

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

| | |
|------------------|------------|
| 東海第二発電所 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 工認-240 改1 |
| 提出年月日 | 平成30年7月31日 |

V-2-10-2-4 構内排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書

目次

| | | |
|-------|----------------|----|
| 1. | 概要 | 1 |
| 2. | 基本方針 | 2 |
| 2.1 | 位置 | 2 |
| 2.2 | 構造概要 | 4 |
| 2.3 | 評価方針 | 6 |
| 2.4 | 適用規格 | 7 |
| 3. | 評価対象部位 | 8 |
| 4. | 固有値解析 | 10 |
| 4.1 | 閉門時 | 10 |
| 4.2 | 開門時 | 12 |
| 5. | 応力評価 | 14 |
| 5.1 | 基本方針 | 14 |
| 5.2 | 荷重及び荷重の組合せ | 14 |
| 5.2.1 | 荷重の設定 | 14 |
| 5.2.2 | 荷重の組合せ | 14 |
| 5.2.3 | 許容限界 | 15 |
| 5.3 | 設計用地震力 | 17 |
| 5.4 | 評価方法 | 19 |
| 5.4.1 | 記号の定義 | 19 |
| 5.4.2 | 応力計算 | 21 |
| 5.5 | 応力評価条件 | 28 |
| 6. | 耐震評価結果 | 34 |
| 7. | 出口側集水桁の耐震評価 | 35 |
| 7.1 | 出口側集水桁の構造概要 | 35 |
| 7.2 | 評価方針 | 41 |
| 7.3 | 適用規格 | 45 |
| 8. | 地震応答解析 | 46 |
| 8.1 | 評価対象断面 | 46 |
| 8.2 | 解析方法 | 50 |
| a. | 構造部材 | 50 |
| b. | 地盤 | 50 |
| c. | 減衰特性 | 50 |
| 8.3 | 荷重及び荷重の組合せ | 51 |
| 8.3.1 | 耐震安全性評価上考慮する状態 | 51 |
| 8.3.2 | 荷重 | 51 |
| 8.3.3 | 荷重の組合せ | 51 |

| | | |
|-------|--------------|----|
| 8.4 | 入力地震動 | 52 |
| 8.5 | 解析モデル及び諸元 | 53 |
| 8.5.1 | 解析モデル | 53 |
| 8.5.2 | 使用材料及び材料の物性値 | 54 |
| 8.5.3 | 地盤の物性値 | 54 |
| 9. | 出口側集水枡の耐震評価 | 55 |
| 9.1 | 許容限界 | 55 |
| 9.2 | 評価方法 | 57 |

1. 概要

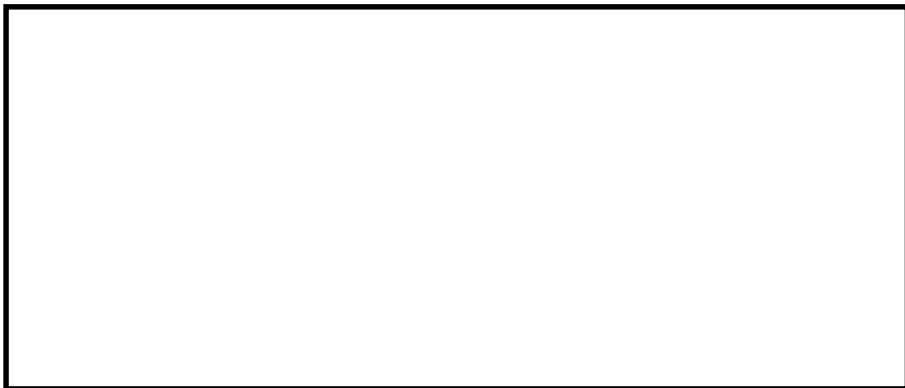
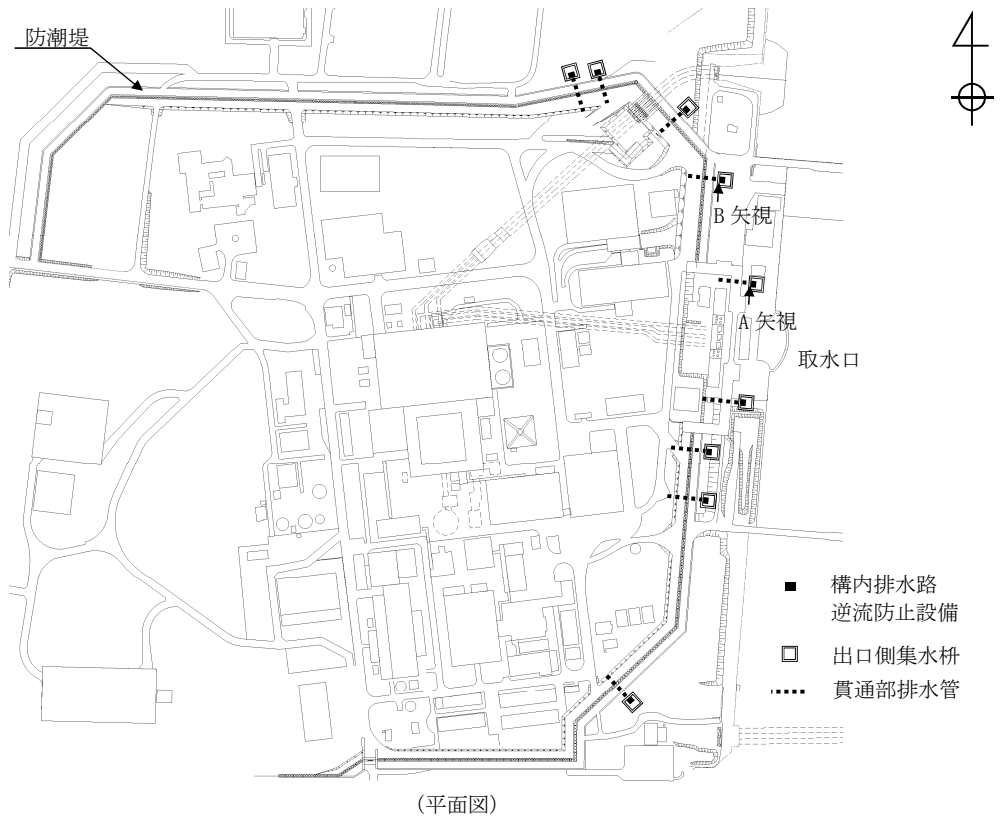
本資料は、添付資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち構内排水路逆流防止設備が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は構内排水路逆流防止設備の固有値解析及び応力評価により行う。また、構内排水路逆流防止設備が設置される出口側集水枡は耐震重要度分類 S クラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、基準地震動 S_s に対して、構成する部材が概ね弾性範囲にとどまることを確認するため、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う

2. 基本方針

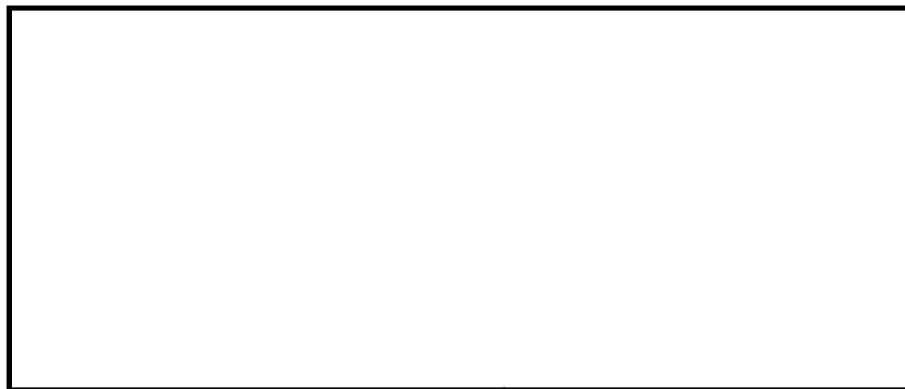
2.1 位置

構内排水路逆流防止設備は、構内排水路の出口側集水枡に設置する。

構内排水路逆流防止設備の設置位置を図 2-1 に示す。



(A 矢視)



(B 矢視)

図 2-1 構内排水路逆流防止設備の設置位置図

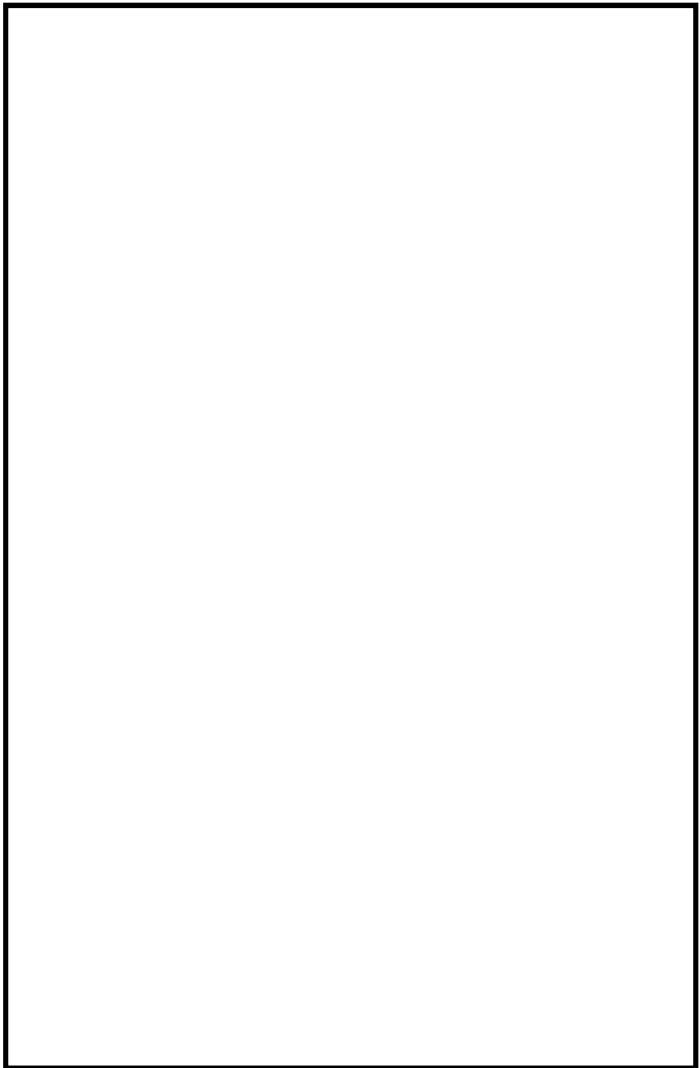
2.2 構造概要

構内排水路逆流防止設備の構造は、スキンプレートに主桁及び補助桁を組合せた構造とする。本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定し，構内排水路を経由した津波の流入を防止する。構内排水路逆流防止設備の構造概要を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の構造概要

| 設備名称 | 構造概要 | | 説明図 |
|------------------------------------|-----------------------------|--|---------|
| | 主体構造 | 支持構造 | |
| 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 | 主桁及び補助桁を組合せたスキンプレートにより構成する。 | 本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定する。 | (単位：mm) |

表 2-2 構内排水路逆流防止設備（5,6）の構造概要

| 設備名称 | 構造概要 | | 説明図 |
|-------------------------|---|--|---|
| | 主体構造 | 支持構造 | |
| 構内排水路 逆流防止設 備 5,6 | 主桁及び 補助桁を 組合せた スキンプ レートに より構成 する。 | 本体をヒン ジ（扉体部 側及び固定 部側），吊 りピン及び 戸当り金物 を介して出 口側集水枡 に固定す る。 |  |

(単位：mm)

2.3 評価方針

構内排水路逆流防止設備の耐震評価は、添付資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造概要」に示す構内排水路逆流防止設備の構造を踏まえ、「3. 耐震評価部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 耐震評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

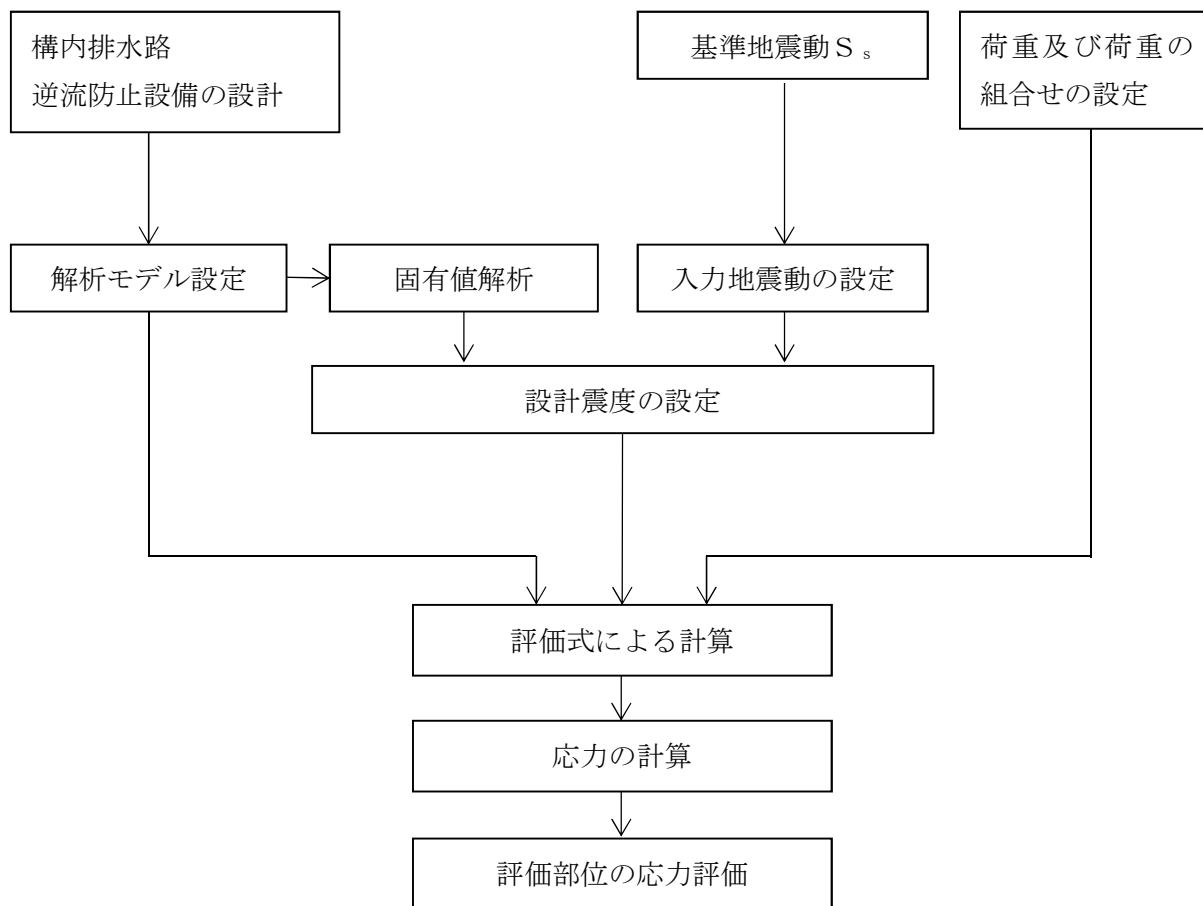


図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984
（(社) 日本電気協会 昭和 59 年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 －1987 （(社) 日本電気協会 昭和 62
年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（(社) 日本電気協会
平成 3 年）
- ・日本工業規格 JIS G4053(2008) 機械構造用合金鋼鋼材
- ・「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）」（(社) ダム・堰施設技術協会
平成 25 年 6 月）

3. 評価対象部位

構内排水路逆流防止設備は、主桁及び縦補助桁等を有する扉体部及び扉体を集水桁に固定するヒンジ（扉体部側及び固定部側）、吊りピン等を有する固定部で構成されている。耐震評価においては、扉体部の評価対象部位として、主要部材であるスキンプレート、主桁、縦補助桁及びヒンジ（扉体部側）を選定し、固定部の評価対象部位としてヒンジ（固定部側）、吊ピン及び戸当り（コンクリート）を選定する。構内排水路逆流防止設備の評価対象部位について、図 3-1 に示す。

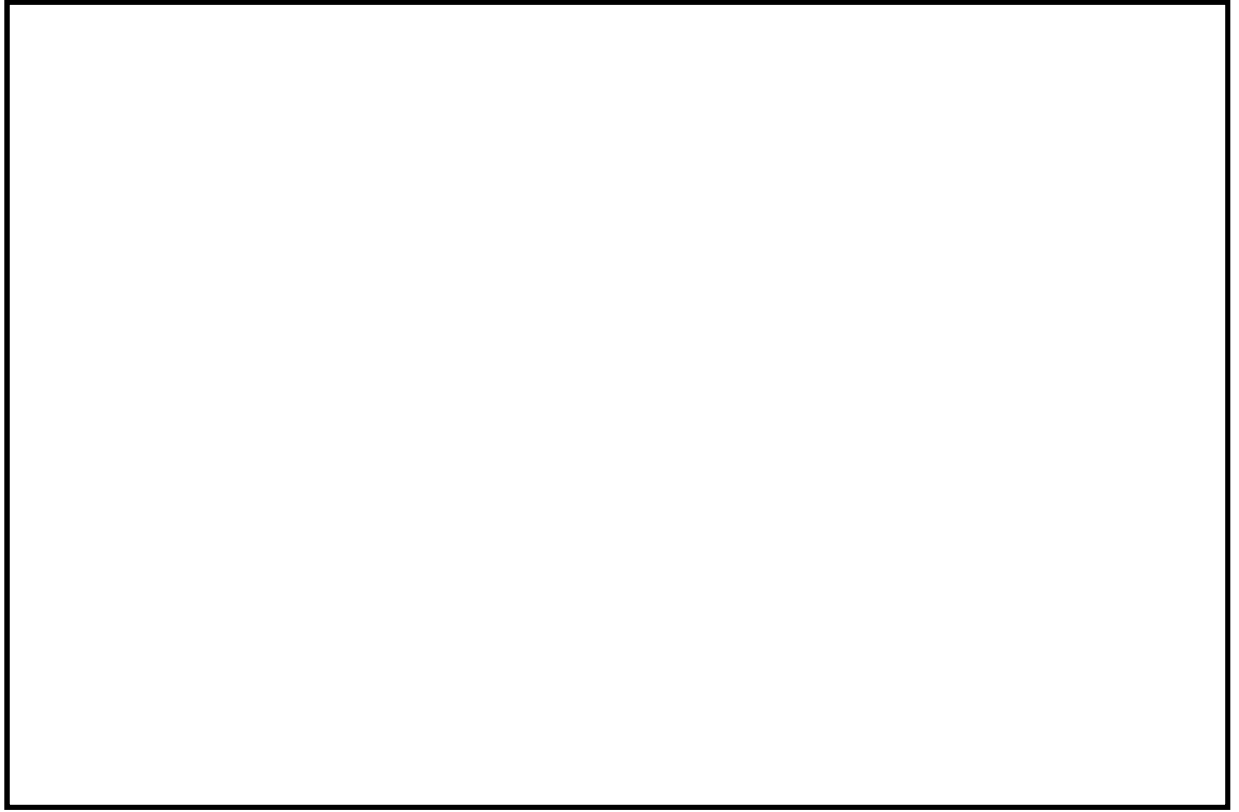


図 3-1 構内排水路逆流防止設備の部材名

4. 固有値解析

4.1 閉門時

(1) 解析モデル(閉門時)

構内排水路逆流防止設備の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2) 固有振動数の計算(閉門時)

固有振動数の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988年)、土木学会」より、両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

構内排水路逆流防止設備(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)の各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表4-1に、構内排水路逆流防止設備(5, 6)の各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表4-2にそれぞれ示す。

表 4-1 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元
(構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9))

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----|---------------|----------------------|-------------------|
| f | 一次固有振動数 | — | Hz |
| E | 縦弾性係数 | 1.93×10 ⁵ | N/mm ² |
| I | 主桁の断面二次モーメント | 1.11×10 ⁸ | mm ⁴ |
| m | 主桁の単位長さ当たりの質量 | 0.32415 | kg/mm |
| L | 主桁の長さ | 1090 | mm |

表 4-2 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元
構内排水路逆流防止設備 (5, 6)

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----|---------------|----------------------|-------------------|
| f | 一次固有振動数 | — | Hz |
| E | 縦弾性係数 | 1.93×10 ⁵ | N/mm ² |
| I | 主桁の断面二次モーメント | 8.90×10 ⁶ | mm ⁴ |
| m | 主桁の単位長さ当たりの質量 | 0.17668 | kg/mm |
| L | 主桁の長さ | 566 | mm |

(3) 固有値解析結果(閉門時)

構内排水路逆流防止設備(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)の固有振動数の算出結果を表4-3に、構内排水路逆流防止設備(5, 6)の固有振動数の算出結果を表4-4にそれぞれ示す。固有振動数は、20 Hz以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の算出結果
(構内排水路逆流防止設備(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9))

| 固有振動数 (Hz) |
|---------------|
| 345 |

表 4-4 固有振動数の算出結果
(構内排水路逆流防止設備(5, 6))

| 固有振動数 (Hz) |
|---------------|
| 476 |

4.2 開門時

(1) 解析モデル(開門時)

ゲートの扉体がヒンジ部を回転中心とした振り子と考えてモデル化する。解析モデル図を図 4-1 に示す。

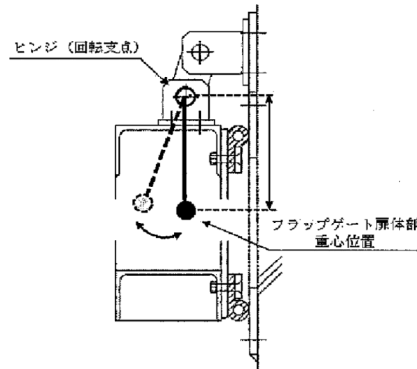


図 4-1 解析モデル図 (開時)

(2) 固有振動数の計算(開門時)

ゲートをヒンジ中心と、扉体重心とで形成される振り子の単振動としてモデル化すると一次固有振動数は次のとおり与えられる。

$$f = 1 / (2\pi) \sqrt{\frac{g}{L}}$$

構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9) の各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表 4-5 に、構内排水路逆流防止設備 (5, 6) の各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表 4-6 にそれぞれ示す。

表 4-5 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元
(構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9))

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----|---------|------|-------------------|
| f | 一次固有振動数 | — | Hz |
| L | 振り子の長さ | 665 | mm |
| g | 重力加速度 | 9810 | mm/s ² |

表 4-6 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元
(構内排水路逆流防止設備 (5, 6))

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----|---------|------|-------------------|
| f | 一次固有振動数 | — | Hz |
| L | 振り子の長さ | 665 | mm |
| g | 重力加速度 | 9810 | mm/s ² |

(3) 固有値解析結果(開門時)

構内排水路逆流防止設備(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)の固有振動数の算出結果を表4-7に、構内排水路逆流防止設備(5, 6)の固有振動数の算出結果を表4-8にそれぞれ示す。固有振動数が20Hz以下であったことから、開門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度については固有値解析結果を踏まえて設定する。

表4-7 固有振動数の算出結果
(構内排水路逆流防止設備(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9))

| |
|---------------|
| 固有振動数 (Hz) |
| 0.61 |

表4-8 固有振動数の算出結果
(構内排水路逆流防止設備(5, 6))

| |
|---------------|
| 固有振動数 (Hz) |
| 0.61 |

5. 応力評価

5.1 基本方針

- (1) 構内排水路逆流防止設備の評価対象部位の応力評価を実施し，発生応力を算出する。
- (2) 評価対象部位の発生応力と許容応力を比較し，発生応力が許容応力以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

5.2.1 荷重の設定

構内排水路逆流防止設備の耐震評価において考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として，扉体自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による地震荷重を考慮する。

5.2.2 荷重の組合せ

構内排水路逆流防止設備は，構内排水路の出口側集水柵に設置されているフラップゲートであるため，その構造及び設置位置から風荷重及び積雪荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

| 施設区分 | 機器名称 | 荷重の組合せ* |
|--------------------|-------------|-----------|
| 浸水防護施設 (津波防護施設) | 構内排水路逆流防止設備 | $G + K_s$ |

注記 * : Gは固定荷重, K_s は基準地震動 S_s による地震荷重を示す。

5.2.3 許容限界

構内排水路逆流防止設備の各部材の許容値は、評価対象部位毎に、ダム・堰施設技術基準（案）に規定される許容応力度を用いる。

構内排水路逆流防止設備の許容限界を表 5-2 に、構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件を表 5-3 に、構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果を表 5-4 示す。

表 5-2 構内排水路逆流防止設備の許容限界

| 許容応力状態 | 許容限界 ^{*1} | | | |
|---------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| | 1次応力 | | | |
| | 曲げ | 引張 | せん断 | 支圧 |
| 短期許容応力度 | $1.5 \sigma_{ab}^{*2}$ | $1.5 \sigma_{at}^{*2}$ | $1.5 \tau_a^{*2}$ | $1.5 \sigma_{as}^{*2}$ |

注記 *1：地震後、津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

*2：扉体の許容限界は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（社）ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

表 5-3 構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件

| 評価対象部位 | 材料 | $\sigma_{ab}^{*1,2}$ (N/mm ²) | $\sigma_{at}^{*1,2}$ (N/mm ²) | $\tau_a^{*1,2}$ (N/mm ²) | $\sigma_{as}^{*1,2}$ (N/mm ²) |
|-----------------|----------|--|--|---|--|
| スキンプレート | SUS316L | 90 | — | — | — |
| 主桁 | SUS316L | 90 | — | 50 | — |
| 縦補助桁 | SUS316L | 90 | — | 50 | — |
| ヒンジ (扉体部側) | SUS316L | — | 90 | 50 | — |
| ヒンジ (固定部側) | SUS316L | 90 | — | 50 | — |
| 吊りピン | SUS316L | 90 | — | 50 | — |
| 戸当り (コンクリート) | 無筋コンクリート | — | — | 0.40 | 5.9 |

注記 *1: σ_{ab} : 許容曲げ応力度, σ_{ac} : 許容圧縮応力度, σ_{at} : 許容引張応力度, τ_a : 許容せん断
 応力度, σ_{as} : 許容支圧応力度を示す。

*2: 各許容応力度の値は、「ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・マニュアル編)((社)
 ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)」に基づく。

表 5-4 構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果

| 許容応力 状態 | 評価対象部位 | 許容限界 | | | |
|-------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | 1次応力 | | | |
| | | 曲げ (N/mm ²) | 引張 (N/mm ²) | せん断 (N/mm ²) | 支圧 (N/mm ²) |
| 短期許容 応力度 | スキンプレート | 135 | — | — | — |
| | 主桁 | 135 | — | 75 | — |
| | 縦補助桁 | 135 | — | 75 | — |
| | ヒンジ (扉体部側) | — | 135 | 75 | — |
| | ヒンジ (固定部側) | 135 | — | 75 | — |
| | 吊りピン | 135 | — | 75 | — |
| | 戸当り (コンクリート) | — | — | 0.6 | 8.9 |

5.3 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり、閉門時においては構内排水路逆流防止設備の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、閉門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度は、表 5-5 に示すとおりとする。また、開門時においては構内排水路逆流防止設備の固有振動数が 20Hz 以下であったことから、開門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度は、表 5-6 に示すとおりとする。

表 5-5 設計震度の諸元（閉門時）

| 設備名称 | 地震動 | 設置場所 及び 床面高さ (EL. m) | 加速度出力 高さ (EL. m) | 地震による設計震度* | |
|------------------------------------|----------------|-------------------------------|--|------------|------|
| | | | | 水平方向 K_H | |
| 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 | 基準地震動 S_s | 出口側集水枡 1.14~5.40 (管底高さ) | 防潮堤（鋼管 杭鉄筋コンク リート防潮 壁） 5.550 | 水平方向 K_H | 0.75 |
| | | | | 鉛直方向 K_V | 0.55 |
| 構内排水路逆流防止設備 5, 6 | S_s | 出口側集水枡 1.350 (管底高さ) | 防潮堤（鉄筋 コンクリート 防潮壁） 1.8 | 水平方向 K_H | 0.72 |
| | | | | 鉛直方向 K_V | 0.67 |

注記 * : 固有値解析結果より、構内排水路逆流防止設備の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 5-6 設計震度の諸元（開門時）

| 設備名称 | 地震動 | 設置場所 及び 床面高さ (EL. m) | 加速度出力 高さ (EL. m) | 地震による設計震度* | | |
|------------------------------------|----------------|-------------------------------|--|------------|------|----|
| | | | | | | |
| 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 | 基準地震動 S_s | 出口側集水枡 1.14~5.40 (管底高さ) | 防潮堤（鋼管 杭鉄筋コンク リート防潮 壁） 5.550 | 水平方向 K_H | 1.13 | 追而 |
| | | | | 鉛直方向 K_V | 0.83 | 追而 |
| 構内排水路逆流防止設備 5, 6 | S_s | 出口側集水枡 1.350 (管底高さ) | 防潮堤（鉄筋 コンクリート 防潮壁） 1.8 | 水平方向 K_H | 1.08 | 追而 |
| | | | | 鉛直方向 K_V | 1.01 | 追而 |

注記 * : 固有値解析結果より、構内排水路逆流防止設備の固有振動数が 20Hz 以下であることを確認したため、固有周期を考慮した設計震度を設定した。

5.4 評価方法

5.4.1 記号の定義

構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号を表 5-7 に示す。

表 5-7 構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号 (1/2)

| 記号 | 定義 | 単位 |
|------------|----------------------------|------------------------|
| G | 固定荷重 (扉体の自重) | N |
| K_H | 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度 | — |
| K_V | 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度 | — |
| A_1 | 扉体面積 | mm^2 |
| q_1 | 単位面積当たりの地震荷重 | N/mm^2 |
| k | スキンプレートの辺長比 (b/a) による係数 | — |
| a_1 | スキンプレートの短辺 | mm |
| b_1 | スキンプレートの長辺 | mm |
| P | スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 | N/mm^2 |
| t_1 | スキンプレートの板厚 | mm |
| α_1 | スキンプレートの応力の補正係数 | — |
| W | 主桁に加わる扉体自重による荷重 | N |
| L_0 | 主桁の支圧板中心間 | mm |
| Z_2 | 主桁の断面係数 | mm^3 |
| A_{w2} | 主桁のウェブ断面積 | mm^2 |
| p | 縦補助桁に加わる各区分の平均荷重 | N/mm^2 |
| a_3 | 縦補助桁の主桁間隔 | mm |
| Z_3 | 縦補助桁の断面係数 | mm^3 |
| A_{w3} | 縦補助桁のウェブ断面積 | mm^2 |
| V_e | 鉛直方向地震荷重 | N |
| H_e | 水平方向地震荷重 | N |
| α_4 | m_1 - n_1 断面における応力集中係数 | — |
| β_4 | m - n 断面における応力集中係数 | — |
| a_4 | ピン穴半径 | mm |
| b_4 | リング部の半径 | mm |
| T_p | 引張部材の板厚 | mm |
| S_V | 地震時吊りリンク片側荷重 (鉛直) | N |
| S_H | 地震時吊りリンク片側荷重 (水平) | N |
| L_2 | ブラケット長さ | mm |
| B_t | ブラケット幅 | mm |
| t_2 | ブラケット板厚 | mm |

表 5-7 構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号 (2/2)

| 記号 | 定義 | 単位 |
|-------|---------------------|------------------------|
| A_s | せん断断面積 | mm^2 |
| D_1 | ピン穴部外径 | mm |
| d_1 | ピン穴部内径 | mm |
| P_g | リンク荷重 | N |
| L | 支持間隔 | mm |
| b_6 | リンクピン部厚さ | mm |
| Z_6 | リンクピンの断面係数 | mm^3 |
| A_6 | リンクピンの断面積 | mm^2 |
| q | 下部作用圧力 | N/mm^2 |
| D_r | 支圧板中心径 | mm |
| b_w | 支圧幅 ($=t_0+2t_r$) | mm |
| b_r | 管内面から戸当り中心距離 | mm |
| S | 戸当り幅 | mm |

5.4.2 応力計算

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

(1) スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図5-1に示す。

$$\sigma = \frac{k \cdot a_1^2 \cdot P \cdot -10^6}{100 \cdot t^2}$$

σ : 応力度 (N/mm)

k : 辺長比 (b_1/a_1) による係数

a_1 : スキンプレートの短辺 (mm)

b_1 : スキンプレートの長辺 (mm)

P : 発生圧力 (N/mm²)

t_1 : スキンプレートの板厚 (mm)

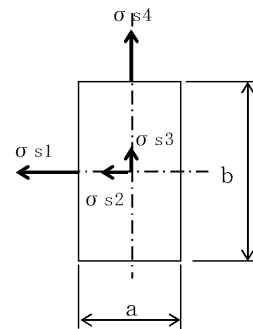
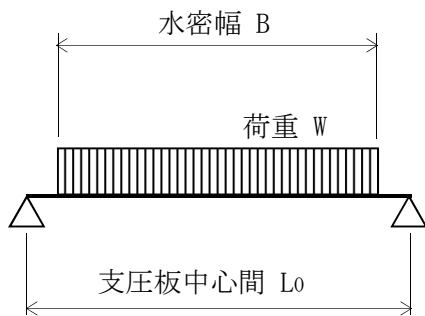


図5-1 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

(2) 主桁

主桁は、部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう、支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。

主桁のモデル図を図 5-2 に示す。



$$M_{\max} = \frac{W}{8} \cdot (2 \cdot L_0 - B)$$

$$S_{\max} = \frac{W}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max} \cdot 10^6}{Z_2 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{\max} \cdot 10^3}{A_{w2} \cdot 10^2}$$

M_{\max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{\max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力 (N/mm²)

τ : せん断応力 (N/mm²)

W : 扉体自重による荷重 (N)

L_0 : 支圧板中心間 (mm)

Z_2 : 主桁の断面係数 (mm³)

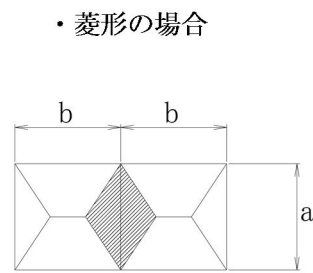
A_{w2} : 主桁のウェブ断面積 (mm²)

図 5-2 主桁のモデル図

(3) 縦補助桁

縦補助桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が亀甲形または菱形に作用したものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（(社)ダム・堰施設技術協会，平成25年6月）」の式により曲げ応力及びせん断応力を算定する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図5-3に示す。



$$M = \frac{p \cdot a_3^3}{12}$$

$$S = \frac{p \cdot a_3^2}{4}$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot 10^6}{Z_3 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{max} \cdot 10^3}{A_{w3} \cdot 10^2}$$

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

S_{max} : 最大せん断力 (N)

σ : 曲げ応力 (N/mm²)

τ : せん断応力 (N/mm²)

p : 各区分の平均水圧 (N/mm²)

a_3 : 主桁間隔 (mm)

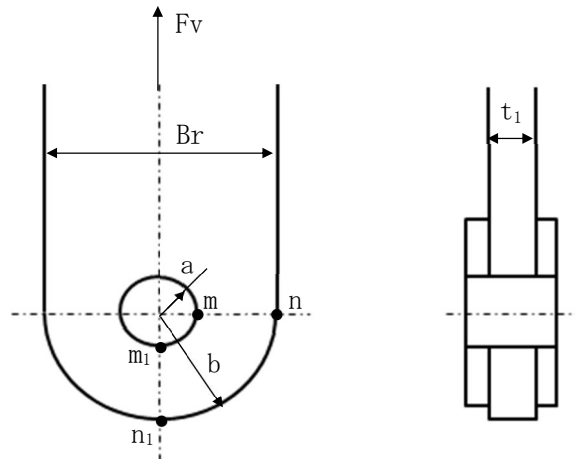
Z_3 : 縦補助桁の断面係数 (mm³)

A_{w3} : 縦補助桁のウェブ断面積 (mm²)

図5-3 縦補助桁のモデル図及び応力算定式

(4) ヒンジ（扉体部側）

ヒンジ（扉体部側）のピン穴接合部は、ダム・堰施設技術基準（案）のピン接合として計算する。ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。



| b_4/a_4 | α | β |
|-----------|----------|---------|
| 2 | 1.44 | 3.85 |
| 4 | 0.17 | 1.57 |

$2 < b_4/a_4 < 4$ のとき、 α 、 β はそれぞれ直線補間とする。

$$V_e = W \cdot (1 + K_v)$$

$$H_e = W \cdot K_H$$

$$F_v = V_e$$

$$\sigma_A = \frac{\beta \cdot F_v}{2 \cdot a_4 \cdot t_p}$$

$$\sigma_B = \frac{\alpha \cdot F_v}{2 \cdot a_4 \cdot t_p}$$

ここに、

V_e : 鉛直方向地震荷重 (N)

H_e : 水平方向地震荷重 (N)

F_v : 引張部材に作用する軸力 (N)

α_4 : m_1 - n_1 断面における応力集中係数

β_4 : m - n 断面における応力集中係数

a_4 : ピン穴半径 (mm)

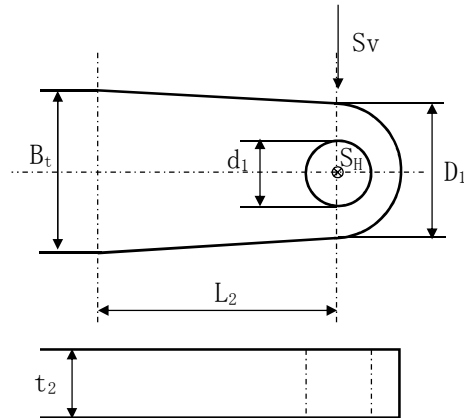
b_4 : リング部の半径 (mm)

t_p : 引張部材の板厚 (mm)

図 5-4 ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式

(5) ヒンジ（固定部側）

ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式を図5-5に示す。



$$A_s = \frac{(D_1 - d_1) \cdot t_2}{2}$$

$$S_v = V_e$$

$$S_H = H_e$$

支持部曲げ応力(鉛直方向)

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot S_v \cdot L_2}{2 \cdot t_2 \cdot B_t^2}$$

支持部曲げ応力(水平方向)

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot S_H \cdot L_2}{2 \cdot B_t \cdot t_2^2}$$

ピン穴部せん断応力

$$\tau_B = \frac{S_v}{4 \cdot A_s}$$

ここに、

S_v : 地震時吊りリンク片側荷重
(鉛直) (N)

S_H : 地震時吊りリンク片側荷重
(水平) (N)

L_2 : ブラケット長さ (mm)

B_t : ブラケット幅 (mm)

t_2 : ブラケット板厚 (mm)

A_s : せん断面積 (mm^2)

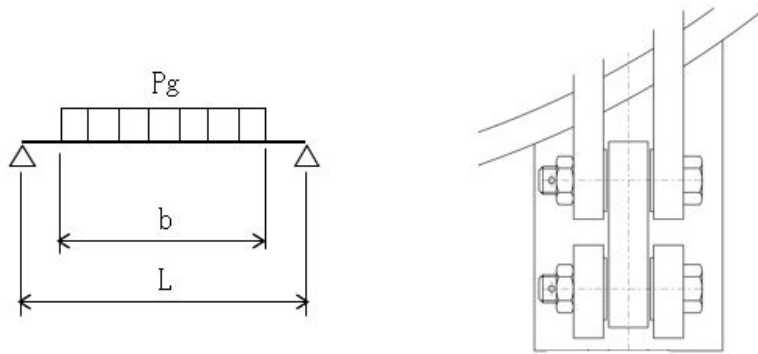
D_1 : ピン穴部外径 (mm)

d_1 : ピン穴部内径 (mm)

図5-5 ヒンジ（固定部側）のモデル図及び応力算定式

(6) 吊りピン

吊りピンのモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。



曲げモーメント

$$M = \frac{P_g}{8} (2L - b)$$

せん断力

$$S = \frac{P_g}{2}$$

$$Z_6 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3$$

$$A_6 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$\sigma = \frac{M}{Z_6}$$

$$\tau = \frac{S}{A_6}$$

ここに、

P_g : リンク荷重 (N)

L : 支持間隔 (mm)

b : リンクピン部厚さ (mm)

Z_6 : リンクピンの断面係数 (mm^3)

A_6 : リンクピンの断面積 (mm^2)

σ : 曲げ応力度 (N/mm^2)

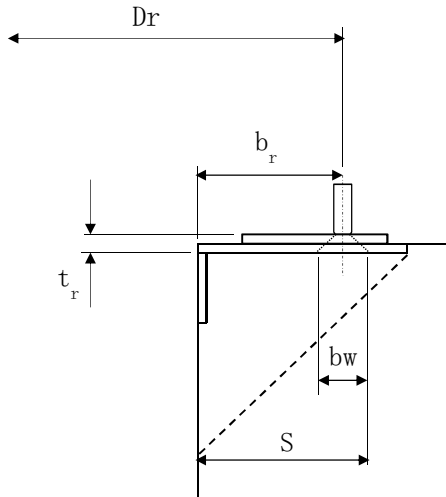
τ : せん断応力度 (N/mm^2)

図 5-6 リンクピンのモデル図及び応力算定式

(7) コンクリート

戸当りのコンクリートは，下部水圧が計算高に作用しているとして，支圧応力及びせん断応力を評価する。

戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



コンクリートの支圧応力度

$$\sigma_{bk} = \frac{q \cdot A}{\pi \cdot D_r \cdot b_w}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_r^2}{4}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = \frac{\sigma_{bk} \cdot b_w}{2 \cdot S}$$

ここに、

q : 下部作用圧力 (N/mm²)

D_r : 支圧板中心径 (mm)

b_w : 支圧幅 (= $t_0 + 2t_r$) (mm)

t_0 : 扉体支圧板有効幅 (mm)

b_r : 管内面から戸当り中心距離 (mm)

σ_{bk} : コンクリート支圧応力度 (N/mm²)

A : 支圧面積 (mm²)

S : 戸当り幅 (mm)

図 5-7 戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式

5.5. 応力評価条件

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の応力評価に関する評価条件を表 5-8 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の応力評価に関する評価条件を表 5-9 にそれぞれ示す。

表 5-8 応力評価に使用する条件（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））（1/3）

| スキンプレート, 主桁, 補助桁, ヒンジ及び吊り ピンの材質 | 固定荷重 (扉体の自重) G (N) | 扉体面積 A ₁ (mm ²) | 単位面積当たり の地震荷重 q ₁ (N/mm ²) |
|--|-----------------------------|--|--|
| SUS316L | 3.5×10 ³ | 8.99×10 ⁵ | 2.92×10 ⁻³ |

以下、各部位毎の応力評価に使用する条件

| スキンプレートの辺 長比 (b/a) による 係数 k | スキンプレートの 短辺 a ₁ (mm) | スキンプレートの 長辺 b ₁ (mm) | スキンプレートに 加わる単位面積当た りの荷重 P (N/mm ²) |
|--------------------------------------|--|--|--|
| 1.47 | 390 | 575 | 2.92×10 ⁻³ |

| スキンプレートの 板厚 t ₁ (mm) | スキンプレートの 応力の補正係数 α ₁ | 主桁に加わる 扉体自重による荷重 W (N) | 主桁の 支圧板中心間 L ₀ (mm) |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| 16 | 0.8 | 1.31×10 ³ | 1.089×10 ³ |

| 主桁の 断面係数 Z ₂ (mm ³) | 主桁の ウェブ断面積 A _{w2} (mm ²) | 縦補助桁に加わる 各区分の平均荷重 p (N/mm ²) | 縦補助桁の 主桁間隔 a ₃ (mm) |
|---|--|---|---|
| 2.24×10 ⁵ | 1.632×10 ³ | 2.92×10 ⁻³ | 390 |

表 5-8 応力評価に使用する条件（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））（2/3）

| 縦補助桁の断面係数 Z_3 (mm^3) | 縦補助桁の ウェブ断面積 A_{w3} (mm^2) | 鉛直方向地震荷重 V_e (N) | 水平方向地震荷重 H_e (N) |
|---|--|-----------------------|-----------------------|
| 2.50×10^4 | 7.04×10^3 | 2.70×10^3 | 1.30×10^3 |

| m_1-n_1 断面における応力集中係数 α_4 | $m-n$ 断面における応力集中係数 β_4 | ピン穴半径 a_4 (mm) | リング部の半径 b_4 (mm) |
|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1.44 | 3.85 | 12.5 | 25 |

| 引張部材の板厚 t_p (mm) | 地震時吊りリンク片側荷重(鉛直) S_v (N) | 地震時吊りリンク片側荷重(水平) S_H (N) | ブラケット長さ L_2 (mm) |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 25 | 2.70×10^3 | 1.30×10^3 | 95 |

| ブラケット幅 B_t (mm) | ブラケット板厚 t_2 (mm) | せん断断面積 A_s (mm^2) | ピン穴部外径 D_1 (mm) |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 60 | 19 | 238 | 50 |

| ピン穴部内径 d_1 (mm) | リンク荷重 P_g (N) | 支持間隔 L (mm) | リンクピン部厚さ b_6 (mm) |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| 25 | 2.70×10^3 | 51 | 25 |

表 5-8 応力評価に使用する条件（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））（3/3）

| リンクピンの 断面係数 Z_6 (mm^3) | リンクピンの断面積 A_6 (mm^2) | 下部作用圧力 q (N/mm^2) | 支圧板中心径 D_r (mm) |
|--|---|---|------------------------------------|
| 1.534×10^3 | 4.91×10^2 | 2.92×10^{-3} | 1.15×10^3 |

| 支圧幅（ $=t_0+2t_r$ ） b_w (mm) | 管内面から戸当り中 心距離 b_r (mm) | 戸当り幅 S (mm) |
|--|--|--------------------------------|
| 50 | 75 | 1.20×10^2 |

表 5-9 応力評価に使用する条件（構内排水路逆流防止設備（5,6））（1/3）

| スキンプレート, 主桁, 補助桁, ヒンジ及び吊り ピンの材質 | 固定荷重 (扉体の自重) G (N) | 扉体面積 A ₁ (mm ²) | 単位面積当たり の地震荷重 q ₁ (N/mm ²) |
|--|-----------------------------|--|--|
| SUS316L | 981 | 2.12×10 ⁵ | 2.0825×10 ⁻² |

以下、各部位毎の応力評価に使用する条件

| スキンプレートの辺 長比 (b/a) による 係数 k | スキンプレートの 短辺 a ₁ (mm) | スキンプレートの 長辺 b ₁ (mm) | スキンプレートに 加わる単位面積当た りの荷重 P (N/mm ²) |
|--------------------------------------|--|--|--|
| 1.50 | 2.00×10 ² | 3.00×10 ² | 2.0825×10 ⁻² |

| スキンプレートの 板厚 t ₁ (mm) | スキンプレートの 応力の補正係数 α ₁ | 主桁に加わる 扉体自重による荷重 W (N) | 主桁の 支圧板中心間 L ₀ (mm) |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| 9 | 0.8 | 2.211×10 ³ | 566 |

| 主桁の 断面係数 Z ₂ (mm ³) | 主桁の ウェブ断面積 A _{w2} (mm ²) | 縦補助桁に加わる 各区分の平均荷重 p (N/mm ²) | 縦補助桁の 主桁間隔 a ₃ (mm) |
|---|--|---|---|
| 3.300×10 ³ | 4.00×10 ² | 2.0825×10 ⁻² | 2.00×10 ² |

| 縦補助桁の断面係数 Z ₃ (mm ³) | 縦補助桁の ウェブ断面積 A _{w3} (mm ²) | 鉛直方向地震荷重V。 (N) | 水平方向地震荷重H。 (N) |
|---|--|---------------------|---------------------|
| 1.7×10 ⁴ | 5.60×10 ² | 8.8×10 ³ | 4.4×10 ³ |

表 5-9 応力評価に使用する条件（構内排水路逆流防止設備（5, 6））（2/3）

| m_1-n_1 断面における応力集中係数 α_4 | $m-n$ 断面における応力集中係数 β_4 | ピン穴半径 a_4 (mm) | リング部の半径 b_4 (mm) |
|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1.039 | 3.13 | 9.8 | 25 |

| 引張部材の板厚 t_p (mm) | 地震時吊りリンク片側荷重(鉛直) S_v (N) | 地震時吊りリンク片側荷重(水平) S_H (N) | ブラケット長さ L_2 (mm) |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 20 | 4.4×10^3 | 2.2×10^3 | 96 |

| ブラケット幅 B_t (mm) | ブラケット板厚 t_2 (mm) | せん断断面積 A_s (mm ²) | ピン穴部外径 D_1 (mm) |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 60 | 12 | 186 | 50 |

| ピン穴部内径 d_1 (mm) | リンク荷重 P_g (N) | 支持間隔 L (mm) | リンクピン部厚さ b_6 (mm) |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| 19 | 4.4×10^3 | 44 | 20 |

| リンクピンの断面係数 Z_6 (mm ³) | リンクピンの断面積 A_6 (mm ²) | 下部作用圧力 q (N/mm ²) | 支圧板中心径 D_r (mm) |
|---|--|---------------------------------------|-------------------------|
| 6.73×10^2 | 2.84×10^2 | 2.0825×10^{-2} | 6.00×10^2 |

表 5-9 応力評価に使用する条件（構内排水路逆流防止設備（5,6））（3/3）

| 支圧幅 ($=t_0+2t_r$) b_w (mm) | 管内面から戸当中 心距離 b_r (mm) | 戸当り幅 S (mm) |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 50 | 75 | 1.20×10^2 |

6. 耐震評価結果

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の扉体及び戸当りの評価結果を表 6-1 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の扉体及び戸当りの評価結果を表 6-2 にそれぞれ示す。構内排水路逆流防止設備の評価対象部位における発生応力は許容応力以下であり、地震荷重に対して構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 強度評価結果（構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））

| 評価対象部位 | | 評価項目 | 発生応力 | 許容応力 |
|-----------------------------|---------|-----------------------------|----------------------------|------|
| 扉体 | スキンプレート | 最大応力度 (N/mm ²) | 0.6 | 135 |
| | 主桁 | 曲げ応力度 (N/mm ²) | 0.8 | 135 |
| | | せん断応力度 (N/mm ²) | 0.4 | 75 |
| | | 補助桁 | 曲げ応力度 (N/mm ²) | 0.6 |
| | | せん断応力度 (N/mm ²) | 0.2 | 75 |
| | 戸当り | コンクリート | 支圧応力度 (N/mm ²) | 0.02 |
| せん断応力度 (N/mm ²) | | | 0.004 | 0.6 |

表 6-2 強度評価結果（構内排水路逆流防止設備（5, 6））

| 評価対象部位 | | 評価項目 | 発生応力 | 許容応力 |
|-----------------------------|---------|-----------------------------|----------------------------|------|
| 扉体 | スキンプレート | 最大応力度 (N/mm ²) | 3.7 | 135 |
| | 主桁 | 曲げ応力度 (N/mm ²) | 5.1 | 135 |
| | | せん断応力度 (N/mm ²) | 2.8 | 75 |
| | | 補助桁 | 曲げ応力度 (N/mm ²) | 0.8 |
| | | せん断応力度 (N/mm ²) | 0.4 | 75 |
| | 戸当り | コンクリート | 支圧応力度 (N/mm ²) | 0.06 |
| せん断応力度 (N/mm ²) | | | 0.01 | 0.6 |

7. 出口側集水枡の耐震評価

7.1 出口側集水枡の構造概要

集水枡は、底版と4面の壁からなる箱型の鉄筋コンクリート構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置する。支持形式の違いにより、鋼管杭を介するもの（以下、「集水枡（杭間部）」という。）と鉄筋コンクリート防潮壁の底版と一体化させるもの（以下、「集水枡（RC防潮壁部）」という。）に区分される。堤内側で接続する集水枡（以下、「入口側集水枡」という。）と堤外側で接続する集水枡（以下、「出口側集水枡」という。）があり、構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡に設置する。

出口側集水枡に要求される機能維持の確認として、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

出口側集水枡の構造概要図を図7-1に示す。

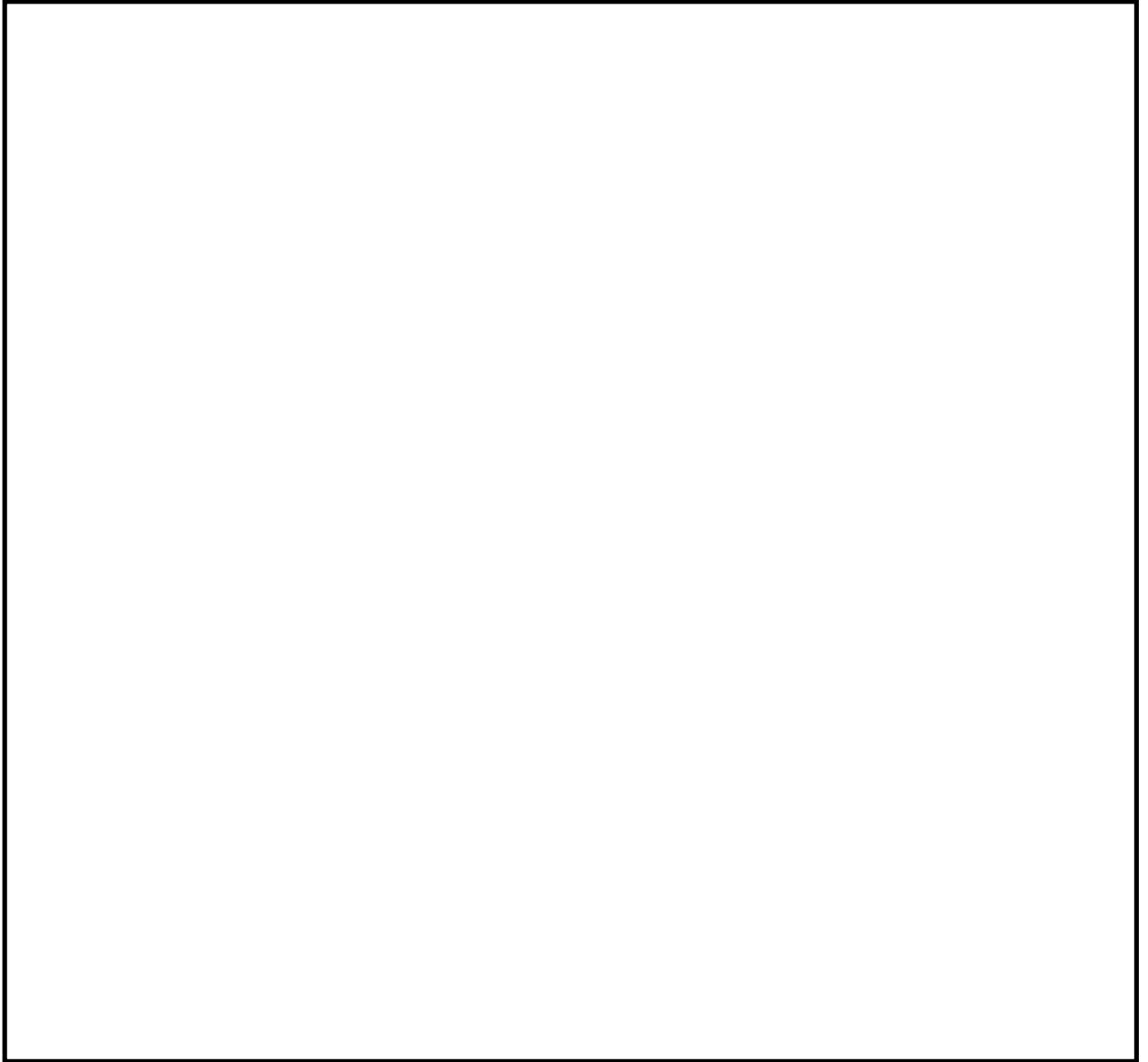
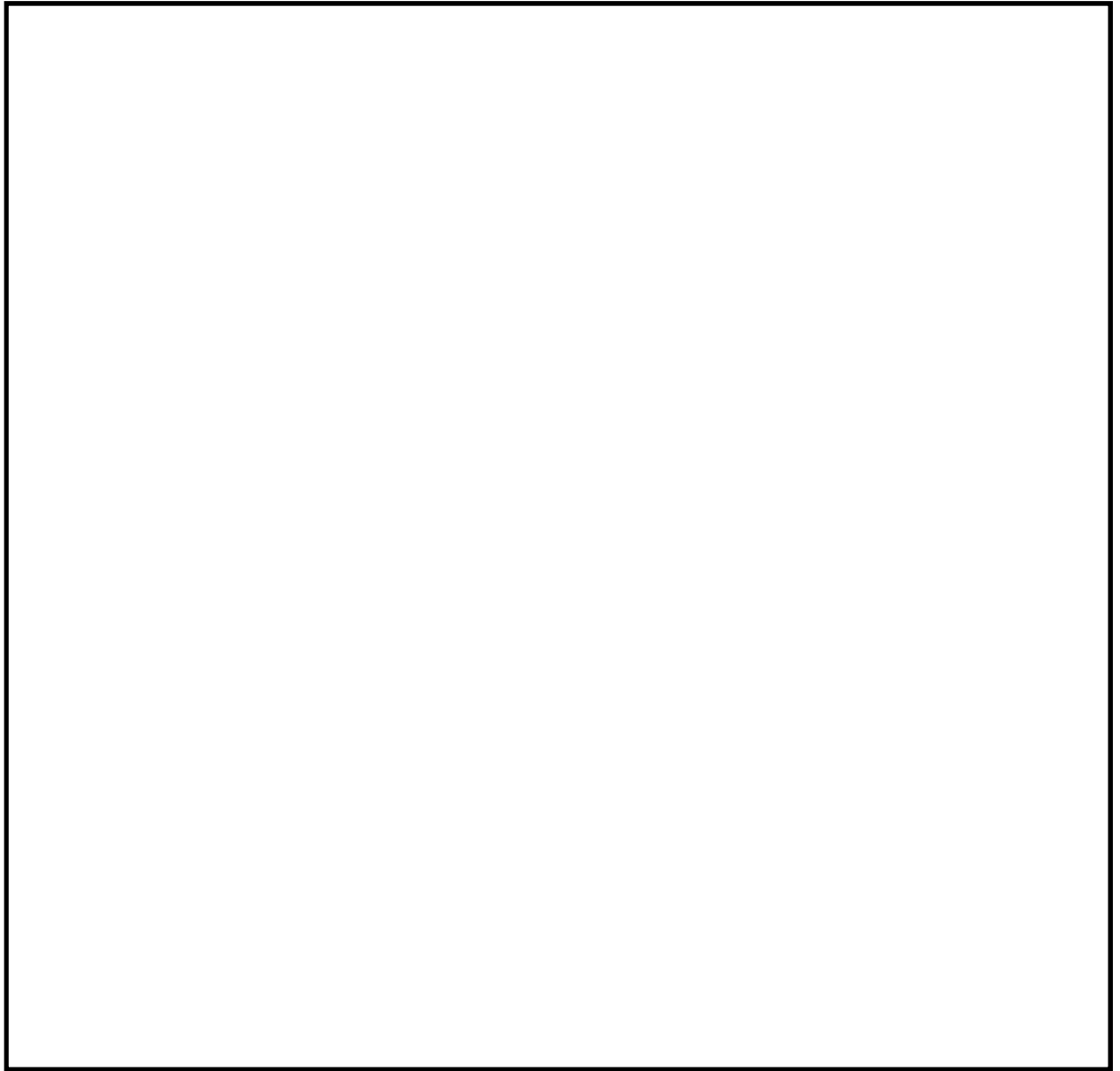


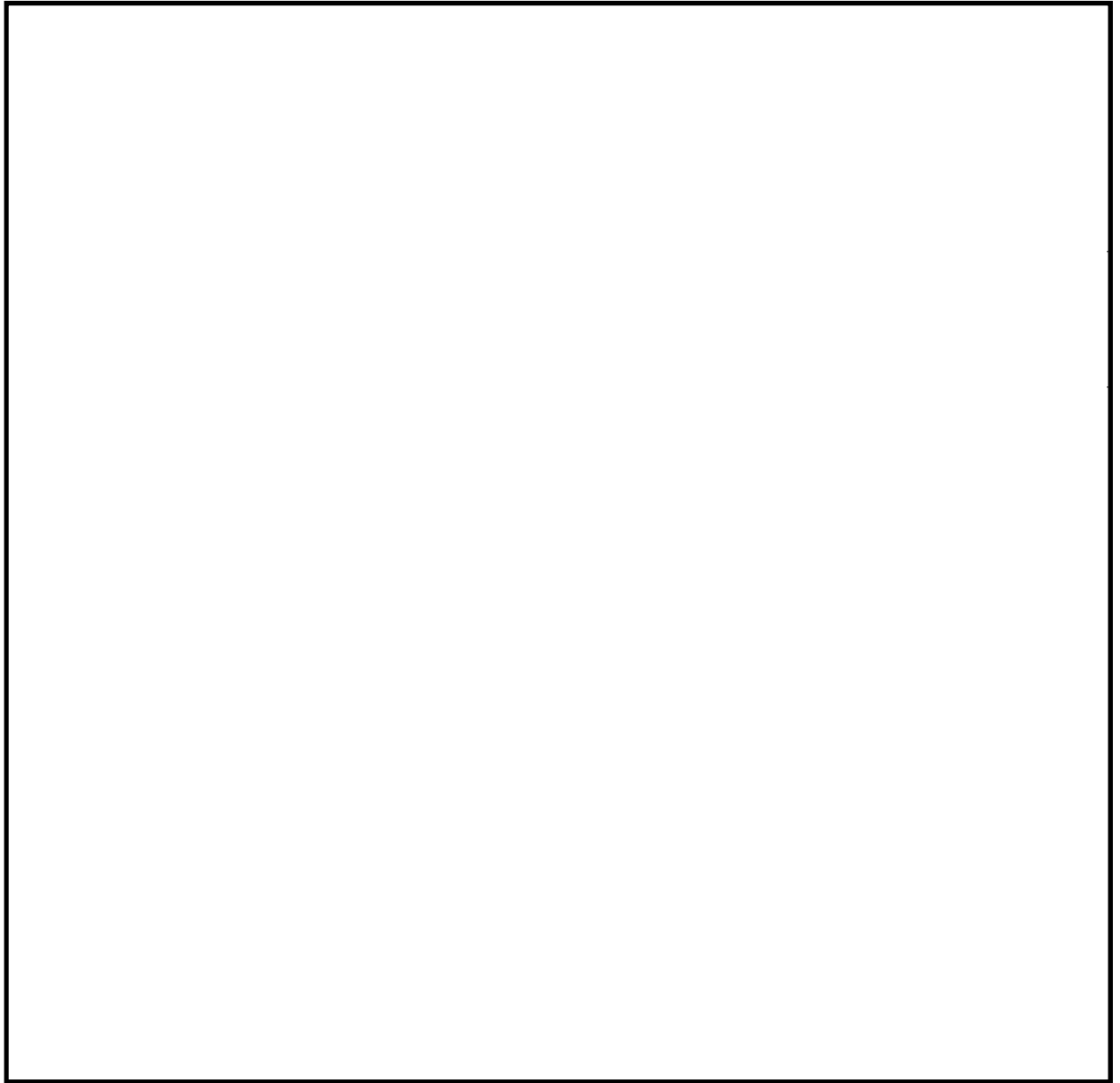
図 7-1 (1) 図 構内排水路 (杭間部) 出口側集水柵構造図(排水系統 I -2)



(排水系統 I -3)

(排水系統 II -1)

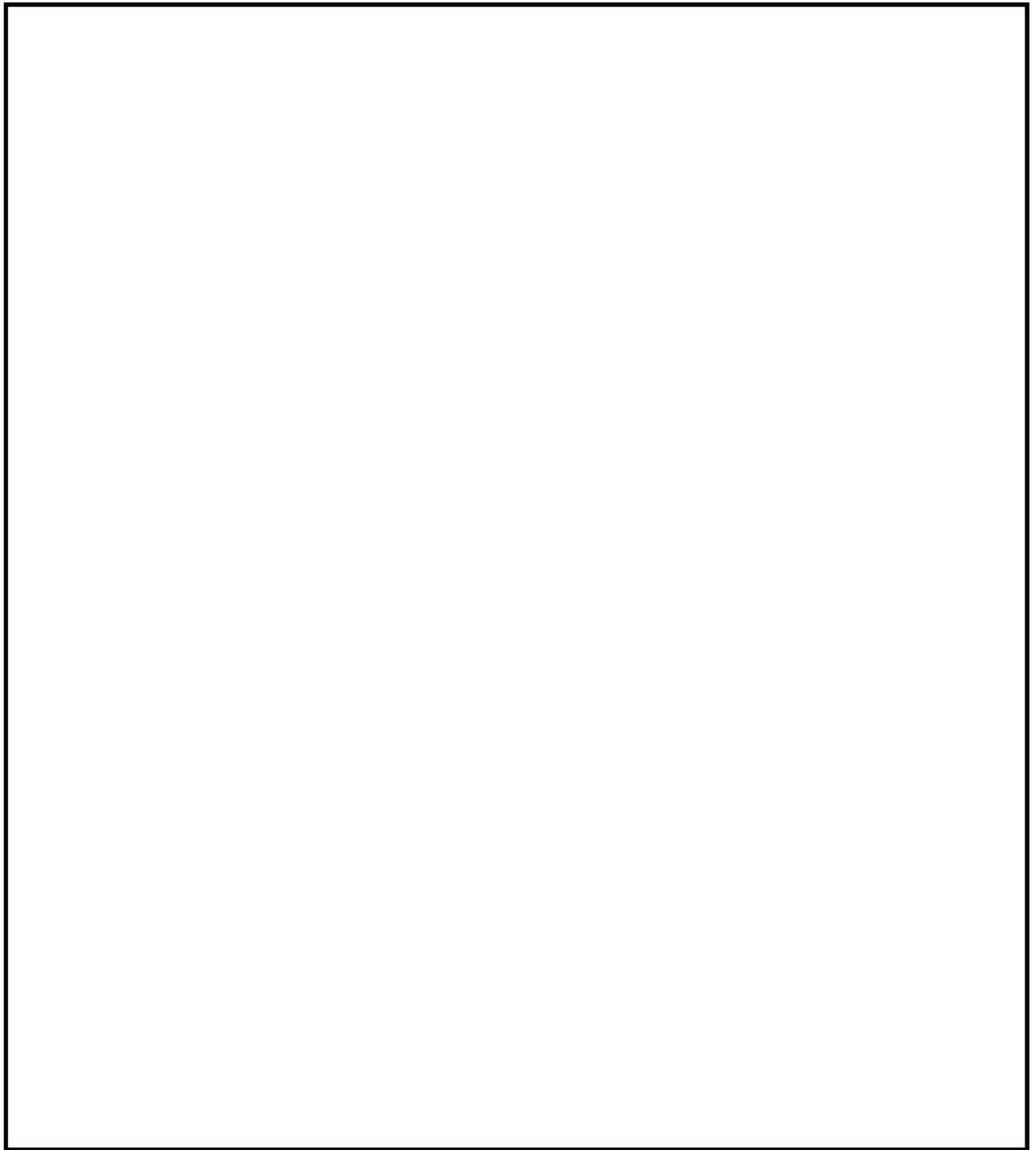
図 7-1 (2) 図 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図(排水系統 I -3・II -1)



(排水系統Ⅱ-2)

(排水系統Ⅲ-1)

図7-1 (3) 図 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図(排水系統Ⅱ-2・Ⅲ-1)



(排水系統Ⅲ-2)

(排水系統Ⅴ)

図 7-1 (4) 図 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図(排水系統Ⅲ-2・Ⅴ)

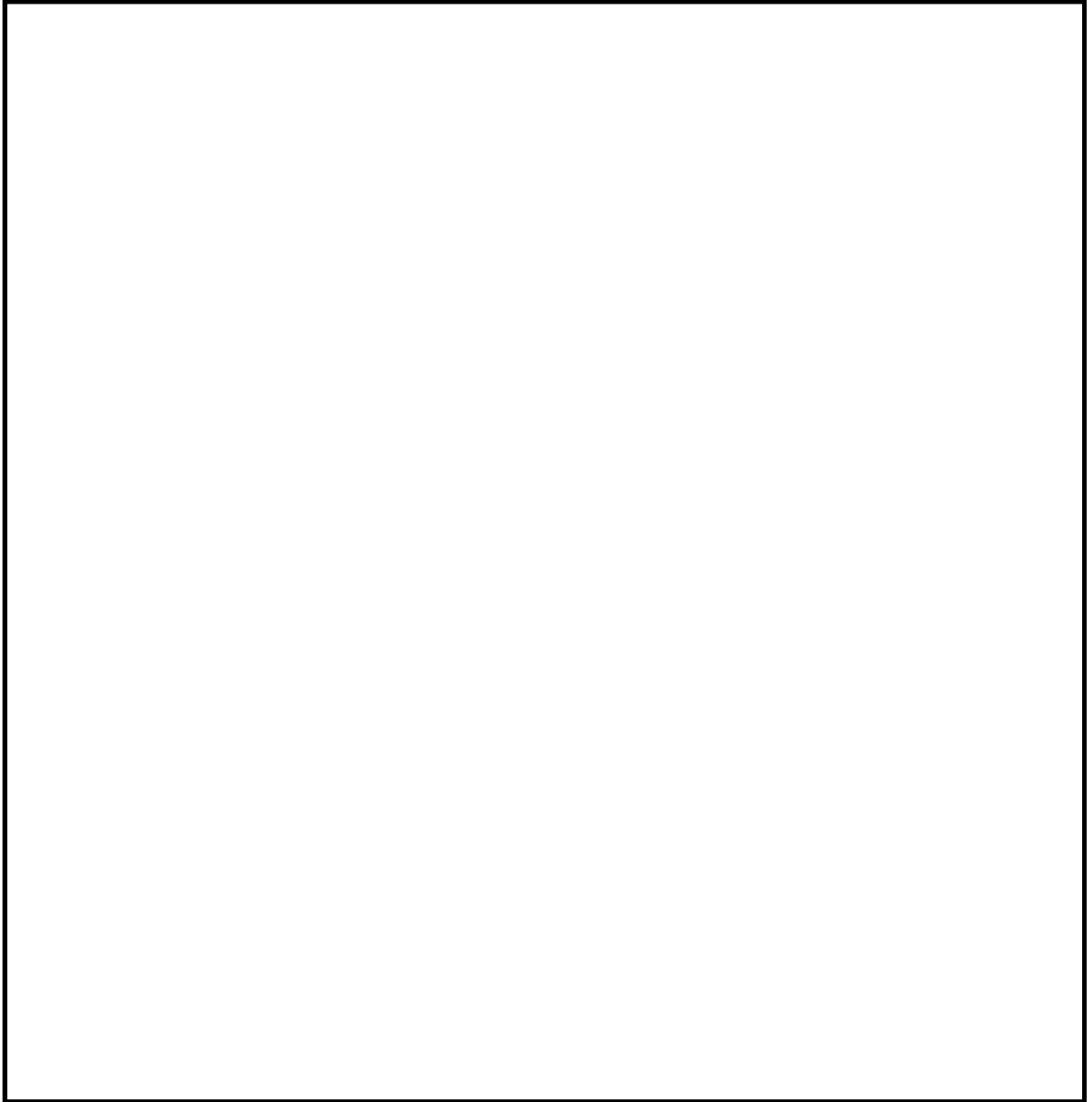


図 7-1 (5) 図 集水枡 (R C防潮壁部) 及び貫通部配管 R C底版の構造概要図

7.2 評価方針

出口側集水枡は構内排水路逆流防止設備の間接支持構造物として耐震性能が要求される。

(1) 出口側集水枡（杭間部）

出口側集水枡（杭間部）の耐震評価は、「8. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設として表 7-1 の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

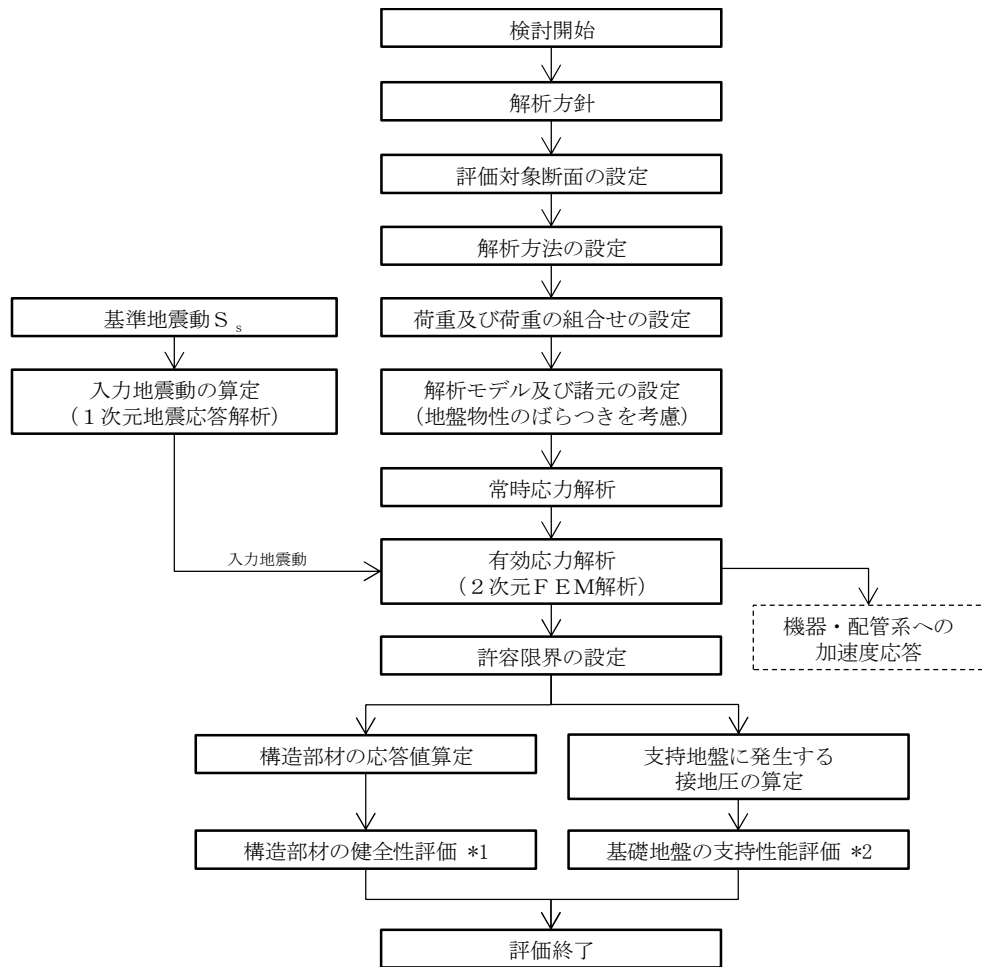
基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

集水枡の耐震評価フローを図 7-2 に示す。

表 7-1 出口側集水枡（杭間部）の評価項目

| 評価方針 | 評価項目 | 部位 | 評価方法 | 許容限界 |
|---------------|-----------|-------------------|---------------------|---------|
| 構造強度を有すること | 構造部材の健全性 | 出口側集水枡（杭間部）の全構造部材 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |
| | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤 | 接地圧が許容限界以下であることを確認 | 極限支持力* |
| 有意な漏えいを生じないこと | 構造部材の健全性 | 出口側集水枡（杭間部）の全構造部材 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで、表 7-1 に示す「構造強度を有すること」及び「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。
 *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表 7-1 に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図 7-2 出口側集水柵（杭間部）の耐震評価フロー

(2) 出口側集水枡（RC防潮壁部）

出口側集水枡（RC防潮壁部）の耐震評価は、「8. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設として表7-2の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。

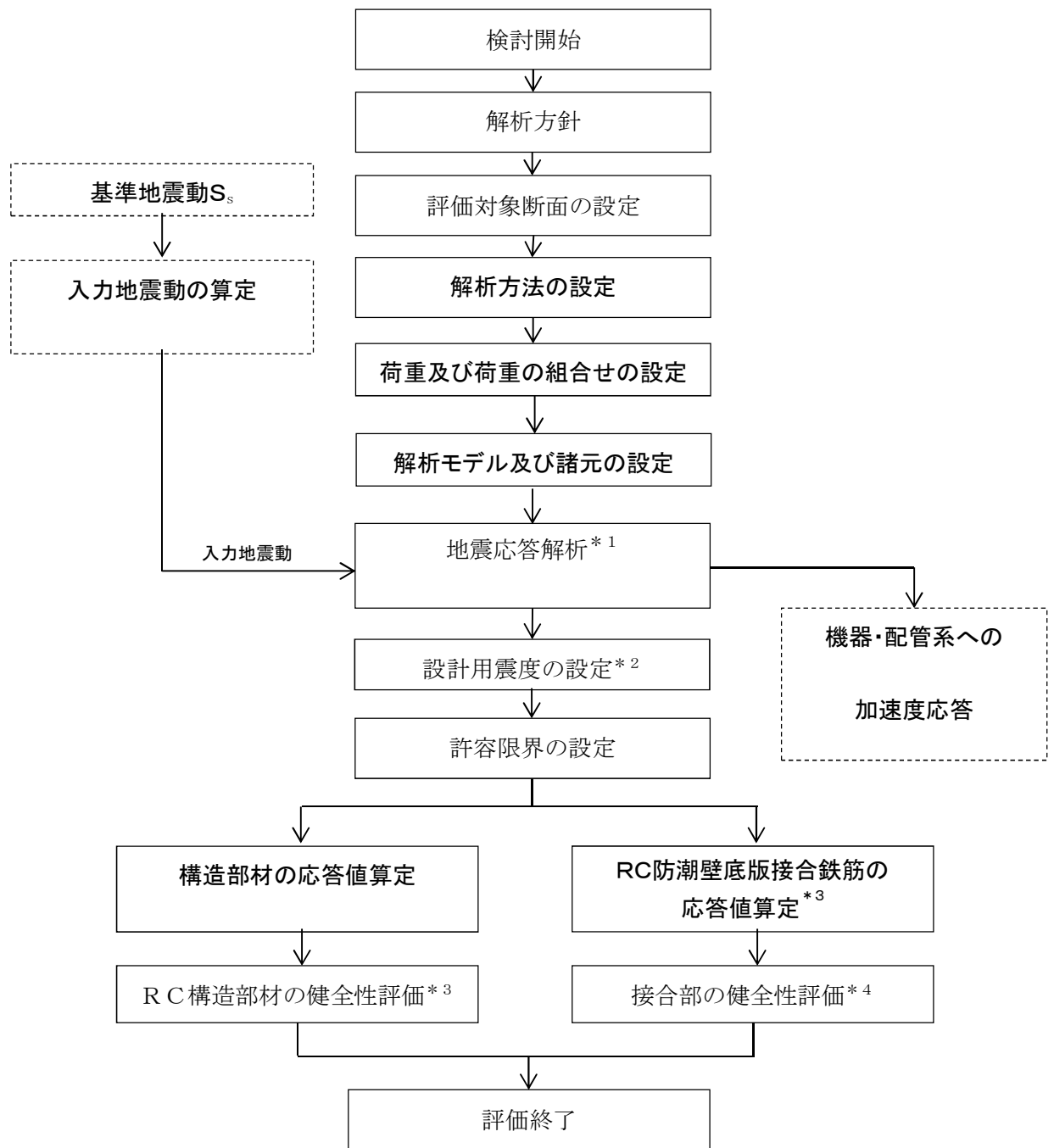
構造部材の健全性評価については、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（RC防潮壁部）の支持性能評価については、鉄筋コンクリート防潮壁底版と一体化することから、底版との接合鉄筋に生ずる発生応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（RC防潮壁部）の耐震評価フローを図7-3に示す。

表7-2 出口側集水枡（RC防潮壁部）の評価項目

| 評価方針 | 評価項目 | 部位 | 評価方法 | 許容限界 |
|---------------|----------|----------------------|---------------------|---------|
| 構造強度を有すること | 構造部材の健全性 | 出口側集水枡（RC防潮壁部）の全構造部材 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |
| | 構造物の支持性能 | RC防潮壁底版と一体化部底版との接合鉄筋 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |
| 有意な漏えいを生じないこと | 構造部材の健全性 | 出口側集水枡（RC防潮壁部）の全構造部材 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |



注記 *1：地盤応答解析は、「V-2-10-2-2-2-1 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」の地震応答解析結果を用いる。

*2：地震時応答解析にて算出された最大加速度による設計用震度を設定する。

*3：RC構造部材の健全性評価を実施することで、表7-2「構造強度を有すること」及び「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。

*4：RC防潮壁底板接合鉄筋の健全性評価を実施することで、表7-2に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図7-3 出口側集水枡（RC防潮壁部）の耐震評価フロー

7.3 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（(社) 土木学会，2002 年制定）
- ・ 道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（(社) 土木学会，2005 年）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（(社) 日本電気協会）

8. 地震応答解析

8.1 評価対象断面

(1) 出口側集水枡（杭間部）

評価対象断面は，集水枡及び集水枡を接続する排水管を含む断面のうち，入力津波高さが高く，地震時の変位が大きい，排水系統 I-2 の断面とする。排水系統 I-2 の断面位置を図 8-1 に示す。また，排水系統 I-2 の断面図を図 8-2 に示す。

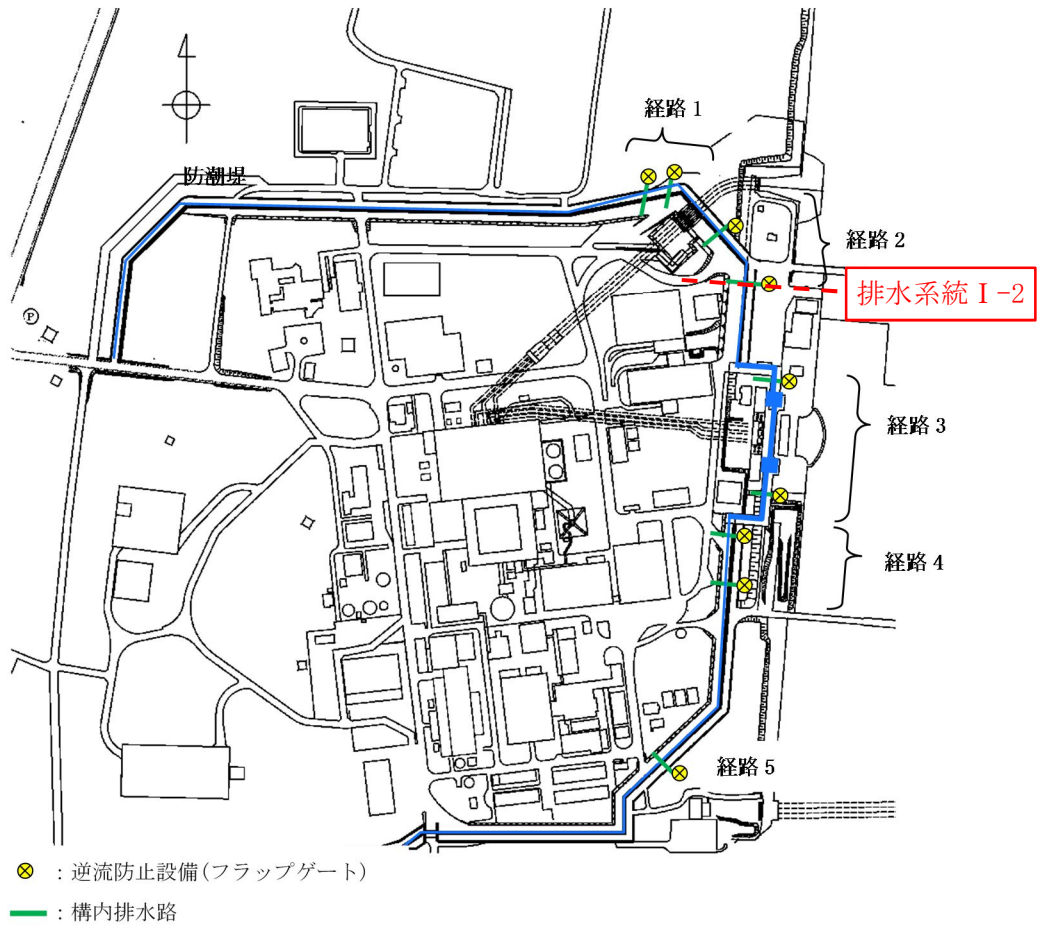


図 8-1 フラップゲートの配置及び地震応答解析断面位置図

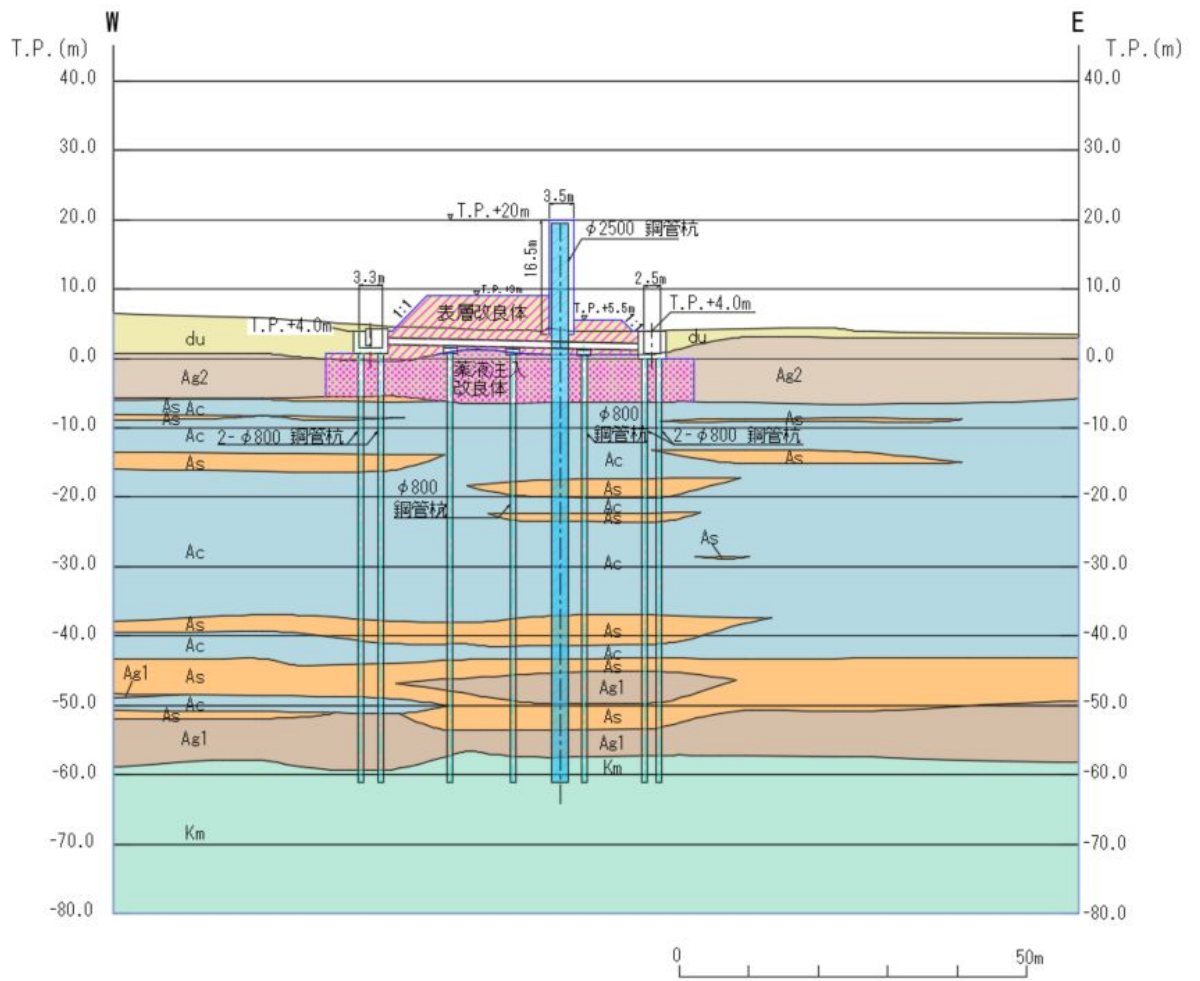


图 8-2 評価対象断面図 (排水系統 I-2)

(2) 出口側集水柵（RC防潮壁部）

排水系統IV-2の断面位置を図8-3に示す。また、排水系統IV-2の断面図を図8-4に示す。

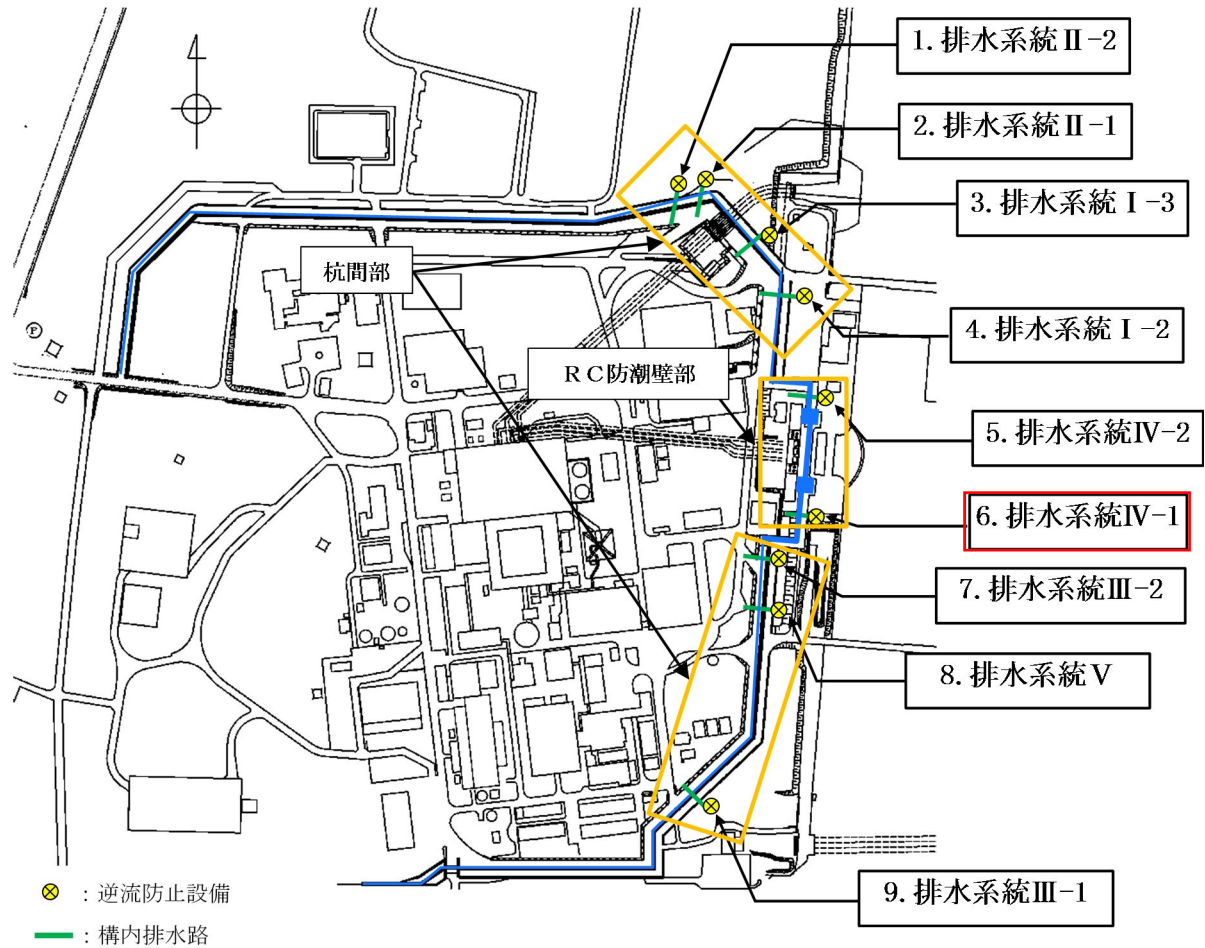


図8-3 構内排水路逆流防止設備の配置及び評価対象断面位置図

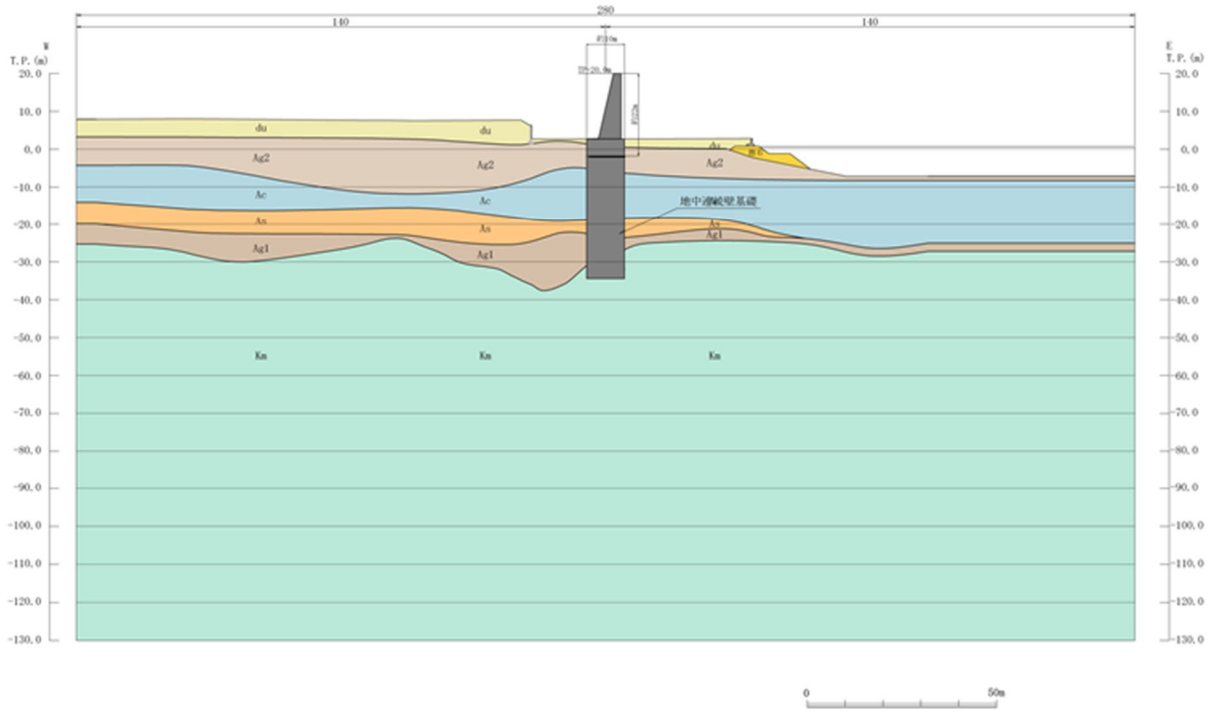


图 8-4 評価対象断面図 (排水系統IV-1)

8.2 解析方法

地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

(1) 出口側集水枡（杭間部）

地震応答計算では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 構造部材

底版及び縦断面に垂直な側壁を線形はり要素でモデル化し、縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

b. 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

c. 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

(2) 出口側集水枡（RC防潮壁部）

出口側集水枡（RC防潮壁部）の地震応答解析は、必要となる設計震度を応答値より算出し、算出した設計震度によって水平地震動と鉛直地震動を同時加振し、鉄筋コンクリート部材としての構造健全性を確認する。なお、応答値の算出には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。

8.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

8.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

集水桁の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

8.3.2 荷重

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重及び土圧を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、静水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

8.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 8-1 に示す。

表 8-1 荷重の組合せ

| 区分 | 荷重の組合せ |
|-----|---------------------|
| 地震時 | $G + P + K_s + P_s$ |

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

8.4 入力地震動

入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図8-5に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

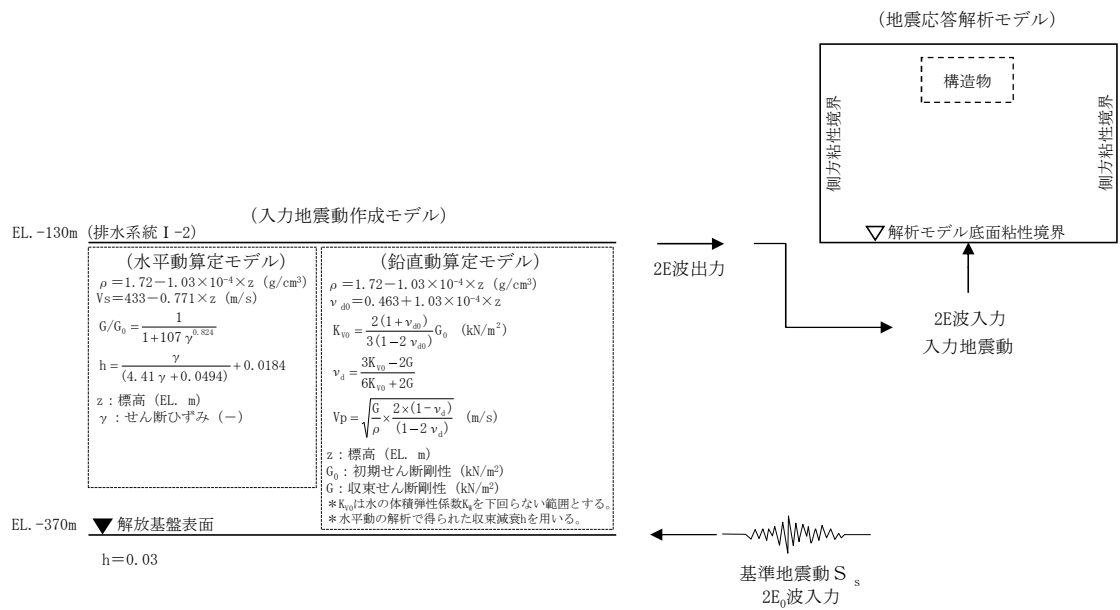


図8-5 入力地震動算定の概念図

8.5 解析モデル及び諸元

8.5.1 解析モデル

(1) 出口側集水枡（杭間部）

a. 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が、構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に広く設定する。

b. 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

c. 構造物のモデル化

底版及び縦断面に垂直な側壁を線形はり要素でモデル化し、縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

d. 地盤のモデル化

地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素でモデル化する。

(2) 出口側集水枡（RC防潮壁部）

地盤応答解析は、「V-2-10-2-2-2 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」と同じ解析モデルを用いる。

8.5.2 使用材料及び材料の物性値

(1) 出口側集水枡（杭間部）

使用材料を表 8-2 に、材料の物性値を表 8-3 に示す。

表 8-2 使用材料

| 諸元 | | |
|-----|--------|-------------------------------|
| 集水枡 | 鉄筋 | SD490 |
| | コンクリート | 設計基準強度 : 50 N/mm ² |
| 基礎杭 | | φ 800 mm (SM570) t = 40 |

表 8-3 材料の物性値

| 材料 | 単位体積重量 (kN/m ³) | ヤング係数 (N/mm ²) | ポアソン比 |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 | 3.30×10^4 | 0.2 |
| 鋼管杭 | 77.0 | 2.00×10^5 | 0.3 |

(2) 出口側集水枡（RC防潮壁部）

使用材料を表 8-4 に、材料の物性値を表 8-5 に示す。

表 8-4 使用材料

| 諸元 | | |
|-----|--------|-------------------------------|
| 集水枡 | 鉄筋 | SD490 |
| | コンクリート | 設計基準強度 : 40 N/mm ² |

表 8-5 材料の物性値

| 材料 | 単位体積重量 (kN/m ³) | ヤング係数 (N/mm ²) | ポアソン比 |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------|
| 鉄筋コンクリート | 24.5 | 3.10×10^4 | 0.2 |

8.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

9. 出口側集水桁の耐震評価

9.1 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，表 9-1 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 9-1 鋼管杭の許容限界

| 評価項目 | | | 短期許容応力度 (N/mm ²) |
|------|-------|------------------------|---------------------------------|
| 鋼管杭 | SM570 | 許容引張応力度 σ_{sa1} | 382.5 |
| | | 許容圧縮応力度 σ_{sa1} | |
| | | 許容せん断応力度 τ_{sa} | 217.5 |

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）」，道路土工 カルバート工指針（（社）日本道路協会 平成 21 年度版）及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成 24 年 3 月）」に基づき，第 5-2 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

なお，杭頭部に関しても，鉄筋コンクリートは表 9-2 に示す短期許容応力度を許容限界とする。

表 9-2 鉄筋コンクリートの許容限界

| 評価項目 | | | 短期許容応力度 (N/mm ²) |
|--------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| コンクリート | $f'_{ck}=50$ N/mm ² | 許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} | 24.0 |
| | | 許容せん断応力度 τ_{a1} | 0.825 |
| | $f'_{ck}=40$ N/mm ² | 許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} | 21.0 |
| | | 許容せん断応力度 τ_{a1} | 0.825 |
| 鉄筋 | SD490 | 許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (軸方向鉄筋) | 435 |
| | | 許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (せん断補強筋) | 300 |

(3) 支持力

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

9.2 評価方法

集水桁の耐震評価は、「8. 地震応答解析」により得られる照査用応答値が、「9.1 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 出口側集水桁（杭間部）

a. 鋼管杭の評価手法

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)

M : 最大曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

N : 軸力 (N)

A : 有効断面積 (mm²)

(b) せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)

S : せん断力 (N)

A : 有効断面積 (mm²)

κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

b. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

c. 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

(2) 出口側集水枡（RC防潮壁部）

a. 梁部材としての評価

集水枡のRC防潮壁側を固定支持とし、底版と側壁を断面に考慮した片持ち梁モデルとする。また、地震応答解析にて算定された最大加速度により設計用震度を設定し、慣性力を考慮した二次元静的フレーム解析により鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。

片持ち梁に生じる曲げモーメント及び軸力を底版及び側壁を考慮した断面剛性によって応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。また、せん断については側壁のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。

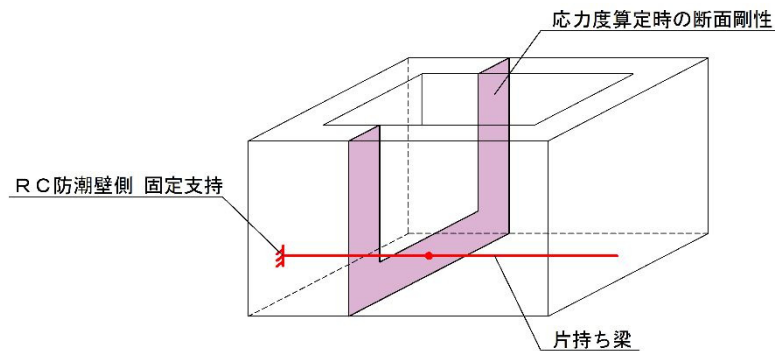


図 9-1 片持ち梁モデル概要図

b. 面部材としての評価

集水枡の側壁については、底版及び両側壁との結合部を固定端、開口面となる上面を自由端とする三辺固定一辺自由スラブとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。

地震応答解析にて算定された最大加速度により設計用震度を設定し、慣性力を考慮する。

側壁に生じる曲げモーメント及びせん断力に対して部材応力を算出し許容限界以下であることを確認する。

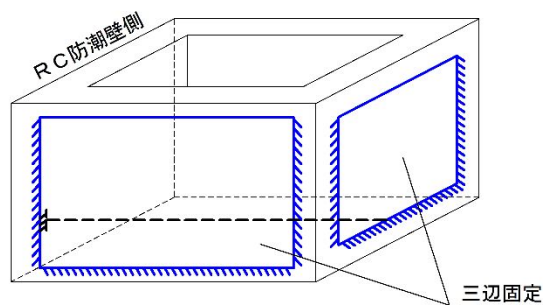


図 9-2 三辺固定版モデル概要図