

| | |
|-----------------------|------------------------|
| 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-変 2-工-B-04-0004 改 1 |
| 提出年月日 | 2023年 5月 18日 |

VI-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書

2023年 5月

東北電力株式会社

申請範囲目録

VI-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書

VI-3-3-3-3-1 残留熱除去系の強度計算書

VI-3-3-3-3-1-4 弁の強度計算書（残留熱除去系）

VI-3-3-3-3-1-5 管の強度計算書（残留熱除去系）

VI-3-3-3-3-1-5-2 管の応力計算書（残留熱除去系）

VI-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書

目次

VI-3-3-3-3-1 残留熱除去系の強度計算書

VI-3-3-3-3-1 残留熱除去系の強度計算書

目次

- VI-3-3-3-3-1-4 弁の強度計算書（残留熱除去系）
- VI-3-3-3-3-1-5 管の強度計算書（残留熱除去系）

VI-3-3-3-3-1-4 弁の強度計算書 (残留熱除去系)

O 2 変二 VI-3-3-3-3-1-4 R 0

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-2 クラス1機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-3 クラス1弁の強度計算方法」並びに「VI-3-1-3 クラス2機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-5 クラス2弁の強度計算方法」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 | | | | | | |
| | | | | | | | | 圧力 (MPa) | 温度 (℃) | 圧力 (MPa) | | | | | | 温度 (℃) |
| E11-F004A, B | 既設 | 有 | 無 | DB-1 | DB-1 | — | 無 | 8.62 | 302 | — | — | 無 | S55告示 | 設計・建設規格 又は告示 | — | DB-1 |
| E11-F008A, B | 既設 | 有 | 無 | DB-2 | DB-2 | — | 無 | 3.73 | 186 | — | — | 無 | S55告示 | 設計・建設規格 又は告示 | — | DB-2 |
| E11-F016A, B | 既設 | 有 | 有* | DB-2 | DB-1 | — | 無 | 8.62 | 302 | — | — | 無 | S55告示 | 設計・建設規格 又は告示 | — | DB-1 |
| E11-F018A, B | 既設 | 有 | 有* | DB-2 | DB-1 | — | 無 | 10.40 | 302 | — | — | 無 | S55告示 | 設計・建設規格 又は告示 | — | DB-1 |
| E11-F021 | 既設 | 有 | 有* | DB-2 | DB-1 | — | 無 | 8.62 | 302 | — | — | 無 | S55告示 | 設計・建設規格 又は告示 | — | DB-1 |

注記*：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大によるクラスアップ。

目次

| | | |
|-----|---------|----|
| 1. | クラス 1 弁 | 1 |
| 1.1 | 設計仕様 | 2 |
| 1.2 | 強度計算書 | 3 |
| 2. | クラス 2 弁 | 12 |
| 2.1 | 設計仕様 | 13 |
| 2.2 | 強度計算書 | 14 |

1. クラス 1 弁

1.1 設計仕様

系統：残留熱除去系

| 機器の区分 | | クラス1弁 | | | | |
|--------------|-----|------------|-------|-------|-------|-----|
| 弁番号 | 種類 | 呼び径 (A) | 材料 | | | |
| | | | 弁箱 | 弁ふた | 弁体 | ボルト |
| E11-F004A, B | 止め弁 | 250 | SCPH2 | SCPH2 | SCPH2 | |
| E11-F016A, B | 止め弁 | 350 | SCPH2 | SCPH2 | SCPH2 | |
| E11-F018A, B | 止め弁 | 300 | SCPH2 | SCPH2 | S25C | |
| E11-F021 | 止め弁 | 100 | SCPH2 | SCPH2 | S25C | |

O2 変二 VI-3-3-3-3-1-4 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2 強度計算書

系統：残留熱除去系

| | | | |
|-----|--------------|-----|---|
| 弁番号 | E11-F004A, B | シート | 1 |
|-----|--------------|-----|---|

| 設計・建設規格 | | | | 告示第501号 | | 設計・建設規格 | | 告示第501号 | |
|---|--------------------|----------|-------|--|-----------|--------------|--------|---------|--|
| 設計条件 | | | | | | 弁箱の一次+二次応力評価 | | | |
| 最高使用圧力 P | (MPa) | 8.62 | | | | | | | |
| 最高使用温度 T _m | (°C) | 302 | | t _e | (mm) | | | | |
| 弁箱材料 | | SCPH2 | | T _{e1} | (mm) | | | | |
| 接続管材料 | | | | T _{e2} | (mm) | | | | |
| 接続管外径 | (mm) | | | r _i | (mm) | | | | |
| 接続管内径 | (mm) | | | θ | (°) | | | | |
| 添付図番号 | 図 3-1 | (5) | | K | | 1.00 | | | |
| | 図 3-2 | (2) | | P _e | (MPa) | 113 | 110 | | |
| | 図 3-3 | (1), (2) | | α × 10 ⁻⁶ | (mm/mm°C) | 12.69 | 12.63 | | |
| 内圧による弁箱の一次応力評価 | | | | E | (MPa) | 187600 | 181619 | | |
| | | | | C ₂ | | 0.52 | | | |
| P ₁ | (MPa) | 6.64 | 6.64 | Δ T | (°C) | | | | |
| P ₂ | (MPa) | 9.95 | 9.96 | C ₄ | | | | | |
| P _{r1} | (MPa) | 6.90 | 6.89 | Δ P _{fm} | (MPa) | | | | |
| P _{r2} | (MPa) | 10.34 | 10.35 | Δ T _{fm} | (°C) | | | | |
| P _s | (MPa) | 8.96 | 8.96 | S _n (1) | (MPa) | 218 | | | |
| d | (mm) | | | S _n (2) | (MPa) | 122 | | | |
| T _b | (mm) | | | 3 · S _m | (MPa) | 399 | | | |
| T _r | (mm) | | | 評価：S _n (1) ≤ 3 · S _m S _n (2) ≤ 3 · S _m よって十分である。 | | | | | |
| L _A | (mm) | | | 弁箱の局部一次応力評価 | | | | | |
| L _N | (mm) | | | | | | | | |
| A _f | (mm ²) | | | | | | | | |
| A _m | (mm ²) | | | | | | | | |
| r ₁ | (mm) | | | | | | | | |
| S | (MPa) | 41 | | S | (MPa) | 187 | | | |
| S _m | (MPa) | 133 | | 2.25 · S _m | (MPa) | 299 | | | |
| 評価：S ≤ S _m よって十分である。 | | | | 評価：S ≤ 2.25 · S _m よって十分である。 | | | | | |
| 配管反力による弁箱の二次応力評価 | | | | 起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ | | | | | |
| A-A断面の弁外径 | (mm) | | | C ₃ | | | | | |
| A ₁ | (mm ²) | | | Q _T | (MPa) | | | | |
| A ₂ | (mm ²) | | | S _σ (1) | (MPa) | 136 | 134 | | |
| C _b | | 1.0 | 1.0 | S _σ (2) | (MPa) | 157 | 154 | | |
| Z ₁ | (mm ³) | | | E _m | (MPa) | 184760 | 178324 | | |
| Z ₂ | (mm ³) | | | N (1) | | 63031 | 54985 | | |
| Z _p | (mm ³) | | | N (2) | | 36781 | 34812 | | |
| S _y | (MPa) | 200 | 194 | 評価：N (1) ≥ 2000 N (2) ≥ 2000 よって十分である。 | | | | | |
| P _d | (MPa) | 55 | 53 | | | | | | |
| P _b | (MPa) | 113 | 110 | | | | | | |
| P _t | (MPa) | 113 | 110 | | | | | | |
| 1.5 · S _m | (MPa) | 199 | | | | | | | |
| 評価：P _d ≤ 1.5 · S _m P _b ≤ 1.5 · S _m P _t ≤ 1.5 · S _m 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。

| 繰返しピーク応力強さ（疲労累積係数） 告示第501号 | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------|-------------------------|---|---------------------------|---------------------------------|-----|
| m | n | A _o | C ₅ | S _n (MPa) | 3・S _m (MPa) | 3・m・S _m (MPa) | |
| 3.00 | 0.20 | 0.66 | 0.96 | 138 | 400 | 1200 | |
| ΔT _f (°C) | S _p (MPa) | K _e | S _σ (MPa) | N _i | N _{ri} | N _i /N _{ri} | |
| | 416 | — | 208 | | | 0.0008 | |
| | 268 | — | 134 | | | 0.0022 | |
| | 205 | — | 103 | | | 0.0008 | |
| 評価：疲労累積係数 $I_t = \sum \frac{N_i}{N_{ri}} = 0.0038 \leq 1$ よって十分である。 | | | | | | | |
| 弁箱の形状規定 設計・建設規格 | | | | 弁体の一次応力評価 設計・建設規格 | | | |
| r ₁ | (mm) | | | 材料 | SCPH2 | | |
| r ₂ | (mm) | | | 形式 | W2 | | |
| 0.3・t | (mm) | | | P | (MPa) | 8.62 | |
| 0.05・t | (mm) | | | P _c (P ₁ , P ₂) | (N) | | |
| 0.1・h | (mm) | | | h | (mm) | | |
| d _n /d _m | | | | a | (mm) | | |
| 評価：r ₁ ≥ 0.3・t r ₂ ≥ Max (0.05・t, 0.1・h) $\frac{d_n}{d_m} < 2$ よって十分である。 | | | | b | (mm) | | |
| | | | | σ _D | (MPa) | | |
| | | | | 1.5・S _m | (MPa) | | 188 |
| | | | | 評価：σ _D ≤ 1.5・S _m よって十分である。 | | | |

O2 変二 VI-3-3-3-1-4 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

系統：残留熱除去系

| | | | |
|-----|--------------|-----|---|
| 弁番号 | E11-F004A, B | シート | 3 |
|-----|--------------|-----|---|

| | 設計・建設規格 | 告示 第501号 | | 設計・建設規格 |
|---|---------|-------------|------------------------------------|---------|
| 設計条件 | | | ネック部の厚さ | |
| 最高使用圧力 P (MPa) | 8.62 | | d_n (mm) | |
| 最高使用温度 T_m (°C) | 302 | | d_n / d_m | |
| 弁箱又は弁ふたの厚さ | | | t_m (mm) | 17.5 |
| 弁箱材料 | SCPH2 | | t_{ma} (mm) | |
| 弁ふた材料 | SCPH2 | | 評価： $t_{ma} \geq t_m$ よって十分である。 | |
| P_1 (MPa) | 6.64 | — | | |
| P_2 (MPa) | 9.95 | — | | |
| d_m (mm) | | | | |
| t_1 (mm) | 15.5 | — | | |
| t_2 (mm) | 17.4 | — | | |
| t (mm) | 16.7 | — | | |
| t_{ab} (mm) | | | | |
| t_{af} (mm) | | | | |
| 評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。 | | | | |

O2 変二 VI-3-3-3-3-1-4 R1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| 設計・建設規格 | | | | 告示第501号 | | 設計・建設規格 | | 告示第501号 | |
|--|-------|----------|--|--|--|---|--|---------|--|
| 設計条件 | | | | 弁箱の一次+二次応力評価 | | | | | |
| 最高使用圧力 P (MPa) | | 8.62 | | 弁箱の一次+二次応力評価 | | | | | |
| 最高使用温度 T _m (°C) | | 302 | | t _e (mm) | | | | | |
| 弁箱材料 | | SCPH2 | | T _{e1} (mm) | | | | | |
| 接続管材料 | | | | T _{e2} (mm) | | | | | |
| 接続管外径 (mm) | | | | r _i (mm) | | | | | |
| 接続管内径 (mm) | | | | θ (°) | | | | | |
| 添付図番号 | 図 3-1 | (5) | | K | | | | | |
| | 図 3-2 | (2) | | P _e (MPa) | | 91 | | 89 | |
| | 図 3-3 | (1), (2) | | α × 10 ⁻⁶ (mm/mm°C) | | 12.69 | | 12.63 | |
| 内圧による弁箱の一次応力評価 | | | | E (MPa) | | 187600 | | 181619 | |
| | | | | C ₂ | | 0.47 | | | |
| P ₁ (MPa) | | 6.64 | | 6.64 | | Δ T (°C) | | | |
| P ₂ (MPa) | | 9.95 | | 9.96 | | C ₄ | | | |
| P _{r1} (MPa) | | 6.90 | | 6.89 | | Δ P _{fm} (MPa) | | | |
| P _{r2} (MPa) | | 10.34 | | 10.35 | | Δ T _{fm} (°C) | | | |
| P _s (MPa) | | 8.96 | | 8.96 | | S _n (1) (MPa) | | 180 | |
| d (mm) | | | | | | S _n (2) (MPa) | | 119 | |
| T _b (mm) | | | | | | 3 · S _m (MPa) | | 399 | |
| T _r (mm) | | | | | | 評価： S _n (1) ≤ 3 · S _m S _n (2) ≤ 3 · S _m よって十分である。 | | | |
| L _A (mm) | | | | | | | | | |
| L _N (mm) | | | | | | | | | |
| A _f (mm ²) | | | | | | | | | |
| A _m (mm ²) | | | | | | 弁箱の局部一次応力評価 | | | |
| r ₁ (mm) | | | | | | S (MPa) | | 153 | |
| S (MPa) | | 48 | | 48 | | 2.25 · S _m (MPa) | | 299 | |
| S _m (MPa) | | 133 | | 133 | | | | | |
| 評価： S ≤ S _m よって十分である。 | | | | 評価： S ≤ 2.25 · S _m よって十分である。 | | | | | |
| 配管反力による弁箱の二次応力評価 | | | | 起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ | | | | | |
| A-A断面の弁外径 (mm) | | | | | | C ₃ | | | |
| A ₁ (mm ²) | | | | | | Q _T (MPa) | | | |
| A ₂ (mm ²) | | | | | | S _σ (1) (MPa) | | 114 | |
| C _b | | 1.0 | | 1.0 | | S _σ (2) (MPa) | | 129 | |
| Z ₁ (mm ³) | | | | | | E _m (MPa) | | 184760 | |
| Z ₂ (mm ³) | | | | | | N (1) | | 134683 | |
| Z _p (mm ³) | | | | | | N (2) | | 81450 | |
| S _y (MPa) | | 200 | | 194 | | 評価： N (1) ≥ 2000 N (2) ≥ 2000 よって十分である。 | | | |
| P _d (MPa) | | 44 | | 43 | | | | | |
| P _b (MPa) | | 91 | | 89 | | | | | |
| P _t (MPa) | | 91 | | 89 | | | | | |
| 1.5 · S _m (MPa) | | 199 | | 199 | | | | | |
| 評価： P _d ≤ 1.5 · S _m P _b ≤ 1.5 · S _m P _t ≤ 1.5 · S _m よって十分である。 | | | | | | | | | |

O 2 変二 VI-3-3-3-1-4 R 1

| 繰返しピーク応力強さ（疲労累積係数） 告示第501号 | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|---------------------------|----------------------------------|
| m | n | A _o | C ₅ | S _n (MPa) | 3・S _m (MPa) | 3・m・S _m (MPa) |
| 3.00 | 0.20 | 0.66 | 1.02 | 129 | 400 | 1200 |
| ΔT _f (°C) | S _p (MPa) | K _e | S _σ (MPa) | N _i | N _{r i} | N _i /N _{r i} |
| | 803 | — | 402 | | | 0.0052 |
| | 740 | — | 370 | | | 0.0508 |
| | 235 | — | 118 | | | 0.0011 |
| | 212 | — | 106 | | | 0.0001 |
| | 182 | — | 91 | | | 0.0004 |
| 評価：疲労累積係数 $I_t = \sum \frac{N_i}{N_{r i}} = 0.0576 \leq 1$ よって十分である。 | | | | | | |
| 弁箱の形状規定 設計・建設規格 | | | | 弁体の一次応力評価 設計・建設規格 | | |
| r ₁ (mm) | | | | 材料 | SCPH2 | |
| r ₂ (mm) | | 形式 | W2 | | | |
| 0.3・t (mm) | | P (MPa) | 8.62 | | | |
| 0.05・t (mm) | | P _c (P ₁ , P ₂) (N) | | | | |
| 0.1・h (mm) | | h (mm) | | | | |
| d _n /d _m | | a (mm) | | | | |
| 評価：r ₁ ≧ 0.3・t r ₂ ≧ Max (0.05・t, 0.1・h) $\frac{d_n}{d_m} < 2$ よって十分である。 | | | | b (mm) | | |
| | | | | σ _D (MPa) | 55 | |
| | | | | 1.5・S _m (MPa) | 188 | |
| | | | | 評価：σ _D ≦ 1.5・S _m よって十分である。 | | |

O2 変二 VI-3-3-3-1-4 R1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| | 設計・建設規格 | 告示 第501号 | | 設計・建設規格 |
|---|---------|-------------|------------------------------------|---------|
| 設計条件 | | | ネック部の厚さ | |
| 最高使用圧力P (MPa) | 8.62 | | d_n (mm) | |
| 最高使用温度 T_m (°C) | 302 | | d_n / d_m | |
| 弁箱又は弁ふたの厚さ | | | t_m (mm) | 21.0 |
| 弁箱材料 | SCPH2 | | t_{ma} (mm) | |
| 弁ふた材料 | SCPH2 | | 評価： $t_{ma} \geq t_m$ よって十分である。 | |
| P_1 (MPa) | 6.64 | — | | |
| P_2 (MPa) | 9.95 | — | | |
| d_m (mm) | | | | |
| t_1 (mm) | 18.7 | — | | |
| t_2 (mm) | 22.5 | — | | |
| t (mm) | 21.0 | — | | |
| t_{ab} (mm) | | | | |
| t_{af} (mm) | | | | |
| 評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。 | | | | |

O2 変二 VI-3-3-3-1-4 R0

| フランジ及びフランジボルトの応力解析 | | | |
|---|------------------------------|--|---------------------|
| 設計条件 | | モーメントの計算 | |
| P_{FD} (MPa) | 12.11 | H_D (N) | 1.373×10^6 |
| P_{eq} (MPa) | 3.49 | h_D (mm) | 94.0 |
| T_m (°C) | 302 | M_D (N・mm) | 1.290×10^8 |
| M_e (N・mm) | | H_G (N) | 8.337×10^5 |
| F_e (N) | | h_G (mm) | 95.4 |
| フランジの形式 | J I S B 8 2 6 5 附属書 3 図 2 7) | M_G (N・mm) | 7.950×10^7 |
| フランジ | | H_T (N) | 4.450×10^5 |
| 材料 | SCPH2 | h_T (mm) | 109.7 |
| σ_{fa} (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C) | 160 | M_T (N・mm) | 4.881×10^7 |
| σ_{fb} (MPa) 最高使用温度 (使用状態) | 125 | M_o (N・mm) | 2.573×10^8 |
| A (mm) | | M_g (N・mm) | 4.657×10^8 |
| B (mm) | | フランジの厚さと係数 | |
| C (mm) | | t (mm) | |
| g_o (mm) | | K | 1.87 |
| g_1 (mm) | | h_o (mm) | |
| h (mm) | | f | 1.00 |
| ボルト | | F | 0.834 |
| 材料 | | V | 0.309 |
| σ_a (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C) | 242 | e (mm ⁻¹) | 0.00656 |
| σ_b (MPa) 最高使用温度 (使用状態) | 197 | d (mm ³) | 2669082 |
| n | | L | 1.60 |
| d_b (mm) | | T | 1.56 |
| ガスケット | | U | 3.60 |
| 材料 | | Y | 3.27 |
| ガスケット厚さ (mm) | | Z | 1.80 |
| G (mm) | | 応力の計算 | |
| m | | σ_{Ho} (MPa) | 127 |
| y (N/mm ²) | | σ_{Ro} (MPa) | 69 |
| b_o (mm) | | σ_{To} (MPa) | 60 |
| b (mm) | | σ_{Hg} (MPa) | 191 |
| N (mm) | | σ_{Rg} (MPa) | 124 |
| G_s (mm) | | σ_{Tg} (MPa) | 109 |
| ボルトの計算 | | 応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。 | |
| H (N) | 1.818×10^6 | | |
| H_p (N) | 8.337×10^5 | | |
| W_{m1} (N) | 2.651×10^6 | | |
| W_{m2} (N) | 7.911×10^5 | | |
| A_{m1} (mm ²) | 1.341×10^4 | | |
| A_{m2} (mm ²) | 3.269×10^3 | | |
| A_m (mm ²) | 1.341×10^4 | | |
| A_b (mm ²) | | | |
| W_o (N) | 2.651×10^6 | | |
| W_g (N) | 4.884×10^6 | | |
| 評価： $A_m < A_b$ | よって十分である。 | | |

| 設計・建設規格 | | | | 告示第501号 | | 設計・建設規格 | | 告示第501号 | |
|--|-------|----------|--|--|--|---|--|---------|--|
| 設計条件 | | | | | | 弁箱の一次+二次応力評価 | | | |
| 最高使用圧力 P (MPa) | | 10.40 | | 弁箱の一次+二次応力評価 | | | | | |
| 最高使用温度 T _m (°C) | | 302 | | t _e (mm) | | | | | |
| 弁箱材料 | | SCPH2 | | T _{e1} (mm) | | | | | |
| 接続管材料 | | | | T _{e2} (mm) | | | | | |
| 接続管外径 (mm) | | | | r _i (mm) | | | | | |
| 接続管内径 (mm) | | | | θ (°) | | | | | |
| 添付図番号 | 図 3-1 | (4) | | K | | 1.00 | | | |
| | 図 3-2 | (4) | | P _e (MPa) | | 111 | | 108 | |
| | 図 3-3 | (3), (4) | | α × 10 ⁻⁶ (mm/mm°C) | | 12.69 | | 12.63 | |
| 内圧による弁箱の一次応力評価 | | | | E (MPa) | | 187600 | | 181619 | |
| | | | | C ₂ | | 0.49 | | | |
| P ₁ (MPa) | | 9.95 | | 9.96 | | Δ T (°C) | | | |
| P ₂ (MPa) | | 14.95 | | 14.93 | | C ₄ | | | |
| P _{r1} (MPa) | | 10.34 | | 10.35 | | Δ P _{fm} (MPa) | | | |
| P _{r2} (MPa) | | 15.51 | | 15.51 | | Δ T _{fm} (°C) | | | |
| P _s (MPa) | | 10.81 | | 10.81 | | S _n (1) (MPa) | | 228 | |
| d (mm) | | | | | | S _n (2) (MPa) | | 96 | |
| T _b (mm) | | | | | | 3 · S _m (MPa) | | 399 | |
| T _r (mm) | | | | | | 評価： S _n (1) ≤ 3 · S _m S _n (2) ≤ 3 · S _m よって十分である。 | | | |
| L _A (mm) | | | | | | | | | |
| L _N (mm) | | | | | | | | | |
| A _f (mm ²) | | | | | | | | | |
| A _m (mm ²) | | | | | | | | | |
| r ₁ (mm) | | | | | | 弁箱の局部一次応力評価 | | | |
| S (MPa) | | 79 | | 79 | | S (MPa) | | 192 | |
| S _m (MPa) | | 133 | | 133 | | 2.25 · S _m (MPa) | | 299 | |
| 評価： S ≤ S _m よって十分である。 | | | | 評価： S ≤ 2.25 · S _m よって十分である。 | | | | | |
| 配管反力による弁箱の二次応力評価 | | | | | | 起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ | | | |
| A-A断面の弁外径 (mm) | | | | | | C ₃ | | | |
| A ₁ (mm ²) | | | | | | Q _T (MPa) | | | |
| A ₂ (mm ²) | | | | | | S _σ (1) (MPa) | | 143 | |
| C _b | | 1.0 | | 1.0 | | S _σ (2) (MPa) | | 158 | |
| Z ₁ (mm ³) | | | | | | E _m (MPa) | | 184760 | |
| Z ₂ (mm ³) | | | | | | N (1) | | 49592 | |
| Z _p (mm ³) | | | | | | N (2) | | 35859 | |
| S _y (MPa) | | 200 | | 194 | | 評価： N (1) ≥ 2000 N (2) ≥ 2000 よって十分である。 | | | |
| P _d (MPa) | | 57 | | 55 | | | | | |
| P _b (MPa) | | 111 | | 108 | | | | | |
| P _t (MPa) | | 111 | | 108 | | | | | |
| 1.5 · S _m (MPa) | | 199 | | 199 | | | | | |
| 評価： P _d ≤ 1.5 · S _m P _b ≤ 1.5 · S _m P _t ≤ 1.5 · S _m 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。

| 繰返しピーク応力強さ（疲労累積係数） 告示第501号 | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------|-------------------------|---|---------------------------|----------------------------------|-----|--|
| m | n | A _o | C ₅ | S _n (MPa) | 3・S _m (MPa) | 3・m・S _m (MPa) | | |
| 3.00 | 0.20 | 0.66 | 0.94 | 98 | 400 | 1200 | | |
| ΔT _f (°C) | S _p (MPa) | K _e | S _σ (MPa) | N _i | N _{r i} | N _i /N _{r i} | | |
| | 559 | — | 280 | | | 0.0017 | | |
| | 503 | — | 252 | | | 0.0153 | | |
| | 231 | — | 116 | | | 0.0010 | | |
| | 211 | — | 106 | | | 0.0001 | | |
| | 184 | — | 92 | | | 0.0005 | | |
| 評価：疲労累積係数 $I_t = \sum \frac{N_i}{N_{r i}} = 0.0186 \leq 1$ よって十分である。 | | | | | | | | |
| 弁箱の形状規定 設計・建設規格 | | | | 弁体の一次応力評価 設計・建設規格 | | | | |
| r ₁ | (mm) | | | 材料 | S25C | | | |
| r ₂ | (mm) | | | 形式 | G1 | | | |
| 0.3・t | (mm) | | | P (MPa) | 10.40 | | | |
| 0.05・t | (mm) | | | P _c (P ₁ , P ₂) (N) | | | | |
| 0.1・h | (mm) | | | h (mm) | | | | |
| d _n /d _m | | | | a (mm) | | | | |
| 評価：r ₁ ≥ 0.3・t r ₂ ≥ Max (0.05・t, 0.1・h) $\frac{d_n}{d_m} < 2$ よって十分である。 | | | | b (mm) | | | | |
| | | | | σ _D (MPa) | | | 53 | |
| | | | | 1.5・S _m (MPa) | | | 190 | |
| | | | | 評価：σ _D ≤ 1.5・S _m 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。

| | 設計・建設規格 | 告示 第501号 | | 設計・建設規格 |
|---|---------|-------------|------------------------------------|---------|
| 設計条件 | | | ネック部の厚さ | |
| 最高使用圧力P (MPa) | 10.40 | | d_n (mm) | |
| 最高使用温度 T_m (°C) | 302 | | d_n / d_m | |
| 弁箱又は弁ふたの厚さ | | | t_m (mm) | 25.8 |
| 弁箱材料 | SCPH2 | | t_{ma} (mm) | |
| 弁ふた材料 | SCPH2 | | 評価： $t_{ma} \geq t_m$ よって十分である。 | |
| P_1 (MPa) | 9.95 | — | | |
| P_2 (MPa) | 14.95 | — | | |
| d_m (mm) | | | | |
| t_1 (mm) | 20.5 | — | | |
| t_2 (mm) | 30.2 | — | | |
| t (mm) | 21.4 | — | | |
| t_{ab} (mm) | | | | |
| t_{af} (mm) | | | | |
| 評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。 | | | | |

O2 変二 VI-3-3-3-1-4 R0

| フランジ及びフランジボルトの応力解析 | | | |
|---|----------------------|--|---------------------|
| 設計条件 | | モーメントの計算 | |
| P_{FD} (MPa) | 19.23 | H_D (N) | 1.489×10^6 |
| P_{eq} (MPa) | 8.83 | h_D (mm) | 94.0 |
| T_m (°C) | 302 | M_D (N・mm) | 1.400×10^8 |
| M_e (N・mm) | | H_G (N) | 9.616×10^5 |
| F_e (N) | | h_G (mm) | 119.6 |
| フランジの形式 | JIS B 8265 附属書3 図27) | M_G (N・mm) | 1.150×10^8 |
| フランジ | | H_T (N) | 3.704×10^5 |
| 材料 | SCPH2 | h_T (mm) | 128.8 |
| σ_{fa} (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C) | 160 | M_T (N・mm) | 4.769×10^7 |
| σ_{fb} (MPa) 最高使用温度 (使用状態) | 125 | M_o (N・mm) | 3.026×10^8 |
| | | M_g (N・mm) | 5.656×10^8 |
| | | フランジの厚さと係数 | |
| A (mm) | | t (mm) | |
| B (mm) | | K | 2.16 |
| C (mm) | | h_o (mm) | |
| g_o (mm) | | f | 1.00 |
| g_1 (mm) | | F | 0.744 |
| h (mm) | | V | 0.154 |
| ボルト | | e (mm ⁻¹) | 0.00637 |
| 材料 | | d (mm ³) | 4225825 |
| σ_a (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C) | 242 | L | 1.54 |
| σ_b (MPa) 最高使用温度 (使用状態) | 197 | T | 1.45 |
| n | | U | 2.94 |
| d_b (mm) | | Y | 2.68 |
| | | Z | 1.55 |
| ガスケット | | 応力の計算 | |
| 材料 | | σ_{Ho} (MPa) | 93 |
| ガスケット厚さ (mm) | | σ_{Ro} (MPa) | 95 |
| G (mm) | | σ_{To} (MPa) | 53 |
| m | | σ_{Hg} (MPa) | 133 |
| y (N/mm ²) | | σ_{Rg} (MPa) | 177 |
| b_o (mm) | | σ_{Tg} (MPa) | 98 |
| b (mm) | | 応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。 | |
| N (mm) | | | |
| G_s (mm) | | | |
| ボルトの計算 | | | |
| H (N) | 1.860×10^6 | | |
| H_p (N) | 9.616×10^5 | | |
| W_{m1} (N) | 2.821×10^6 | | |
| W_{m2} (N) | 5.742×10^5 | | |
| A_{m1} (mm ²) | 1.427×10^4 | | |
| A_{m2} (mm ²) | 2.373×10^3 | | |
| A_m (mm ²) | 1.427×10^4 | | |
| A_b (mm ²) | | | |
| W_o (N) | 2.821×10^6 | | |
| W_g (N) | 4.731×10^6 | | |
| 評価： $A_m < A_b$ | | 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。

| 設計条件 | | ネック部の厚さ | |
|---|-------|---|------|
| 最高使用圧力 P (MPa) | 8.62 | d _n (mm) | |
| 最高使用温度 T _m (°C) | 302 | d _n / d _m | |
| 弁箱又は弁ふたの厚さ | | t _m (mm) | 12.7 |
| 弁箱材料 | SCPH2 | t _{ma} (mm) | |
| 弁ふた材料 | SCPH2 | 評価： t _{ma} ≥ t _m よって十分である。 | |
| P ₁ (MPa) | 6.64 | | |
| P ₂ (MPa) | 9.95 | | |
| d _m (mm) | | | |
| t ₁ (mm) | 9.4 | | |
| t ₂ (mm) | 9.5 | | |
| t (mm) | 9.5 | | |
| t _{ab} (mm) | | | |
| t _{af} (mm) | | | |
| 評価： t _{ab} ≥ t t _{af} ≥ t よって十分である。 | | | |

O2 変二 VI-3-3-3-1-4 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. クラス 2 弁

2.1 設計仕様

系統：残留熱除去系

| 機器の区分 | | クラス2弁 | | | |
|--------------|-----|------------|-------|-------|-----|
| 弁番号 | 種類 | 呼び径 (A) | 材料 | | |
| | | | 弁箱 | 弁ふた | ボルト |
| E11-F008A, B | 止め弁 | 350 | SCPH2 | SCPH2 | |

O2 変二 VI-3-3-3-3-1-4 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 強度計算書

系統：残留熱除去系

| | | | |
|-----|--------------|-----|---|
| 弁番号 | E11-F008A, B | シート | 1 |
|-----|--------------|-----|---|

| 設計条件 | | ネック部の厚さ | |
|---|-------|---|------|
| 最高使用圧力 P (MPa) | 3.73 | d_n (mm) | |
| 最高使用温度 T_m (°C) | 186 | d_n / d_m | |
| 弁箱又は弁ふたの厚さ | | ℓ (mm) | |
| 弁箱材料 | SCPH2 | t_{m1} (mm) | 13.8 |
| 弁ふた材料 | SCPH2 | t_{m2} (mm) | 11.3 |
| P_1 (MPa) | 2.00 | t_{ma1} (mm) | |
| P_2 (MPa) | 5.17 | t_{ma2} (mm) | |
| d_m (mm) | | 評価： $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。 | |
| t_1 (mm) | 10.6 | | |
| t_2 (mm) | 16.3 | | |
| t (mm) | 13.8 | | |
| t_{ab} (mm) | | | |
| t_{af} (mm) | | | |
| 評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。 | | | |

O2 変二 VI-3-3-3-3-1-4 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| フランジ及びフランジボルトの応力解析 | | | |
|---|-------------------------|---|---------------------|
| 設計条件 | | モーメントの計算 | |
| P_{FD} (MPa) | 6.77 | H_D (N) | 9.192×10^5 |
| P_{eq} (MPa) | 3.04 | h_D (mm) | 48.5 |
| T_m (°C) | 186 | M_D (N・mm) | 4.458×10^7 |
| M_e (N・mm) | | H_G (N) | 3.390×10^5 |
| F_e (N) | | h_G (mm) | 36.4 |
| フランジの形式 | JIS B 8265 附属書3 図27) | M_G (N・mm) | 1.233×10^7 |
| フランジ | | H_T (N) | 2.908×10^5 |
| 材料 | SCPH2 | h_T (mm) | 51.7 |
| σ_{fa} (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C) | 120 | M_T (N・mm) | 1.503×10^7 |
| | | M_o (N・mm) | 7.193×10^7 |
| σ_{fb} (MPa) 最高使用温度 (使用状態) | 120 | M_g (N・mm) | 6.286×10^7 |
| | | フランジの厚さと係数 | |
| A (mm) | | t (mm) | |
| B (mm) | | K | 1.45 |
| C (mm) | | h_o (mm) | |
| g_o (mm) | | f | 1.00 |
| g_1 (mm) | | F | 0.838 |
| h (mm) | | V | 0.302 |
| ボルト | | e (mm ⁻¹) | 0.00822 |
| 材料 | | d (mm ³) | 1247165 |
| σ_s (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20 °C) | 173 | L | 0.85 |
| | | T | 1.73 |
| σ_b (MPa) 最高使用温度 (使用状態) | 173 | U | 5.91 |
| | | Y | 5.38 |
| n | | Z | 2.80 |
| d_b (mm) | | 応力の計算 | |
| ガスケット | | σ_{Ho} (MPa) | 156 |
| 材料 | | σ_{Ro} (MPa) | 155 |
| ガスケット厚さ (mm) | | σ_{To} (MPa) | 46 |
| G (mm) | | σ_{Hg} (MPa) | 122 |
| m | | σ_{Rg} (MPa) | 136 |
| y (N/mm ²) | | σ_{Tg} (MPa) | 41 |
| b_o (mm) | | 応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。 | |
| b (mm) | | | |
| N (mm) | | | |
| G_s (mm) | | | |
| ボルトの計算 | | | |
| H (N) | 1.210×10^6 | | |
| H_p (N) | 3.390×10^5 | | |
| W_{m1} (N) | 1.549×10^6 | | |
| W_{m2} (N) | 3.070×10^5 | | |
| A_{m1} (mm ²) | 8.953×10^3 | | |
| A_{m2} (mm ²) | 1.775×10^3 | | |
| A_m (mm ²) | 8.953×10^3 | | |
| A_b (mm ²) | | | |
| W_o (N) | 1.549×10^6 | | |
| W_g (N) | 1.729×10^6 | | |
| 評価： $A_m < A_b$ | | 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。

VI-3-3-3-3-1-5 管の強度計算書（残留熱除去系）

目次

VI-3-3-3-3-1-5-2 管の応力計算書（残留熱除去系）

02 変二 VI-3-3-3-3-1-5 R1E

VI-3-3-3-3-1-5-2 管の応力計算書（残留熱除去系）

1. 管の応力計算書（残留熱除去系）

本申請は、残留熱除去系 主要弁（E11-F004A, B）の弁体を取替えるものであるが、過去の製作図面に基づき同仕様（材料、寸法、重量）の弁体を製作するものであり、解析条件となる重量に変更はなく、評価結果の変更もないことから、本計算書は令和3年12月23日付け原規規発第2112231号にて認可された設計及び工事の計画から変更はない。