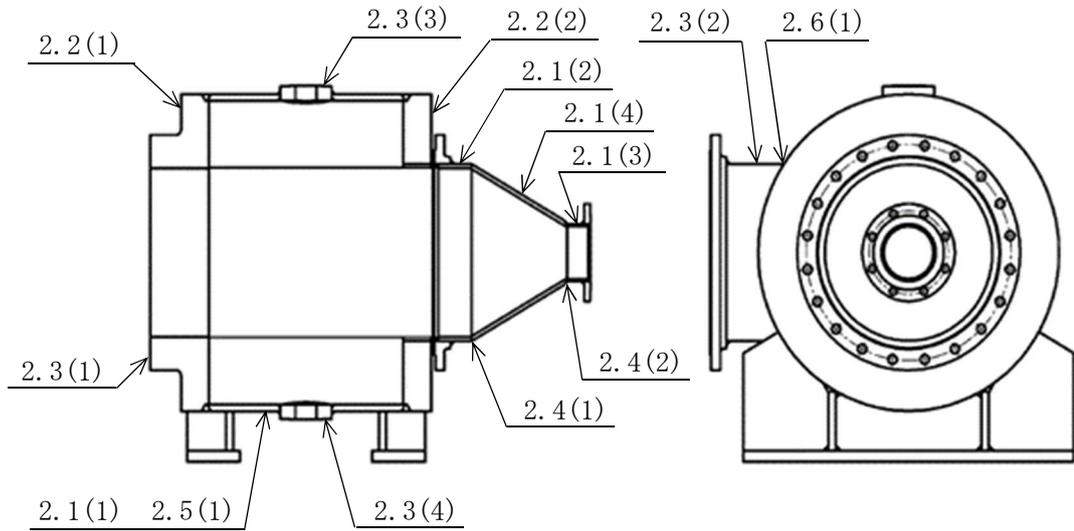
目 次

| | |
|---|----|
| 1. 計算条件 | 1 |
| 1.1 計算部位 | 1 |
| 1.2 設計条件 | 1 |
| 2. 強度計算 | 2 |
| 2.1 容器の胴の厚さの計算 | 2 |
| 2.2 容器の平板の厚さの計算 | 6 |
| 2.3 容器の管台の厚さの計算 | 8 |
| 2.4 容器の内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算 | 12 |
| 2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算 | 14 |
| 2.6 容器の穴の補強計算 | 15 |

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

| | |
|--------------|------|
| 最高使用圧力 (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 (°C) | 50 |

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------|--------|
| 胴板名称 | (1) 胴板 | | |
| 材料 | SM400C | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 50 |
| 胴の内径 | D_i | (mm) | 872.00 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 100 |
| 継手効率 | η | | 0.70 |
| 継手の種類 | 突合せ両側溶接 | | |
| 放射線検査の有無 | 無し | | |
| 必要厚さ | t_1 | (mm) | 3.00 |
| 必要厚さ | t_2 | (mm) | 4.89 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t | (mm) | 4.89 |
| 呼び厚さ | t_{s0} | (mm) | 19.00 |
| 最小厚さ | t_s | (mm) | |
| 評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

| | | | |
|-----------------------------|---------------|-------|--------|
| 胴板名称 | (2) ふた板 (円筒部) | | |
| 材料 | SM400C | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 50 |
| 胴の内径 | D_i | (mm) | 484.00 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 100 |
| 継手効率 | η | | 0.70 |
| 継手の種類 | 突合せ両側溶接 | | |
| 放射線検査の有無 | 無し | | |
| 必要厚さ | t_1 | (mm) | 3.00 |
| 必要厚さ | t_2 | (mm) | 2.72 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t | (mm) | 3.00 |
| 呼び厚さ | t_{s0} | (mm) | 12.00 |
| 最小厚さ | t_s | (mm) | |
| 評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|--------|
| 胴板名称 | (3) ふた板 (洗浄水出口) | | |
| 材料 | STPT370-S | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 50 |
| 胴の内径 | D_i | (mm) | 151.00 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 93 |
| 継手効率 | η | | 1.00 |
| 継手の種類 | 継手無し | | |
| 放射線検査の有無 | — | | |
| 必要厚さ | t_1 | (mm) | 1.50 |
| 必要厚さ | t_2 | (mm) | 0.64 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t | (mm) | 1.50 |
| 呼び厚さ | t_{s0} | (mm) | 7.10 |
| 最小厚さ | t_s | (mm) | |
| 評価： $t_s \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

容器の胴の厚さの計算

(イ) 設計・建設規格 PVC-3111

胴の形状

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

(ロ) 設計・建設規格 PVC-3120

胴の厚さ

| | |
|------------------------------|----------------------|
| 胴板名称 | (4) ふた板 (円すい部) |
| 材料 | SM400C |
| 最高使用圧力 P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 (°C) | 50 |
| 胴大径端側の内径 D_o (mm) | 484.00 |
| 許容引張応力 S (MPa) | 100 |
| 継手効率 η | 0.70 |
| 継手の種類 | 突合せ両側溶接 |
| 放射線検査の有無 | 無し |
| 必要厚さ t_1 (mm) | 3.00 |
| 必要厚さ t_2 (mm) | 3.14 |
| t_1, t_2 の大きい値 t (mm) | 3.14 |
| 呼び厚さ $t_{s.o}$ (mm) | 12.00 |
| 最小厚さ t_s (mm) | <input type="text"/> |
| 評価: $t_s \geq t$, よって十分である。 | |

2.2 容器の平板の厚さの計算

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

| | | |
|---|-----------------------|--------|
| 平板名称 | | (1) 平板 |
| 平板の取付け方法 | | (i) |
| 平板の穴の有無 | | 有り |
| 溶接部の寸法 | t_i (mm) | 79.00 |
| 胴又は管の計算上必要な厚さ | t_{sr} (mm) | 3.42 |
| 胴又は管の最小厚さ | t_s (mm) | 15.66 |
| | $2 \cdot t_{sr}$ (mm) | 6.83 |
| | $1.25 \cdot t_s$ (mm) | 19.58 |
| 平板の径 | d (mm) | 872.00 |
| 穴の径 | d_h (mm) | 484.00 |
| $d_h > d/2$, よって第2項第2号ロより計算を行う。 評価: $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ | | |

(ロ) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

| | | |
|------------------------------|---------------|----------------------|
| 平板名称 | | (1) 平板 |
| 材料 | | SFVC2B |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 120 |
| 取付け方法による係数 | K | 0.50 |
| 平板の径 | d (mm) | 872.00 |
| 必要厚さ | t (mm) | 74.57 |
| 呼び厚さ | t_{po} (mm) | 85.00 |
| 最小厚さ | t_p (mm) | <input type="text"/> |
| 評価: $t_p \geq t$, よって十分である。 | | |

容器の平板の厚さの計算

(イ) 告示第501号第34条第1項

取付け方法及び穴の有無

| | | |
|---|-----------------------|--------|
| 平板名称 | | (2) 平板 |
| 平板の取付け方法 | | (i) |
| 平板の穴の有無 | | 有り |
| 溶接部の寸法 | t_i (mm) | 79.00 |
| 胴又は管の計算上必要な厚さ | t_{sr} (mm) | 3.42 |
| 胴又は管の最小厚さ | t_s (mm) | 15.66 |
| | $2 \cdot t_{sr}$ (mm) | 6.83 |
| | $1.25 \cdot t_s$ (mm) | 19.58 |
| 平板の径 | d (mm) | 872.00 |
| 穴の径 | d_h (mm) | 508.00 |
| $d_h > d/2$, よって第2項第2号ロより計算を行う。 評価: $t_i \geq 2 \cdot t_{sr}$, $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ | | |

(ロ) 告示第501号第34条第2項

平板の厚さ

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

2.3 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 管台名称 | | (1) 海水入口 |
| 材料 | | SFVC2B |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 管台の外径 | D _o (mm) | 675.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 120 |
| 継手効率 | η | 1.00 |
| 継手の種類 | | 継手無し |
| 放射線検査の有無 | | — |
| 必要厚さ | t ₁ (mm) | 2.19 |
| 必要厚さ | t ₃ (mm) | 3.80 |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t (mm) | 3.80 |
| 呼び厚さ | t _{no} (mm) | 95.50 |
| 最小厚さ | t _n (mm) | <input type="text"/> |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | |

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 管台名称 | | (2) 海水出口 |
| 材料 | | SM400C |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 管台の外径 | D _o (mm) | 508.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 100 |
| 継手効率 | η | 0.70 |
| 継手の種類 | | 突合せ両側溶接 |
| 放射線検査の有無 | | 無し |
| 必要厚さ | t ₁ (mm) | 2.82 |
| 必要厚さ | t ₃ (mm) | 3.80 |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t (mm) | 3.80 |
| 呼び厚さ | t _{no} (mm) | 16.00 |
| 最小厚さ | t _n (mm) | <input type="text"/> |
| 評価: t _n ≥ t, よって十分である。 | | |

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 管台名称 | | (3) ベント |
| 材料 | | SFVC2B |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 管台の外径 | D _o (mm) | 155.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 120 |
| 継手効率 | η | 1.00 |
| 継手の種類 | | 継手無し |
| 放射線検査の有無 | | — |
| 必要厚さ | t ₁ (mm) | 0.51 |
| 必要厚さ | t ₃ (mm) | 3.80 |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t (mm) | 3.80 |
| 呼び厚さ | t _{no} (mm) | 45.00 |
| 最小厚さ | t _n (mm) | <input type="text"/> |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | |

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 管台名称 | | (4) ドレン |
| 材料 | | SFVC2B |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 管台の外径 | D _o (mm) | 155.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 120 |
| 継手効率 | η | 1.00 |
| 継手の種類 | | 継手無し |
| 放射線検査の有無 | | — |
| 必要厚さ | t ₁ (mm) | 0.51 |
| 必要厚さ | t ₃ (mm) | 3.80 |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t (mm) | 3.80 |
| 呼び厚さ | t _{no} (mm) | 45.00 |
| 最小厚さ | t _n (mm) | <input type="text"/> |
| 評価: t _n ≥ t, よって十分である。 | | |

2.4 容器の内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算
設計・建設規格 PVC-3170

強め輪の要否

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

容器の内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接続による強め輪の計算
設計・建設規格 PVC-3170

強め輪の要否

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

強め輪の計算

| | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------|
| 胴板名称 | (2) ふた板 (円すい部) | |
| 小径端に接続する胴の内径 | D_s (mm) | 151.00 |
| 小径端に接続する胴の最小厚さ | t_s (mm) | 5.71 |
| 円筒形の胴の計算上必要な厚さ | t' (mm) | 0.64 |
| 円すい形の胴の最小厚さ | t (mm) | |
| m_1 | | |
| m_2 | | |
| m_1, m_2 の小さい値 | m | |
| 接続部からの有効距離 | a (mm) | |
| 強め輪に必要な断面積 | A (mm ²) | 12.59 |
| 強め輪の有効断面積 | A_e (mm ²) | |
| 評価： $A_e \geq A$ ，よって十分である。 | | |

2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格 PVC-3150(2)

| | | |
|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| 胴板名称 | (1) 胴板 | |
| 材料 | SM400C | |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 胴の外径 | D (mm) | 910.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 100 |
| 胴板の最小厚さ | t_s (mm) | <input type="text"/> |
| 継手効率 | η | 1.00 |
| 継手の種類 | 継手無し | |
| 放射線検査の有無 | — | |
| $d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$ | (mm) | <input type="text"/> |
| 61, d_{r1} の小さい値 | (mm) | <input type="text"/> |
| K | | <input type="text"/> |
| $D \cdot t_s$ | (mm ²) | <input type="text"/> |
| 200, d_{r2} の小さい値 | (mm) | <input type="text"/> |
| 補強を要しない穴の最大径 | (mm) | <input type="text"/> |
| 評価：補強の計算を要する穴の名称 | 海水出口(2.6(1)) | |

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-3

| 部材名称 | | (1) 海水出口 |
|----------------------------|--------------------------|----------|
| 胴板材料 | | SM400C |
| 管台材料 | | SM400C |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 0.78 |
| 最高使用温度 | (°C) | 50 |
| 胴板の許容引張応力 | S_s (MPa) | 100 |
| 管台の許容引張応力 | S_n (MPa) | 100 |
| 穴の径 | d (mm) | |
| 管台が取り付く穴の径 | d_w (mm) | 508.00 |
| 胴板の最小厚さ | t_s (mm) | |
| 管台の最小厚さ | t_n (mm) | |
| 胴板の継手効率 | η | 1.00 |
| 係数 | F | 1.00 |
| 胴の内径 | D_i (mm) | 872.00 |
| 胴板の計算上必要な厚さ | t_{sr} (mm) | 3.42 |
| 管台の計算上必要な厚さ | t_{nr} (mm) | |
| 穴の補強に必要な面積 | A_r (mm ²) | |
| 補強の有効範囲 | X_1 (mm) | |
| 補強の有効範囲 | X_2 (mm) | |
| 補強の有効範囲 | X (mm) | |
| 補強の有効範囲 | Y_1 (mm) | |
| 管台の外径 | D_{on} (mm) | 508.00 |
| 溶接寸法 | L_1 (mm) | |
| 胴板の有効補強面積 | A_1 (mm ²) | |
| 管台の有効補強面積 | A_2 (mm ²) | |
| すみ肉溶接部の有効補強面積 | A_3 (mm ²) | |
| 補強に有効な総面積 | A_0 (mm ²) | |
| 評価： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。 | | |

注記*： X_1 ， X_2 は構造上取り得る範囲とした。

| | | | |
|---|------------|--------------------|--------|
| 部材名称 | (1) 海水出口 | | |
| 大きい穴の補強 | | | |
| 補強を要する穴の限界径 | d_j | (mm) | 436.00 |
| 評価： $d > d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要である。 | | | |
| 補強の有効範囲 | X_{j1} | (mm) | |
| 補強の有効範囲 | X_{j2} | (mm) | |
| 補強の有効範囲 | X_j | (mm) | |
| 穴の補強に必要な面積 | A_{jr} | (mm ²) | |
| 胴板の有効補強面積 | A_{j1} | (mm ²) | |
| 管台の有効補強面積 | A_{j2} | (mm ²) | |
| すみ肉溶接部の有効補強面積 | A_{j3} | (mm ²) | |
| 補強に有効な総面積 | A_{j0} | (mm ²) | |
| 評価： $A_{j0} > A_{jr}$ ，よって十分である。 | | | |
| 溶接部にかかる荷重 | W_1 | (N) | |
| 溶接部にかかる荷重 | W_2 | (N) | |
| 溶接部の負うべき荷重 | W | (N) | |
| | | | |
| すみ肉溶接の許容せん断応力 | S_{w1} | (MPa) | 49 |
| 突合せ溶接の許容引張応力 | S_{w3} | (MPa) | 74 |
| 管台壁の許容せん断応力 | S_{w4} | (MPa) | 70 |
| 応力除去の有無 | 有り | | |
| すみ肉溶接の許容せん断応力係数 | F_1 | | 0.49 |
| 突合せ溶接の許容引張応力係数 | F_3 | | 0.74 |
| 管台壁の許容せん断応力係数 | F_4 | | 0.70 |
| すみ肉溶接部のせん断力 | W_{e1} | (N) | |
| 突合せ溶接部の引張力 | W_{e6} | (N) | |
| 突合せ溶接部の引張力 | W_{e7} | (N) | |
| 管台のせん断力 | W_{e10} | (N) | |
| 予想される破断箇所の強さ | W_{ebp1} | (N) | |
| 予想される破断箇所の強さ | W_{ebp2} | (N) | |
| 予想される破断箇所の強さ | W_{ebp3} | (N) | |
| 評価： $W_{ebp1} \geq W$ ， $W_{ebp2} \geq W$ ， $W_{ebp3} \geq W$ 以上より十分である。 | | | |

注記*： X_{j1} ， X_{j2} は構造上取り得る範囲とした。