

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | |
|-----------------------|-------------------|
| 女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 02-工-B-04-0020_改1 |
| 提出年月日 | 2021年5月27日 |

VI-3-3-2-2-1-1 燃料プール冷却浄化系熱交換器の強度計算書

02 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R1

2021年5月

東北電力株式会社

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針」, 「VI-3-2-8 重大事故等クラス2 容器の強度計算方法」及び「VI-3-2-12 重大事故等クラス2 支持構造物（容器）の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

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

・評価条件整理表

| 機器名 | 既設 or 新設 | 施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか | クラスアップするか | | | | 条件アップするか | | | | 既工認に おける 評価結果 の有無 | 施設時の 適用規格 | 評価区分 | 同等性 評価 区分 | 評価 クラス | | |
|--------------------|----------------|---|---------------|---|--------------|-----------|-----------|------------------|-------------|-----------|----------------------------|--------------|------|-----------------|-----------------|-------------|-----------|
| | | | クラスアップ の有無 | | 施設時機器 クラス | DB クラス | SA クラス | 条件 アップ の有無 | DB 条件 | | | | | | | SA 条件 | |
| | | | 管側 | 有 | | | | | 圧力 (MPa) | 温度 (℃) | | | | | | 圧力 (MPa) | 温度 (℃) |
| 燃料プール冷却浄化系 熱交換器 | 既設 | 有 | 管側 | 有 | DB-3 | DB-3 | SA-2 | 無 | 1.37 | 66 | 1.37 | 66 | - | S55 告示 | 設計・建設規格 又は告示 | - | SA-2 |
| | | | 胴側 | 有 | DB-3 | DB-3 | SA-2 | 無 | 1.18 | 70 | 1.18 | 70 | - | S55 告示 | 設計・建設規格 又は告示 | - | SA-2 |

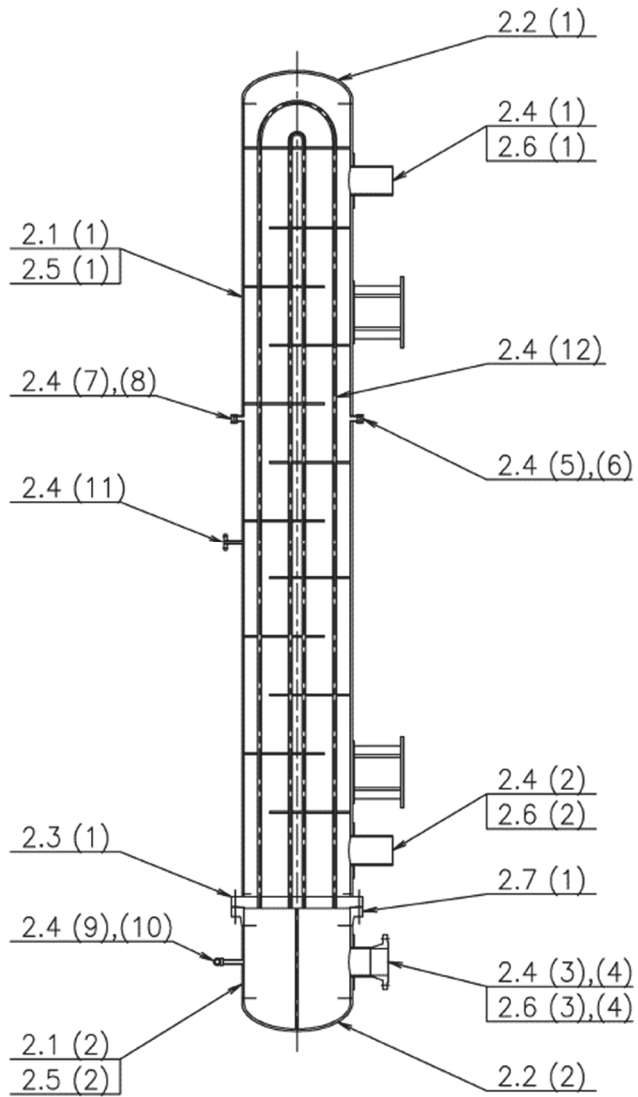
目次

| | |
|------------------------|----|
| 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 容器の鏡板の厚さの計算 | 4 |
| 2.3 容器の管板の厚さの計算 | 6 |
| 2.4 容器の管台の厚さの計算 | 7 |
| 2.5 容器の補強を要しない穴の最大径の計算 | 19 |
| 2.6 容器の穴の補強計算 | 21 |
| 2.7 容器のフランジの計算 | 29 |
| 3. 支持構造物の強度計算書 | 31 |

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次ページ以降の
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) | 胴側 | 1.18 | 管側 | 1.37 |
| 最高使用温度 (°C) | 胴側 | 70 | 管側 | 66 |

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) 胴側胴板 | | |
| 材料 | SGV410 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 胴の内径 | D_i | (mm) | 600.00 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 103 |
| 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) | 4.96 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t | (mm) | 4.96 |
| 呼び厚さ | $t_{s.o}$ | (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 | (2) 管側胴板 | | |
| 材料 | SUS304 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 胴の内径 | D_i | (mm) | 600.00 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 126 |
| 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) | 1.50 |
| 必要厚さ | t_2 | (mm) | 4.71 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t | (mm) | 4.71 |
| 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。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 容器の鏡板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

| | | |
|--|----------------------|----------|
| 鏡板名称 | | (1) 胴側鏡板 |
| 鏡板の内面における長径 | D_{iL} (mm) | 600.00 |
| 鏡板の内面における短径の1/2 | h (mm) | 150.00 |
| 長径と短径の比 | $D_{iL}/(2 \cdot h)$ | 2.00 |
| 評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。 | | |

(2) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

| | | |
|-----------------------------|---------------|----------|
| 鏡板名称 | | (1) 胴側鏡板 |
| 材料 | | SGV410 |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | (°C) | 70 |
| 胴の内径 | D_i (mm) | 600.00 |
| 半だ円形鏡板の形状による係数 K | | 1.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 103 |
| 継手効率 | η | 1.00 |
| 継手の種類 | | 継手無し |
| 放射線検査の有無 | | — |
| 必要厚さ | t_1 (mm) | 3.47 |
| 必要厚さ | t_2 (mm) | 3.45 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t (mm) | 3.47 |
| 呼び厚さ | t_{co} (mm) | 12.00 |
| 最小厚さ | t_c (mm) | |
| 評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。 | | |

容器の鏡板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3210

鏡板の形状

| | | |
|--|----------------------|----------|
| 鏡板名称 | | (2) 管側鏡板 |
| 鏡板の内面における長径 | D_{iL} (mm) | 600.00 |
| 鏡板の内面における短径の 1/2 | h (mm) | 150.00 |
| 長径と短径の比 | $D_{iL}/(2 \cdot h)$ | 2.00 |
| 評価： $D_{iL}/(2 \cdot h) \leq 2$ ，よって半だ円形鏡板である。 | | |

(2) 設計・建設規格 PVC-3220

鏡板の厚さ

| | | |
|-----------------------------|---------------|----------|
| 鏡板名称 | | (2) 管側鏡板 |
| 材料 | | SUS304 |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | (°C) | 66 |
| 胴の内径 | D_i (mm) | 600.00 |
| 半だ円形鏡板の形状による係数 K | | 1.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 126 |
| 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) | 3.29 |
| 必要厚さ | t_2 (mm) | 3.27 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t (mm) | 3.29 |
| 呼び厚さ | t_{co} (mm) | 12.00 |
| 最小厚さ | t_c (mm) | |
| 評価： $t_c \geq t$ ，よって十分である。 | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 容器の管板の厚さの計算

(1) 設計・建設規格 PVC-3510(1)

管穴の中心間距離

| | | |
|-----------------------------|------------|--------|
| 管板名称 | | (1) 管板 |
| 管の外径 | d_t (mm) | |
| 必要な距離 | z (mm) | |
| 管穴の中心間距離 | P_t (mm) | 25.00 |
| 評価： $P_t \geq z$ ，よって十分である。 | | |

(2) 設計・建設規格 PVC-3510(2)

管板の厚さ

| | | |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 管板名称 | | (1) 管板 |
| 材料 | | SUSF304 |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | (°C) | 66 |
| パッキンの中心円の径又は胴の内径 | D (mm) | 642.18 |
| 胴の厚さ | t_s (mm) | — |
| 管及び管板の支え方による係数 | F | 1.25 (伝熱管の形式：U字管) |
| 管板の支え方 | | 管側胴と一体でない。 ($t_s/D = -$) |
| 任意の管の中心が囲む面積 | A (mm ²) | 2.498×10^5 |
| 面積Aの周のうち穴の径以外の部分の長さ | L (mm) | 403.94 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 126 |
| 必要厚さ | t_1 (mm) | 41.86 |
| 必要厚さ | t_2 (mm) | 7.91 |
| $t_1, t_2, 10$ の大きい値 | t (mm) | 41.86 |
| 呼び厚さ | t_{bo} (mm) | 65.00 |
| 最小厚さ | t_b (mm) | |
| 評価： $t_b \geq t$ ，よって十分である。 | | |

2.4 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------|--------|
| 管台名称 | (1) 胴体入口 | | |
| 材料 | STS410 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D_o | (mm) | 165.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 103 |
| 継手効率 | η | | 1.00 |
| 継手の種類 | 継手無し | | |
| 放射線検査の有無 | - | | |
| 必要厚さ | t_1 | (mm) | 0.95 |
| 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) | 7.10 |
| 最小厚さ | t_n | (mm) | |
| 評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------|--------|
| 管台名称 | (2) 胴体出口 | | |
| 材料 | STS410 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D_o | (mm) | 165.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 103 |
| 継手効率 | η | | 1.00 |
| 継手の種類 | 継手無し | | |
| 放射線検査の有無 | - | | |
| 必要厚さ | t_1 | (mm) | 0.95 |
| 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) | 7.10 |
| 最小厚さ | t_n | (mm) | |
| 評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|--------|
| 管台名称 | (3) 水室入口 | | |
| 材料 | SUS304TP | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 165.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 126 |
| 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) | 0.90 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.90 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 7.10 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|--------|
| 管台名称 | (4) 水室出口 | | |
| 材料 | SUS304TP | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 165.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 126 |
| 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) | 0.90 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.90 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 7.10 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

02 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|
| 管台名称 | (5) 胴体ドレン | | |
| 材料 | SFVC2B | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 46.00 |
| 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) | 0.23 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.23 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 9.15 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|
| 管台名称 | (6) 胴体ドレン | | |
| 材料 | SFVC2B | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D_o | (mm) | 34.00 |
| 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) | 0.17 |
| 必要厚さ | t_3 | (mm) | - |
| t_1, t_3 の大きい値 | t | (mm) | 0.17 |
| 呼び厚さ | t_{no} | (mm) | 5.50 |
| 最小厚さ | t_n | (mm) | |
| 評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|
| 管台名称 | (7) 胴体空気抜 | | |
| 材料 | SFVC2B | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 46.00 |
| 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) | 0.23 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.23 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 9.15 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|
| 管台名称 | (8) 胴体空気抜 | | |
| 材料 | SFVC2B | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 34.00 |
| 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) | 0.17 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.17 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 5.50 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|
| 管台名称 | (9) 水室ドレン | | |
| 材料 | SUS304TP | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 27.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 126 |
| 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) | 0.15 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.15 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 3.90 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|
| 管台名称 | (10) 水室空気抜 | | |
| 材料 | SUS304TP | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 管台の外径 | D _o | (mm) | 27.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 126 |
| 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) | 0.15 |
| 必要厚さ | t ₃ | (mm) | - |
| t ₁ , t ₃ の大きい値 | t | (mm) | 0.15 |
| 呼び厚さ | t _{no} | (mm) | 3.90 |
| 最小厚さ | t _n | (mm) | |
| 評価：t _n ≥ t, よって十分である。 | | | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|
| 管台名称 | (11) 胴体逃がし弁 | | |
| 材料 | STS410 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D_o | (mm) | 27.20 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 103 |
| 継手効率 | η | | 1.00 |
| 継手の種類 | 継手無し | | |
| 放射線検査の有無 | - | | |
| 必要厚さ | t_1 | (mm) | 0.16 |
| 必要厚さ | t_3 | (mm) | 1.70 |
| t_1, t_3 の大きい値 | t | (mm) | 1.70 |
| 呼び厚さ | t_{no} | (mm) | 3.90 |
| 最小厚さ | t_n | (mm) | |
| 評価： $t_n \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

| | | | |
|-----------------------------|----------|-------|------|
| 管台名称 | (12) 伝熱管 | | |
| 材料 | SUS304TB | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 外面に受ける最高の圧力 | P_e | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 管台の外径 | D_o | (mm) | |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 126 |
| 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) | 0.11 |
| 必要厚さ | t_2 | (mm) | 0.45 |
| t_1, t_2 の大きい値 | t | (mm) | 0.45 |
| 呼び厚さ | t_{t0} | (mm) | |
| 最小厚さ | t_t | (mm) | |
| 評価： $t_t \geq t$ ，よって十分である。 | | | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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) 胴側胴板 |
| 材料 | | | SGV410 |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | | (°C) 70 |
| 胴の外径 | D | (mm) | 624.00 |
| 許容引張応力 | S | (MPa) | 103 |
| 胴板の最小厚さ | t_s | (mm) | |
| 継手効率 | η | | 1.00 |
| 継手の種類 | | | 継手無し |
| 放射線検査の有無 | | | — |
| $d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$ | | (mm) | |
| 61, d_{r1} の小さい値 | | (mm) | |
| K | | | |
| $D \cdot t_s$ | | (mm ²) | |
| 200, d_{r2} の小さい値 | | (mm) | 131.67 |
| 補強を要しない穴の最大径 | | (mm) | 131.67 |
| 評価：補強の計算を要する穴の名称 | | | 胴体入口(2.6(1)) 胴体出口(2.6(2)) |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の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 | (2) 管側胴板 | |
| 材料 | SUS304 | |
| 最高使用圧力 | P (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | (°C) | 66 |
| 胴の外径 | D (mm) | 624.00 |
| 許容引張応力 | S (MPa) | 126 |
| 胴板の最小厚さ | t_s (mm) | |
| 継手効率 | η | 1.00 |
| 継手の種類 | 継手無し | |
| 放射線検査の有無 | — | |
| $d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$ | (mm) | |
| 61, d_{r1} の小さい値 | (mm) | |
| K | | |
| $D \cdot t_s$ | (mm ²) | |
| 200, d_{r2} の小さい値 | (mm) | 124.03 |
| 補強を要しない穴の最大径 | (mm) | 124.03 |
| 評価：補強の計算を要する穴の名称 | 水室入口(2.6(3)) 水室出口(2.6(4)) | |

O 2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.6 容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

| | | | |
|----------------------------|----------|--------------------|--------|
| 部材名称 | (1) 胴体入口 | | |
| 胴板材料 | SGV410 | | |
| 管台材料 | STS410 | | |
| 強め板材料 | SGV410 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 胴板の許容引張応力 | S_s | (MPa) | 103 |
| 管台の許容引張応力 | S_n | (MPa) | 103 |
| 強め板の許容引張応力 | S_e | (MPa) | 103 |
| 穴の径 | d | (mm) | |
| 管台が取り付く穴の径 | d_w | (mm) | 169.20 |
| 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) | 600.00 |
| 胴板の計算上必要な厚さ | t_{sr} | (mm) | 3.47 |
| 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) | |
| 強め板の最小厚さ | t_e | (mm) | |
| 強め板の外径 | B_e | (mm) | 310.00 |
| 管台の外径 | D_{on} | (mm) | 165.20 |
| 溶接寸法 | L_1 | (mm) | 7.03 |
| 溶接寸法 | L_2 | (mm) | 5.02 |
| 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) | 49.42 |
| 強め板の有効補強面積 | A_4 | (mm ²) | |
| 補強に有効な総面積 | A_0 | (mm ²) | |
| 補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | |
|--|----------|
| 部材名称 | (1) 胴体入口 |
| 大きい穴の補強 | |
| 補強を要する穴の限界径 d_j (mm) | 300.00 |
| 評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。 | |
| 溶接部にかかる荷重 W_1 (N) | |
| 溶接部にかかる荷重 W_2 (N) | |
| 溶接部の負うべき荷重 W (N) | |
| 評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。 | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 W E L D - 16

| | | | |
|----------------------------|----------|--------------------|--------|
| 部材名称 | (2) 胴体出口 | | |
| 胴板材料 | SGV410 | | |
| 管台材料 | STS410 | | |
| 強め板材料 | SGV410 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.18 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 70 |
| 胴板の許容引張応力 | S_s | (MPa) | 103 |
| 管台の許容引張応力 | S_n | (MPa) | 103 |
| 強め板の許容引張応力 | S_e | (MPa) | 103 |
| 穴の径 | d | (mm) | |
| 管台が取り付く穴の径 | d_w | (mm) | 169.20 |
| 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) | 600.00 |
| 胴板の計算上必要な厚さ | t_{sr} | (mm) | 3.47 |
| 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) | |
| 強め板の最小厚さ | t_e | (mm) | |
| 強め板の外径 | B_e | (mm) | 310.00 |
| 管台の外径 | D_{on} | (mm) | 165.20 |
| 溶接寸法 | L_1 | (mm) | 7.03 |
| 溶接寸法 | L_2 | (mm) | 5.02 |
| 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) | 49.42 |
| 強め板の有効補強面積 | A_4 | (mm ²) | |
| 補強に有効な総面積 | A_0 | (mm ²) | |
| 補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。 | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | | |
|--|----------|--|
| 部材名称 | (2) 胴体出口 | |
| 大きい穴の補強 | | |
| 補強を要する穴の限界径 d_j (mm) | 300.00 | |
| 評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。 | | |
| 溶接部にかかる荷重 W_1 (N) | | |
| 溶接部にかかる荷重 W_2 (N) | | |
| 溶接部の負うべき荷重 W (N) | | |
| 評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。 | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

| | | | |
|----------------------------|----------|--------------------|--------|
| 部材名称 | (3) 水室入口 | | |
| 胴板材料 | SUS304 | | |
| 管台材料 | SUS304TP | | |
| 強め板材料 | SUS304 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 胴板の許容引張応力 | S_s | (MPa) | 126 |
| 管台の許容引張応力 | S_n | (MPa) | 126 |
| 強め板の許容引張応力 | S_e | (MPa) | 126 |
| 穴の径 | d | (mm) | |
| 管台が取り付く穴の径 | d_w | (mm) | 169.20 |
| 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) | 600.00 |
| 胴板の計算上必要な厚さ | t_{sr} | (mm) | 3.29 |
| 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) | |
| 強め板の最小厚さ | t_e | (mm) | |
| 強め板の外径 | B_e | (mm) | 310.00 |
| 管台の外径 | D_{on} | (mm) | 165.20 |
| 溶接寸法 | L_1 | (mm) | 7.03 |
| 溶接寸法 | L_2 | (mm) | 5.02 |
| 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) | 49.42 |
| 強め板の有効補強面積 | A_4 | (mm ²) | |
| 補強に有効な総面積 | A_0 | (mm ²) | |
| 補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。 | | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | | |
|--|----------|--|
| 部材名称 | (3) 水室入口 | |
| 大きい穴の補強 | | |
| 補強を要する穴の限界径 d_j (mm) | 300.00 | |
| 評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。 | | |
| 溶接部にかかる荷重 W_1 (N) | | |
| 溶接部にかかる荷重 W_2 (N) | | |
| 溶接部の負うべき荷重 W (N) | | |
| 評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。 | | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

容器の穴の補強計算

設計・建設規格 PVC-3160

参照附図 WELD-16

| | | | |
|----------------------------|----------|--------------------|--------|
| 部材名称 | (4) 水室出口 | | |
| 胴板材料 | SUS304 | | |
| 管台材料 | SUS304TP | | |
| 強め板材料 | SUS304 | | |
| 最高使用圧力 | P | (MPa) | 1.37 |
| 最高使用温度 | | (°C) | 66 |
| 胴板の許容引張応力 | S_s | (MPa) | 126 |
| 管台の許容引張応力 | S_n | (MPa) | 126 |
| 強め板の許容引張応力 | S_e | (MPa) | 126 |
| 穴の径 | d | (mm) | |
| 管台が取り付く穴の径 | d_w | (mm) | 169.20 |
| 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) | 600.00 |
| 胴板の計算上必要な厚さ | t_{sr} | (mm) | 3.29 |
| 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) | |
| 強め板の最小厚さ | t_e | (mm) | |
| 強め板の外径 | B_e | (mm) | 310.00 |
| 管台の外径 | D_{on} | (mm) | 165.20 |
| 溶接寸法 | L_1 | (mm) | 7.03 |
| 溶接寸法 | L_2 | (mm) | 5.02 |
| 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) | 49.42 |
| 強め板の有効補強面積 | A_4 | (mm ²) | |
| 補強に有効な総面積 | A_0 | (mm ²) | |
| 補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。 | | | |

O2 ③ VI-3-3-2-2-1-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | |
|--|----------|
| 部材名称 | (4) 水室出口 |
| 大きい穴の補強 | |
| 補強を要する穴の限界径 d_j (mm) | 300.00 |
| 評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。 | |
| 溶接部にかかる荷重 W_1 (N) | |
| 溶接部にかかる荷重 W_2 (N) | |
| 溶接部の負うべき荷重 W (N) | |
| 評価： $W < 0$ ，よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。 | |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.7 容器のフランジの計算

設計・建設規格 PVC-3710

(JIS B 8265 附属書3適用)

(内圧を受けるフランジ)

参照附図 FLANGE-2 一体形フランジ

| | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| フランジ名称 | | (1) 管板側水室フランジ | |
| フランジ材料 | | SUSF304 | |
| 胴又は管台材料 | | SUS304 | |
| ボルト材料 | | SNB7 (直径 63mm 以下) | |
| ガスケット材料 | | 非石綿ジョイントシート (V#6500-AE) | |
| ガスケット厚さ (mm) | | 3 | |
| ガスケット座面の形状 | | 1a | |
| 最高使用圧力 P (MPa) | | 1.37 | |
| 許容引張応力 | 温度条件 (°C) | 最高使用温度 (使用状態) (66) | 常温 (ガスケット締付時) (20) |
| | ボルト (MPa) | $\sigma_b = 173$ | $\sigma_a = 173$ |
| | フランジ (MPa) | $\sigma_f = 126$ | $\sigma_{fa} = 129$ |
| | 胴又は管台 (MPa) | $\sigma_n = 126$ | $\sigma_{na} = 129$ |
| フランジの外径 A (mm) | 740.00 | | |
| フランジの内径 B (mm) | 600.00 | | |
| ボルト中心円の直径 C (mm) | 700.00 | | |
| ガスケット有効径 G (mm) | 642.18 | | |
| ハブ先端の厚さ g_0 (mm) | 12.00 | | |
| フランジ背面のハブの厚さ g_1 (mm) | 20.00 | | |
| ハブの長さ h (mm) | 50.00 | | |
| ボルト呼び | | M20 | |
| ボルト本数 n | | 32 | |
| ボルト谷径 d_b (mm) | | 17.294 | |
| ガスケット接触面の外径 G_s (mm) | | 660.00 | |
| ガスケット接触面の幅 N (mm) | | 25.00 | |
| ガスケット係数 m | | 2.00 | |
| 最小設計締付圧力 y (N/mm ²) | | 11.00 | |
| ガスケット座の基本幅 b_0 (mm) | | 12.50 | |
| ガスケット座の有効幅 b (mm) | | 8.91 | |
| 内圧による全荷重 H (N) | | 4.437×10^5 | |
| ガスケットに加える圧縮力 H_p (N) | | 9.851×10^4 | |
| 使用状態での最小ボルト荷重 W_{m1} (N) | | 5.422×10^5 | |
| ガスケット締付最小ボルト荷重 W_{m2} (N) | | 1.977×10^5 | |
| ボルトの所要総有効断面積 | 使用状態 A_{m1} (mm ²) | 3.134×10^3 | |
| | ガスケット締付時 A_{m2} (mm ²) | 1.143×10^3 | |
| | いずれか大きい値 A_m (mm ²) | 3.134×10^3 | |
| 実際のボルト総有効断面積 A_b (mm ²) | | 7.517×10^3 | |
| 評価： $A_b > A_m$ ，よって十分である。 | | | |

| フランジ名称 | | (1) 管板側水室フランジ | | |
|------------------|--|------------------------|--|-------------------------------|
| ボルト荷重 | 使用状態 | W_o (N) | 5.422×10^5 | |
| | ガスケット締付時 | W_g (N) | 9.213×10^5 | |
| 距離 | | R (mm) | 30.00 | |
| 荷重 | | (N) | $H_D = 3.874 \times 10^5$ | |
| | | | $H_G = 9.851 \times 10^4$ | |
| | | | $H_T = 5.638 \times 10^4$ | |
| モーメントアーム | | (mm) | $h_D = 40.00$ | |
| | | | $h_G = 28.91$ | |
| | | | $h_T = 39.46$ | |
| モーメント | | (N・mm) | $M_D = 1.549 \times 10^7$ | |
| | | | $M_G = 2.848 \times 10^6$ | |
| | | | $M_T = 2.224 \times 10^6$ | |
| フランジに作用するモーメント | 使用状態 | (N・mm) | $M_o = 2.057 \times 10^7$ | |
| | ガスケット締付時 | (N・mm) | $M_g = 2.664 \times 10^7$ | |
| 形状係数 | | h_o (mm) | 84.85 | |
| 係数 | | h/h_o | 0.5893 | |
| 係数 | | g_1/g_o | 1.6667 | |
| ハブ応力修正係数 | | f | 1.0000 | |
| 係数 | | F | 0.8235 | |
| 係数 | | V | 0.2571 | |
| フランジの内外径の比 | | K | 1.2333 | |
| 係数 | | T | 1.8254 | |
| 係数 | | U | 10.3062 | |
| 係数 | | Y | 9.3787 | |
| 係数 | | Z | 4.8380 | |
| 係数 | | d (mm^3) | 4.898×10^5 | |
| 係数 | | e (mm^{-1}) | 9.705×10^{-3} | |
| フランジの厚さ | | t (mm) | 49.80 | |
| 係数 | | L | 1.0648 | |
| 使用状態におけるフランジの強さ | | | | |
| 応力 | | (MPa) | 計算値 | 許容引張応力 |
| ハブの軸方向応力 | σ_H | | 81 | $1.5 \cdot \sigma_f = 189$ |
| | | | | $2.5 \cdot \sigma_n = 315$ |
| フランジの半径方向応力 | σ_R | | 22 | $\sigma_f = 126$ |
| フランジの周方向応力 | σ_T | | 27 | $\sigma_f = 126$ |
| 組合せ応力 | | | | $(\sigma_H + \sigma_R)/2$ |
| | | | | $(\sigma_H + \sigma_T)/2$ |
| | | | 51 | $\sigma_f = 126$ |
| | | | 54 | $\sigma_f = 126$ |
| ガスケット締付時のフランジの強さ | | | | |
| 応力 | | (MPa) | 計算値 | 許容引張応力 |
| ハブの軸方向応力 | σ_H | | 105 | $1.5 \cdot \sigma_{fa} = 193$ |
| | | | | $2.5 \cdot \sigma_{na} = 322$ |
| フランジの半径方向応力 | σ_R | | 28 | $\sigma_{fa} = 129$ |
| フランジの周方向応力 | σ_T | | 35 | $\sigma_{fa} = 129$ |
| 組合せ応力 | | | | $(\sigma_H + \sigma_R)/2$ |
| | | | | $(\sigma_H + \sigma_T)/2$ |
| | | | 66 | $\sigma_{fa} = 129$ |
| | | | 70 | $\sigma_{fa} = 129$ |
| 応力の評価: | $\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_f, 2.5 \cdot \sigma_n)$ $\sigma_R \leq \sigma_f$ $\sigma_T \leq \sigma_f$ $(\sigma_H + \sigma_R)/2 \leq \sigma_f$ $(\sigma_H + \sigma_T)/2 \leq \sigma_f$ 以上より十分である。 | | $\sigma_H \leq \text{Min}(1.5 \cdot \sigma_{fa}, 2.5 \cdot \sigma_{na})$ $\sigma_R \leq \sigma_{fa}$ $\sigma_T \leq \sigma_{fa}$ $(\sigma_H + \sigma_R)/2 \leq \sigma_{fa}$ $(\sigma_H + \sigma_T)/2 \leq \sigma_{fa}$ | |

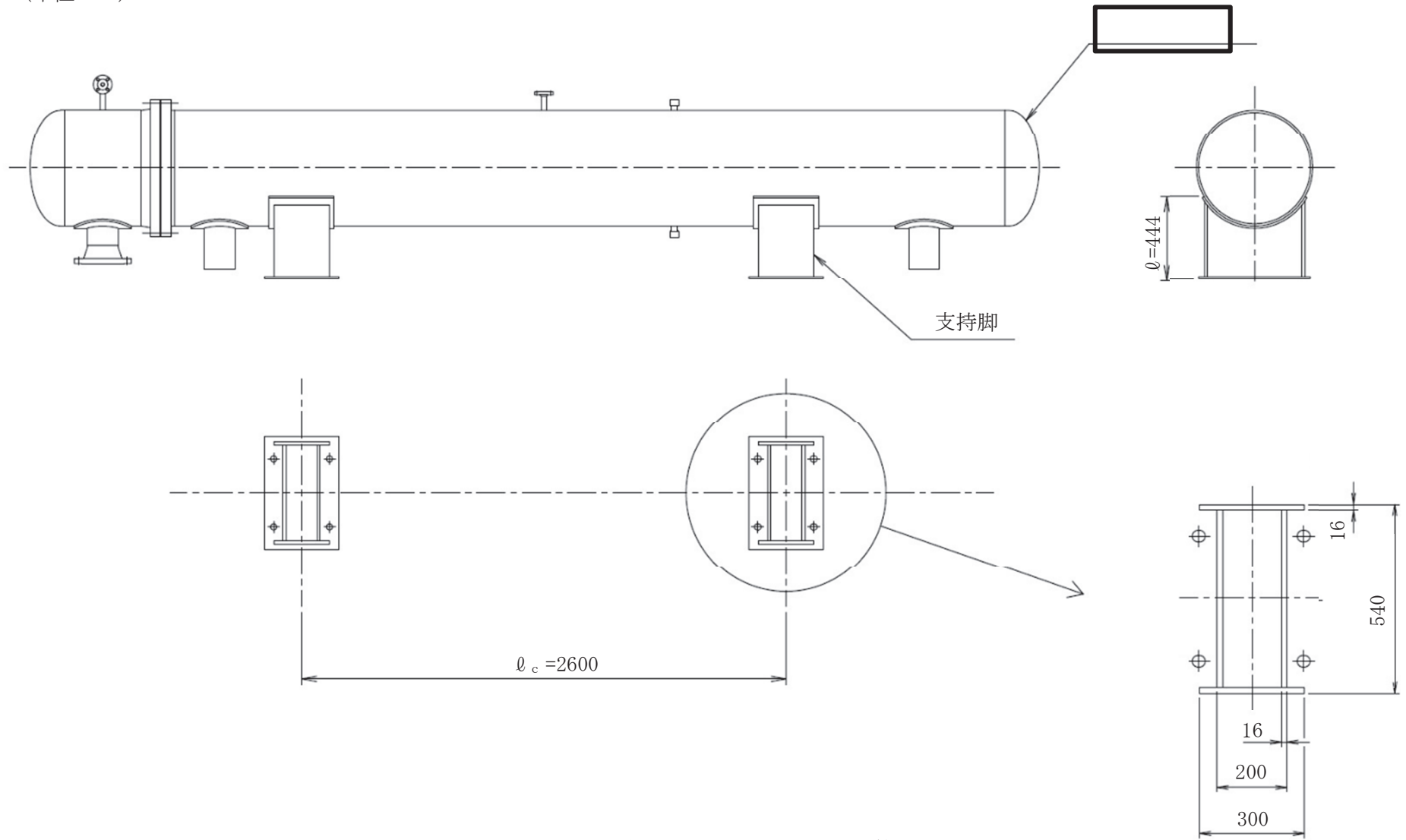
3. 支持構造物の強度計算書

(1) 一次圧縮応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

| 種類 | 脚本数 | 材料 | 最高使用温度 (°C) | F 値 (MPa) | 鉛直荷重 F _c (N) | 断面積 A (mm ²) | 曲げモーメント M (N・mm) | 断面係数 Z (mm ³) |
|---------|-----|-------|----------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 横置円筒形容器 | 2 | SS400 | 70 | 233 | | 2.585×10 ⁴ | | |

| 一次圧縮応力 σ _c (MPa) | 許容圧縮応力 f _c (MPa) | 一次曲げ応力 σ _b (MPa) | 許容曲げ応力 f _b (MPa) | 組合せ評価 $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$ | 評価 |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|
| | 154 | | 155 | 0.13 | 算出値は、許容値以下であるので強度は十分である。 |

(単位 : mm)



燃料プール冷却浄化系熱交換器 支持構造物の強度計算説明図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。