

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-268 改2 |
| 提出年月日 | 平成30年9月28日 |

V-3-別添 3-2-3 構内排水路逆流防止設備の強度計算書

目 次

| | | |
|-------|-------------|----|
| 1. | 概要 | 1 |
| 2. | 一般事項 | 2 |
| 2.1 | 配置概要 | 2 |
| 2.2 | 構造計画 | 4 |
| 2.3 | 評価方針 | 6 |
| 2.4 | 適用基準 | 7 |
| 2.5 | 記号の説明 | 8 |
| 3. | 評価部位 | 10 |
| 4. | 固有周期 | 12 |
| 4.1 | 固有周期の計算方法 | 12 |
| 4.2 | 固有周期の計算条件 | 12 |
| 4.3 | 固有周期の計算結果 | 13 |
| 5. | 構造強度評価 | 14 |
| 5.1 | 構造強度評価方法 | 14 |
| 5.2 | 荷重及び荷重の組合せ | 14 |
| 5.3 | 許容限界 | 16 |
| 5.4 | 設計用地震力 | 20 |
| 5.5 | 計算方法 | 21 |
| 5.6 | 計算条件 | 25 |
| 6. | 評価結果 | 29 |
| 7. | 出口側集水桁の強度評価 | 31 |
| 7.1 | 出口側集水桁の構造概要 | 31 |
| 7.2 | 評価方針 | 37 |
| 7.2.1 | 杭間部 | 37 |
| 7.2.2 | RC防潮壁部 | 39 |
| 7.3 | 適用基準 | 41 |
| 8. | 強度評価方法 | 42 |
| 8.1 | 記号の定義 | 42 |
| 8.2 | 評価対象断面及び部位 | 43 |
| 8.2.1 | 杭間部 | 43 |
| 8.2.2 | RC防潮壁部 | 45 |
| 8.3 | 荷重及び荷重の組合せ | 47 |
| 8.3.1 | 荷重 | 47 |
| 8.3.2 | 荷重の組合せ | 47 |
| 8.4 | 許容限界 | 48 |
| 8.5 | 評価方法 | 52 |

| | | |
|--------|------------|----|
| 8.5.1 | 津波時 | 52 |
| 8.5.2 | 重畳時 | 59 |
| 9. | 評価条件 | 70 |
| 10. | 評価結果 | 74 |
| 10.1 | 津波時の強度評価結果 | 74 |
| 10.1.1 | 杭間部 | 74 |
| 10.1.2 | RC防潮壁部 | 79 |
| 10.2 | 重畳時の強度評価結果 | 84 |
| 10.2.1 | 杭間部 | 84 |
| 10.2.2 | RC防潮壁部 | 93 |

1. 概要

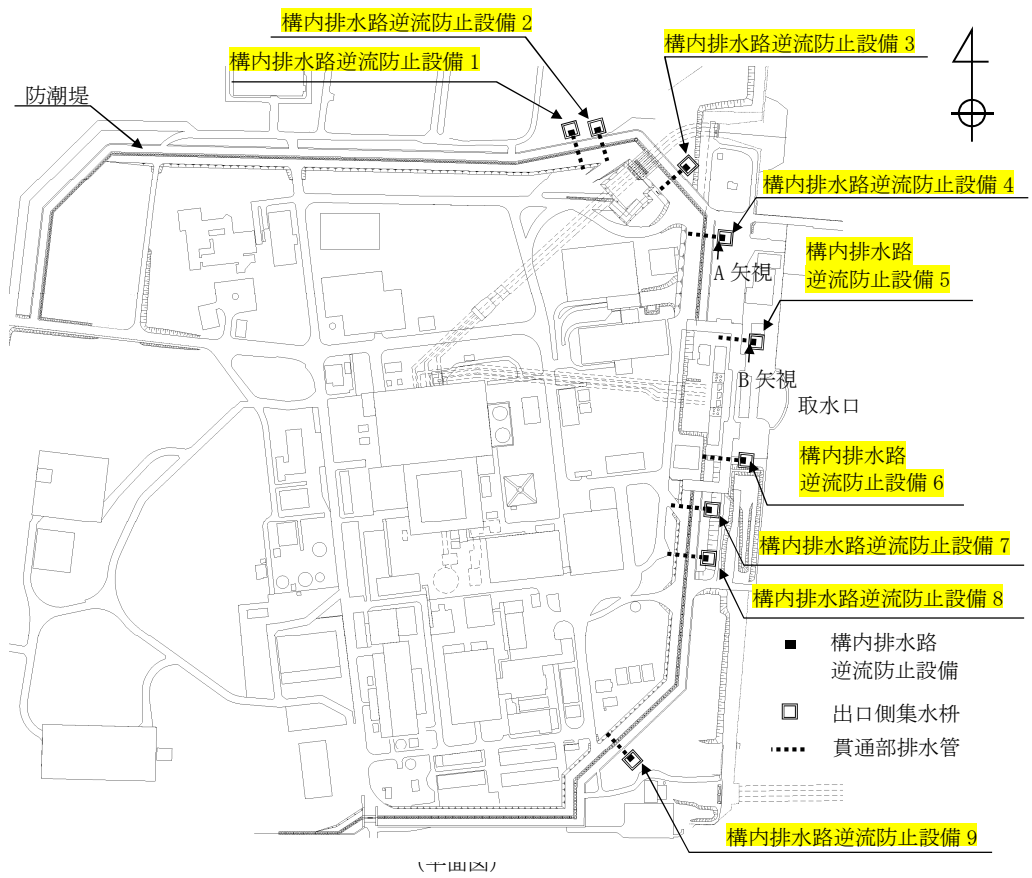
本資料は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち構内排水路逆流防止設備が津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。その強度評価は構内排水路逆流防止設備の固有値解析及び応力評価により行う。また、構内排水路逆流防止設備が設置される出口側集水枡は耐震重要度分類 S クラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、構成する部材が概ね弾性範囲にとどまることを確認するため、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

津波荷重については、基準津波による津波荷重を考慮した評価と敷地に遡上する津波による津波荷重を考慮した評価を実施する。

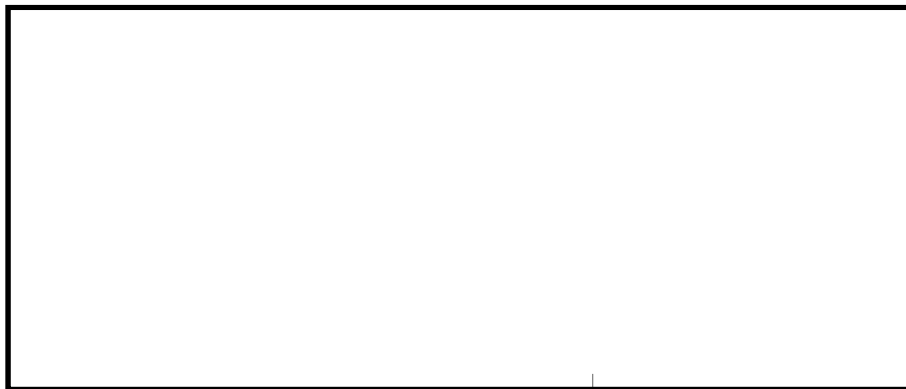
2. 一般事項

2.1 配置概要

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 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)



(B 矢視 構内排水路逆流防止設備 5, 6)

図 2-1 構内排水路逆流防止設備の設置位置図

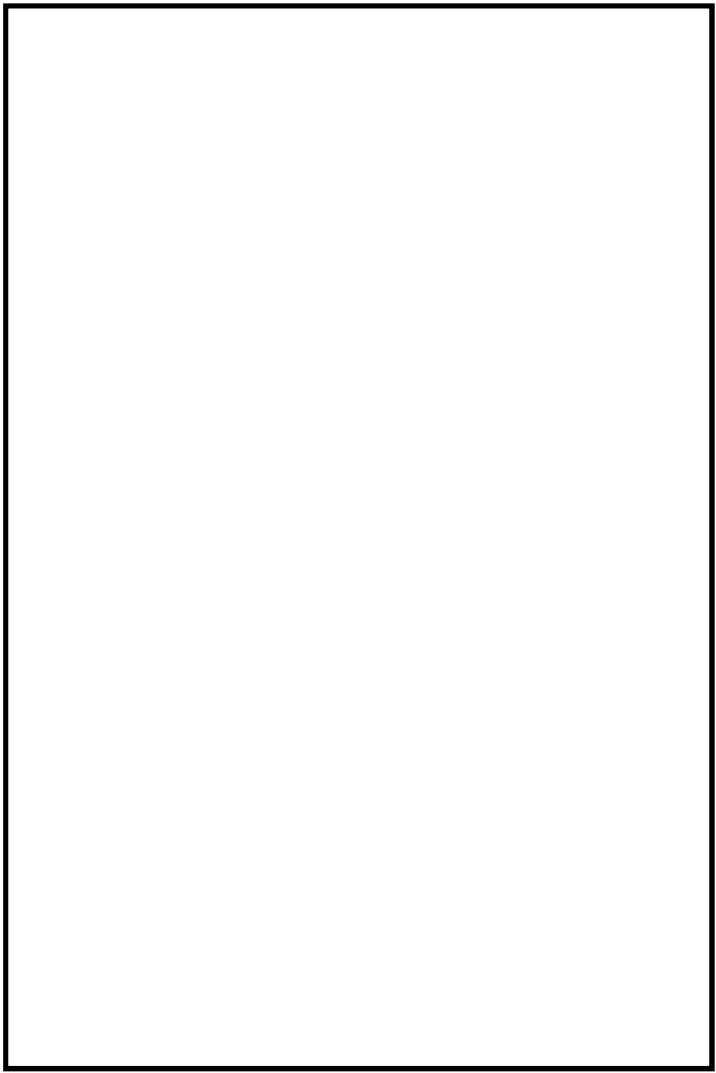
2.2 構造計画

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縦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 | 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|---------|
| | 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 | 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。 | 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。 | (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 | 計画の概要 | | 概略構造図 |
|--------------------|--|-----------------------------|---|
| | 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| 構内排水路逆流防止設備 5,6 | 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。 | 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。 |  <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p> |

2.3 評価方針

構内排水路逆流防止設備の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、構内排水路逆流防止設備の評価部位に作用する応力等が許容限界以下であることを「5. 構造強度評価」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価し、「6. 評価結果」にて確認する。

構内排水路逆流防止設備の強度評価フローを図 2-2 に示す。構内排水路逆流防止設備の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時（以下「重畳時」という。）を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時においては、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動 S_d を入力して得られた設置床の最大応答加速度の最大値を考慮して設定した設計震度を用いる。

なお、強度評価に当たっては、基準津波による津波荷重を考慮した評価と敷地に遡上する津波による津波荷重を考慮した評価を実施する。

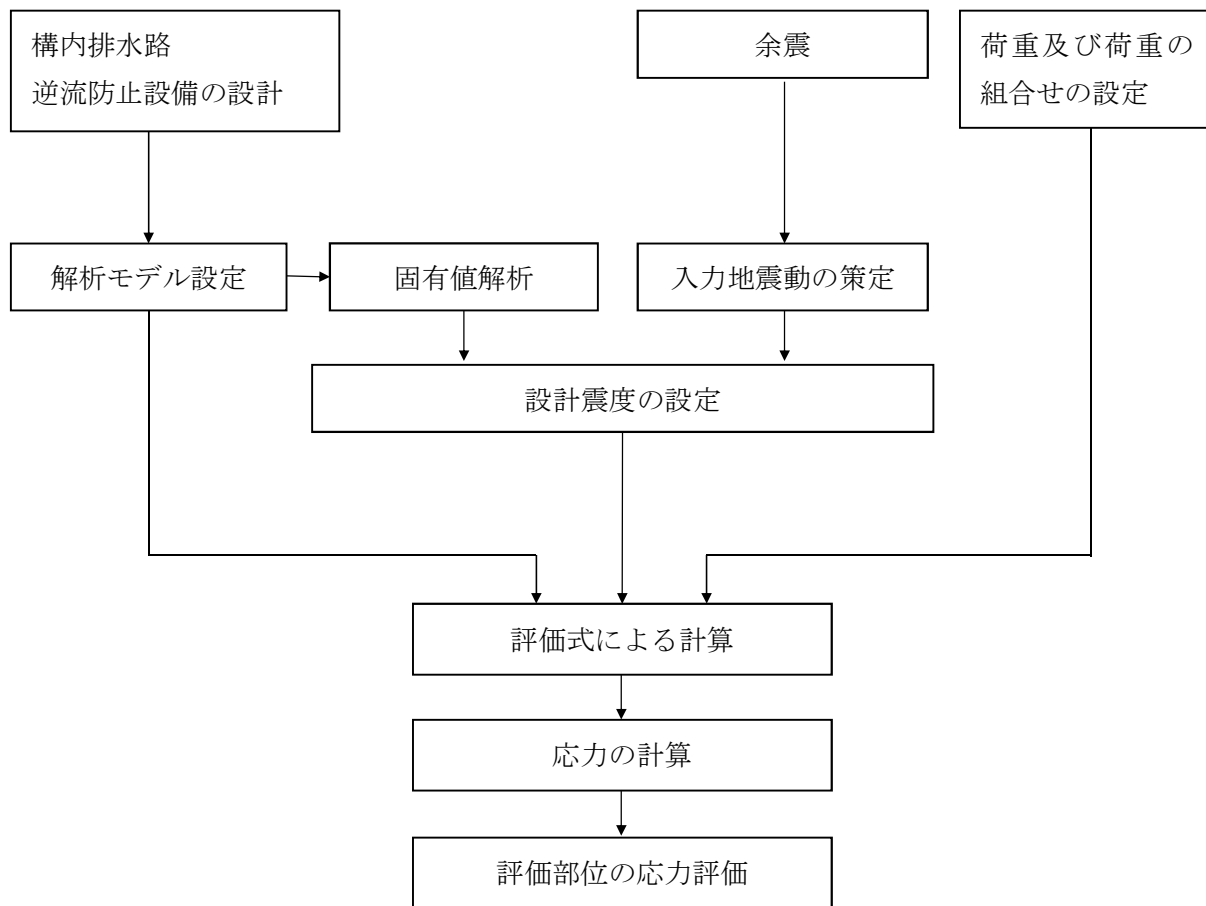


図 2-2 強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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 ・ 補一
1984 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (3) 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 (日本電気協会)
- (4) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3 -2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (5) ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) (ダム・堰施設技術
協会 平成 28 年 3 月)

2.5 記号の説明

構内排水路逆流防止設備の固有周期の計算に用いる記号を表 2-3 に、応力評価に用いる記号を表 2-4 にそれぞれ示す。

表 2-3 構内排水路逆流防止設備の固有周期の計算に用いる記号

| 記号 | 定義 | 単位 |
|----|-----------------------|-------------------|
| T | 固有周期 | s |
| f | 一次固有振動数 | Hz |
| E | 縦弾性係数 | N/mm ² |
| I | 構内排水路逆流防止設備の断面二次モーメント | mm ⁴ |
| m | 扉体部の単位長さ当たり質量 | kg/mm |
| L | 主桁の長さ | mm |

表 2-3 構内排水路逆流防止設備の強度計算に用いる記号 (1/2)

| 記号 | 定義 | 単位 |
|------------------|-------------------------|-------------------|
| G | 固定荷重 (扉体の自重) | N |
| P _t | 遡上津波荷重 | N/mm ² |
| K _{HSd} | 余震による水平方向の設計震度 | — |
| K _{VSd} | 余震による鉛直方向の設計震度 | — |
| P _d | 余震による動水圧 | N/mm ² |
| A ₁ | 扉体面積 | mm ² |
| q ₁ | 津波及び余震による分布荷重 | N/mm ² |
| W _o | 水の単位体積重量 | N/mm ³ |
| 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 ₁ | 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 | 主桁に加わる津波及び余震による荷重 | N |
| L _o | 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 ₃ | 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 |

表 2-3 構内排水路逆流防止設備の強度計算に用いる記号 (2/2)

| 記号 | 定義 | 単位 |
|-----------|--------------------------|----------|
| I_{HSd} | 余震による水平方向地震荷重 | N |
| I_{VSd} | 余震による鉛直方向地震荷重 | N |
| i_{HSd} | 余震による単位面積当たりの水平方向地震荷重 | N/mm^2 |
| q | 津波及び余震により加わるコンクリートに加わる圧力 | N/mm^2 |
| D_r | 支圧板中心径 | mm |
| b_w | 支圧幅 | mm |
| S | 戸当り幅 | mm |
| H_1 | 入力津波高さ | m |
| h_1 | 設計水深 | m |
| H | 水面から基礎地盤までの水深 | m |
| h | 水面から動水圧を算定する点までの水深 | m |

3. 評価部位

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。津波による荷重の作用時には構内排水路逆流防止設備は外水圧により閉じる構造となっており、津波による荷重が余震による地震力よりも大きいことから、重畳時において構内排水路逆流防止設備は閉状態となる。このため、固定部（ヒンジ（固定部側）及び吊ピン）には津波荷重による引張荷重は作用しない。また、重畳時においては構内排水路逆流防止設備の横断方向及び鉛直方向にも余震荷重が作用するが、添付書類「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」に示す地震時に考慮する地震荷重と比較して、重畳時に作用する余震荷重が小さいことから、構内排水路逆流防止設備の横断方向及び鉛直方向の評価については添付書類「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」にて示した評価に包含される。

上記を踏まえ、強度評価においては、扉体部の評価部位として、主要部材であるスキンプレート、主桁及び縦補助桁を選定し、固定部の評価部位として戸当り部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。

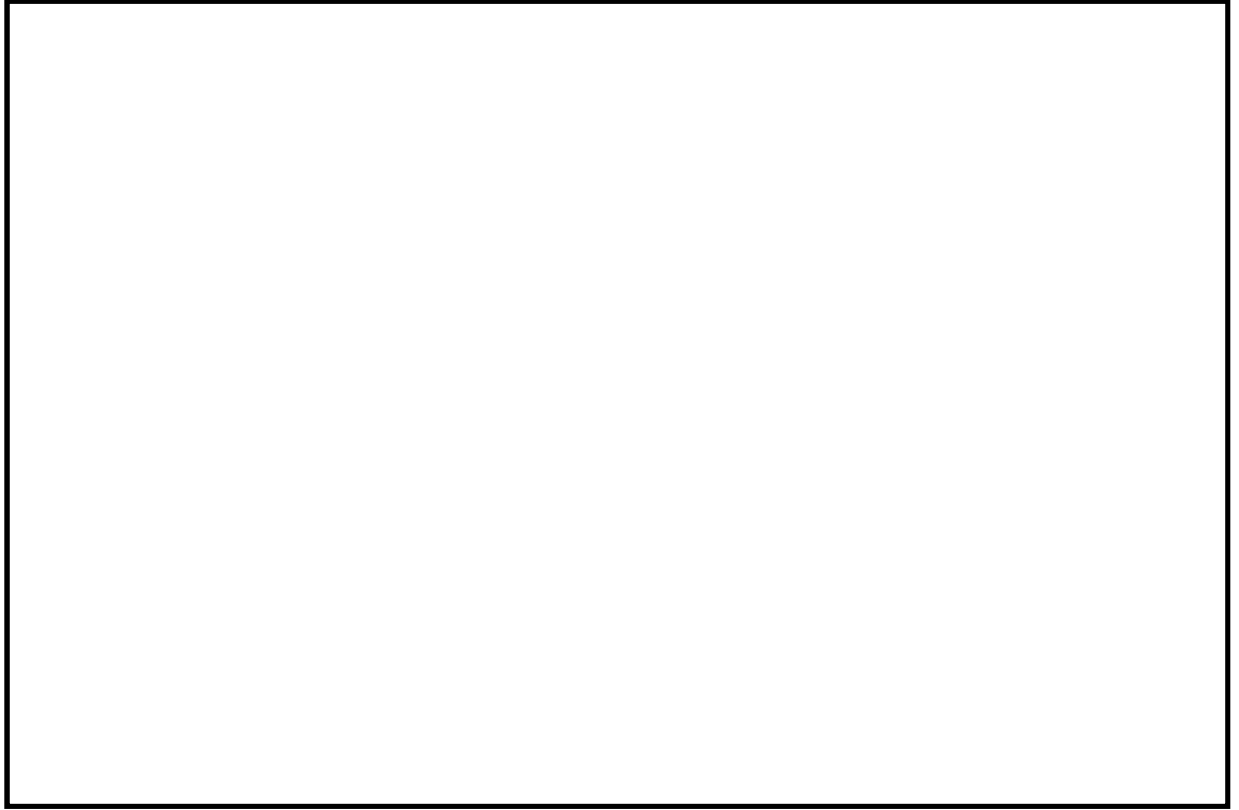


図 3-1 構内排水路逆流防止設備の評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

津波による荷重の作用時には構内排水路逆流防止設備は外水圧により閉じる構造となっており、津波による荷重が余震による地震力よりも大きいことから、重畳時において構内排水路逆流防止設備は閉状態となる。このことから、構内排水路逆流防止設備の強度評価に用いる固有周期の計算に当たっては、閉門時のみを考慮する。

(1) 解析モデル

構内排水路逆流防止設備の主桁及びスキンプレートを単純支持梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

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 f 及び固有周期 T は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

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

4.2 固有周期の計算条件

構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9) の固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に、構内排水路逆流防止設備 (5, 6) の固有周期の計算に必要な諸元を表 4-2 にそれぞれ示す。

表 4-1 固有周期の計算に必要な諸元 (閉門時)

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 |
|----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| T | 固有周期 | — | s |
| f | 一次固有振動数 | — | Hz |
| E | 縦弾性係数 | 1.93×10^5 | N/mm ² |
| I | 構内排水路逆流防止設備の断面二次モーメント | 1.11×10^8 | mm ⁴ |
| m | 扉体部の単位長さ当たり質量 | 0.32415 | kg/mm |
| L ₁ | 主桁の長さ | 1090 | mm |

表 4-2 固有周期の計算に必要な諸元（閉門時）
 構内排水路逆流防止設備（5,6）

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| T | 固有周期 | — | s |
| f | 一次固有振動数 | — | Hz |
| E | 縦弾性係数 | 1.93×10^5 | N/mm ² |
| I | 構内排水路逆流防止設備の断面二次モーメント | 8.90×10^6 | mm ⁴ |
| m | 扉体部の単位長さ当たり質量 | 0.17522 | kg/mm |
| L ₁ | 主桁の長さ | 570 | mm |

4.3 固有周期の計算結果

構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9）の固有周期の計算結果を表 4-3 に、構内排水路逆流防止設備（5, 6）の固有周期の計算結果を表 4-4 にそれぞれ示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-3 固有周期の計算結果（閉門時）
 （構内排水路逆流防止設備（1, 2, 3, 4, 7, 8, 9））

| 固有振動数 (Hz) | 固有周期 (s) |
|---------------|-------------|
| 340 | 0.0030 |

表 4-4 固有周期の計算結果（閉門時）
 （構内排水路逆流防止設備（5, 6））

| 固有振動数 (Hz) | 固有周期 (s) |
|---------------|-------------|
| 480 | 0.0021 |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

構内排水路逆流防止設備の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

「4. 固有周期」にて示したとおり、重畳時において構内排水路逆流防止設備は閉状態となることから、閉門時における強度評価を実施する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

5.2.1 荷重の設定

構内排水路逆流防止設備の強度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) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重は、基準津波による水位及び敷地に遡上する津波による水位を考慮する。

遡上津波荷重は以下の式により算出する。

$$P_t = W_o \cdot h$$

$$h = \frac{H}{2} \cdot 3$$

(3) 余震による地震荷重 (K_{Sd})

余震荷重は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 $S_d - D1$ に伴う地震力（動水圧含む。）とする。

a. 余震による地震力

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。

$$I_{HSd} = W \cdot K_{HSd}$$

$$I_{VSd} = W \cdot K_{VSd}$$

b. 余震による動水圧

$$P_d = \frac{7}{8} \cdot W_o \cdot K_{HSd} \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

地震力の算出に用いる設計震度 K_{HSd} 及び K_{VSd} については、「4. 固有周期」に示す構内排水路逆流防止設備の固有周期を考慮して設定する。

閉門時においては構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）及び防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）における最大床応答加速度を考慮して設定する。強度評価に用いる設計震度を「5.4 設計用地震力」に示す。

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枡に設置されるため、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。

構内排水路逆流防止設備の設計に考慮する荷重の組合せを表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*1*2 |
|--------------------|-------------|--------------------|
| 浸水防護施設 (津波防護施設) | 構内排水路逆流防止設備 | $G + P_t + K_{Sd}$ |

注記 *1：Gは固定荷重， P_t は遡上津波荷重， K_{Sd} は余震による地震荷重を示す。

*2：固定荷重（G）及び余震による地震荷重（ K_{Sd} ）の組合せが、強度評価上、遡上津波荷重（ P_t ）を緩和する方向に作用する場合、保守的にこれらを組合せない評価を実施する。

5.3 許容限界

(1) 基準津波に対する許容限界

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 にそれぞれ示す。

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、当該構造物全体の変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」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材又はコンクリート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 | — |
| 戸当り部コンクリート | コンクリート | — | — | 0.40 | 5.9 |

注記 *1: σ_{ab} : 許容曲げ応力度, 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・設備計画マニュアル編)(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 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 | 116/104 ^{*1,2} | — | 75 | — |
| | 縦補助桁 | 124/131 ^{*1,2} | — | 75 | — |
| | 戸当り部コンクリート | — | — | 0.6 | 8.9 |

注記 *1: 主桁, 縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は, 「ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・設備計画マニュアル編)(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月)」に基づき, 許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し, 以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{10}{K} : 90 \times 1.5 = 135 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{L}{b} > \frac{10}{K} : \sigma_{ca} = \left(90 - 0.7 \left(K \frac{L}{b} - 10 \right) \right) \times 1.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし, } \frac{A_w}{A_c} < 2 \quad \text{の場合} \quad K = 2$$

ここに, L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)

b : 圧縮フランジ幅 (mm)

A_w : 腹板の総断面積 (mm²)

A_c : 圧縮フランジの総断面積 (mm²)

*2: 主桁, 縦補助桁の許容曲げ応力の記載は, 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9/構内排水路逆流防止設備 5, 6 とする。

(2) 敷地に遡上する津波に対する許容限界

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 5-5 に、構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件を表 5-6 に、構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果を表 5-7 にそれぞれ示す。

表 5-5 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 | $1.9 \sigma_{ab}^{*2}$ | $1.9 \sigma_{at}^{*2}$ | $1.9 \tau_a^{*2}$ | $1.9 \sigma_{as}^{*2}$ |

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」に基づき、短期許容応力度とする。短期許容応力度は、鋼材又はコンクリートの許容応力度に対して 1.9 倍の割増しを考慮する。

表 5-6 構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件

| 評価部位 | 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 | — |
| 戸当り部 | コンクリート | — | — | 0.40 | 5.9 |

注記 *1： σ_{ab} ：許容曲げ応力度， 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・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に基づく。

表 5-7 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 | 171 | — | — | — |
| | 主桁 | 147/132 ^{*1,2} | — | 95 | — |
| | 縦補助桁 | 157/166 ^{*1,2} | — | 95 | — |
| | 戸当り部 コンクリ ート | — | — | 0.76 | 11.2 |

注記 *1: 主桁, 縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は, 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) (ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月)」に基づき, 許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し, 以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{10}{K} : 90 \times 1.9 = 171 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{L}{b} > \frac{10}{K} : \sigma_{ca} = \left(90 - 0.7 \left(K \frac{L}{b} - 10 \right) \right) \times 1.9 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし, } \frac{A_w}{A_c} < 2 \quad \text{の場合} \quad K = 2$$

ここに, L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)

b : 圧縮フランジ幅 (mm)

A_w : 腹板の総断面積 (mm²)

A_c : 圧縮フランジの総断面積 (mm²)

*2: 主桁, 縦補助桁の許容曲げ応力の記載は, 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9/構内排水路逆流防止設備 5, 6 とする。

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり、閉門時における構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以下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うち、構内排水路逆流防止設備(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)の設計震度は、「8. 地震応答解析」の結果に基づき、表5-5に示すとおりとする。閉門時における構内排水路逆流防止設備のうち、構内排水路逆流防止設備(5, 6)の設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)における設置床の最大応答加速度に基づき設定する。構内排水路逆流防止設備(5, 6)の設計震度は、表5-5に示すとおりとする。

表 5-5 設計用地震力 (閉門時)

| 設備名称 | 地震動 | 設置場所 及び 床面高さ (EL. m) | 余震による設計震度*1 | |
|------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------|------|
| | | | | |
| 構内排水路逆流防止設備 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 | 弾性設計用 地震動 S _d -D1 | 出口側集水桁 EL. 1.14~5.40 (管底高さ) (EL. 5.550*2) | 水平方向K _{HSd} | 0.45 |
| | | | 鉛直方向K _{VSD} | 0.23 |
| 構内排水路逆流防止設備 5, 6 | | 出口側集水桁 1.350 (管底高さ) (EL. 1.8*3) | 水平方向K _{HSd} | 0.44 |
| | | | 鉛直方向K _{VSD} | 0.27 |

注記 *1: 「4. 固有周期」より、構内排水路逆流防止設備の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

*2: 防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)における基準床レベルを示す。

*3: 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)における基準床レベルを示す。

5.5 計算方法

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。

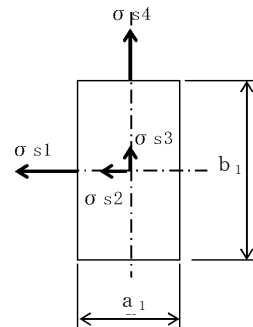
$$A_1 = \frac{\pi \cdot B^2}{4}$$

$$i_{HSd} = \frac{I_{HSd}}{A_1}$$

$$q_1 = P_t + i_{HSd} + P_d$$

$$P_1 = q_1$$

$$\sigma = \frac{k \cdot a_1^2 \cdot P_1 \cdot \alpha}{100 \cdot t_1^2}$$



ここに、

A_1 : 扉体面積 (mm²)

i_{HSd} : 余震による単位面積当たりの水平方向地震荷重 (N/mm²)

q_1 : 津波及び余震による分布荷重 (N/mm²)

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_1 : スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 (N/mm²)

t_1 : スキンプレートの板厚 (mm)

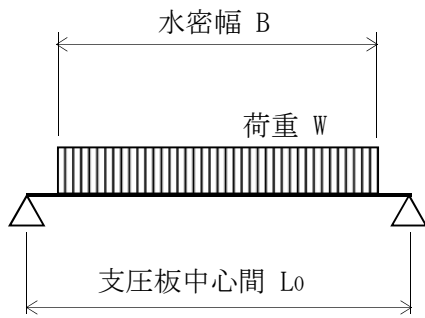
α : スキンプレートの応力の補正係数

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。



$$W = q_1 \cdot A_1$$

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

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

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A_{w2}}$$

W : 主桁に加わる津波及び余震による荷重 (N)

A₁ : 扉体面積 (mm²)

q₁ : 津波及び余震による分布荷重 (N/mm²)

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 : 主桁に加わる荷重 (N)

L₀ : 支圧板中心間 (mm)

B : 水密幅 (mm)

Z₂ : 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）」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。

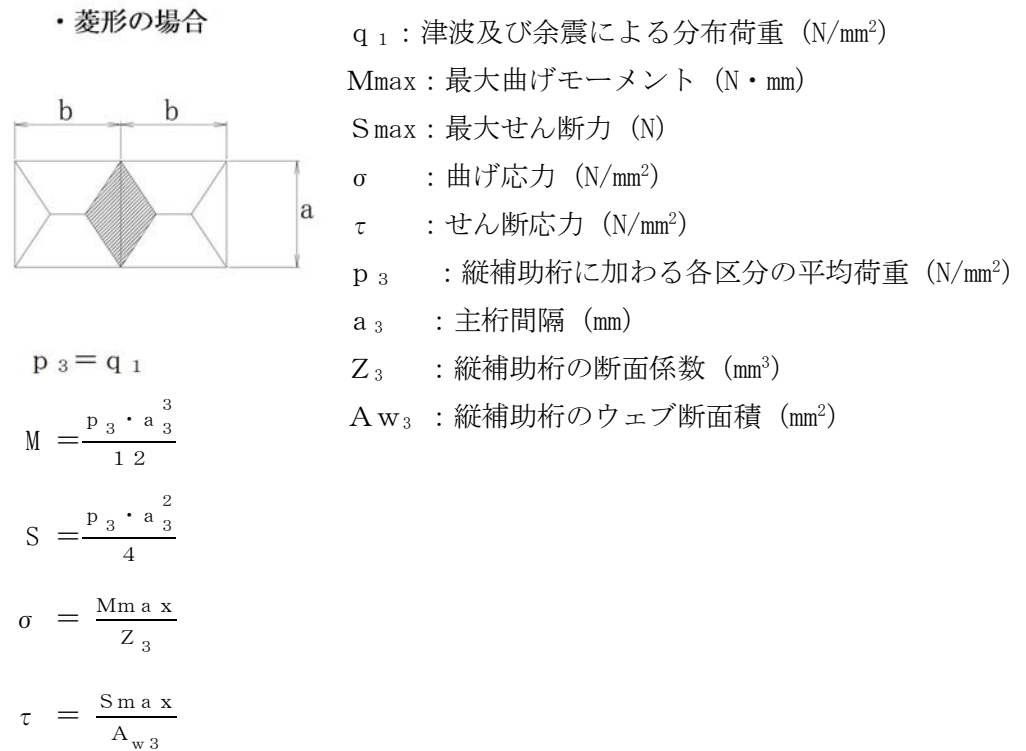
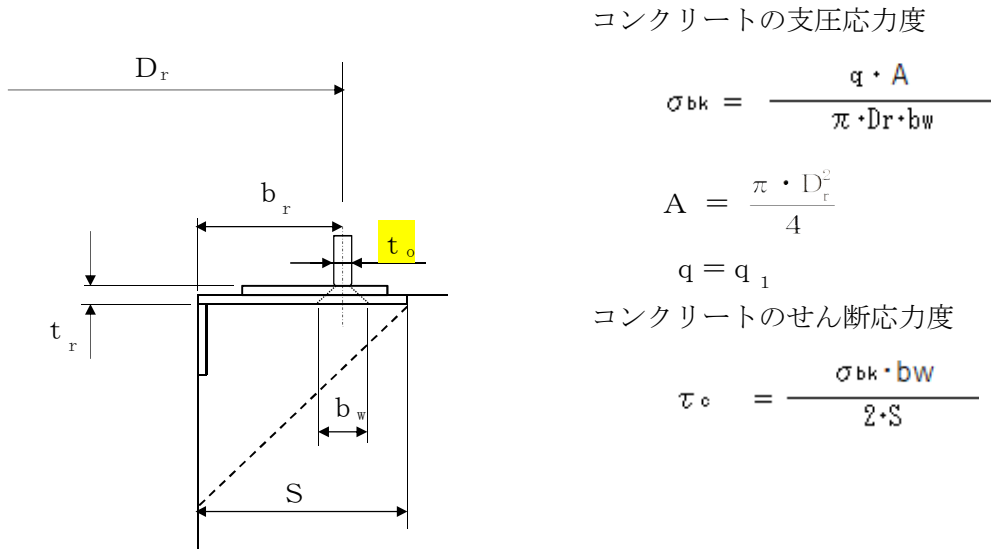


図 5-3 縦補助桁のモデル図及び応力算定式

(4) コンクリート

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる圧力を戸当り全周で支持するものとして、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。



q_1 : 津波及び余震による分布荷重 (N/mm²)

q : 津波及び余震によりコンクリートに加わる圧力 (N/mm²)

D_r : 支圧板中心径 (mm)

b_w : 支圧幅 (= $t_o + 2 t_r$) (mm)

t_o : 扉体支圧板有効幅 (mm)

t_r : 戸当り厚さ (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

5.6 計算条件

- (1) 強度評価に用いる構内排水路逆流防止設備の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件

構内排水路逆流防止設備の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

表 5-6 構内排水路逆流防止設備の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件
(構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)) (1/2)

| スキンプレー ト, 主桁, 縦補助 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) | 水の単位体積重量 W_0 (N/mm^3) |
|---|-------------------------------|------------------------------------|---|
| SUS316L | 3.5×10^3 | 8.99×10^5 | 1.01×10^{-5} |

| スキンプレーートの辺 長比 (b/a) による 係数 k | スキンプレーートの 短辺 a_1 (mm) | スキンプレーートの 長辺 b_1 (mm) | スキンプレーートの 板厚 t_1 (mm) |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 44.88 | 390 | 575 | 16 |

| スキンプレーートの 応力の補正係数 α_1 | 主桁の 支圧板中心間 L_0 (mm) | 主桁の 断面係数 Z_2 (mm^3) | 主桁の ウェブ断面積 A_{w2} (mm^2) |
|------------------------------------|--------------------------------|---|--|
| 0.8 | 1.089×10^3 | 2.24×10^5 | 1.632×10^3 |

| 縦補助桁の 主桁間隔 a_3 (mm) | 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) | 余震による水平方向 地震荷重 I_{HSd} (N) |
|--------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 390 | 2.5×10^4 | 7.04×10^2 | 1.575×10^3 |

表 5-6 構内排水路逆流防止設備の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件
 (構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9)) (2/2)

| 余震による鉛直方向 地震荷重 $I v s_d$ (N) | 支圧板中心径 D_r (mm) | 支圧幅 b_w ($t_o + 2 t_r$) (mm) | 戸当り幅 S (mm) |
|---------------------------------------|-------------------------|---|---------------------|
| 4.305×10^3 | 1.15×10^3 | 50 | 1.20×10^2 |

表 5-7 構内排水路逆流防止設備の仕様及び津波荷重に関わる計算条件を除く計算条件
(構内排水路逆流防止設備 (5, 6))

| 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) | 水の単位体積重 量 W ₀ (N/mm ³) |
|--|-----------------------------|--|--|
| SUS316L | 981 | 2.12×10 ⁵ | 1.01×10 ⁻⁵ |

| 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) | スキンプレートの 板厚 t ₁ (mm) |
|--------------------------------------|--|--|--|
| 45.5 | 2.00×10 ² | 3.00×10 ² | 9 |

| スキンプレートの 応力の補正係数 α ₁ | 主桁の 支圧板中心間 L ₀ (mm) | 主桁の 断面係数 Z ₂ (mm ³) | 主桁の ウェブ断面積 A _{w2} (mm ²) |
|---------------------------------------|---|---|--|
| 0.8 | 566 | 3.300×10 ⁴ | 4.00×10 ² |

| 縦補助桁の 主桁間隔 a ₃ (mm) | 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) | 余震による水平方向 地震荷重 I _{HSd} (N) |
|---|---|--|--|
| 2.00×10 ² | 1.700×10 ⁴ | 5.60×10 ² | 4.316×10 ² |

| 余震による鉛直方向 地震荷重 I _{VSd} (N) | 支圧板中心径 D _r (mm) | 支圧幅 b _w (t ₀ +2t _r) (mm) | 戸当り幅 S (mm) |
|--|----------------------------------|---|----------------------|
| 1.246×10 ³ | 6.00×10 ² | 50 | 1.20×10 ² |

- (2) 強度評価に用いる構内排水路逆流防止設備の津波荷重に関わる計算条件
 構内排水路逆流防止設備の津波荷重に関わる計算条件を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

表 5-8 構内排水路逆流防止設備の津波荷重に関わる計算条件
 (構内排水路逆流防止設備 (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9))

| 対象の津波 | 入力津波 高さ H_1 (m) | 設計水深 h_1 (m) | 津波及び余 震による分 布荷重 q_1 (N/mm ²) | スキンプレ ートに加わ る単位面積 当たりの荷 重 P_1 (N/mm ²) | 主桁に加わ る津波及び 余震による 荷重 W (N) | 縦補助桁に 加わる各區 分の平均荷 重 p_3 (N/mm ²) | 津波及び余 震により加 わるコンク リートに加 わる圧力 q (N/mm ²) |
|---------------|----------------------------|----------------------|--|--|---|---|---|
| 基準津波 | 17.9 | 26.9 | 0.34 | 0.34 | 1.528×10^5 | 0.34 | 0.34 |
| 敷地に遡上 する津波 | 24.0 | 36.0 | 0.46 | 0.46 | 2.068×10^5 | 0.46 | 0.46 |

表 5-9 構内排水路逆流防止設備の津波荷重に関わる計算条件
 (構内排水路逆流防止設備 (5, 6))

| 対象の津波 | 入力津波 高さ H_1 (m) | 設計水深 h_1 (m) | 津波及び余 震による分 布荷重 q_1 (N/mm ²) | スキンプレ ートに加わ る単位面積 当たりの荷 重 P_1 (N/mm ²) | 主桁に加わ る津波及び 余震による 荷重 W (N) | 縦補助桁に 加わる各區 分の平均荷 重 p_3 (N/mm ²) | 津波及び余 震により加 わるコンク リートに加 わる圧力 q (N/mm ²) |
|---------------|----------------------------|----------------------|--|--|---|---|---|
| 基準津波 | 17.9 | 26.9 | 0.34 | 0.34 | 3.610×10^4 | 0.34 | 0.34 |
| 敷地に遡上 する津波 | 24.0 | 36.0 | 0.46 | 0.46 | 4.885×10^4 | 0.46 | 0.46 |

6. 評価結果

(1) 基準津波と余震による重畳時

重畳時における評価部位の応力評価結果を表 6-1 及び表 6-2 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が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））

| 評価部位 | | 評価応力 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力 (N/mm ²) |
|--------|---------|------------|------------------------------|------------------------------|
| 扉体部 | スキンプレート | 最大応力度 | 73 | 135 |
| | 主桁 | 曲げ応力度 | 95 | 116 |
| | | せん断応力度 | 47 | 75 |
| | 縦補助桁 | 曲げ応力度 | 68 | 124 |
| | | せん断応力度 | 19 | 75 |
| | 固定部 | 戸当り部コンクリート | 支圧応力度 | 1.96 |
| せん断応力度 | | | 0.41 | 0.6 |

表 6-2 強度評価結果（構内排水路逆流防止設備（5, 6））

| 評価部位 | | 評価項目 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力 (N/mm ²) |
|--------|---------|------------|------------------------------|------------------------------|
| 扉体部 | スキンプレート | 最大応力度 | 62 | 135 |
| | 主桁 | 曲げ応力度 | 84 | 104 |
| | | せん断応力度 | 46 | 75 |
| | 縦補助桁 | 曲げ応力度 | 14 | 131 |
| | | せん断応力度 | 7 | 75 |
| | 固定部 | 戸当り部コンクリート | 支圧応力度 | 1.02 |
| せん断応力度 | | | 0.22 | 0.6 |

(2) 敷地に遡上する津波と余震による重畳時

重畳時における評価部位の応力評価結果を表 6-3 及び表 6-4 に示す。

発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が構造健全性を有することを確認した。

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

| 評価部位 | | 評価応力 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力 (N/mm ²) |
|--------|---------|------------|------------------------------|------------------------------|
| 扉体部 | スキンプレート | 最大応力度 | 99 | 171 |
| | 主桁 | 曲げ応力度 | 128 | 147 |
| | | せん断応力度 | 64 | 95 |
| | 縦補助桁 | 曲げ応力度 | 91 | 157 |
| | | せん断応力度 | 25 | 95 |
| | 固定部 | 戸当り部コンクリート | 支圧応力度 | 2.65 |
| せん断応力度 | | | 0.56 | 0.76 |

表 6-4 強度評価結果（構内排水路逆流防止設備（5, 6））

| 評価部位 | | 評価応力 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力 (N/mm ²) |
|--------|---------|------------|------------------------------|------------------------------|
| 扉体部 | スキンプレート | 最大応力度 | 83 | 171 |
| | 主桁 | 曲げ応力度 | 114 | 132 |
| | | せん断応力度 | 62 | 95 |
| | 縦補助桁 | 曲げ応力度 | 19 | 166 |
| | | せん断応力度 | 9 | 95 |
| | 固定部 | 戸当り部コンクリート | 支圧応力度 | 1.38 |
| せん断応力度 | | | 0.29 | 0.76 |

7. 出口側集水枡の強度評価

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図を図7-1に示す。

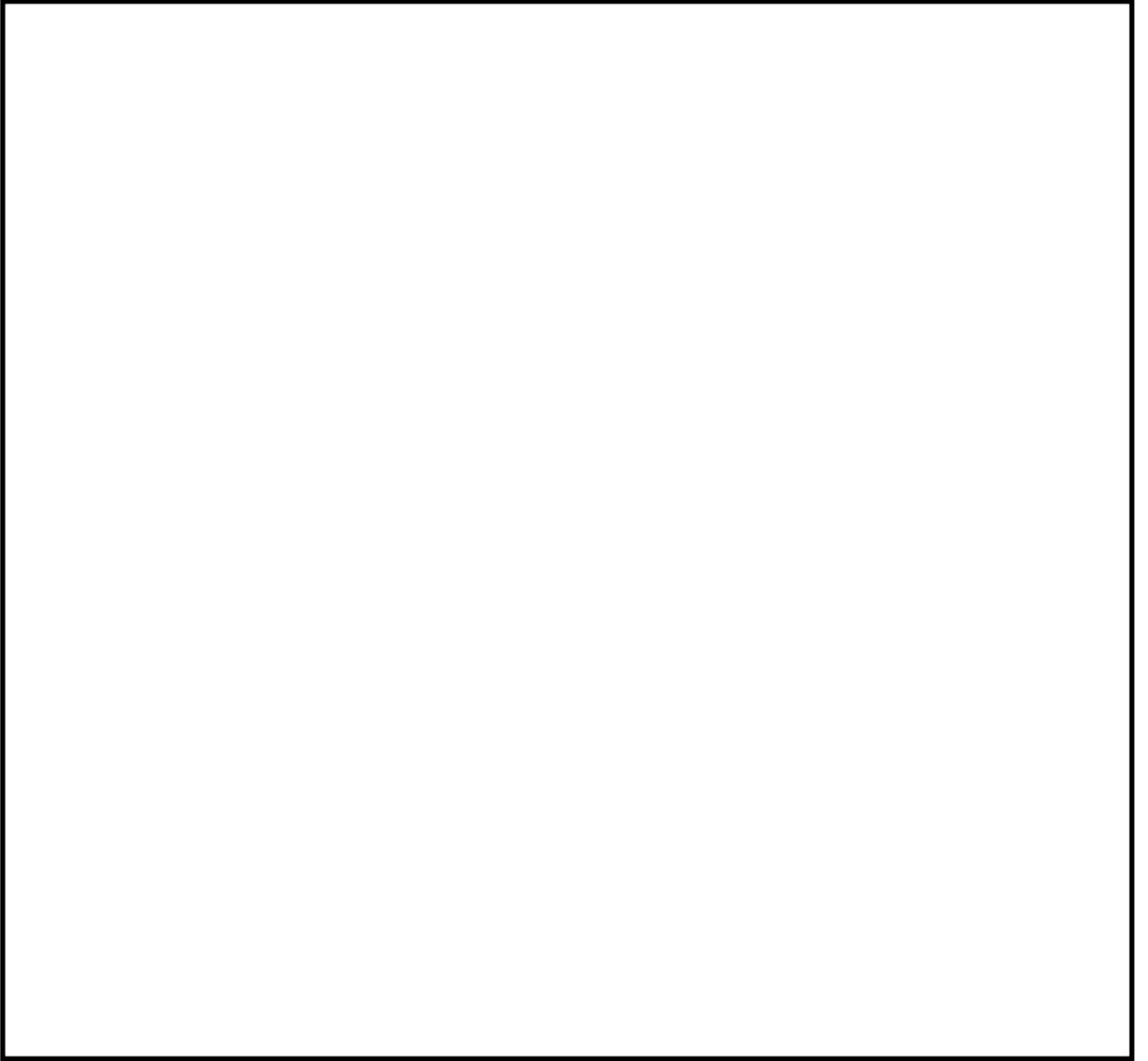
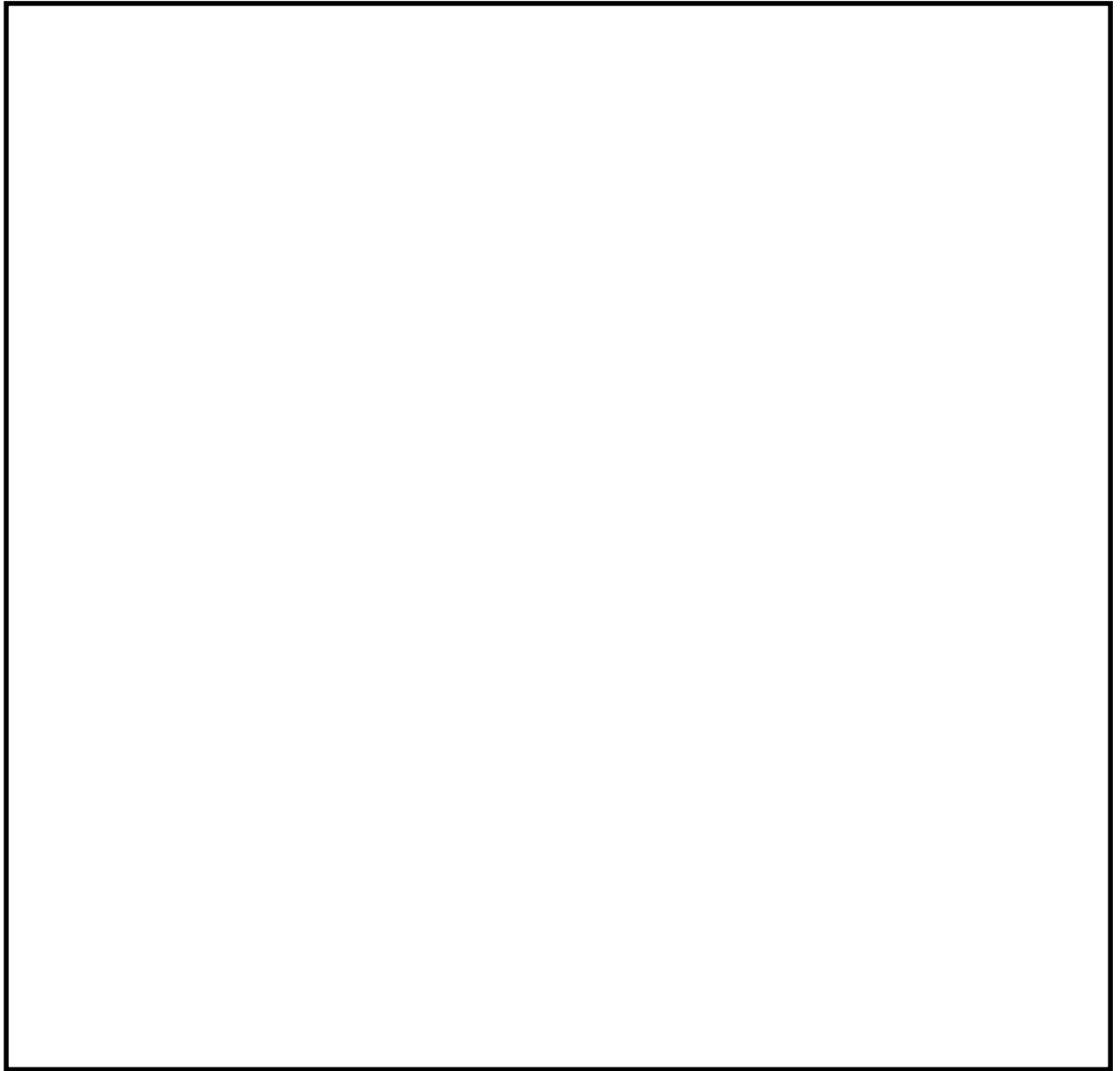


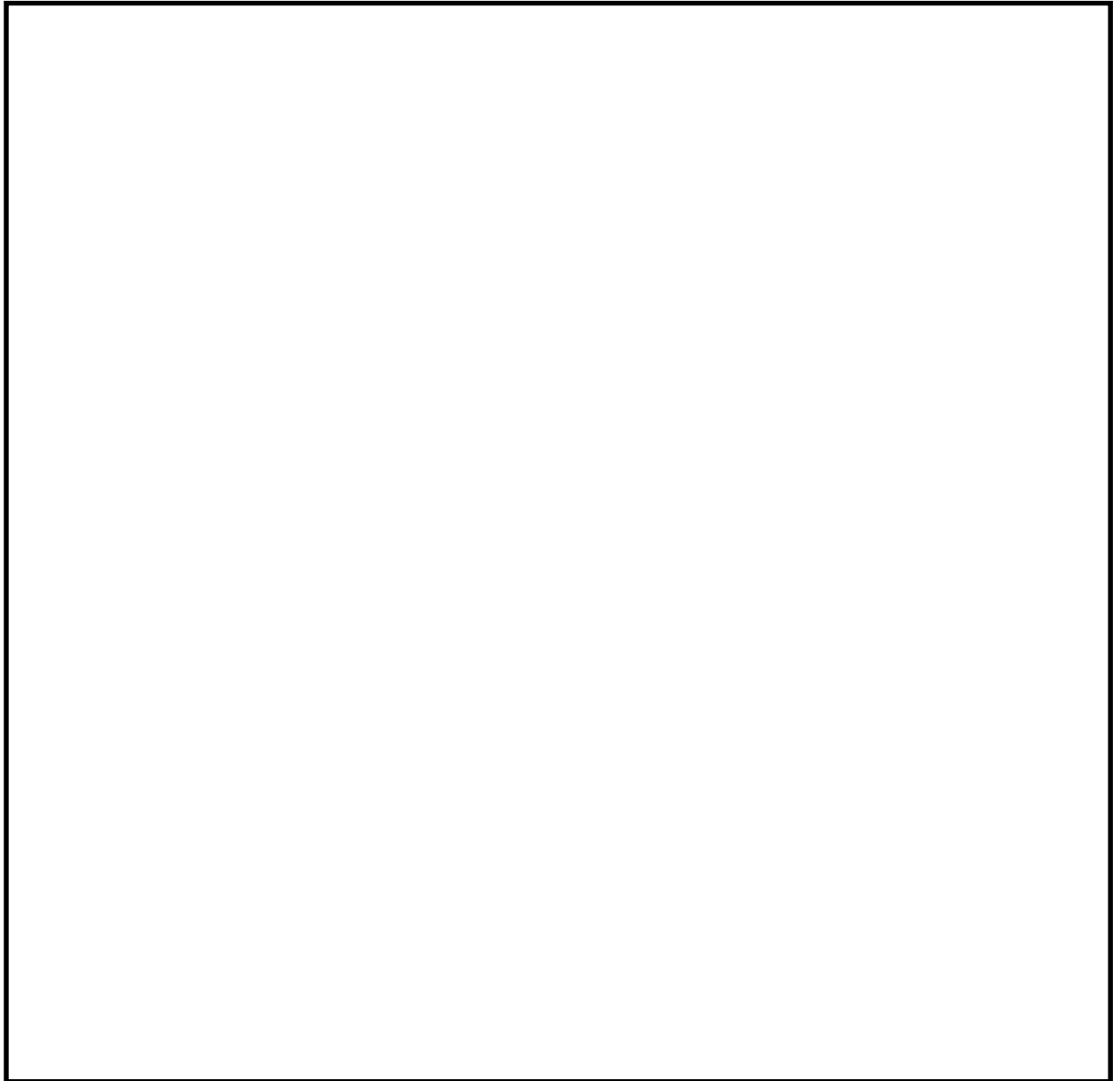
図 7-1 (1) 構内排水路 (杭間部) 出口側集水枡構造図(排水系統 I-2)



(排水系統 I -3)

(排水系統 II -1)

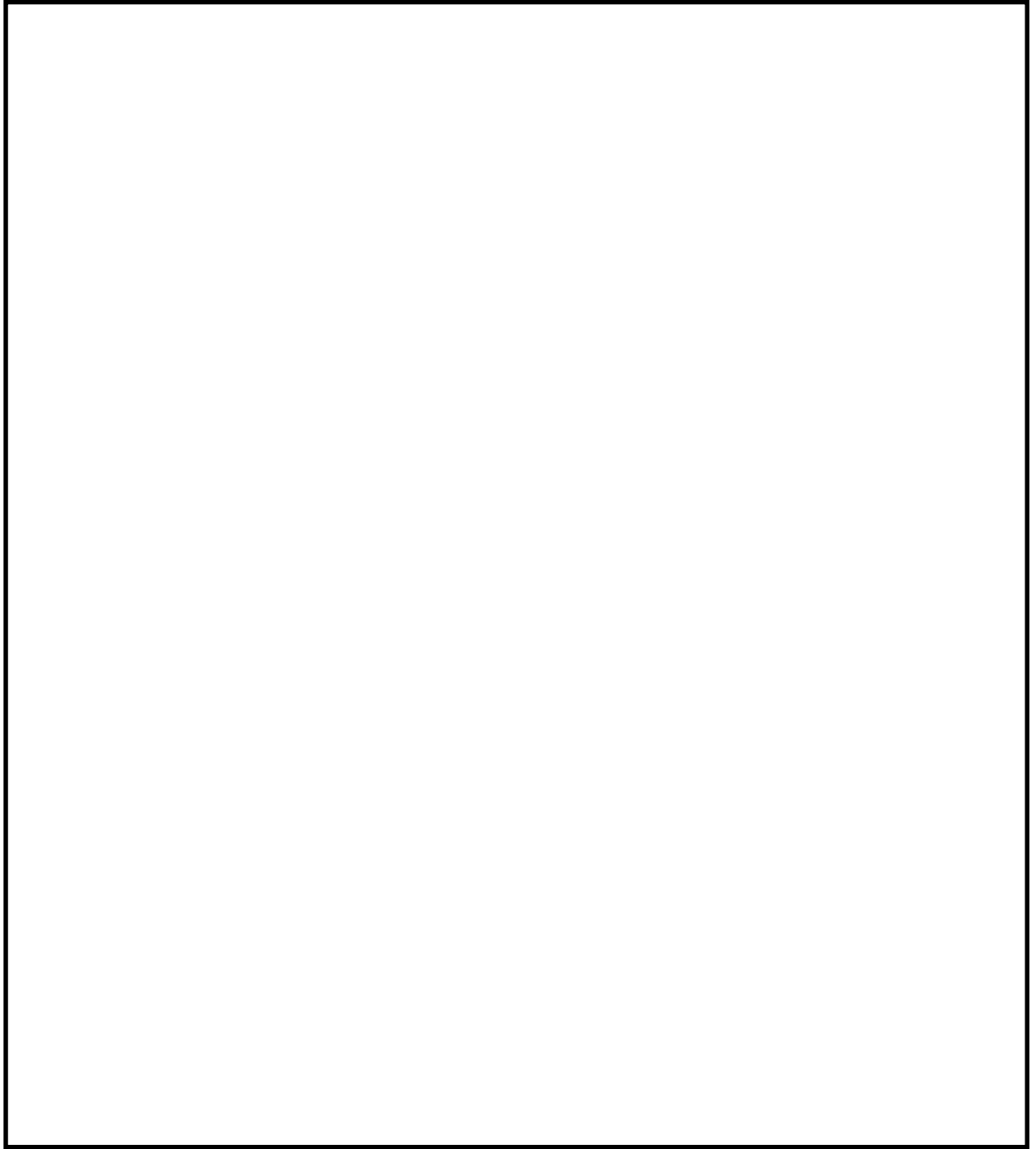
図 7-1 (2) 構内排水路 (杭間部) 出口側集水柵構造図 (排水系統 I -3・II -1)



(排水系統Ⅱ-2)

(排水系統Ⅲ-1)

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

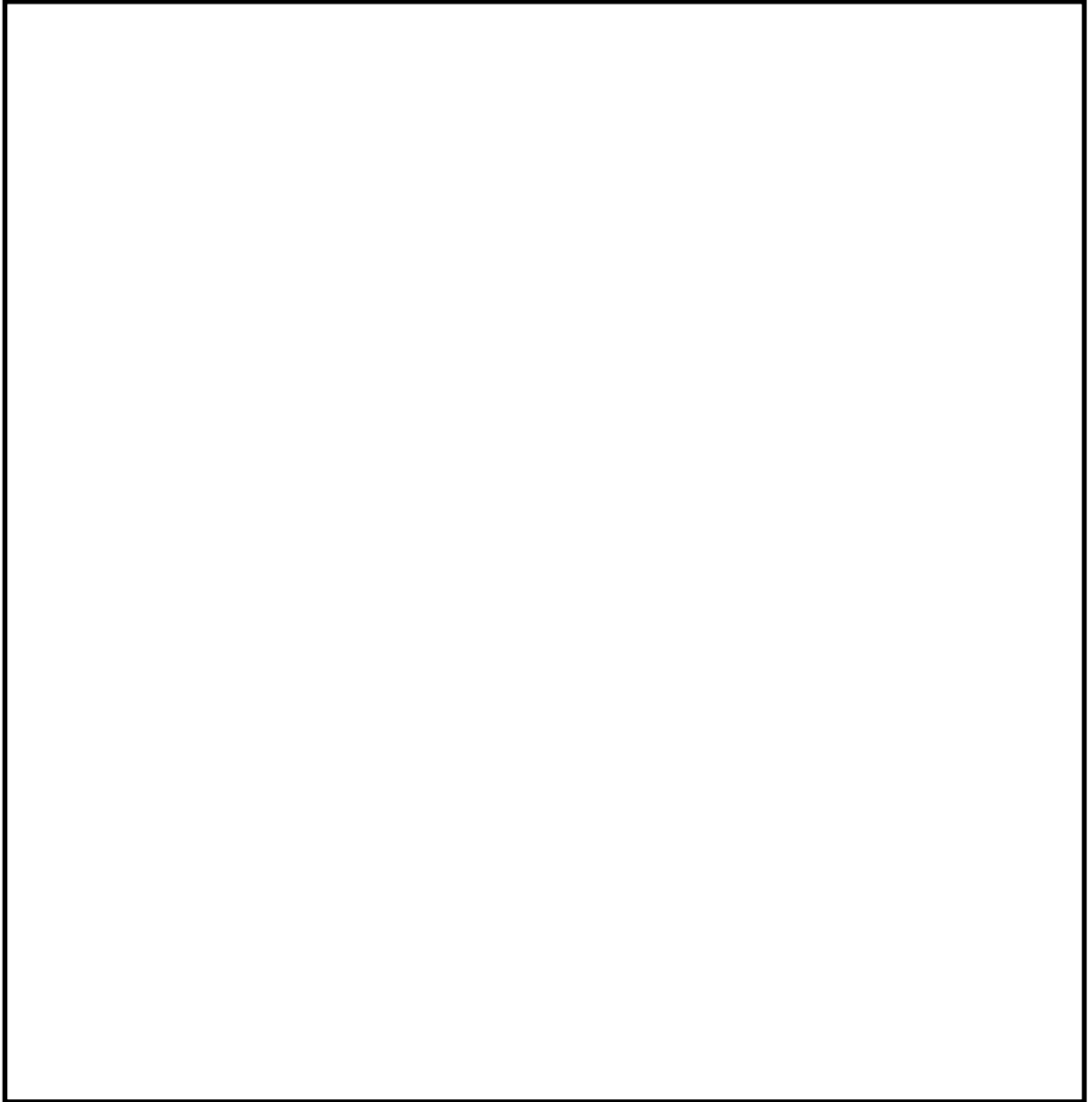


図 7-1 (5) 集水枿 (RC 防潮壁部) 及び貫通部配管 RC 底版の構造概要図

7.2 評価方針

出口側集水柵の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、評価対象部位に作用する応力が許容限界に収まることを確認する。

出口側集水柵の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時(以下「重畳時」という。)について行う。

なお、重畳時の評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を1次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。

7.2.1 杭間部

出口側集水柵(杭間部)の強度評価は、設計基準対象施設として表 7-1 の出口側集水柵(杭間部)の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価を行う。

表 7-1 出口側集水柵(杭間部)の評価項目

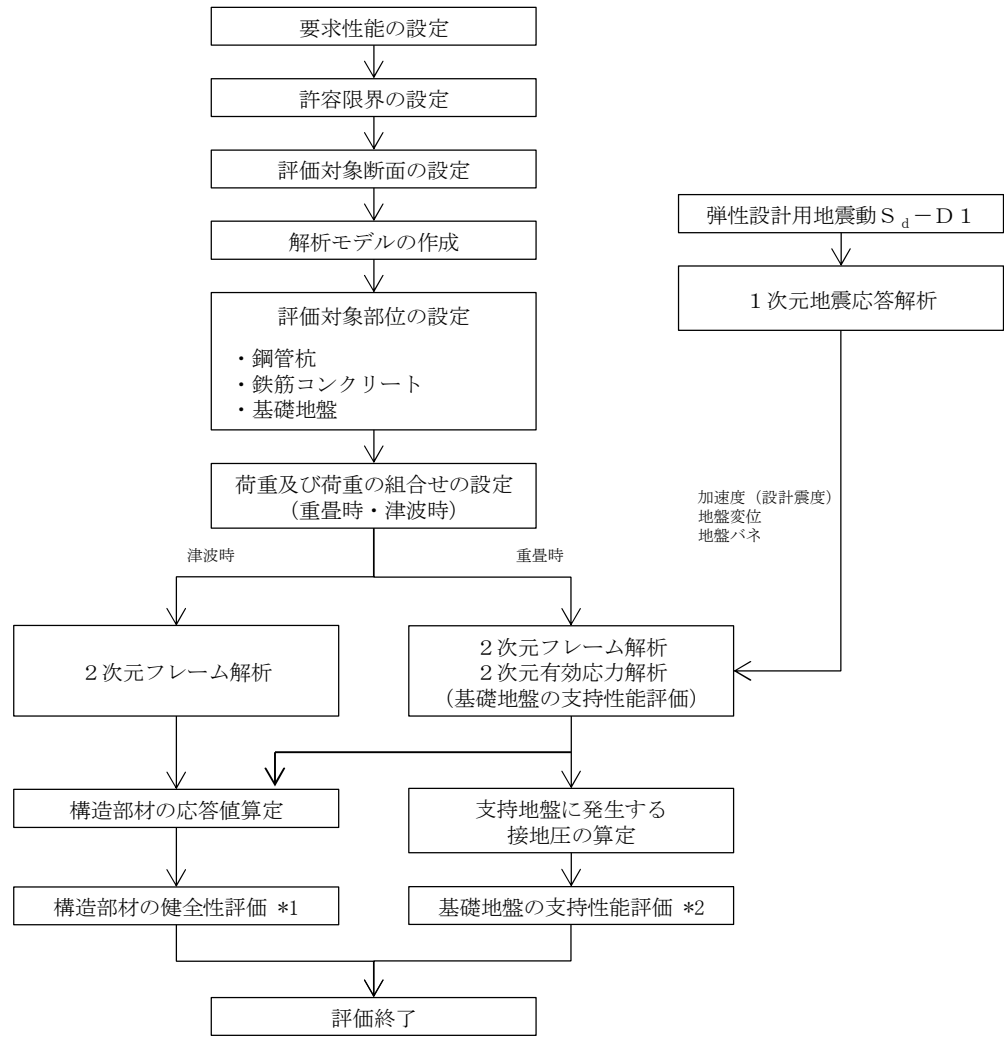
| 評価方針 | 評価項目 | 部位 | 評価方法 | 許容限界 |
|---------------|-----------|----------------|---------------------|---------|
| 構造強度を有すること | 構造部材の健全性 | 出口側集水柵の全構造部材 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |
| | | 出口側集水柵を支持する鋼管杭 | 発生応力が許容限界以下であることを確認 | 短期許容応力度 |
| | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤 | 接地圧が許容限界以下であることを確認 | 極限支持力* |
| 有意な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

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。

集水柵の強度評価フローを図 7-2 に示す。



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 出口側集水桁（杭間部）の強度評価フロー

7.2.2 RC防潮壁部

出口側集水枡（RC防潮壁部）の強度評価は、設計基準対象施設として表 7-2 の出口側集水枡（RC防潮壁部）の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。

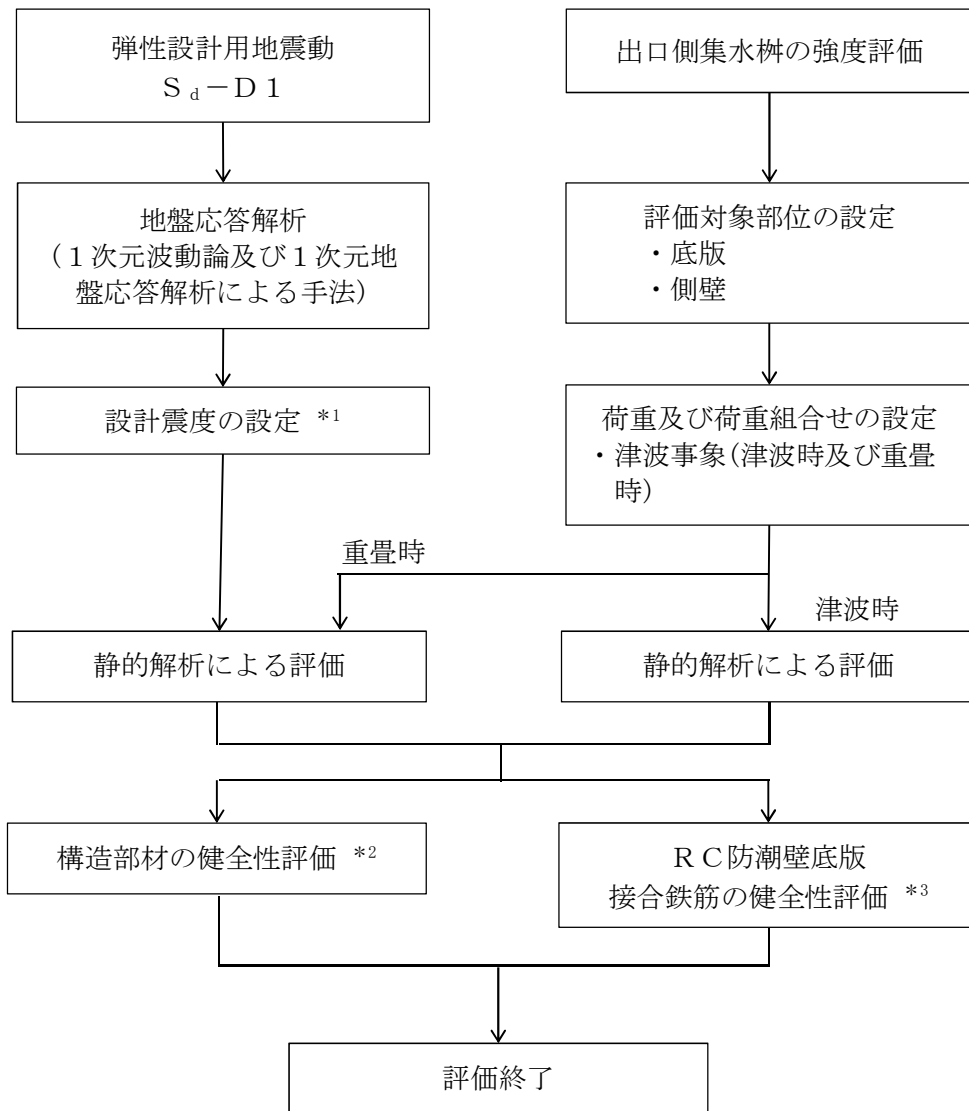
構造部材の健全性評価については、部材に発生する発生応力が許容限界以下であることを確認する。また、出口側集水枡（RC防潮壁部）の支持性能評価については、出口側集水枡が鉄筋コンクリート防潮壁底版と一体化することから、底版との接合鉄筋に生ずる発生応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡の強度評価フローを図 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 |
| | 構造部材の支持性能 | RC防潮壁底版との一体化部 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：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。
 *2：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。
 *3：RC防潮壁底版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 出口側集水柵 (RC防潮壁部) の強度評価フロー

7.3 適用基準

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）
- 道路土工 カルバート工指針（平成 21 年度版）
- 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. 強度評価方法

8.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 8-1 に示す。

表 8-1 強度計算書で用いる記号の定義

| 記号 | 単位 | 定義 |
|----------------|-------------------|--------------------------|
| G | kN | 固定荷重 |
| P | kN | 積載荷重 |
| P_t | kN/m ² | 遡上津波荷重 |
| K_{sd} | kN/m ² | 余震荷重 |
| P_c | kN | 衝突荷重 |
| P_k | kN/m ² | 風荷重 |
| P_s | kN | 積雪荷重 |
| τ_{sa} | N/mm ² | 鋼管杭の許容せん断応力度 |
| σ_{sa1} | N/mm ² | 鋼管杭の許容引張応力度, 許容圧縮応力度 |
| σ_{ca} | N/mm ² | コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 |
| τ_{a1} | N/mm ² | コンクリートの許容せん断応力度 |
| σ_{sa2} | N/mm ² | 鉄筋の許容曲げ引張応力度 |
| σ | N/mm ² | 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 |
| M | N・mm | 最大曲げモーメント |
| Z | mm ³ | 断面係数 |
| N | N | 軸力 |
| A | mm ² | 有効断面積 |
| τ | N/mm ² | 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 |
| S | kN | せん断力 |
| κ | — | せん断応力度の分布係数 (2.0) |

8.2 評価対象断面及び部位

構内排水路逆流防止設備の評価対象断面及び評価対象部位は、添付書類「V-3-別添 3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」の「3.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定する。

8.2.1 杭間部

出口側集水[■]の評価対象部位は、柵本体の底版と前背面壁、及び柵を支持する鋼管杭、支持力、杭頭部とする。評価対象断面は、集水[■]柵及び集水[■]柵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、地震時の地盤変位が大きい排水系統 I-2 の断面とする。評価対象断面位置図を図 8-1 に、評価対象断面図を図 8-2 に示す。

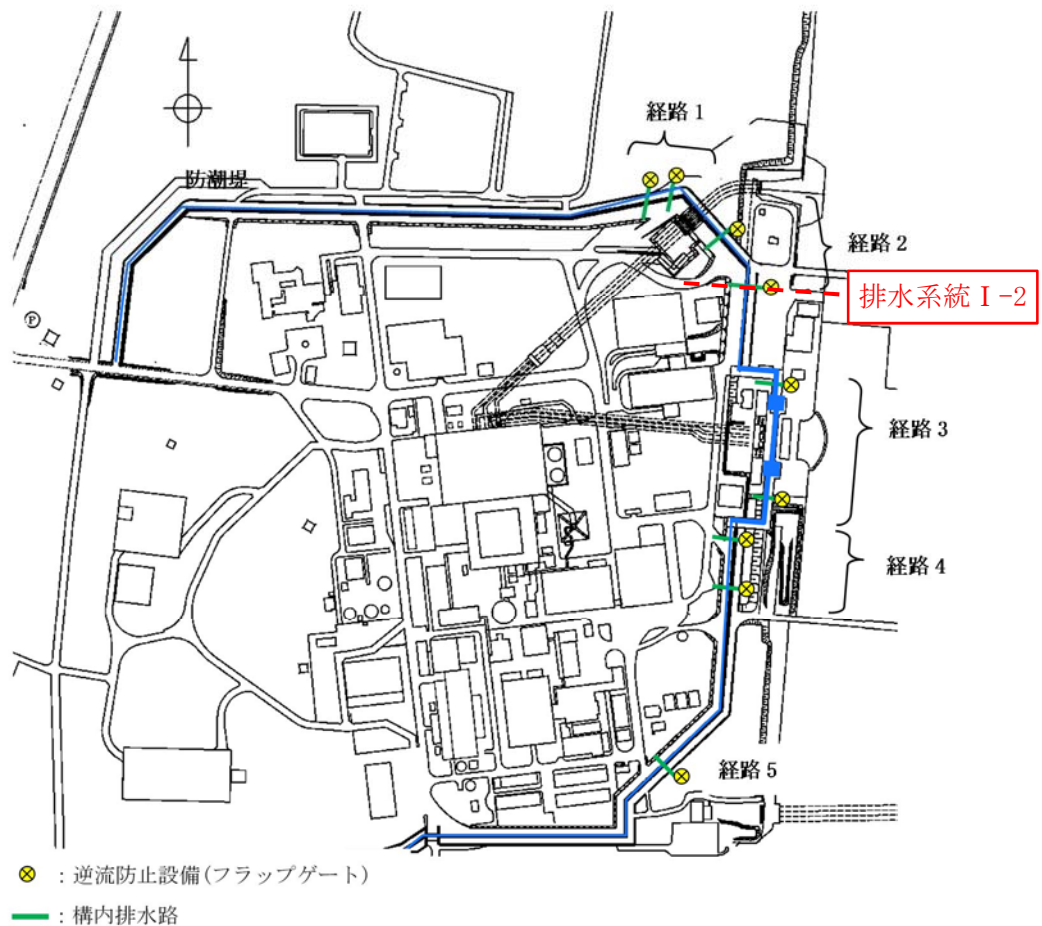


図 8-1 評価対象断面位置図

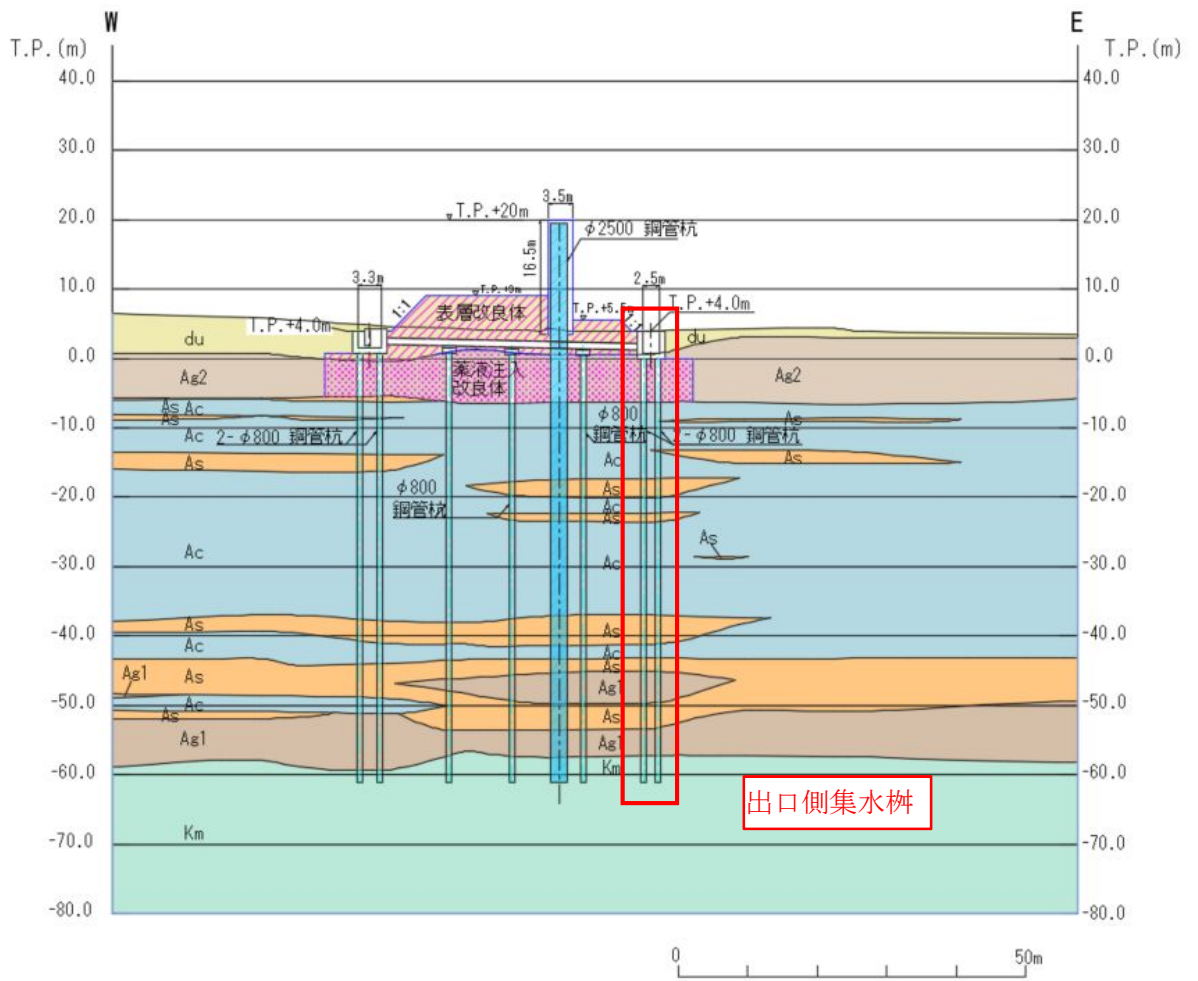


図 8-2 評価対象断面図 (排水系統 I-2)

8.2.2 RC防潮壁部

排水系統IV-1の断面位置を図8-3に示す。また、排水系統IV-1の断面図を図8-4に示す。

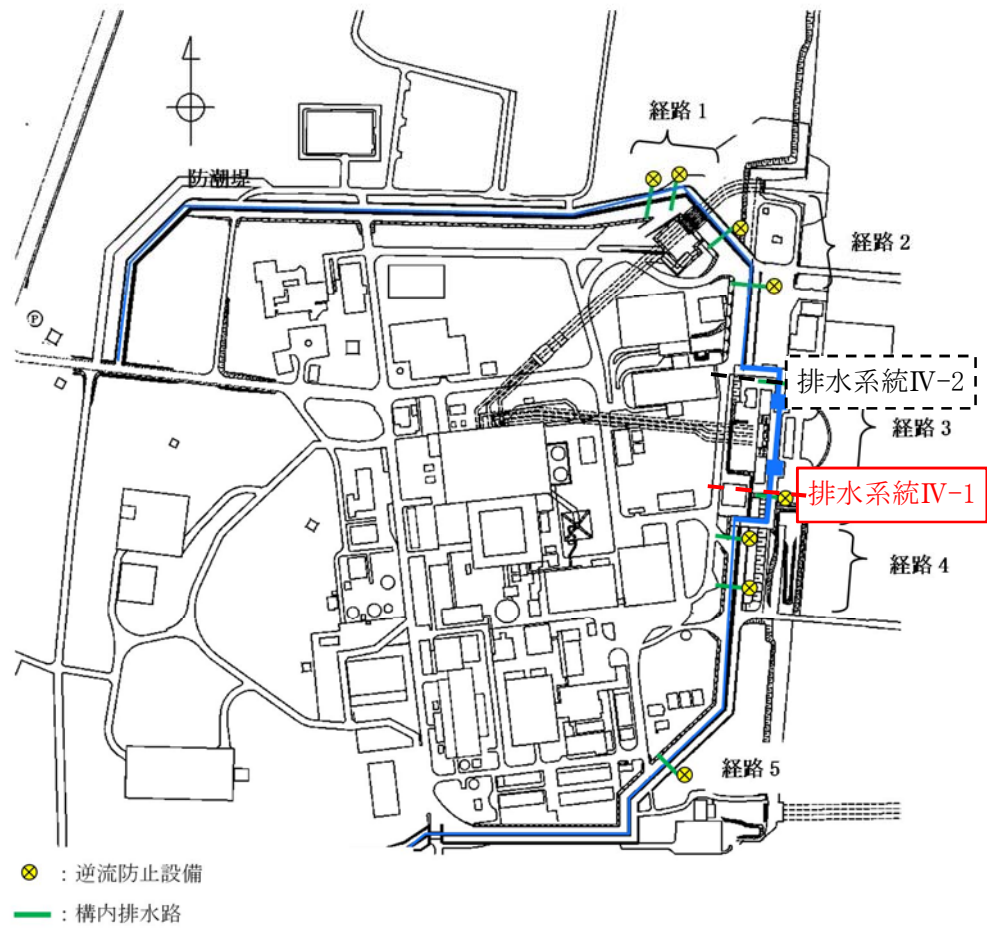


図8-3 構内排水路逆流防止設備（RC防潮壁部）の配置及び評価対象断面位置図

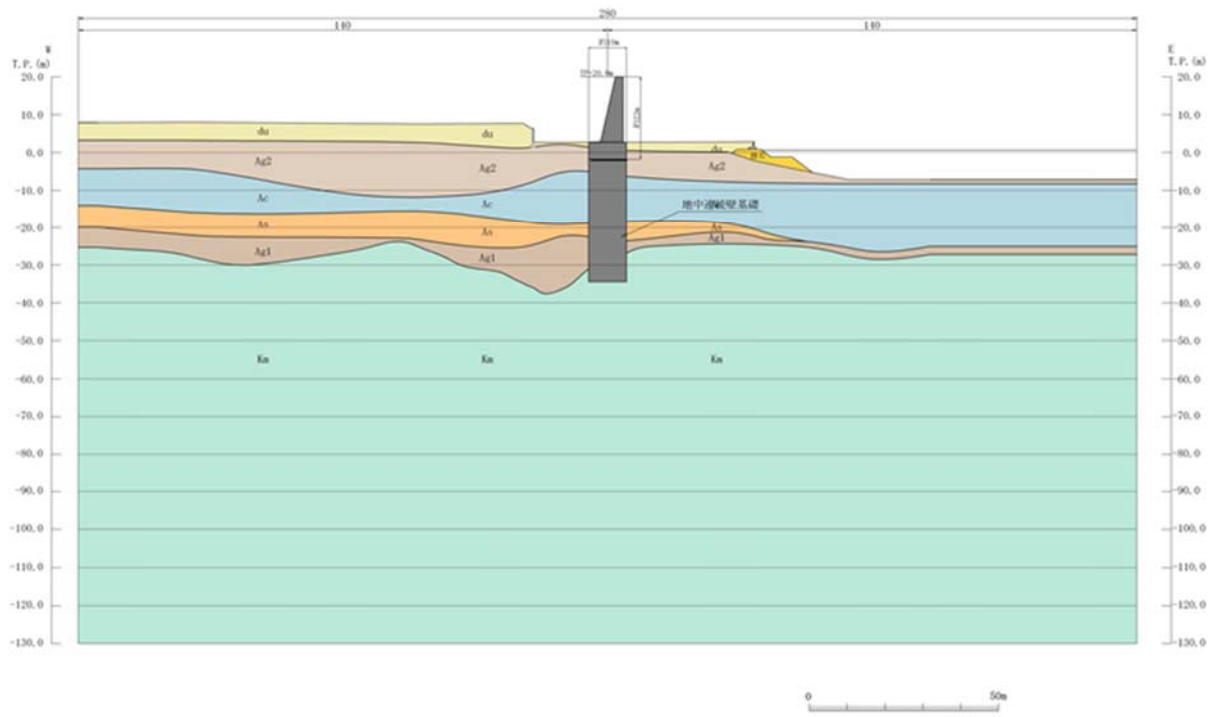


図 8-4 R C 防潮壁部 評価対象断面図 (排水系統IV-1)

8.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付資料「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき設定する。

8.3.1 荷重

出口側集水 柵 の強度評価には、以下の荷重を用いる。

(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) 遡上津波荷重(P_t)

堤外側の集水 柵 に作用する遡上津波荷重を考慮する。

(4) 余震荷重(K_{S_d})

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D1 による地震力及び動水圧を考慮する。

(5) 衝突荷重(P_c)

構内排水路逆流防止設備は、津波の遡上時には考慮しない。

(6) 風荷重(P_k)

構造物全体が地表面以深にあり、風荷重は考慮しない。

(7) 積雪荷重(P_s)

構内排水路逆流防止設備は、津波の遡上時には海面下にあり、積雪荷重は考慮しない。

8.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 8-2 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分する。

表 8-2 荷重の組合せ

| 区分 | 荷重の組合せ |
|-----|-------------------------|
| 津波時 | $G + P + P_t$ |
| 重畳時 | $G + P + P_t + K_{S_d}$ |

G : 固定荷重

P : 積載荷重

P_t : 遡上津波荷重

K_{S_d} : 余震荷重

8.4 許容限界

a. 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 8-3 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，T. P. +24 m 津波時は 1.7 倍の割増を考慮する。

表 8-3 鋼管杭の許容限界

| 評価項目 | | 許容限界 | |
|----------------|---|-------|-----------------|
| | | 基準津波時 | T. P. +24 m 津波時 |
| 鋼管杭 (SM570) | 短期許容引張応力度 σ_{sa1} (N/mm ²) | 382.5 | 433.5 |
| | 短期許容圧縮応力度 σ_{sa1} (N/mm ²) | | |
| | 短期許容せん断応力度 τ_{sa} (N/mm ²) | 217.5 | 246.5 |

b. 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）」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 14 年 3 月）」、「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）」に基づき，表 8-4 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，基準津波時における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。また，T. P. +24 m 津波時には，コンクリートの許容応力度に対して 2.0 倍，鉄筋の許容応力度に対して 1.65 倍の割増を考慮する。

表 8-4 鉄筋コンクリートの許容限界

| 評価項目 | | | 許容限界 | |
|--------|--------------------------------|---|---------------------|--------------------|
| | | | 基準津波時 | T. P. +24 m 津波時 |
| コンクリート | 設計基準強度 40 N/mm ² | 短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} (N/mm ²) | 21 ^{*1} | 28 ^{*1} |
| | | 短期許容せん断応力度 τ_{a1}^{*1} (N/mm ²) | 0.825 ^{*4} | 1.1 ^{*4} |
| | | 短期許容押抜きせん断応力度 τ_{a1}' (N/mm ²) | 1.65 ^{*1} | 2.2 ^{*1} |
| | | 短期許容支圧応力度 σ_{ca}' (N/mm ²) | 18 ^{*1} | 24 ^{*1} |
| | 設計基準強度 50 N/mm ² | 短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} (N/mm ²) | 24 ^{*3} | 32 ^{*3} |
| | | 短期許容せん断応力度 τ_{a1}^{*1} (N/mm ²) | 0.825 ^{*4} | 1.1 ^{*4} |
| | | 短期許容押抜きせん断応力度 τ_{a1}' (N/mm ²) | 1.1 ^{*1} | 2.2 ^{*1} |
| | | 短期許容支圧応力度 σ_{ca}' (N/mm ²) | 22.5 ^{*1} | 30 ^{*1} |
| 鉄筋 | SD345 ^{*1} | 短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (軸方向鉄筋) | 294 | 323.4 |
| | | 短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (せん断補強筋) | 294 | 323.4 |
| | SD490 ^{*2} | 短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (軸方向鉄筋) | 435 | 478.5 |
| | | 短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm ²) (せん断補強筋) | 300 | 330 |

注記 *1：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）

*2：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）

*3：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）

*4：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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）」に準拠し、次式により求められる許容せん断力（ V_a ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界を表 8-5 に示す。

表 8-5 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

| 位置 | 断面形状 | | | | せん断補強筋 | | | 許容せん断力 | | 短期許容 せん断力 V_a (= $V_{ca}+V_{sa}$) (kN) |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|---------------|---------------|----------------------------|------------------------|--|
| | 部材幅 (mm) | 部材高 (mm) | かぶり (mm) | 有効高 (mm) | 径 | S_b (mm) | S_s (mm) | コンクリート V_{ca} (kN) | 鉄筋 V_{sa} (kN) | |
| 壁部 | 1000 | 800 | 150 | 650 | D22 | 200 | 400 | 233.15 | 820.27 | 1053.4 |
| 底版部 | 1000 | 800 | 150 | 650 | D22 | 200 | 400 | 233.15 | 820.27 | 1053.4 |

c. 基礎地盤の支持力

極限支持力は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、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）により以下の支持力算定式により設定する。基礎地盤の支持力に対する許容限界を表 8-6 に示す。

極限支持力算定式（杭基礎 [中掘り工法]）

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum L_i \cdot f_i \quad (\text{kN})$$

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

q_d : 杭下端における単位面積あたりの極限支持力度 (kN/m²) : コンクリート打設方式

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

* $c_{cu} = q_u / 2$ より、 $q_u = c_{cu} \times 2$ 。ここで、 c_{cu} は Km 層の非排水せん断強度

A : 杭下端面積 (m²)

U : 杭の周長 (m)

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦応力度 (kN/m²)

表 8-6 基礎地盤の支持力に対する許容限界

| 項目 | 算定結果 | 備考 |
|-------------------------------------|-------|----------------------|
| 極限支持力 R_u (kN) | — | |
| $q_d A$ (kN) | — | |
| $U \sum L_i f_i$ (kN) | — | |
| 極限支持力度 q_d (kN/m ²) | 6288 | = $3 \cdot q_u$ |
| 一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²) | 2096 | =非排水せん断強度 $\times 2$ |
| 非排水せん断強度 (kN/m ²) | 1048 | |
| 杭下端標高 EL. (m) | -61.0 | |
| 杭下端面積 A (m ²) | — | |
| 杭の周長 U (m) | — | |
| 周面摩擦力を考慮する層の層厚 L_i (m) | — | |
| 最大周面摩擦力度 f_i (kN/m ²) | — | |

8.5 評価方法

構内排水路逆流防止設備の耐震評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

8.5.1 津波時

(1) 出口側集水枡（杭間部）

集水枡の壁と底版、及び枡を支持する鋼管杭を2次元フレーム解析モデルで表現する。このモデルに地盤バネを接続したモデルで応答変位法による2次元静的フレーム解析を行い、津波時の集水枡の各部材及び鋼管杭の構造健全性及び支持性能を確認する。

(a) 鋼管杭

イ. 解析方法

鋼管杭と集水枡の底版及び壁部材をモデル化した静的フレーム解析を行い、津波時の鋼管杭基礎の構造健全性を確認する。

ロ. 解析モデル及び諸元

(イ) 解析モデル

解析モデルは鋼管杭を2次元梁要素でモデル化する。また集水枡は、底版及び縦断面に垂直な側壁を2次元梁要素でモデル化し、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。地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。この時、付与する地盤バネは上限値を有するバイリニア型とする。図8-5にモデル概念図を示す。

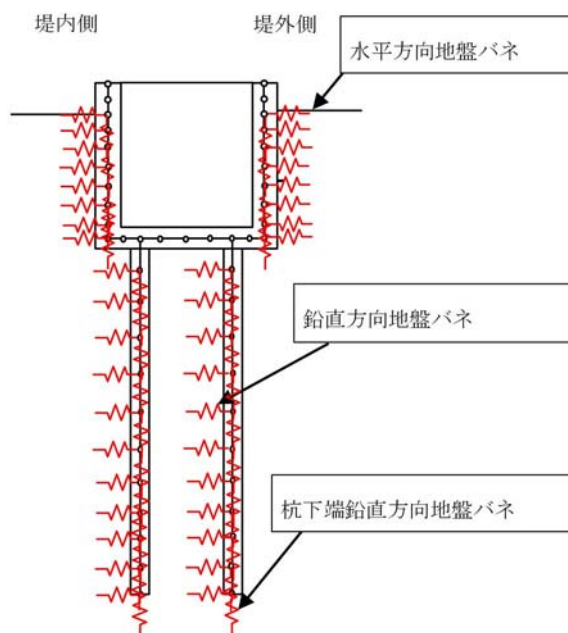


図 8-5 フレーム解析モデル概念図

2次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは「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）」に準拠し，地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

本検討では，津波波力及び漂流物荷重などの堤外側から堤内側に作用する荷重を主たる荷重として扱うためフーチング側部による地盤抵抗を期待するものとする。地盤バネは沈下した地盤面から杭先端までの範囲で考慮する。

津波時の地盤バネは，地盤の剛性及び反力上限値の低下が無いと仮定した地盤バネ1及び地盤の剛性及び反力上限値の低下を考慮した地盤バネ2の2ケースを考慮する。

表 8-7 地盤バネケース

| ケース名 | 地盤バネのバネ定数 | 地盤バネの反力上限値 | 備考 |
|-------|-------------|---------------------------|-----------------|
| 地盤バネ1 | 初期せん断剛性から設定 | ピーク強度（平均値）から設定 | 地盤抵抗が大きいと仮定した場合 |
| 地盤バネ2 | 静弾性係数から設定 | 残留強度（ -1σ 低減値）から設定 | 地盤抵抗が小さいと仮定した場合 |

(ロ) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-8 に，材料の物性値を表 8-9 に示す。

表 8-8 使用材料

| 諸元 | | |
|-----------------|--------|-----------------------------|
| 出口側集水橋 (杭間部) | 鉄筋 | SD490 |
| | コンクリート | 設計基準強度 50 N/mm ² |
| 鋼管杭* (杭間部) | | φ 800 mm (SM570) t = 40 |

注記 *：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）に従い腐食代 1 mm を考慮する。杭の断面照査及び杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 8-9 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* | 50 N/mm ² | 24.5 | 3.30×10^4 | 0.2 |
| 鋼管杭 (杭間部) * | | 77.0 | 2.00×10^5 | 0.3 |

注記 *：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）

ハ. 鋼管杭の評価

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。

(イ) 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)

(ロ) 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

イ. 解析方法

解析モデルは鋼管杭と集水**枘**の鉄筋コンクリート部材の両方をモデル化するため、鋼管杭の検討で実施する静的フレーム解析により、津波時の鉄筋コンクリートの構造健全性の確認を同時に行う。

ロ. 解析モデル及び諸元

(イ) 解析モデル

鋼管杭の検討で用いるモデルと同じモデルを用いる。

(ロ) 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、表 8-8 及び表 8-9 と同様とする。

ハ. 評価方法

鉄筋コンクリートは、強度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。

(2) 出口側集水枡 (RC防潮壁部)

出口側集水枡の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して2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。

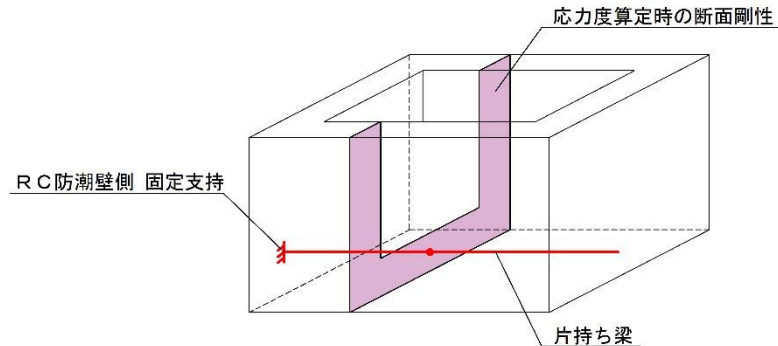


図 8-6 片持ち梁モデル概要図

(a) 梁部材としての評価

イ. 解析手法

出口側集水枡のRC防潮壁基礎側を固定支持とした片持ち梁として鉄筋コンクリートの構造健全性の確認を行う。

ロ. 解析モデル及び諸元

片持ち梁の断面は底版及び側壁を考慮する。

ハ. 底版の評価

片持ち梁に生じる曲げモーメント及び軸力を底版及び底版に垂直な両側の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。

(b) 面部材としての評価

出口側集水^桁の側壁については、底版及び面外側の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。

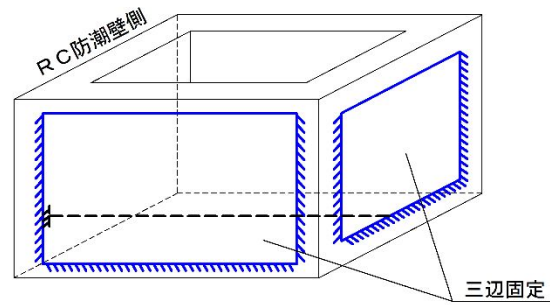


図 8-7 三辺固定版モデル概要図

イ. 解析手法

三辺固定一辺自由スラブとして曲げモーメント及びせん断力を算出し、鉄筋コンクリートの構造健全性の確認を行う。

ロ. 解析モデル及び諸元

三辺固定一辺自由スラブとして生じる応力が保守側となる箇所により構造健全性を確認する。

ハ. 側壁の評価

側壁に生じる曲げモーメント及びせん断によって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。

(c) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-10 に、材料の物性値を表 8-11 に示す。

表 8-10 使用材料

| 諸元 | | |
|--------------------|--------|-----------------------------|
| 出口側集水枡 (RC防潮壁部) | 鉄筋(主筋) | SD490 |
| | コンクリート | 設計基準強度 40 N/mm ² |

表 8-11 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 |

注記 * : 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)

8.5.2 重畳時

(1) 出口側集水桁（杭間部）

重畳時においては出口側集水桁の静的解析に必要な余震時の設計震度，地盤変位，地盤剛性及び反力上限値を1次元有効応力解析により算出する。算出した設計震度及び地盤変位，地盤剛性及び反力上限値を集水桁と鋼管杭をモデル化した2次元フレーム解析モデルに考慮する。応答変位法による2次元静的フレーム解析を行い，重畳時における出口側集水桁の各部材及び鋼管杭の構造健全性及び支持性能を確認する。

a. 1次元有効応力解析

イ. 解析方法

重畳時の検討で実施する1次元有効応力解析は，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，添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

(イ) 地盤

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(ロ) 減衰定数

固有値解析にて求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

ロ. 解析モデル及び諸元

(イ) 解析モデル

解析モデルは，構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。

(ロ) 地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「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。表 8-12 に地盤の物性値を示す。

表 8-12 (1) 地盤の解析用物性値一覧 (液状化検討対象層)

| パラメータ | | | | 原地盤 | | | | | | | | 豊浦標準砂 |
|-------|--------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|
| | | | | 埋戻土 | 第四系 (液状化検討対象層) | | | | | | | |
| | | | | | f1 | du | Ag2 | As | Ag1 | D2s-3 | D2g-3 | |
| 物理特性 | 密度 () は地下水位以浅 | ρ | g/cm ³ | 1.98 (1.82) | 1.98 (1.82) | 2.01 (1.89) | 1.74 | 2.01 (1.89) | 1.92 | 2.15 (2.11) | 2.01 (1.89) | 1.958 |
| | 間隙比 | e | — | 0.75 | 0.75 | 0.67 | 1.2 | 0.67 | 0.79 | 0.43 | 0.67 | 0.702 |
| 変形特性 | ポアソン比 | ν_{CD} | — | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.19 | 0.26 | 0.25 | 0.333 |
| | 基準平均有効主応力 () は地下水位以浅 | σ'_{ma} | kN/m ² | 358 (312) | 358 (312) | 497 (299) | 378 | 814 (814) | 966 | 1167 (1167) | 1695 (1710) | 12.6 |
| | 基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅 | G_{ma} | kN/m ² | 253529 (220739) | 253529 (220739) | 278087 (167137) | 143284 | 392073 (392073) | 650611 | 1362035 (1362035) | 947946 (956776) | 18975 |
| | 最大履歴減衰率 | h_{max} | — | 0.220 | 0.220 | 0.233 | 0.216 | 0.221 | 0.192 | 0.130 | 0.233 | 0.287 |
| 強度特性 | 粘着力 | C_{CD} | N/mm ² | 0 | 0 | 0 | 0.012 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 |
| | 内部摩擦角 | ϕ_{CD} | 度 | 37.3 | 37.3 | 37.4 | 41 | 37.4 | 35.8 | 44.4 | 37.4 | 30 |
| 液状化特性 | 液状化パラメータ | ϕ_p | — | 34.8 | 34.8 | 34.9 | 38.3 | 34.9 | 33.4 | 41.4 | 34.9 | 28 |
| | 液状化パラメータ | S_1 | — | 0.047 | 0.047 | 0.028 | 0.046 | 0.029 | 0.048 | 0.030 | 0.020 | 0.005 |
| | 液状化パラメータ | W_1 | — | 6.5 | 6.5 | 56.5 | 6.9 | 51.6 | 17.6 | 45.2 | 10.5 | 5.06 |
| | 液状化パラメータ | P_1 | — | 1.26 | 1.26 | 9.00 | 1.00 | 12.00 | 4.80 | 8.00 | 7.00 | 0.57 |
| | 液状化パラメータ | P_2 | — | 0.80 | 0.80 | 0.60 | 0.75 | 0.60 | 0.96 | 0.60 | 0.50 | 0.80 |
| | 液状化パラメータ | C_1 | — | 2.00 | 2.00 | 3.40 | 2.27 | 3.35 | 3.15 | 3.82 | 2.83 | 1.44 |

表 8-12 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (非液状化層)

| パラメータ | | | | 原地盤 | | | | | 捨石 |
|-------|--------------------------|----------------|-------------------|-------------|--------|------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | | | | 第四系 (非液状化層) | | | | 新第三系 | |
| | | | | Ac | D2c-3 | 1m | D1c-1* ¹ | Km | |
| 物理特性 | 密度 () は地下水位以浅 | ρ | g/cm ³ | 1.65 | 1.77 | 1.47 (1.43) | — | $1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$ | 2.04 (1.84) |
| | 間隙比 | e | — | 1.59 | 1.09 | 2.8 | — | 1.16 | 0.82 |
| 変形特性 | ポアソン比 | ν_{CD} | — | 0.10 | 0.22 | 0.14 | — | $0.16+0.00025 \cdot z$ | 0.33 |
| | 基準平均有効主応力 () は地下水位以浅 | σ'_{ma} | kN/m ² | 480 | 696 | 249 (223) | — | 動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定 | 98 |
| | 基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅 | G_{ma} | kN/m ² | 121829 | 285223 | 38926 (35783) | — | | 180000 |
| | 最大履歴減衰率 | h_{max} | — | 0.200 | 0.186 | 0.151 | — | | 0.24 |
| 強度特性 | 粘着力 | C_{CD} | N/mm ² | 0.025 | 0.026 | 0.042 | — | | $0.358-0.00603 \cdot z$ |
| | 内部摩擦角 | ϕ_{CD} | 度 | 29.1 | 35.6 | 27.3 | — | $23.2+0.0990 \cdot z$ | 35 |

注記 *1 : 施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから, 解析用物性値として本表には記載しない。

z : 標高 (m)

表 8-12 (3) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

| 区分 番号 | 設定深度 T.P.(m) Z | 通用深度 T.P.(m) | 密度 ρ (g/cm^3) | 静水アソソ比 ν_{co} | 粘着力 C_{co} (kN/m^2) | 内部摩擦角 ϕ_{co} ($^{\circ}$) | せん断波 速度Vs (m/s) | 基準初期 せん断剛性 Gma (kN/m^2) | 基準体積 弾性係数 Kma (kN/m^2) | 基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/m^2) | 拘束圧 依存係数 mG,mK | 最大履歴 減衰率 hmax(-) | 動水アソソ比 ν_d | 疎密波 速度Vp (m/s) |
|----------|----------------------|--------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------|------------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 10 | 9.5 ~ 10.5 | 1.72 | 0.16 | 298 | 24.2 | 425 | 310.675 | 353,317 | 504 | 0 | 0.105 | 0.464 | 1640 |
| 2 | 9 | 8.5 ~ 9.5 | 1.72 | 0.16 | 304 | 24.1 | 426 | 312,139 | 354,982 | 504 | 0 | 0.105 | 0.464 | 1644 |
| 3 | 8 | 7.5 ~ 8.5 | 1.72 | 0.16 | 310 | 24.0 | 427 | 313,606 | 356,650 | 504 | 0 | 0.105 | 0.464 | 1648 |
| 4 | 7 | 6.5 ~ 7.5 | 1.72 | 0.16 | 316 | 23.9 | 428 | 315,076 | 358,322 | 504 | 0 | 0.105 | 0.464 | 1651 |
| 5 | 6 | 5.5 ~ 6.5 | 1.72 | 0.16 | 322 | 23.8 | 428 | 315,076 | 358,322 | 504 | 0 | 0.106 | 0.464 | 1651 |
| 6 | 5 | 4.5 ~ 5.5 | 1.72 | 0.16 | 328 | 23.7 | 429 | 316,551 | 359,999 | 504 | 0 | 0.106 | 0.464 | 1655 |
| 7 | 4 | 3.5 ~ 4.5 | 1.72 | 0.16 | 334 | 23.6 | 430 | 318,028 | 361,679 | 504 | 0 | 0.106 | 0.463 | 1638 |
| 8 | 3 | 2.5 ~ 3.5 | 1.72 | 0.16 | 340 | 23.5 | 431 | 319,509 | 363,363 | 504 | 0 | 0.107 | 0.463 | 1642 |
| 9 | 2 | 1.5 ~ 2.5 | 1.72 | 0.16 | 346 | 23.4 | 431 | 319,509 | 363,363 | 504 | 0 | 0.107 | 0.463 | 1642 |
| 10 | 1 | 0.5 ~ 1.5 | 1.72 | 0.16 | 352 | 23.3 | 432 | 320,993 | 365,051 | 504 | 0 | 0.107 | 0.463 | 1646 |
| 11 | 0 | -0.5 ~ 0.5 | 1.72 | 0.16 | 358 | 23.2 | 433 | 322,481 | 366,743 | 504 | 0 | 0.107 | 0.463 | 1650 |
| 12 | -1 | -1.5 ~ -0.5 | 1.72 | 0.16 | 364 | 23.1 | 434 | 323,972 | 368,439 | 504 | 0 | 0.108 | 0.463 | 1653 |
| 13 | -2 | -2.5 ~ -1.5 | 1.72 | 0.16 | 370 | 23.0 | 435 | 325,467 | 370,139 | 504 | 0 | 0.108 | 0.463 | 1657 |
| 14 | -3 | -3.5 ~ -2.5 | 1.72 | 0.16 | 376 | 22.9 | 435 | 325,467 | 370,139 | 504 | 0 | 0.108 | 0.463 | 1657 |
| 15 | -4 | -4.5 ~ -3.5 | 1.72 | 0.16 | 382 | 22.8 | 436 | 326,965 | 371,843 | 504 | 0 | 0.108 | 0.463 | 1661 |
| 16 | -5 | -5.5 ~ -4.5 | 1.72 | 0.16 | 388 | 22.7 | 437 | 328,467 | 373,551 | 504 | 0 | 0.109 | 0.462 | 1644 |
| 17 | -6 | -6.5 ~ -5.5 | 1.72 | 0.16 | 394 | 22.6 | 438 | 329,972 | 375,262 | 504 | 0 | 0.109 | 0.462 | 1648 |
| 18 | -7 | -7.5 ~ -6.5 | 1.72 | 0.16 | 400 | 22.5 | 438 | 329,972 | 375,262 | 504 | 0 | 0.109 | 0.462 | 1648 |
| 19 | -8 | -8.5 ~ -7.5 | 1.72 | 0.16 | 406 | 22.4 | 439 | 331,480 | 376,977 | 504 | 0 | 0.109 | 0.462 | 1652 |
| 20 | -9 | -9.5 ~ -8.5 | 1.72 | 0.16 | 412 | 22.3 | 440 | 332,992 | 378,697 | 504 | 0 | 0.110 | 0.462 | 1656 |
| 21 | -10 | -11 ~ -9.5 | 1.72 | 0.16 | 418 | 22.2 | 441 | 334,507 | 380,420 | 504 | 0 | 0.110 | 0.462 | 1659 |
| 22 | -12 | -13 ~ -11 | 1.72 | 0.16 | 430 | 22.0 | 442 | 336,026 | 382,147 | 504 | 0 | 0.110 | 0.462 | 1663 |
| 23 | -14 | -15 ~ -13 | 1.72 | 0.16 | 442 | 21.8 | 444 | 339,074 | 385,614 | 504 | 0 | 0.111 | 0.462 | 1671 |
| 24 | -16 | -17 ~ -15 | 1.72 | 0.16 | 454 | 21.6 | 445 | 340,603 | 387,352 | 504 | 0 | 0.111 | 0.461 | 1654 |
| 25 | -18 | -19 ~ -17 | 1.72 | 0.16 | 467 | 21.4 | 447 | 343,671 | 390,842 | 504 | 0 | 0.112 | 0.461 | 1662 |
| 26 | -20 | -21 ~ -19 | 1.72 | 0.16 | 479 | 21.2 | 448 | 345,211 | 392,593 | 504 | 0 | 0.112 | 0.461 | 1665 |
| 27 | -22 | -23 ~ -21 | 1.72 | 0.15 | 491 | 21.0 | 450 | 348,300 | 381,471 | 498 | 0 | 0.112 | 0.461 | 1673 |
| 28 | -24 | -25 ~ -23 | 1.72 | 0.15 | 503 | 20.8 | 452 | 351,403 | 384,870 | 498 | 0 | 0.113 | 0.461 | 1680 |
| 29 | -26 | -27 ~ -25 | 1.72 | 0.15 | 515 | 20.6 | 453 | 352,959 | 386,574 | 498 | 0 | 0.113 | 0.460 | 1664 |
| 30 | -28 | -29 ~ -27 | 1.72 | 0.15 | 527 | 20.4 | 455 | 356,083 | 389,996 | 498 | 0 | 0.114 | 0.460 | 1672 |
| 31 | -30 | -31 ~ -29 | 1.72 | 0.15 | 539 | 20.2 | 456 | 357,650 | 391,712 | 498 | 0 | 0.114 | 0.460 | 1675 |
| 32 | -32 | -33 ~ -31 | 1.72 | 0.15 | 551 | 20.0 | 458 | 360,794 | 395,155 | 498 | 0 | 0.115 | 0.460 | 1683 |
| 33 | -34 | -35 ~ -33 | 1.72 | 0.15 | 563 | 19.8 | 459 | 362,371 | 396,883 | 498 | 0 | 0.115 | 0.459 | 1667 |
| 34 | -36 | -37 ~ -35 | 1.72 | 0.15 | 575 | 19.6 | 461 | 365,536 | 400,349 | 498 | 0 | 0.115 | 0.459 | 1675 |
| 35 | -38 | -39 ~ -37 | 1.72 | 0.15 | 587 | 19.4 | 462 | 367,124 | 402,088 | 498 | 0 | 0.116 | 0.459 | 1678 |
| 36 | -40 | -41 ~ -39 | 1.72 | 0.15 | 599 | 19.2 | 464 | 370,309 | 405,577 | 498 | 0 | 0.116 | 0.459 | 1685 |
| 37 | -42 | -43 ~ -41 | 1.72 | 0.15 | 611 | 19.0 | 465 | 371,907 | 407,327 | 498 | 0 | 0.117 | 0.459 | 1689 |
| 38 | -44 | -45 ~ -43 | 1.72 | 0.15 | 623 | 18.8 | 467 | 375,113 | 410,838 | 498 | 0 | 0.117 | 0.458 | 1678 |
| 39 | -46 | -47 ~ -45 | 1.72 | 0.15 | 635 | 18.6 | 468 | 376,721 | 412,599 | 498 | 0 | 0.117 | 0.458 | 1681 |
| 40 | -48 | -49 ~ -47 | 1.72 | 0.15 | 647 | 18.4 | 470 | 379,948 | 416,134 | 498 | 0 | 0.118 | 0.458 | 1688 |
| 41 | -50 | -51 ~ -49 | 1.73 | 0.15 | 660 | 18.3 | 472 | 385,416 | 422,122 | 498 | 0 | 0.118 | 0.458 | 1696 |
| 42 | -52 | -53 ~ -51 | 1.73 | 0.15 | 672 | 18.1 | 473 | 387,051 | 423,913 | 498 | 0 | 0.118 | 0.458 | 1699 |
| 43 | -54 | -55 ~ -53 | 1.73 | 0.15 | 684 | 17.9 | 475 | 390,331 | 427,505 | 498 | 0 | 0.118 | 0.457 | 1688 |
| 44 | -56 | -57 ~ -55 | 1.73 | 0.15 | 696 | 17.7 | 476 | 391,976 | 429,307 | 498 | 0 | 0.119 | 0.457 | 1692 |
| 45 | -58 | -59 ~ -57 | 1.73 | 0.15 | 708 | 17.5 | 478 | 395,277 | 432,922 | 498 | 0 | 0.119 | 0.457 | 1699 |
| 46 | -60 | -61 ~ -59 | 1.73 | 0.15 | 720 | 17.3 | 479 | 396,933 | 434,736 | 498 | 0 | 0.120 | 0.457 | 1702 |
| 47 | -62 | -63 ~ -61 | 1.73 | 0.14 | 732 | 17.1 | 481 | 400,255 | 422,491 | 492 | 0 | 0.120 | 0.457 | 1709 |
| 48 | -64 | -65 ~ -63 | 1.73 | 0.14 | 744 | 16.9 | 482 | 401,921 | 424,250 | 492 | 0 | 0.120 | 0.456 | 1695 |
| 49 | -66 | -67 ~ -65 | 1.73 | 0.14 | 756 | 16.7 | 484 | 405,263 | 427,778 | 492 | 0 | 0.120 | 0.456 | 1702 |
| 50 | -68 | -69 ~ -67 | 1.73 | 0.14 | 768 | 16.5 | 485 | 406,939 | 429,547 | 492 | 0 | 0.121 | 0.456 | 1705 |
| 51 | -70 | -71 ~ -69 | 1.73 | 0.14 | 780 | 16.3 | 487 | 410,302 | 433,097 | 492 | 0 | 0.121 | 0.456 | 1712 |
| 52 | -72 | -73 ~ -71 | 1.73 | 0.14 | 792 | 16.1 | 489 | 413,679 | 436,661 | 492 | 0 | 0.121 | 0.456 | 1719 |
| 53 | -74 | -75 ~ -73 | 1.73 | 0.14 | 804 | 15.9 | 490 | 415,373 | 438,449 | 492 | 0 | 0.122 | 0.455 | 1705 |
| 54 | -76 | -77 ~ -75 | 1.73 | 0.14 | 816 | 15.7 | 492 | 418,771 | 442,036 | 492 | 0 | 0.122 | 0.455 | 1712 |
| 55 | -78 | -79 ~ -77 | 1.73 | 0.14 | 828 | 15.5 | 493 | 420,475 | 443,835 | 492 | 0 | 0.122 | 0.455 | 1716 |
| 56 | -80 | -81 ~ -79 | 1.73 | 0.14 | 840 | 15.3 | 495 | 423,893 | 447,443 | 492 | 0 | 0.122 | 0.455 | 1723 |
| 57 | -82 | -83 ~ -81 | 1.73 | 0.14 | 852 | 15.1 | 496 | 425,608 | 449,253 | 492 | 0 | 0.123 | 0.455 | 1726 |
| 58 | -88 | -89 ~ -85 | 1.73 | 0.14 | 889 | 14.5 | 501 | 434,232 | 458,356 | 492 | 0 | 0.124 | 0.454 | 1726 |
| 59 | -92 | -93 ~ -89 | 1.73 | 0.14 | 913 | 14.1 | 504 | 439,448 | 463,862 | 492 | 0 | 0.124 | 0.454 | 1736 |
| 60 | -98 | -99 ~ -95 | 1.73 | 0.14 | 949 | 13.5 | 509 | 448,210 | 473,111 | 492 | 0 | 0.125 | 0.453 | 1736 |
| 61 | -104 | -105 ~ -101 | 1.73 | 0.13 | 985 | 12.9 | 513 | 455,282 | 463,485 | 486 | 0 | 0.126 | 0.452 | 1733 |
| 62 | -112 | -113 ~ -108 | 1.73 | 0.13 | 1,033 | 12.1 | 519 | 465,995 | 474,391 | 486 | 0 | 0.127 | 0.451 | 1737 |
| 63 | -118 | -119 ~ -115 | 1.73 | 0.13 | 1,070 | 11.5 | 524 | 475,016 | 483,575 | 486 | 0 | 0.127 | 0.451 | 1754 |
| 64 | -126 | -127 ~ -122 | 1.73 | 0.13 | 1,118 | 10.7 | 530 | 485,957 | 494,713 | 486 | 0 | 0.128 | 0.450 | 1758 |

表 8-12 (4) 地盤改良体の物性値一覧

| 項目 | | 地盤改良体 (セメント改良) * | |
|--------|--|---|--|
| | | 一軸圧縮強度 (≤8.5N/mm ² の場合) | 一軸圧縮強度 (>8.5N/mm ² の場合) |
| 物理特性 | 密度 ρ_t (g/cm ³) | 改良対象の原地盤の平均密度×1.1 | |
| 静的変形特性 | 静弾性係数 (N/mm ²) | 581 | 2159 |
| | 静ポアソン比 ν_s | 0.260 | |
| 動的変形特性 | 初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²) | $G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 一軸圧縮強度 (kgf/cm ²) | |
| | 動ポアソン比 ν_d | 0.431 | |
| | 動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$ | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-) | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-) |
| | 減衰定数 $h \sim \gamma$ | $h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-) | $h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-) |
| 強度特性 | 粘着力 C (N/mm ²) | $C = q_u / 2$ q_u : 一軸圧縮強度 (N/mm ²) | |

注記 * : 地盤改良体 (嵩上げ部) の一軸圧縮強度 : 1.5 N/mm²

(ハ) 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、表 8-8 及び表 8-9 と同様とする。

(ニ) 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

ハ. 入力地震動

入力地震動は、添付書類「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弾性設計用地震動 S_d-D1 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。

図 8-8 に入力地震動算定の概念図を、図 8-9 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。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、添付書類「V-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・k-SHAKE」に示す。

入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 8-8 に示す。

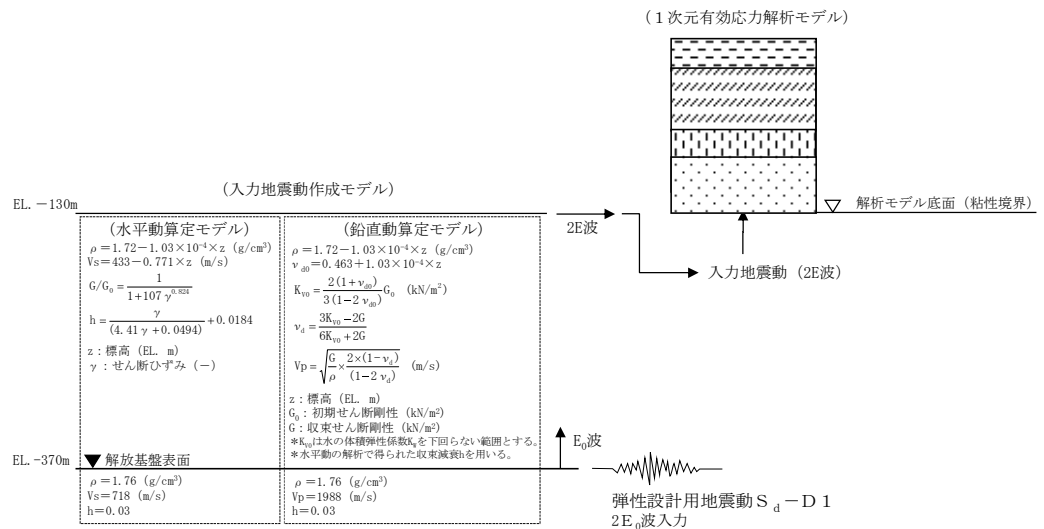
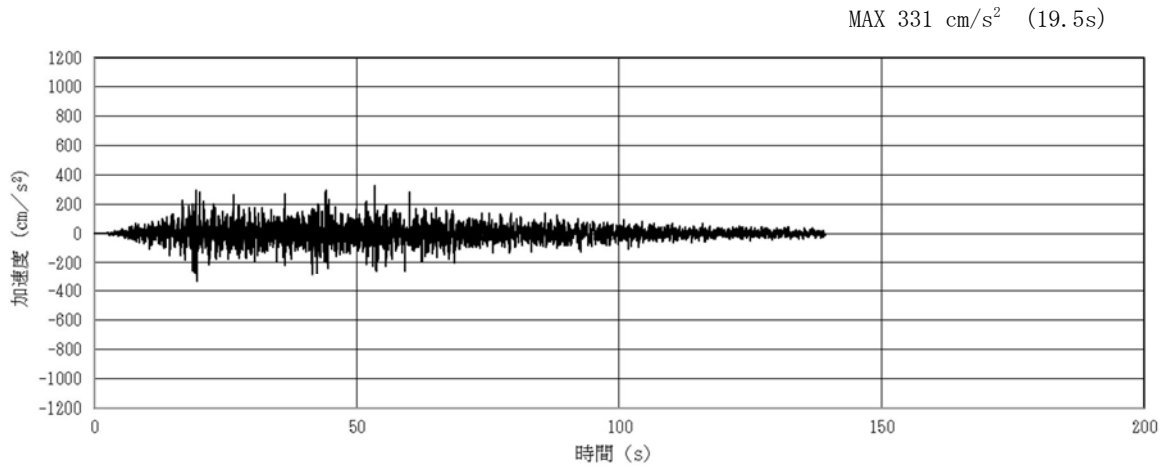
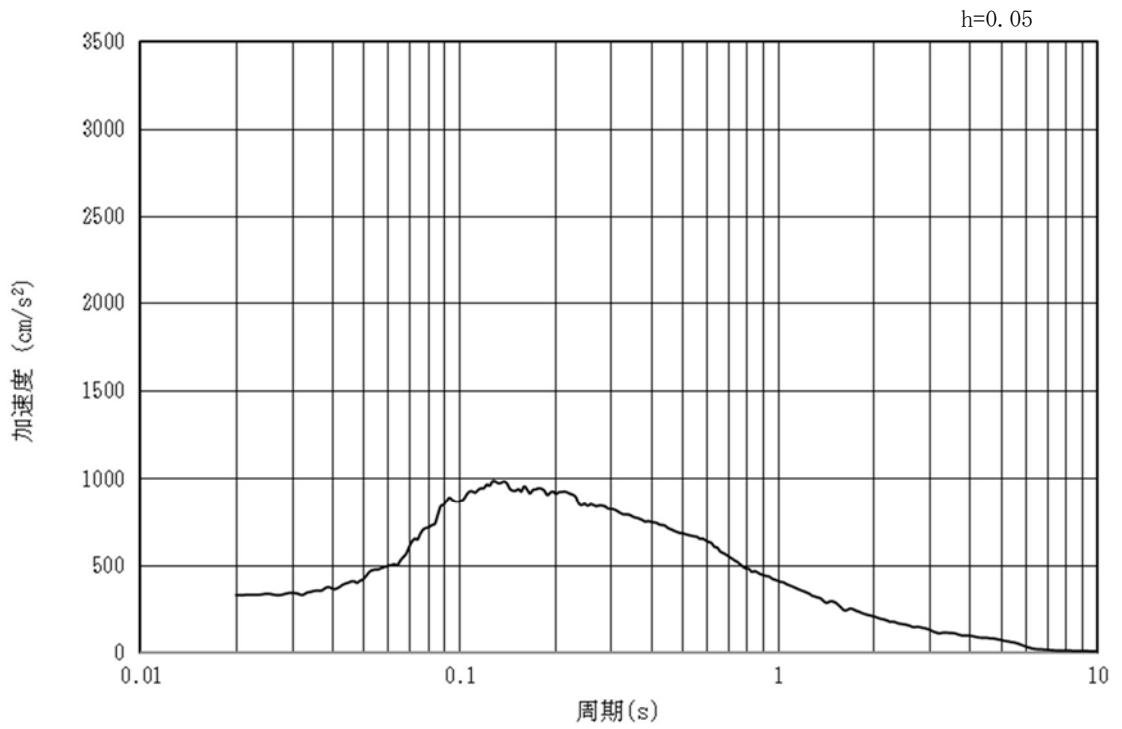


図 8-8 入力地震動算定の概念図



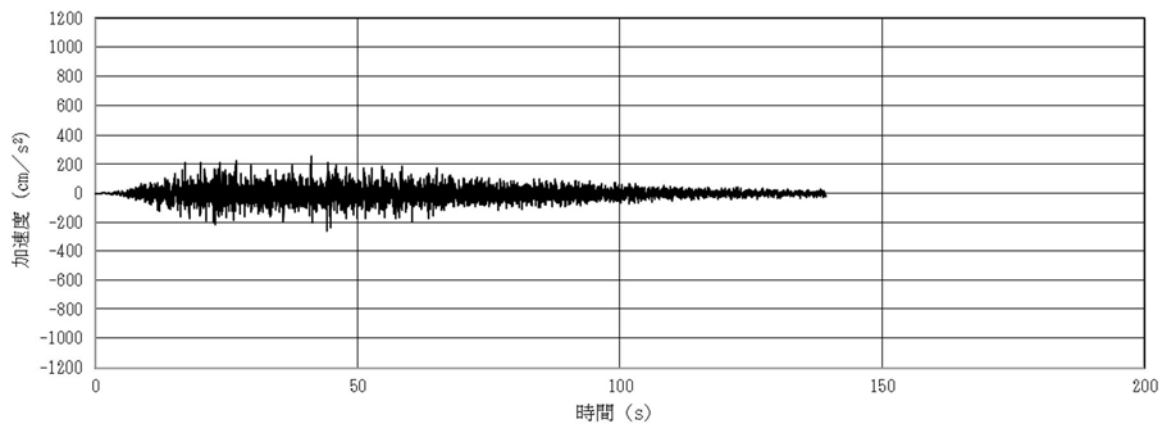
(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

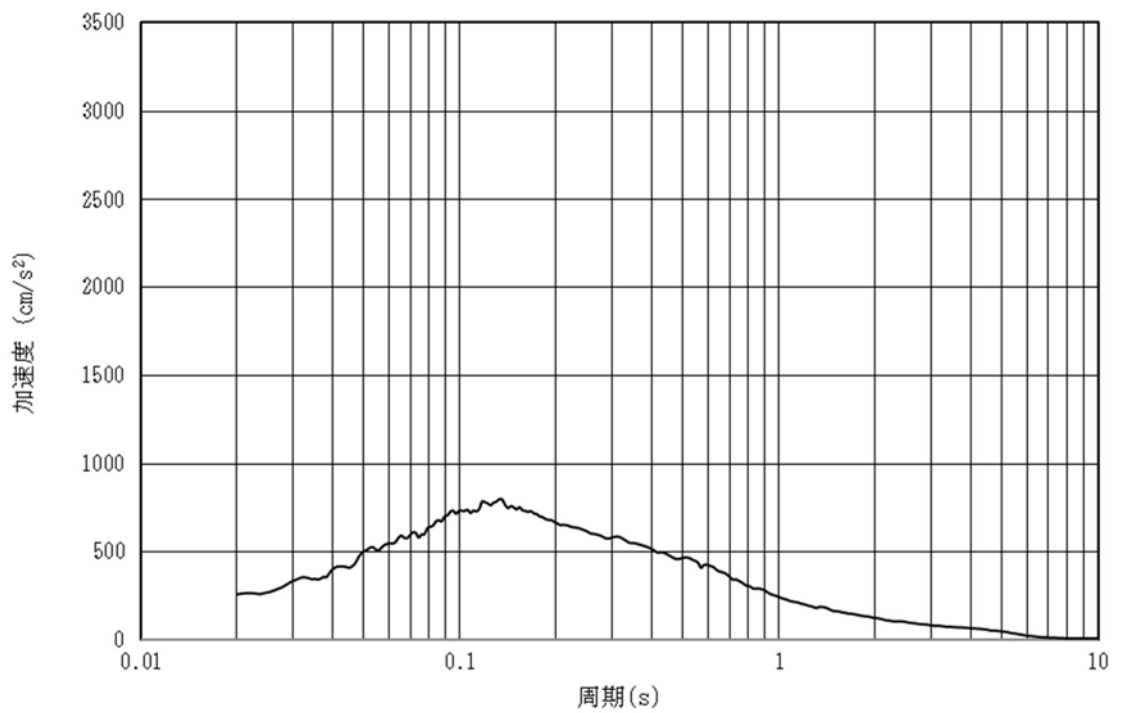
図 8-9 (1) 杭間部：入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル
(水平方向：S_a-D1)

MAX 256 cm/s^2 (44.22s)



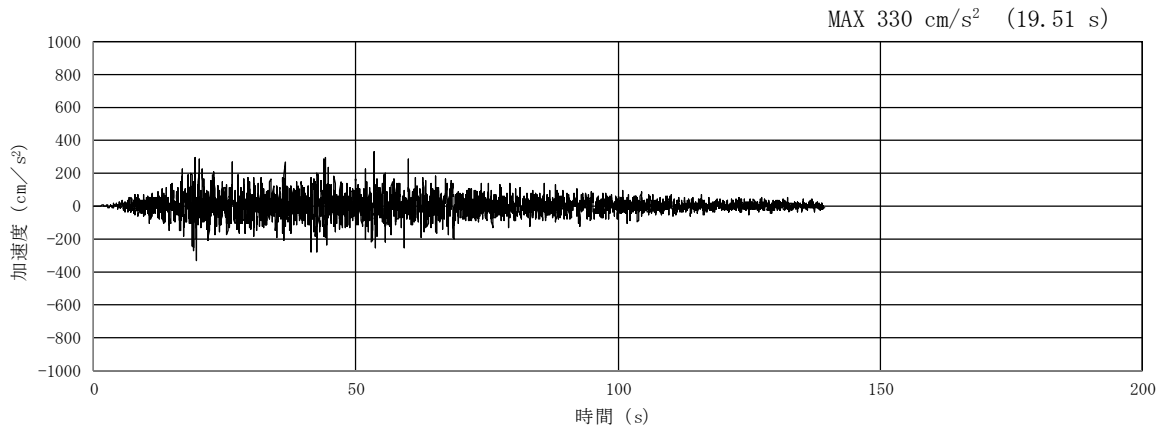
(a) 加速度時刻歴波形

$h=0.05$

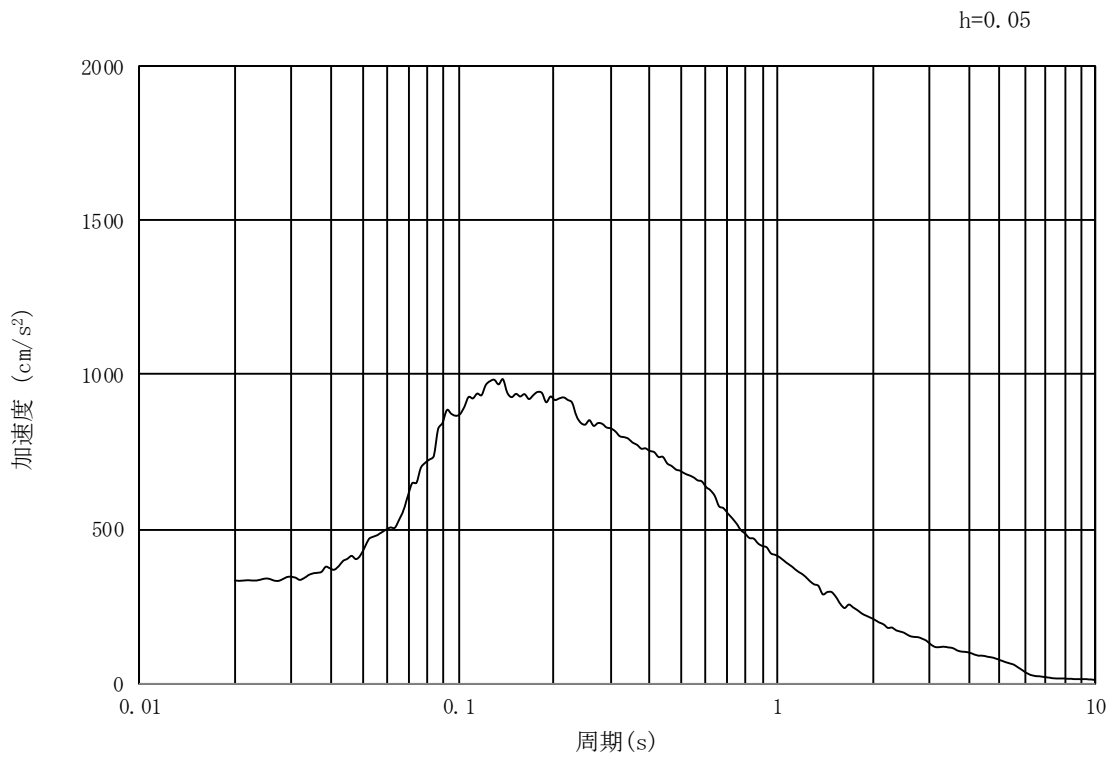


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-9 (2) 杭間部：入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル
(鉛直方向： S_d-D1)

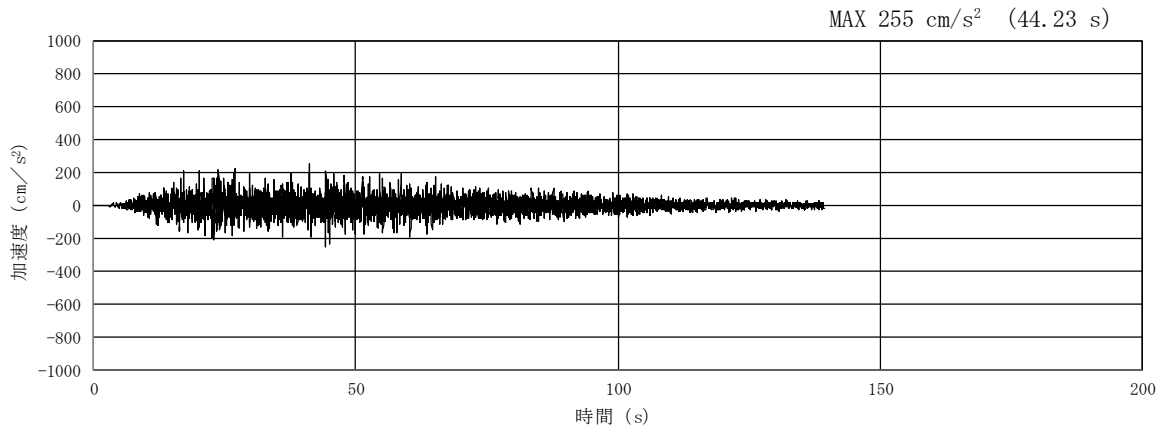


(a) 加速度時刻歴波形

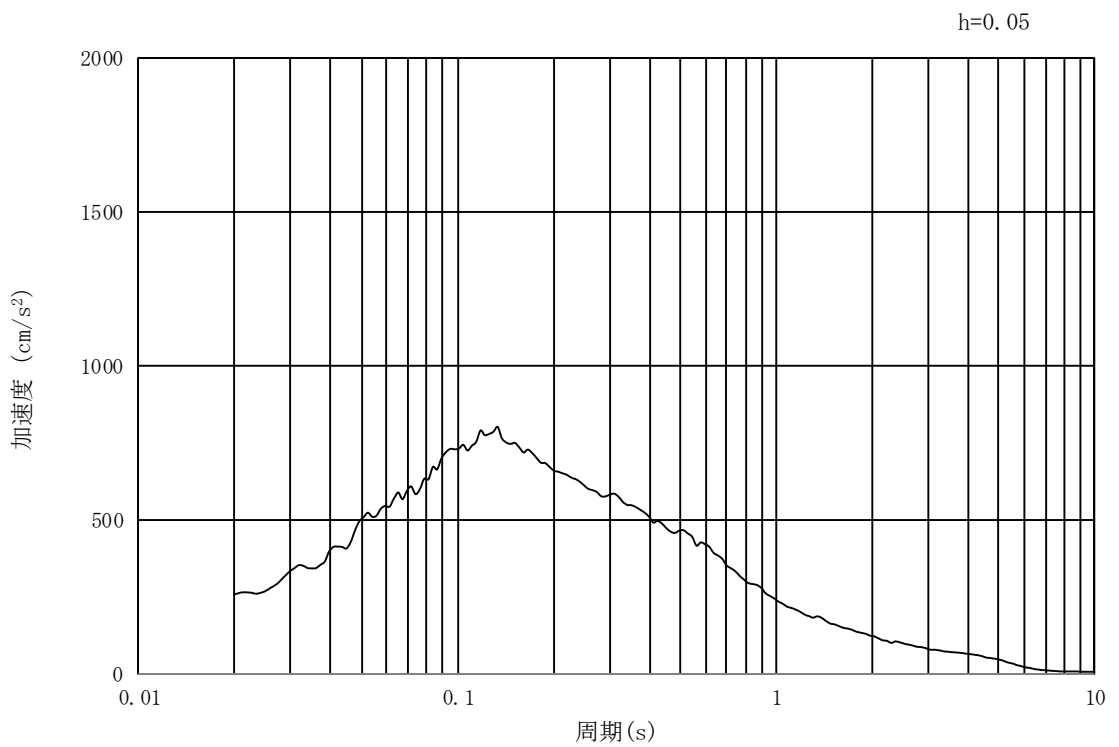


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-9 (3) RC防潮壁部：入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル
(水平方向：S_a-D1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 8-9 (4) RC防潮壁部：入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S_d-D1)

b. 2次元静的フレーム解析

イ. 鋼管杭

重畳時も津波時同様、2次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成14年3月）」に準拠し、地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。杭側面に水平方向地盤バネ及び鉛直方向地盤バネ、杭下端に鉛直方向地盤バネを設定する。

重畳時の地盤バネは、表8-13に示すケースにおいてS_d波による1次元有効応力解析を実施し、地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻及び最大せん断ひずみ時刻における物性により設定し、表8-14に示す3ケースを考慮する。

表 8-13 2次元静的フレーム解析における1次元有効応力解析検討ケース

| 検討ケース | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | | 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース) | 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース | 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース | 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
| 液状化強度特性の設定 | | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮) | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮) | 原地盤に基づく液状化強度特性(標準偏差を考慮) | 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性 | 液状化パラメータを非適用 | 液状化パラメータを非適用 |
| 地震波 | S _d -D1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 計 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

*上記のケースより、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定して照査する。

表 8-14 地盤バネケース

| ケース名 | 地盤バネのバネ定数 | 地盤バネの反力上限値 | 備考 |
|-------|---|------------|-------------|
| 地盤バネ3 | S _d 波による1次元有効応力解析から地表面最大加速度発生時刻における地盤物性により設定 | | 地盤抵抗が大きいケース |
| 地盤バネ4 | S _d 波による1次元有効応力解析から地表面最大変位発生時刻における地盤物性により設定 | | 地盤抵抗が小さいケース |
| 地盤バネ5 | S _d 波による1次元有効応力解析から最大せん断ひずみ発生時刻における地盤物性により設定 | | |

鋼管杭の重畳時の評価は「8.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

ロ. 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「8.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

ハ. 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能に係る評価は、 S_d-D1 を入力地震動とした2次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた2次元FEM静的解析により得られる接地圧を加えた値が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）

鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「8.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

9. 評価条件

「8. 強度評価方法」に用いる評価条件を以下に示す。

(1) 津波時

表 9-1 強度評価に用いる条件（基準津波時）

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----------------|--------------------------|---------|-------------------|
| G | 固定荷重（鉄筋コンクリート） | 1554 | kN |
| | 固定荷重（鋼管杭） | 1791 | kN |
| P_s | 積雪荷重 | 0.0 | kN/m ² |
| P_k | 風荷重 | 0.0 | kN |
| P_t | 遡上津波荷重（底版天端標高：T.P. +0.7） | 264.1 | kN/m ² |
| P_c | 衝突荷重 | 0.0 | kN |
| K_{Sd} | 余震荷重 | 0.0 | kN |
| P_d | 動水圧 | 0.0 | kN/m ² |
| σ_{sa1} | 鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 | 382.5 | N/mm ² |
| τ_{sa1} | 鋼管杭の許容せん断応力度 | 217.5 | N/mm ² |
| σ_{ca} | コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 | 21 | N/mm ² |
| τ_{a1} | コンクリートの許容せん断応力度 | 0.825 | N/mm ² |
| V_a | 斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力 | 1053.4 | kN |
| V_{ca} | コンクリートの許容せん断力 | 233.1 | kN |
| V_{sa} | 斜め引張鉄筋の許容せん断力 | 820.3 | kN |
| b_w | 有効幅 | 1.0 | m |
| j | 1/1.15 | 0.870 | — |
| d | 有効高さ | 0.65 | m |
| A_w | 斜め引張鉄筋断面積 | 19.35 | cm ² |
| σ_{sa2} | 鉄筋の許容引張応力度 | 435 | N/mm ² |
| s | 斜め引張鉄筋間隔 | 0.4 | m |
| A | 鋼管杭の有効断面積 | 0.09299 | m ² |
| Z | 鋼管杭の断面係数 | 0.01682 | m ³ |
| κ | せん断応力の分布係数 | 2.0 | — |

表 9-2 強度評価に用いる条件 (T.P. +24 m 津波時)

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 |
|----------------|-----------------------------|---------|-------------------|
| G | 固定荷重 (鉄筋コンクリート) | 1554 | kN |
| | 固定荷重 (鋼管杭) | 1791 | kN |
| P_s | 積雪荷重 | 0.0 | kN/m ² |
| P_k | 風荷重 | 0.0 | kN |
| P_t | 遡上津波荷重 (底版天端標高 : T.P. +0.7) | 356.6 | kN/m ² |
| P_c | 衝突荷重 | 0.0 | kN |
| K_{Sd} | 余震荷重 | 0.0 | kN |
| P_d | 動水圧 | 0.0 | kN/m ² |
| σ_{sa1} | 鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 | 433.5 | N/mm ² |
| τ_{sa1} | 鋼管杭の許容せん断応力度 | 246.5 | N/mm ² |
| σ_{ca} | コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 | 28 | N/mm ² |
| τ_{a1} | コンクリートの許容せん断応力度 | 1.1 | N/mm ² |
| V_a | 斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力 | 1213.1 | kN |
| V_{ca} | コンクリートの許容せん断力 | 310.8 | kN |
| V_{sa} | 斜め引張鉄筋の許容せん断力 | 902.3 | kN |
| b_w | 有効幅 | 1.0 | m |
| j | 1/1.15 | 0.870 | — |
| d | 有効高さ | 0.65 | m |
| A_w | 斜め引張鉄筋断面積 | 19.35 | cm ² |
| σ_{sa2} | 鉄筋の許容引張応力度 | 478.5 | N/mm ² |
| s | 斜め引張鉄筋間隔 | 0.4 | m |
| A | 鋼管杭の有効断面積 | 0.09299 | m ² |
| Z | 鋼管杭の断面係数 | 0.01682 | m ³ |
| κ | せん断応力の分布係数 | 2.0 | — |

(2) 重畳時

表 9-3 強度評価に用いる条件 (断面① : 基準津波時)

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 | |
|----------------|-----------------------------|---------|-------------------|---|
| G | 固定荷重 (鉄筋コンクリート) | 1554 | kN | |
| | 固定荷重 (鋼管杭) | 1791 | kN | |
| P_s | 積雪荷重 | 0.0 | kN/m ² | |
| P_k | 風荷重 | 0.0 | kN | |
| P_t | 遡上津波荷重 (底版天端標高 : T.P. +0.7) | 264.1 | kN/m ² | |
| P_c | 衝突荷重 | 0.0 | kN | |
| K_{sd} | 余震荷重 : 水平方向 (水平震度×自重) | 水平震度* | 0.20 | - |
| | 余震荷重 : 鉛直方向 (鉛直震度×自重) | 鉛直震度* | 0.20 | - |
| P_d | 動水圧 (設置地盤標高 : T.P. +0.7) | 31.0 | kN/m ² | |
| σ_{sa1} | 鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 | 382.5 | N/mm ² | |
| τ_{sa1} | 鋼管杭の許容せん断応力度 | 217.5 | N/mm ² | |
| σ_{ca} | コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 | 21 | N/mm ² | |
| τ_{a1} | コンクリートの許容せん断応力度 | 0.825 | N/mm ² | |
| V_a | 斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力 | 1122.8 | kN | |
| V_{ca} | コンクリートの許容せん断力 | 197.28 | kN | |
| V_{sa} | 斜め引張鉄筋の許容せん断力 | 925.57 | kN | |
| b_w | 有効幅 | 1.0 | m | |
| j | 1/1.15 | 0.870 | - | |
| d | 有効高さ | 0.65 | m | |
| A_w | 斜め引張鉄筋断面積 | 19.35 | cm ² | |
| σ_{sa2} | 鉄筋の許容引張応力度 | 435 | N/mm ² | |
| s | 斜め引張鉄筋間隔 | 0.4 | m | |
| A | 鋼管杭の有効断面積 | 0.09299 | m ² | |
| Z | 鋼管杭の断面係数 | 0.01682 | m ³ | |
| κ | せん断応力の分布係数 | 2.0 | - | |

* : 地盤バネケースのうち最大の値を示す。

表 9-4 強度評価に用いる条件 (T.P. +24 m 津波時)

| 記号 | 定義 | 数値 | 単位 | |
|----------------|-----------------------------|---------|-------------------|---|
| G | 固定荷重 (鉄筋コンクリート) | 1554 | kN | |
| | 固定荷重 (鋼管杭) | 1791 | kN | |
| P_s | 積雪荷重 | 0.0 | kN/m ² | |
| P_k | 風荷重 | 0.0 | kN | |
| P_t | 遡上津波荷重 (底版天端標高 : T.P. +0.7) | 356.6 | kN/m ² | |
| P_c | 衝突荷重 | 0.0 | kN | |
| K_{sd} | 余震荷重 : 水平方向 (水平震度×自重) | 水平震度* | 0.20 | - |
| | 余震荷重 : 鉛直方向 (鉛直震度×自重) | 鉛直震度* | 0.20 | - |
| P_d | 遡上津波荷重 (底版天端標高 : T.P. +0.7) | 41.8 | kN/m ² | |
| σ_{sa1} | 鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 | 433.5 | N/mm ² | |
| τ_{sa1} | 鋼管杭の許容せん断応力度 | 246.5 | N/mm ² | |
| σ_{ca} | コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 | 28 | N/mm ² | |
| τ_{a1} | コンクリートの許容せん断応力度 | 1.1 | N/mm ² | |
| V_a | 斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力 | 1213.1 | kN | |
| V_{ca} | コンクリートの許容せん断力 | 310.8 | kN | |
| V_{sa} | 斜め引張鉄筋の許容せん断力 | 902.3 | kN | |
| b_w | 有効幅 | 1.0 | m | |
| j | 1/1.15 | 0.870 | - | |
| d | 有効高さ | 0.65 | m | |
| A_w | 斜め引張鉄筋断面積 | 19.35 | cm ² | |
| σ_{sa2} | 鉄筋の許容引張応力度 | 478.5 | N/mm ² | |
| s | 斜め引張鉄筋間隔 | 0.4 | m | |
| A | 鋼管杭の有効断面積 | 0.09299 | m ² | |
| Z | 鋼管杭の断面係数 | 0.01682 | m ³ | |
| κ | せん断応力の分布係数 | 2.0 | - | |

* : 地盤バネケースのうち最大の値を示す。

10. 評価結果

10.1 津波時の強度評価結果

10.1.1 杭間部

(1) 鋼管杭の評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-2～表 10-3 に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ軸応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は最大となる値を示している。

表 10-1 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

| 断面 | 板厚 (mm) | 断面積 (m^2) | 断面係数 (m^3) |
|----------|------------|-------------------------|--------------------------|
| 排水系統 I-2 | 40 | 0.09299 | 0.01682 |

表 10-2 曲げ軸力に対する照査結果 (基準津波時)

| | 曲げ モーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}$) | 軸力 (kN) | 発生曲げ 軸応力 (N/mm^2) | 短期許容 応力度 (N/mm^2) | 照査値 |
|--------|---|------------|---|---|------|
| 地盤バネ 1 | 24 | 592 | 8 | 382.5 | 0.03 |
| 地盤バネ 2 | 120 | 679 | 14 | 382.5 | 0.04 |

表 10-3 曲げ軸力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時)

| | 曲げ モーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}$) | 軸力 (kN) | 発生曲げ 軸応力 (N/mm^2) | 短期許容 応力度 (N/mm^2) | 照査値 |
|--------|---|------------|---|---|------|
| 地盤バネ 1 | 27 | 750 | 10 | 433.5 | 0.03 |
| 地盤バネ 2 | 121 | 875 | 16 | 433.5 | 0.04 |

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 10-1 に、せん断力に対する照査結果を表 10-4 及び表 10-5 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤バネに対して最大となる値を示している。

表 10-4 せん断力に対する照査結果（基準津波時）

| | せん断力 (kN) | 発生せん断 応力 (N/mm ²) | 短期許容 応力度 (N/mm ²) | 照査値 |
|--------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 地盤バネ 1 | 22 | 0.48 | 217.5 | 0.01 |
| 地盤バネ 2 | 32 | 0.69 | 217.5 | 0.01 |

表 10-5 せん断力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時）

| | せん断力 (kN) | 発生せん断 応力 (N/mm ²) | 短期許容 応力度 (N/mm ²) | 照査値 |
|--------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 地盤バネ 1 | 26 | 0.56 | 246.5 | 0.01 |
| 地盤バネ 2 | 32 | 0.69 | 246.5 | 0.01 |

(2) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-6 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-7 及び表 10-8 に、概略配筋図を図 10-1 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

表 10-6 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | かぶり (m) | 断面有効高さ (m) | 主筋 | 主筋断面積 (mm ²) |
|-----|------------|---------------|---------|-----------------------------|
| 底版部 | 0.15 | 0.65 | D32@200 | 3971 |
| 壁部 | 0.15 | 0.65 | D32@200 | 3971 |

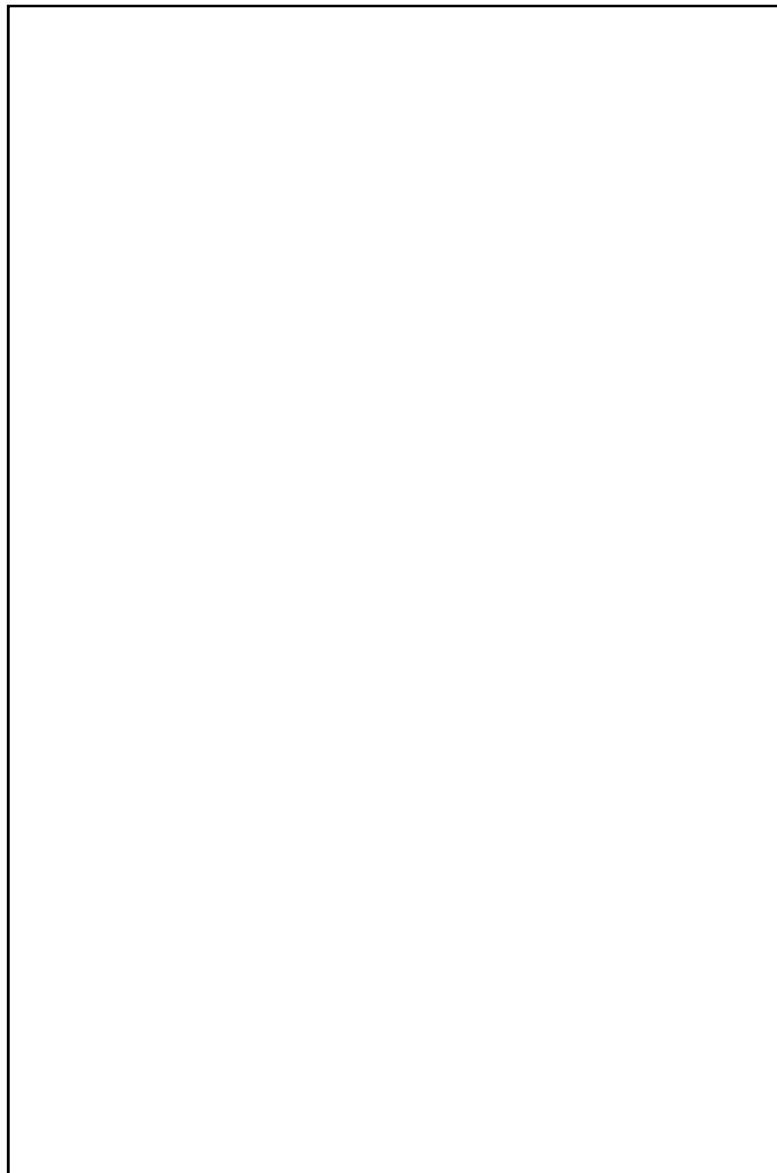


図 10-1 概略配筋図

表 10-7 曲げ軸力に対する照査結果（基準津波時）

| | 部材 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|------------|-----|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 地盤 バネ 1 | 壁部 | 60 | 465 | 0.24 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 261 | -15 | 0.91 | 29 | 21 | 435 | 0.05 | 0.07 |
| 地盤 バネ 2 | 壁部 | 58 | 519 | 0.25 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 310 | 16 | 1.08 | 33 | 21 | 435 | 0.06 | 0.08 |

表 10-8 曲げ軸力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時）

| | 部材 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|------------|-----|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 地盤 バネ 1 | 壁部 | 81 | 594 | 0.32 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 339 | -43 | 1.18 | 38 | 21 | 435 | 0.06 | 0.09 |
| 地盤 バネ 2 | 壁部 | 84 | 636 | 0.33 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 368 | 2 | 1.28 | 40 | 21 | 435 | 0.07 | 0.10 |

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-9 に、せん断力に対する照査結果を表 10-10 及び表 10-11 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断力が許容せん断力以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

表 10-9 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | 斜め引張鉄筋 | 斜め引張鉄筋 間隔 s (m) | 間隔 s における 斜め引張鉄筋断面積 (mm ²) |
|-----|---------|--------------------|--|
| 底版部 | D22@200 | 0.4 | 1935 |
| 壁部 | D22@200 | 0.4 | 1935 |

表 10-10 せん断力に対する照査結果 (基準津波時)

| | | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|--------|-----|--------------|----------------|------|
| 地盤バネ 1 | 壁部 | 26 | 1053.4 | 0.03 |
| | 底版部 | 127 | 1053.4 | 0.13 |
| 地盤バネ 2 | 壁部 | 17 | 1053.4 | 0.02 |
| | 底版部 | 153 | 1053.4 | 0.15 |

表 10-11 せん断力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時)

| | | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|--------|-----|--------------|----------------|------|
| 地盤バネ 1 | 壁部 | 35 | 1213.1 | 0.03 |
| | 底版部 | 165 | 1213.1 | 0.14 |
| 地盤バネ 2 | 壁部 | 21 | 1213.1 | 0.02 |
| | 底版部 | 185 | 1213.1 | 0.16 |

10.1.2 RC防潮壁部

(1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-12 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-13 及び表 10-14 に、概略配筋図を図 10-2 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-12 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | 主筋方向 | かぶり (m) | 断面有効高さ (m) | 鉄筋 |
|------|------|------------|-----------------------|---------|
| IV-1 | 水平 | 0.30 | 2.10 (2.40-0.3) | D32@150 |
| | 鉛直 | 0.127 | 0.473 (0.60-0.127) | D22@150 |



図 10-2 概略配筋図

表 10-13 基準津波時の曲げ軸力に対する照査結果

| 部位 | 鉄筋 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-------|------|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 壁部+底版 | 水平鉄筋 | 6225 | 1489 | 2.2 | 147 | 21 | 435 | 0.11 | 0.34 |
| 壁部 | 鉛直鉄筋 | 362 | 0 | 4.3 | 140 | 21 | 435 | 0.21 | 0.33 |

* 軸力は正の値を引張とする。

表 10-14 T.P. +24 m 津波時の曲げ軸力に対する照査結果

| 部位 | 鉄筋 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-------|------|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 壁部+底版 | 水平鉄筋 | 7995 | 2043 | 2.8 | 191 | 28 | 478.5 | 0.10 | 0.40 |
| 壁部 | 鉛直鉄筋 | 485 | 0 | 5.8 | 187 | 28 | 478.5 | 0.21 | 0.40 |

* 軸力は正の値を引張とする。

(2) せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-15 に、せん断力に対する照査結果を表 10-16 及び表 10-17 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-15 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | 主筋方向 | せん断 | 本数 (本) | 区間 s における せん断補強鉄筋断面積 (mm ²) |
|------|------|-------------------------------|-----------|---|
| IV-1 | 水平 | D22@150* ¹ | 6.66 | 2578.1 |
| | 鉛直 | D19@150 (SD345)* ² | | 1909.8 |

注記 *1：壁部+底版（水平方向）については鉛直方向の主筋をスターラップとする。
ただし、許容せん断応力度については SD345 とする。

*2：壁部（鉛直方向）についてはスラーラップ (SD345) を配置する。

せん断補強鉄筋を考慮した許容せん断力を以下に計算する。

$$V_a = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{2} \tau_{al} b_w j d$$

$$V_s = \frac{A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d}{s}$$

ここで

V_a : 許容せん断力 (kN)

V_c : コンクリートの許容せん断力 (kN)

V_s : 斜め引張鉄筋の許容せん断力 (kN)

τ_{al} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

b_w : 断面幅 (m)

j : 1/1.15

d : 有効高さ (mm)

A_w : 斜め引張鉄筋断面積 (mm²)

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

s : 斜め引張鉄筋間隔 (m)

- 基準津波時（壁部+底版）

$$V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 0.60 \times 2.10 \times 1000 = 451.96$$

$$V_s = 2578.1 \times 294 / 1.15 \times 2.10 / 0.15 / 1000 = 9227.36$$

$$V_a = 451.96 + 9227.36 = 9679.31$$

- 基準津波時（壁部：鉛直）

$$V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 0.473 \times 2.50 \times 1000 = 424.16$$

$$V_s = 1908.1 \times 294 / 1.15 \times 0.473 / 0.15 / 1000 = 1538.23$$

$$V_a = 424.16 + 1538.23 = 1962.38$$

- T.P. +24 m 津波時（壁部+底版）

$$V_c = 1/2 \times 1.100 / 1.15 \times 0.60 \times 2.10 \times 1000 = 602.61$$

$$V_s = 2578.1 \times 323.4 / 1.15 \times 2.10 / 0.15 / 1000 = 10150.09$$

$$V_a = 602.61 + 10150.09 = 10752.70$$

- T.P. +24 m 津波時（壁部：鉛直）

$$V_c = 1/2 \times 1.100 / 1.15 \times 0.473 \times 2.50 \times 1000 = 565.54$$

$$V_s = 1908.1 \times 323.4 / 1.15 \times 0.473 / 0.15 / 1000 = 1692.05$$

$$V_a = 565.54 + 1692.05 = 2257.59$$

表 10-16 基準津波時のせん断力に対する照査結果

| 部位 | 設計基準強度 | 発生せん断力 (kN) | 許容せん断 耐力 (kN) | 照査値 |
|-------|----------------------|----------------|---------------------|------|
| 壁部+底版 | 40 N/mm ² | 4271.6 | 9679.31 | 0.45 |
| 壁部 | 40 N/mm ² | 892.2 | 1962.38 | 0.46 |

表 10-17 T.P. +24 m 津波時のせん断力に対する照査結果

| 部位 | 設計基準強度 | 発生せん断力 (kN) | 許容せん断 耐力 (kN) | 照査値 |
|-------|----------------------|----------------|---------------------|------|
| 壁部+底版 | 40 N/mm ² | 5536.4 | 10752.70 | 0.52 |
| 壁部 | 40 N/mm ² | 1196.2 | 2257.59 | 0.53 |

10.2 重畳時の強度評価結果

10.2.1 杭間部

(1) 1次元有効応力解析結果

I-2断面における1次元有効応力解析結果から地表面最大水平加速度，地表面最大変位，最大せん断ひずみをまとめたものを表10-18に示す。

表10-18 1次元有効応力解析結果（I-2断面）

| 検討ケース | ① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース) | ② 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース | ③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース | ④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース | ⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース | ⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|
| 地表面最大水平加速度 (cm/s ²) | 152.8 | 146.7 | 149.5 | 86.3 | 186.0 | 186.2 |
| 地表面最大変位 (cm) | 12.65 | 9.45 | 13.44 | 16.05 | 10.51 | 9.12 |
| 最大せん断ひずみ | 3.41×10^{-2} | 3.18×10^{-2} | 3.49×10^{-2} | 3.56×10^{-2} | 3.40×10^{-2} | 2.92×10^{-2} |

表10-18より，地盤バネ3は地表面最大加速度が発生する⑥地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース，地盤バネ4は地表面最大変位が発生する④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース，地盤バネ5は最大せん断ひずみが発生する④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースに基づき設定する。それぞれ，地表面最大加速度発生時刻，地表面最大変位発生時刻，最大せん断ひずみ発生時刻における平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布により求められる地盤剛性及び反力上限値を用いて地盤バネを設定する。

各地盤バネケースにおいて鋼管杭に与える地盤変位は，それぞれ地表面最大加速度発生時刻，地表面最大変位発生時刻，最大せん断ひずみ発生時刻の地盤変位を与える。

(2) 鋼管杭の評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-19 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-20 及び表 10-21 に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ軸応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は最大となる値を示している。

表 10-19 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

| 断面 | 板厚 (mm) | 断面積 (m^2) | 断面係数 (m^3) |
|----------|------------|------------------|-------------------|
| 排水系統 I-2 | 40 | 0.09299 | 0.01682 |

表 10-20 曲げ軸力に対する照査結果 (基準津波時)

| | 鉛直 慣性力 | 曲げ モーメント ($kN \cdot m$) | 軸力 (kN) | 発生曲げ 軸応力 (N/mm^2) | 短期許容 応力度 (N/mm^2) | 照査値 |
|--------|-----------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|------|
| 地盤バネ 3 | 上向き | 662 | 869 | 49 | 382.5 | 0.13 |
| | 下向き | 662 | 1130 | 51 | 382.5 | 0.14 |
| 地盤バネ 4 | 上向き | 1809 | 127 | 109 | 382.5 | 0.29 |
| | 下向き | 1809 | 151 | 109 | 382.5 | 0.29 |
| 地盤バネ 5 | 上向き | 2095 | 148 | 126 | 382.5 | 0.33 |
| | 下向き | 2095 | 165 | 126 | 382.5 | 0.33 |

表 10-21 曲げ軸力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時)

| | 鉛直 慣性力 | 曲げ モーメント ($kN \cdot m$) | 軸力 (kN) | 発生曲げ 軸応力 (N/mm^2) | 短期許容 応力度 (N/mm^2) | 照査値 |
|--------|-----------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|------|
| 地盤バネ 3 | 上向き | 633 | 1100 | 49 | 433.5 | 0.12 |
| | 下向き | 633 | 1399 | 53 | 433.5 | 0.13 |
| 地盤バネ 4 | 上向き | 1808 | 196 | 110 | 433.5 | 0.26 |
| | 下向き | 1808 | 231 | 110 | 433.5 | 0.26 |
| 地盤バネ 5 | 上向き | 2095 | 215 | 127 | 433.5 | 0.30 |
| | 下向き | 2095 | 239 | 127 | 433.5 | 0.30 |

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 10-19 に、せん断力に対する照査結果を表 10-22 及び表 10-23 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤バネに対して最大となる値を示している。

表 10-22 せん断力に対する照査結果（基準津波時）

| | 鉛直 慣性力 | せん断力 (kN) | 発生せん断 応力 (N/mm ²) | 短期許容 応力度 (N/mm ²) | 照査値 |
|--------|-----------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 地盤バネ 3 | 上向き | 126 | 3 | 217.5 | 0.02 |
| | 下向き | 126 | 3 | 217.5 | 0.02 |
| 地盤バネ 4 | 上向き | 646 | 14 | 217.5 | 0.07 |
| | 下向き | 646 | 14 | 217.5 | 0.07 |
| 地盤バネ 5 | 上向き | 572 | 12 | 217.5 | 0.06 |
| | 下向き | 572 | 12 | 217.5 | 0.06 |

表 10-23 せん断力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時）

| | 鉛直 慣性力 | せん断力 (kN) | 発生せん断 応力 (N/mm ²) | 短期許容 応力度 (N/mm ²) | 照査値 |
|--------|-----------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 地盤バネ 3 | 上向き | 119 | 3 | 246.5 | 0.02 |
| | 下向き | 119 | 3 | 246.5 | 0.02 |
| 地盤バネ 4 | 上向き | 646 | 14 | 246.5 | 0.06 |
| | 下向き | 646 | 14 | 246.5 | 0.06 |
| 地盤バネ 5 | 上向き | 572 | 12 | 246.5 | 0.05 |
| | 下向き | 572 | 12 | 246.5 | 0.05 |

(3) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-24 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-25 及び表 10-26 に、概略配筋図を図 10-3 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

表 10-24 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | かぶり (m) | 断面有効高さ (m) | 主筋 | 主筋断面積 (mm ²) |
|-----|------------|---------------|---------|-----------------------------|
| 底版部 | 0.15 | 0.65 | D32@200 | 3971 |
| 壁部 | 0.15 | 0.65 | D32@200 | 3971 |

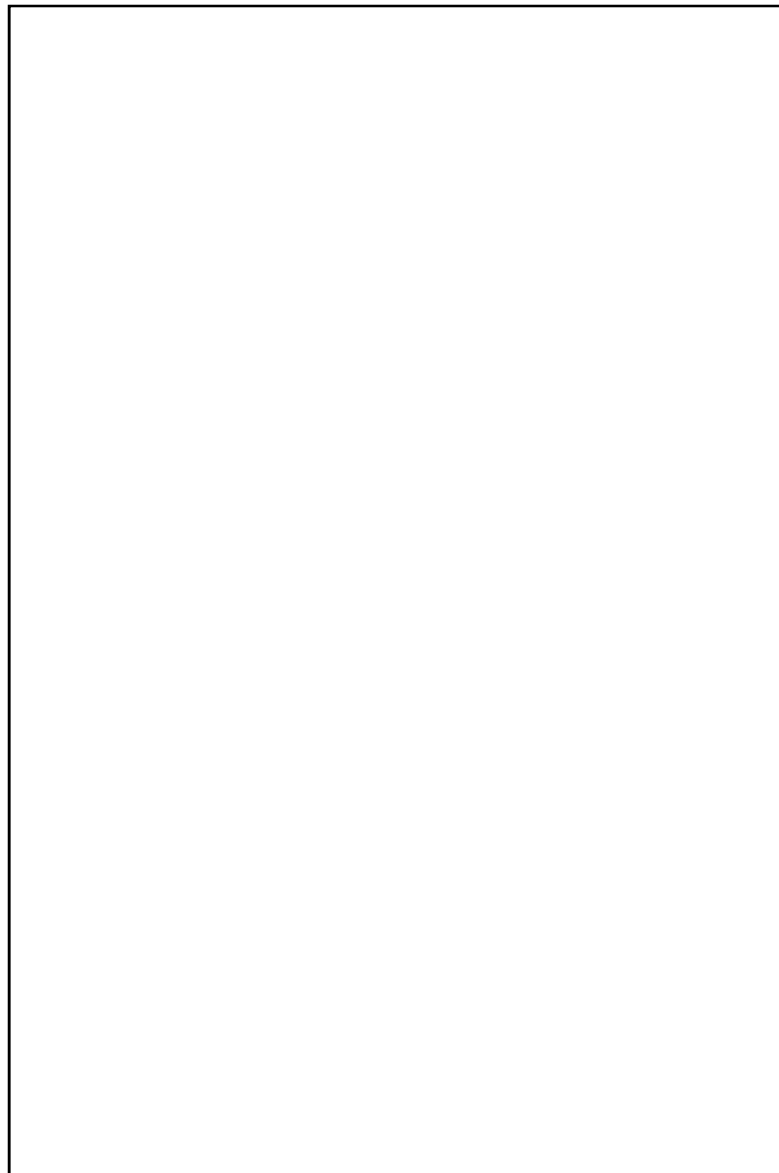


図 10-3 概略配筋図

表 10-25(1) 曲げ軸力に対する照査結果 (基準津波時・地盤バネ 3)

| | 部材 | 曲げモーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ圧縮 応力 照査値 | 曲げ引張 応力 照査値 |
|-----|-----|-------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 上向き | 壁部 | 363 | -159 | 1.25 | 44 | 21 | 435 | 0.03 | 0.05 |
| | 底版部 | 1053 | -109 | 3.66 | 117 | 21 | 435 | 0.04 | 0.05 |
| 下向き | 壁部 | 380 | -31 | 1.32 | 42 | 21 | 435 | 0.04 | 0.05 |
| | 底版部 | 1125 | -97 | 3.91 | 125 | 21 | 435 | 0.04 | 0.05 |

表 10-25(2) 曲げ軸力に対する照査結果 (基準津波時・地盤バネ 4)

| | 部材 | 曲げモーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ圧縮 応力 照査値 | 曲げ引張 応力 照査値 |
|-----|-----|-------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 上向き | 壁部 | 48 | 499 | 0.23 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 327 | 55 | 1.14 | 34 | 21 | 435 | 0.06 | 0.08 |
| 下向き | 壁部 | 53 | 536 | 0.25 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 348 | 59 | 1.22 | 36 | 21 | 435 | 0.06 | 0.09 |

表 10-25(3) 曲げ軸力に対する照査結果 (基準津波時・地盤バネ 5)

| | 部材 | 曲げモーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ圧縮 応力 照査値 | 曲げ引張 応力 照査値 |
|-----|-----|-------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 上向き | 壁部 | 50 | 497 | 0.23 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 343 | 53 | 1.20 | 35 | 21 | 435 | 0.06 | 0.09 |
| 下向き | 壁部 | 49 | 528 | 0.24 | - | 21 | 435 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 356 | 55 | 1.24 | 37 | 21 | 435 | 0.06 | 0.09 |

表 10-26(1) 曲げ軸力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時・地盤バネ 3)

| | 部材 | 曲げモーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ圧縮 応力 照査値 | 曲げ引張 応力 照査値 |
|-----|-----|-------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 上向き | 壁部 | 378 | 49 | 1.32 | 39 | 28 | 478.5 | 0.05 | 0.09 |
| | 底版部 | 1101 | -107 | 3.82 | 122 | 28 | 478.5 | 0.14 | 0.26 |
| 下向き | 壁部 | 393 | 185 | 1.38 | 37 | 28 | 478.5 | 0.05 | 0.08 |
| | 底版部 | 1183 | -99 | 4.11 | 131 | 28 | 478.5 | 0.15 | 0.28 |

表 10-26(2) 曲げ軸力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時・地盤バネ 4)

| | 部材 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-----|-----|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 上向き | 壁部 | 78 | 613 | 0.31 | - | 28 | 478.5 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 387 | 43 | 1.35 | 40 | 28 | 478.5 | 0.05 | 0.09 |
| 下向き | 壁部 | 81 | 648 | 0.33 | - | 28 | 478.5 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 413 | 46 | 1.44 | 43 | 28 | 478.5 | 0.06 | 0.09 |

表 10-26(3) 曲げ軸力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時・地盤バネ 5)

| | 部材 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-----|-----|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| 上向き | 壁部 | 76 | 615 | 0.31 | - | 28 | 478.5 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 400 | 43 | 1.40 | 42 | 28 | 478.5 | 0.05 | 0.09 |
| 下向き | 壁部 | 78 | 638 | 0.32 | - | 28 | 478.5 | 0.02 | - |
| | 底版部 | 417 | 45 | 1.46 | 44 | 28 | 478.5 | 0.06 | 0.10 |

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-27 に、せん断力に対する照査結果を表 10-28 及び表 10-29 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

表 10-27 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | 斜め引張鉄筋 | 斜め引張鉄筋 間隔 s (m) | 間隔 s における 斜め引張鉄筋断面積 (mm ²) |
|-----|---------|--------------------|--|
| 底版部 | D22@200 | 0.4 | 1935 |
| 壁部 | D22@200 | 0.4 | 1935 |

表 10-28(1) せん断力に対する照査結果 (基準津波時・地盤バネ 3)

| 鉛直慣性力 | 部材 | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|-------|-----|--------------|----------------|------|
| 上向き | 壁部 | 135 | 1053.4 | 0.13 |
| | 底版部 | 336 | 1053.4 | 0.32 |
| 下向き | 壁部 | 138 | 1053.4 | 0.14 |
| | 底版部 | 380 | 1053.4 | 0.37 |

表 10-28(2) せん断力に対する照査結果 (基準津波時・地盤バネ 4)

| 鉛直慣性力 | 部材 | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|-------|-----|--------------|----------------|------|
| 上向き | 壁部 | 28 | 1053.4 | 0.03 |
| | 底版部 | 145 | 1053.4 | 0.14 |
| 下向き | 壁部 | 27 | 1053.4 | 0.03 |
| | 底版部 | 159 | 1053.4 | 0.16 |

表 10-28(3) せん断力に対する照査結果 (基準津波時・地盤バネ 5)

| 鉛直慣性力 | 部材 | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|-------|-----|--------------|----------------|------|
| 上向き | 壁部 | 22 | 1053.4 | 0.03 |
| | 底版部 | 147 | 1053.4 | 0.14 |
| 下向き | 壁部 | 22 | 1053.4 | 0.03 |
| | 底版部 | 156 | 1053.4 | 0.15 |

表 10-29(1) せん断力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時・地盤バネ 3)

| 鉛直慣性力 | 部材 | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|-------|-----|--------------|----------------|------|
| 上向き | 壁部 | 149 | 1213.1 | 0.13 |
| | 底版部 | 366 | 1213.1 | 0.31 |
| 下向き | 壁部 | 151 | 1213.1 | 0.13 |
| | 底版部 | 418 | 1213.1 | 0.35 |

表 10-29(2) せん断力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時・地盤バネ 4)

| 鉛直慣性力 | 部材 | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|-------|-----|--------------|----------------|------|
| 上向き | 壁部 | 31 | 1213.1 | 0.03 |
| | 底版部 | 179 | 1213.1 | 0.15 |
| 下向き | 壁部 | 30 | 1213.1 | 0.03 |
| | 底版部 | 194 | 1213.1 | 0.16 |

表 10-29(3) せん断力に対する照査結果 (T.P. +24 m 津波時・地盤バネ 5)

| 鉛直慣性力 | 部材 | せん断力 (kN) | 許容せん断力 (kN) | 照査値 |
|-------|-----|--------------|----------------|------|
| 上向き | 壁部 | 25 | 1213.1 | 0.03 |
| | 底版部 | 180 | 1213.1 | 0.15 |
| 下向き | 壁部 | 24 | 1213.1 | 0.02 |
| | 底版部 | 191 | 1213.1 | 0.16 |

(4) 基礎地盤の支持力に対する評価結果

基礎地盤の支持力に対する照査結果を表 10-30 及び表 10-31 に示す。

基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果、最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 10-30 極限支持力に対する照査結果（基準津波時）

| 地盤 | 最大接地圧 (kN/m ²) | 極限支持力度 (kN/m ²) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 地盤バネ 3 | 987 | 6288 |
| 地盤バネ 4 地盤バネ 5 | 1091 | 6288 |

表 10-31 極限支持力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時）

| 地盤 | 最大接地圧 (kN/m ²) | 極限支持力度 (kN/m ²) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 地盤バネ 3 | 1025 | 6288 |
| 地盤バネ 4 地盤バネ 5 | 1132 | 6288 |

10.2.2 RC防潮壁部

(1) 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-32 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 10-33～表 10-36 に、概略配筋図を図 10-4 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果、コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-32 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | 主筋方向 | かぶり (m) | 断面有効高さ (m) | 鉄筋 |
|------|------|------------|-----------------------|---------|
| IV-1 | 水平 | 0.30 | 2.10 (2.40-0.3) | D32@150 |
| | 鉛直 | 0.127 | 0.473 (0.60-0.127) | D22@150 |



図 10-4 概略配筋図

表 10-33 水平鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（基準津波時：壁部＋底版）

| 検討 ケース | 地震動 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力*2 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-----------|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| ⑤ | S _d -D1 | 6908.6 (694.5)*1 | 2033.4 (1105.2)*1 | 2.8 | 174 | 21 | 435 | 0.14 | 0.40 |

注記 *1：()内は二軸照査に用いた別軸方向の曲げモーメントの値を示す。

*2：軸力は正の値を引張とする。

⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 10-34 水平鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時：壁部＋底版）

| 検討 ケース | 地震動 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力*2 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-----------|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| ⑤ | S _d -D1 | 8822.4 (837.6)*1 | 2675.4 (1572.0)*1 | 3.6 | 223 | 28 | 478.5 | 0.14 | 0.47 |

注記 *1：()内は二軸照査に用いた別軸方向の曲げモーメントの値を示す。

*2：軸力は正の値を引張とする。

⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 10-35 鉛直鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（基準津波時：壁部）

| 検討 ケース | 地震動 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-----------|--------------------|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| ⑤ | S _d -D1 | 428.8 | 0.0 | 5.1 | 166 | 21 | 435 | 0.25 | 0.39 |

注記 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 10-36 鉛直鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時：壁部）

| 検討 ケース | 地震動 | 曲げ モーメント (kN・m) | 軸力 (kN) | 曲げ 圧縮応力 (N/mm ²) | 曲げ 引張応力 (N/mm ²) | 短期許容応力度 (N/mm ²) | | 曲げ 圧縮 応力 照査値 | 曲げ 引張 応力 照査値 |
|-----------|--------------------|-----------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | 曲げ 圧縮 | 曲げ 引張 | | |
| ⑤ | S _d -D1 | 571.5 | 0.0 | 6.8 | 221 | 28 | 478.5 | 0.25 | 0.47 |

注記 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

(2) せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-37 に、せん断力に対する照査結果を表 10-38～表 10-41 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-37 鉄筋コンクリート断面諸元

| 断面 | 主筋方向 | せん断 | 本数 (本) | 区間 s における せん断補強鉄筋断面積 (mm ²) |
|------|------|-------------------------------|-----------|---|
| IV-1 | 水平 | D22@150* ¹ | 6.66 | 2578.1 |
| | 鉛直 | D19@150 (SD345)* ² | | 1909.8 |

注記 *1：壁部+底版（水平方向）については鉛直方向の主筋をスターラップとする。
ただし、許容せん断応力度については SD345 とする。

*2：壁部（鉛直方向）についてはスララップ (SD345) を配置する。

せん断補強鉄筋を考慮した許容せん断力を以下に計算する。

$$V_a = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{2} \tau_{al} b_w j d$$

$$V_s = \frac{A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d}{s}$$

ここで

V_a : 許容せん断力 (kN)

V_c : コンクリートの許容せん断力 (kN)

V_s : 斜め引張鉄筋の許容せん断力 (kN)

τ_{al} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

b_w : 断面幅 (m)

j : 1/1.15

d : 有効高さ (mm)

A_w : 斜め引張鉄筋断面積 (mm²)

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

s : 斜め引張鉄筋間隔 (m)

- 基準津波時（壁部+底版）

$$V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 0.60 \times 2.10 \times 1000 = 451.96$$

$$V_s = 2578.1 \times 294 / 1.15 \times 2.10 / 0.15 / 1000 = 9227.36$$

$$V_a = 451.96 + 9227.36 = 9679.31$$

- 基準津波時（壁部：鉛直）

$$V_c = 1/2 \times 0.825 / 1.15 \times 0.473 \times 2.50 \times 1000 = 424.16$$

$$V_s = 1908.1 \times 294 / 1.15 \times 0.473 / 0.15 / 1000 = 1538.23$$

$$V_a = 424.16 + 1538.23 = 1962.38$$

- T.P. +24 m 津波時（壁部+底版）

$$V_c = 1/2 \times 1.100 / 1.15 \times 0.60 \times 2.10 \times 1000 = 602.61$$

$$V_s = 2578.1 \times 323.4 / 1.15 \times 2.10 / 0.15 / 1000 = 10150.09$$

$$V_a = 602.61 + 10150.09 = 10752.70$$

- T.P. +24 m 津波時（壁部：鉛直）

$$V_c = 1/2 \times 1.100 / 1.15 \times 0.473 \times 2.50 \times 1000 = 565.54$$

$$V_s = 1908.1 \times 323.4 / 1.15 \times 0.473 / 0.15 / 1000 = 1692.05$$

$$V_a = 565.54 + 1692.05 = 2257.59$$

表 10-38 水平方向：せん断力に対する照査結果（基準津波時：壁部+底版）

| 荷重ケース | 設計基準強度 | 発生せん断力 (kN) | 許容せん断 耐力 (kN) | 照査値 |
|-------------|----------------------|----------------|---------------------|------|
| 重畳時 基準津波 | 40 N/mm ² | 4715.4 | 9679.31 | 0.49 |

表 10-39 鉛直方向：せん断力に対する照査結果（基準津波時：壁部）

| 荷重ケース | 設計基準強度 | 発生せん断力 (kN) | 許容せん断 耐力 (kN) | 照査値 |
|-------------|----------------------|----------------|---------------------|------|
| 重畳時 基準津波 | 40 N/mm ² | 1058.6 | 1962.38 | 0.54 |

表 10-40 水平方向：せん断力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時：壁部+底版）

| 荷重ケース | 設計基準強度 | 発生せん断力 (kN) | 許容せん断 耐力 (kN) | 照査値 |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|------|
| 重畳時 T.P. +24 m 津波 | 40 N/mm ² | 6082.4 | 10752.70 | 0.57 |

表 10-41 鉛直方向：せん断力に対する照査結果（T.P. +24 m 津波時：壁部）

| 荷重ケース | 設計基準強度 | 発生せん断力 (kN) | 許容せん断 耐力 (kN) | 照査値 |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|------|
| 重畳時 T.P. +24 m 津波 | 40 N/mm ² | 1410.6 | 2257.59 | 0.63 |