

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-316 改1
提出年月日	平成30年10月03日

V-2-2-29 代替淡水貯槽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	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用基準	16
3. 耐震評価	17
3.1 評価対象断面	17
3.2 許容限界	19
3.3 評価方法	21
4. 耐震評価結果	30
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	30
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	57

1. 概要

本資料は、添付書類「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及び機能維持の設計方針に基づき、代替淡水貯槽が基準地震動 S_0 に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

代替淡水貯槽に要求される機能の維持を確認するにあたっては、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により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

代替淡水貯槽の平面配置図を図 2-1 に示す。

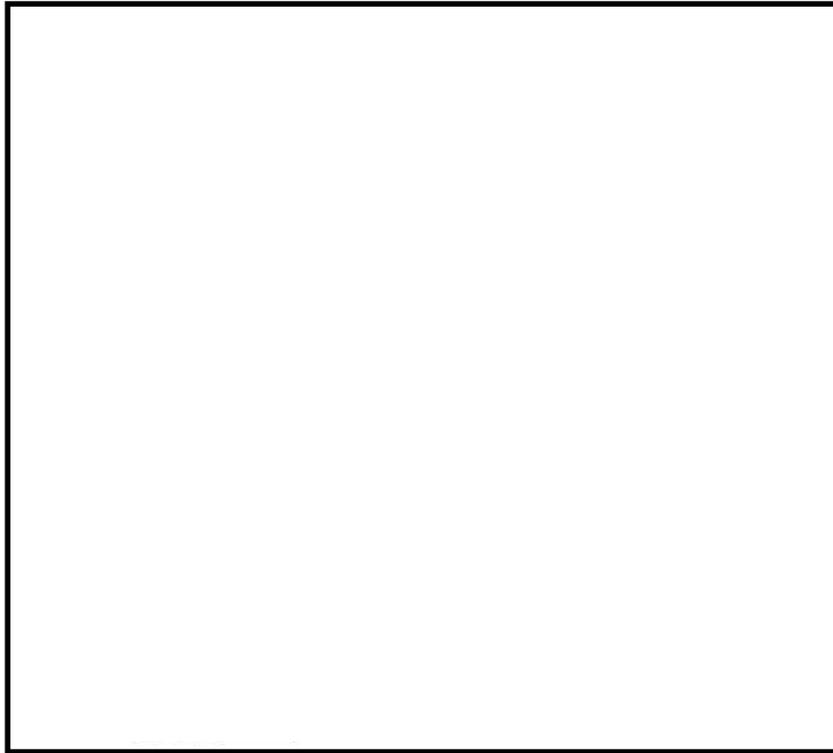


図 2-1 (1) 代替淡水貯槽の平面配置図 (全体平面図)

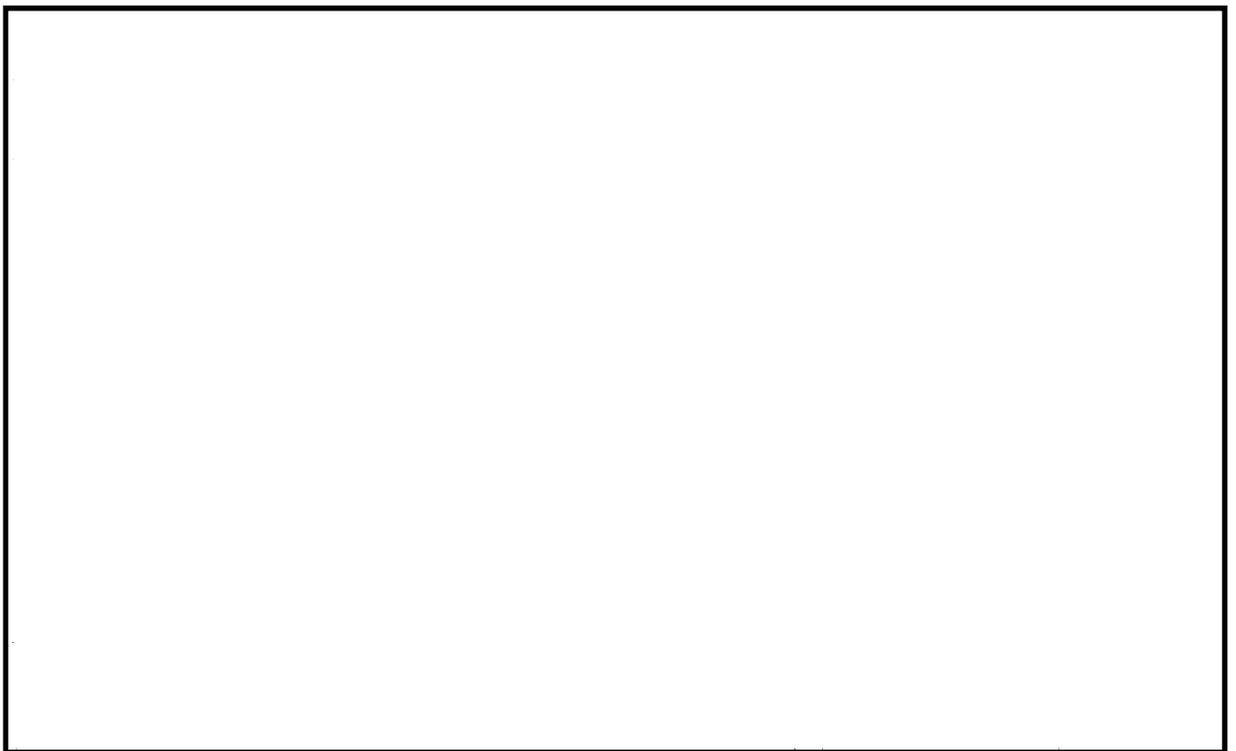


図 2-1 (2) 代替淡水貯槽の平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

代替淡水貯槽は、常設低圧代替注水系における複数の代替淡水源の一つとして設置する内空 20.0 m、内空高さ 21.5 m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

代替淡水貯槽の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3 に示す。

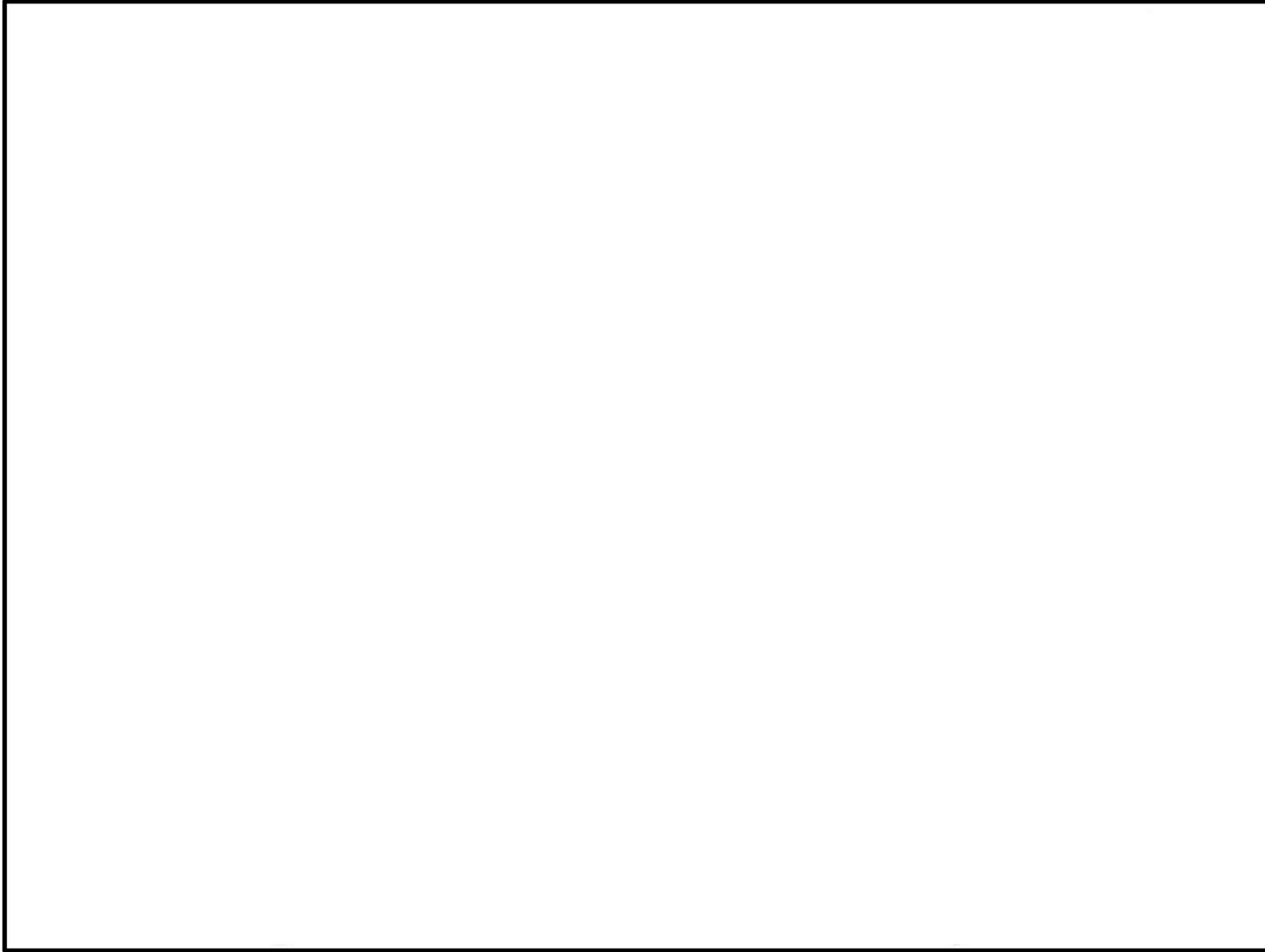


図 2-2 代替淡水貯槽平面図

NT2 補② V-2-2-29 R1

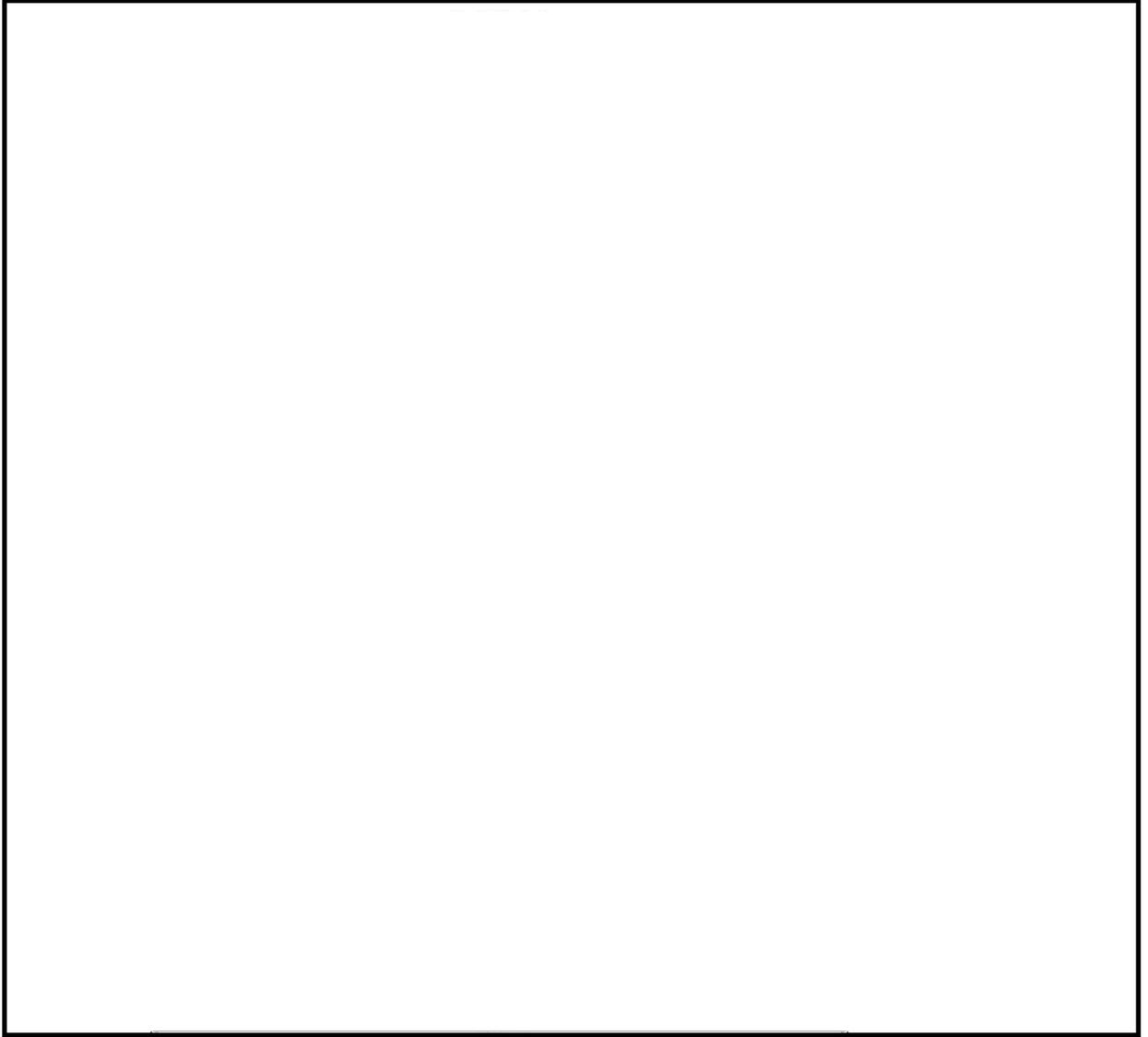


図 2-3 (1) 代替淡水貯槽断面図 (東西方向断面)

NT2 補② V-2-2-29 R1

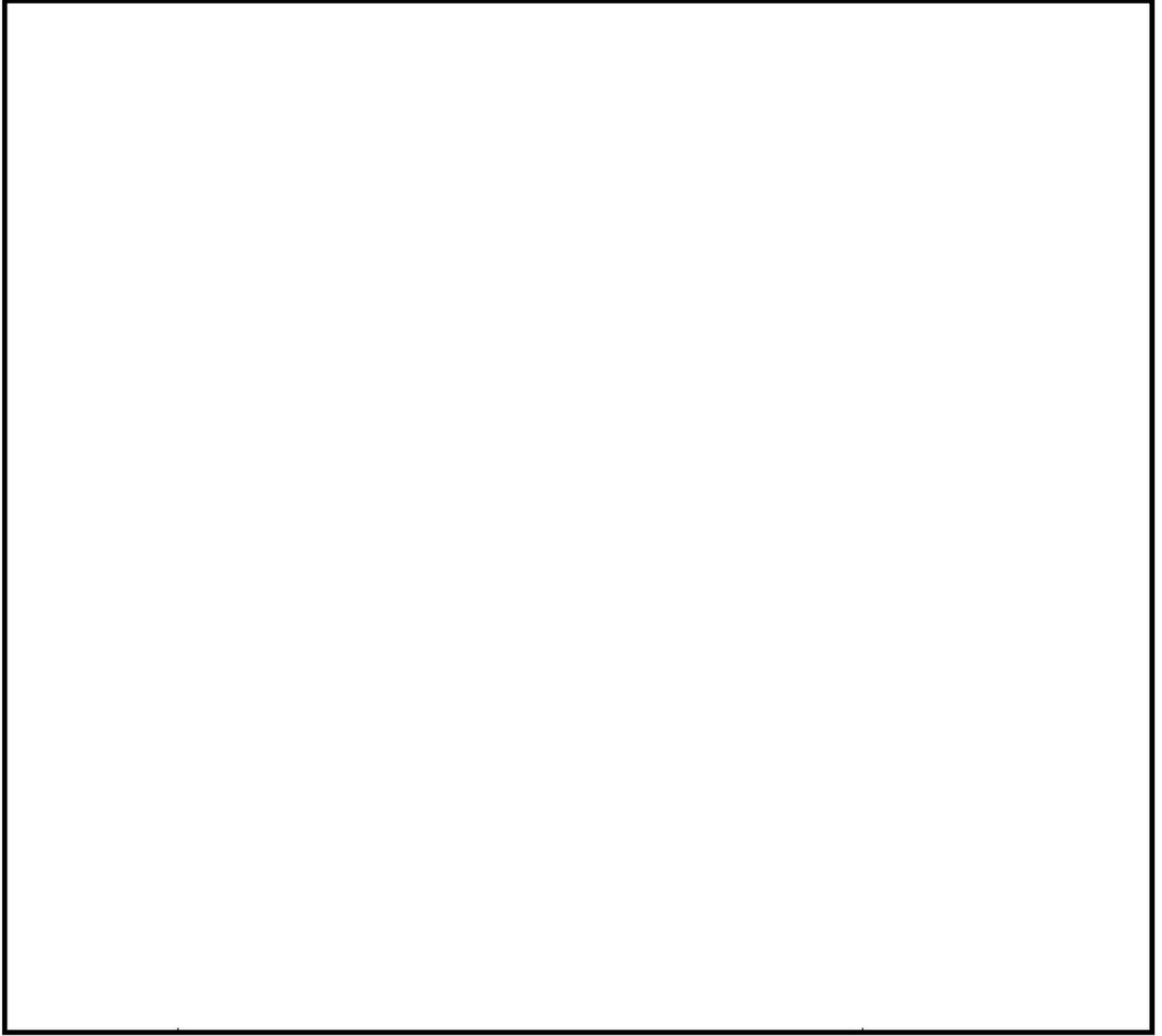


図 2-3 (2) 代替淡水貯槽断面図 (南北方向断面)

2.3 評価方針

代替淡水貯槽は、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

代替淡水貯槽の耐震性評価は、添付書類「V-2-2-28 代替淡水貯槽の地震応答計算書」により得られた解析結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、表 2-1 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及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及びS A施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の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、基礎地盤に生じ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。

代替淡水貯槽の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

ここで、立坑は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 代替淡水貯槽の評価項目

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	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する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*
S A 施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉛直断面 水平断面 版部材	曲げ軸力，せん断力に対する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*

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。

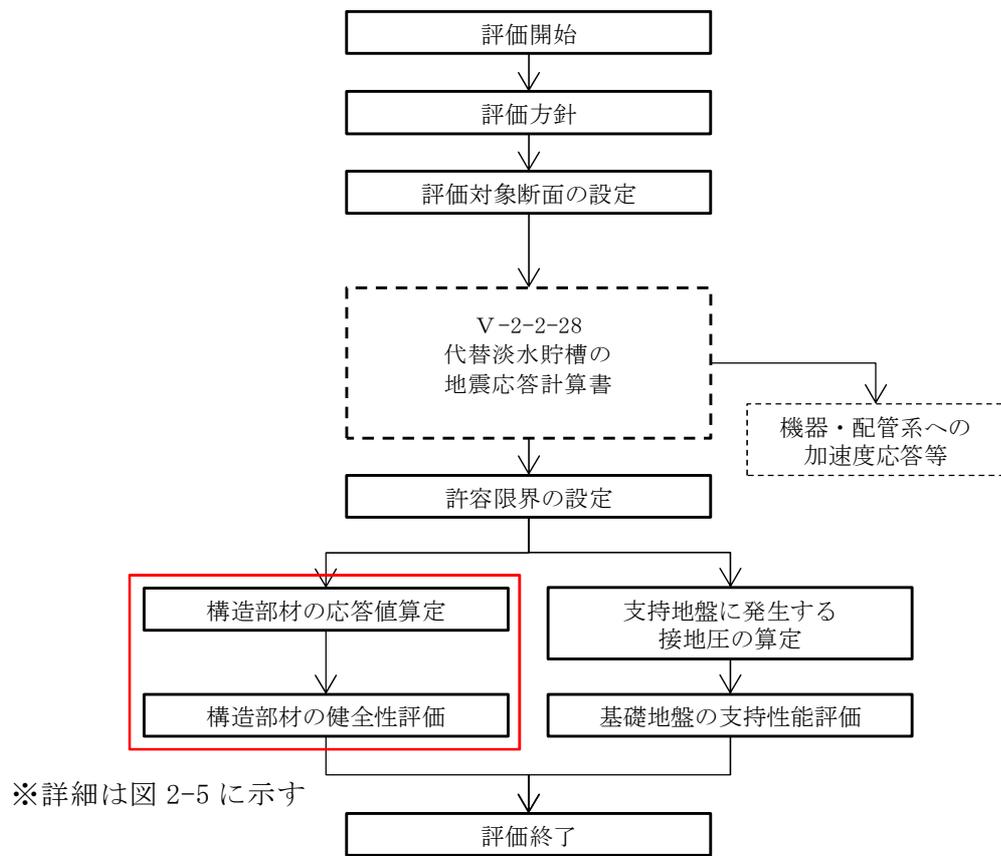


図 2-4 代替淡水貯槽の耐震評価フロー

構造部材の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フローを図 2-5 に示す。

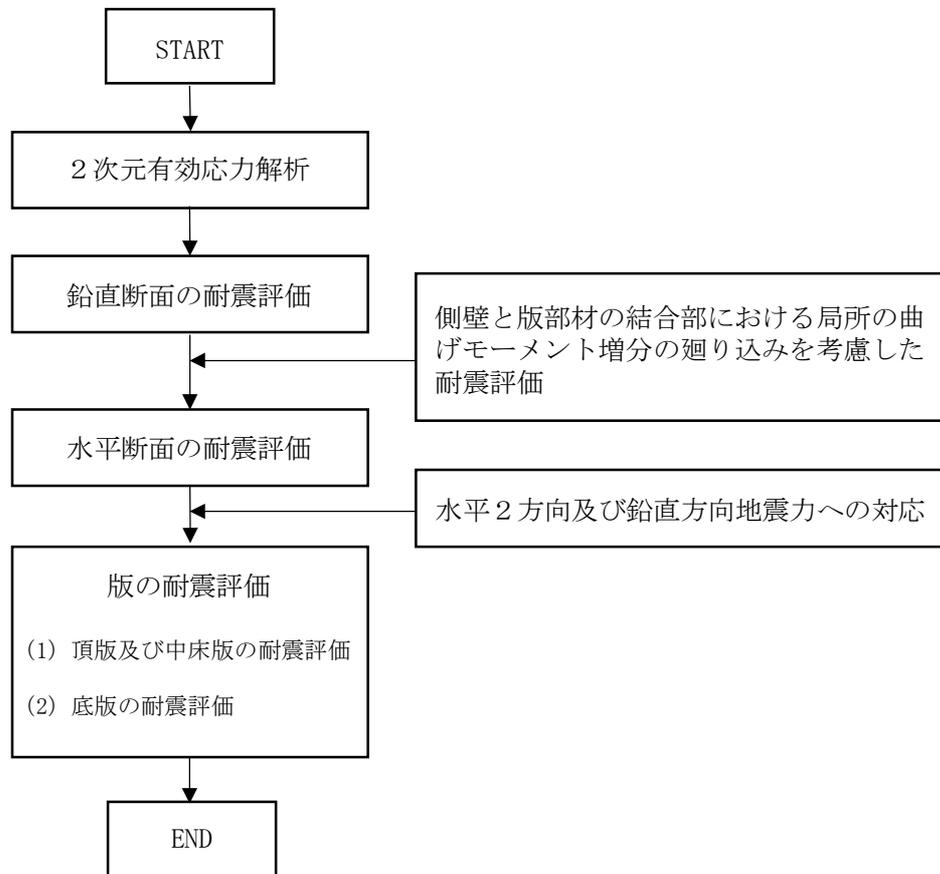


図 2-5 立坑の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フロー

以下にフロー図に示す項目について方針を示す。

2.3.1 2次元有効応力解析

立坑構造物の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_0 に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。立坑は、立坑中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する構造梁（線形はり要素）によりモデル化する。また、地盤については、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化とする。

2次元有効応力解析を実施し、立坑の鉛直鉄筋の健全性評価のために、2次元有効応力解析にて算出される線形はり要素の発生断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）を抽出する。立坑の水平鉄筋の健全性評価のために、立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ σ_x' ）と間隙水要素の発生応力（ Δu ）の和）の時刻歴最大値、すなわち地震時最大地盤反力を抽出する。さらに、頂版の健全性評価のために、頂版位置における最大鉛直加速度を抽出し、底版の健全性評価のために、立坑底面をモデル化した仮想剛梁要素に地盤から作用する鉛直方向有効直応力（ σ_y' ）及び間隙水要素の発生応力（ Δu ）の和を底面方向分布に応じて合計した値、すなわち、鉛直方向の地震時地盤反力の時刻歴最大値を抽出する。

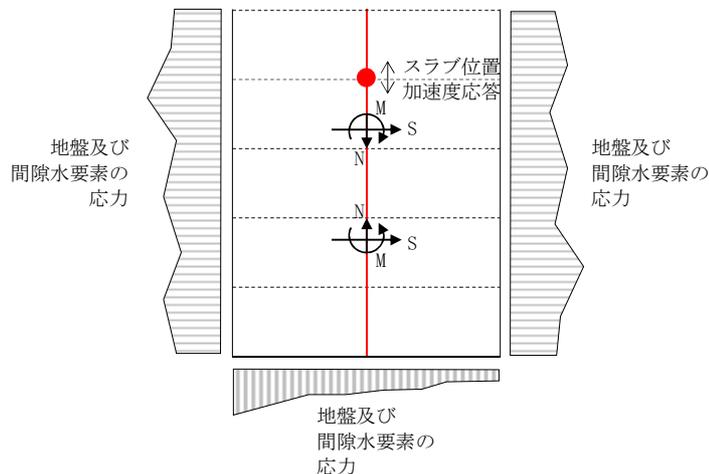


図 2-6 2次元有効応力解析からの応答値の抽出概念図

2.3.2 鉛直断面に対する耐震評価結果

(1) 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価

立坑は直交する2断面（南北方向及び東西方向）を解析断面として選定し、2次元有効応力解析を実施し部材の設計を行う。立坑の鉛直鉄筋は2次元有効応力解析において算出される線形はり要素の発生断面力（曲げモーメント及び

軸力) を用いて照査を行い、構造部材の曲げ軸力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。

なお、円形立坑の場合は、矩形立坑と異なり地震動の加振方向に対して抵抗する部位が不明確である。そこで、直交する2つの2次元有効応力解析モデルによる解析結果のうち、時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントが直交する方向にも同時に作用すると仮定(曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍)して、許容限界以下であることを確認する。

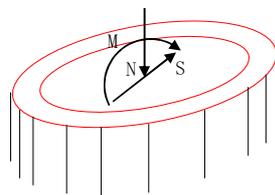


図 2-7 線形はり要素の鉛直断面設計概念図

(2) 鉛直断面のせん断力に対する評価

2次元有効応力解析において算出される線形はり要素の発生せん断力(S)に対しコンクリートの有効断面積(A_w)で抵抗するものとし、せん断応力度 $\tau = S/A_w$ については、コンクリート標準示方書に示される許容せん断応力度 τ_{a1} 以下である場合にはせん断補強筋は不要である。許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合はせん断補強筋(A_{s1})が必要となるが、鉛直断面のせん断力照査におけるせん断補強筋は、水平断面照査における主鉄筋の向きと同じ方向にある。このため両設計で必要となる配筋量を足し合わせた配筋量以上を配置する。これにより構造部材の水平二方向の検討に対応した設計となる。

2次元有効応力解析において算出される線形はり要素の発生断面力(せん断力)を用いて照査を行い、構造部材の発生断面力(せん断力)が許容限界以下であることを確認する。

(3) 側壁と版部材の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

側壁と版部材の隅角部には、床版の曲げモーメント(M_0)が側壁に廻り込む。また側壁が版部材に支持される拘束効果により、地震時荷重を面外方向に受けた場合に曲げモーメントが反転する(M_1, M_2)。この現象は2次元有効応力解析において考慮することができない。そのため、ここでは側壁と版部材の結合部における曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した検討を行う。

図 2-8 に版部材から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図を示す。

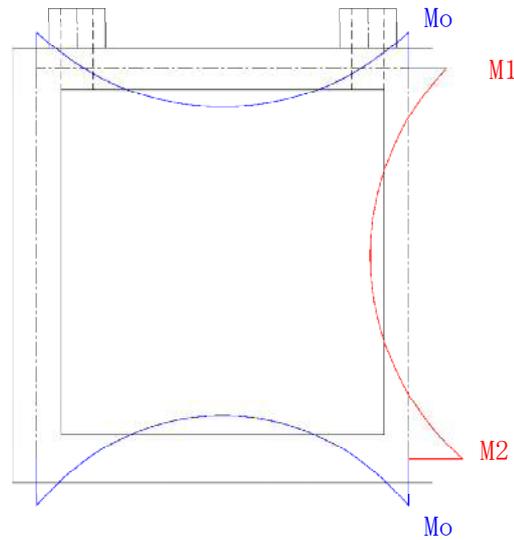


図 2-8 版部材から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図

側壁と版部材を結合することにより版部材に発生する端部の曲げモーメント (M_0) は、境界条件を固定支持としたシェル要素を用いた有効応力解析により算定する。側壁は床版中心間距離で固定支持された、単位幅を有する両端固定はりとしてモデル化し、各層における地震時荷重を作用させた場合に、支持位置に発生する曲げモーメント (M_1 , M_2) を算定する。地震時荷重については、各鉛直スパンの地盤反力（地盤要素の水平有効直応力 (σ_x') + 間隙水要素の発生応力 (Δu)）の合算値が最大となる時刻の地盤反力分布を用いる。

版部材の端曲げモーメント (M_0) 及び版部材に拘束された側壁に発生する端曲げモーメント (M_1 , M_2 のうちモーメントの連続性を考えて両者の最大値を用いる) の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントから鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v2}) を算定する。 $\sqrt{2}$ 倍した曲げモーメントを用いて求められた鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v1}') を加算した鉛直鉄筋の引張応力度 ($\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$) が許容限界以下であることを確認する。

2.3.3 水平断面に対する耐震評価

(1) 水平断面の設計

立坑水平断面については、立坑側壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析により水平断面の照査を行なう。

作用させる荷重は、2次元有効応力解析結果から抽出した、立坑側方の地震時地盤反力（地盤要素の水平有効直応力（ σ_x' ）と間隙水要素の発生応力（ Δu ））の全時刻の最大値である。水平断面の評価概念図を図2-9に示す。

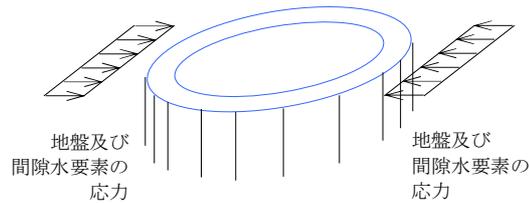


図2-9 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

構造部材の発生断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認する。

(2) 水平2方向及び鉛直方向地震力への対応

立坑の側壁における面内方向の水平鉄筋として、2次元有効応力解析（鉛直断面）モデルの側壁面内方向のせん断力に対するせん断補強鉄筋（ A_{s1} ）と、水平断面の2次元フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する主鉄筋（ A_{s2} ）は同じ向きの配筋となる。したがって、 A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた合計必要鉄筋量以上の実配筋量が各側壁の面内方向に配置する。

2.3.4 版の耐震評価

(1) 頂版

頂版については、開口部を模擬したシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。頂版は搬出入口の開口を考慮してモデル化する。

慣性力については、2次元有効応力解析により各床版位置における最大鉛直加速度を算出し、重力加速度で除することで鉛直設計震度を求め算定する。単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を頂版及び中床版上下面側にそれぞれに格子状に配置すると共に、鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。

立坑の頂版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

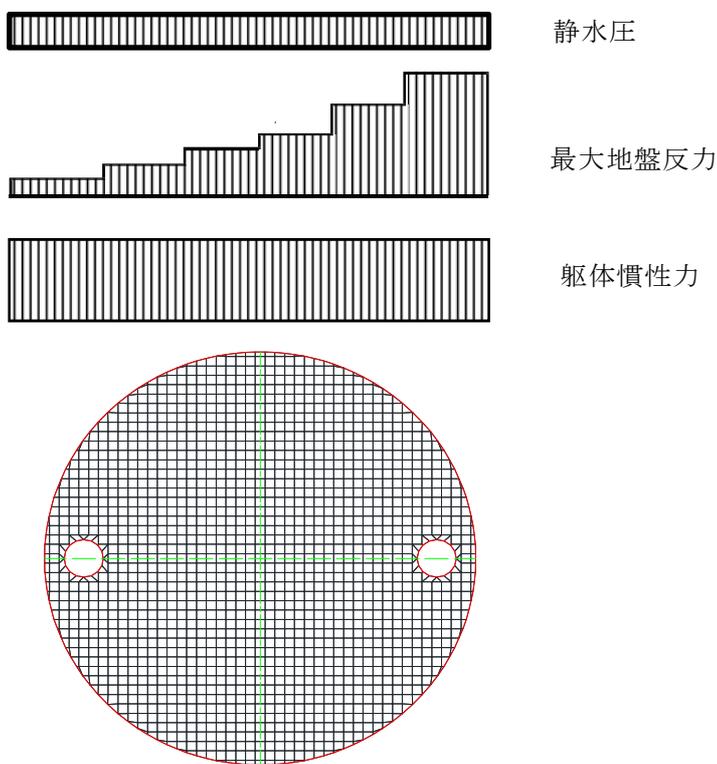


図 2-11 頂版のシェル要素を用いた応力解析概念図

(2) 底版

底版は接続する側壁及び中壁の中心間距離をスパンとしたシェル要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。境界条件は単純支持とする。

設計荷重は2次元有効応力解析において、仮想剛梁要素（底面）下面の地盤要素に発生する鉛直方向有効直応力（ σ_y' ）及び間隙水要素の発生応力（ Δu ）の底版幅方向合力が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力分布を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

単純支持によるシェル要素を用いた応力解析に基づき算定した水平方向の必要主鉄筋量以上を底版上下面側それぞれに格子状に配置すると共に、鉛直方向の必要せん断補強筋量以上を配置する。

立坑の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

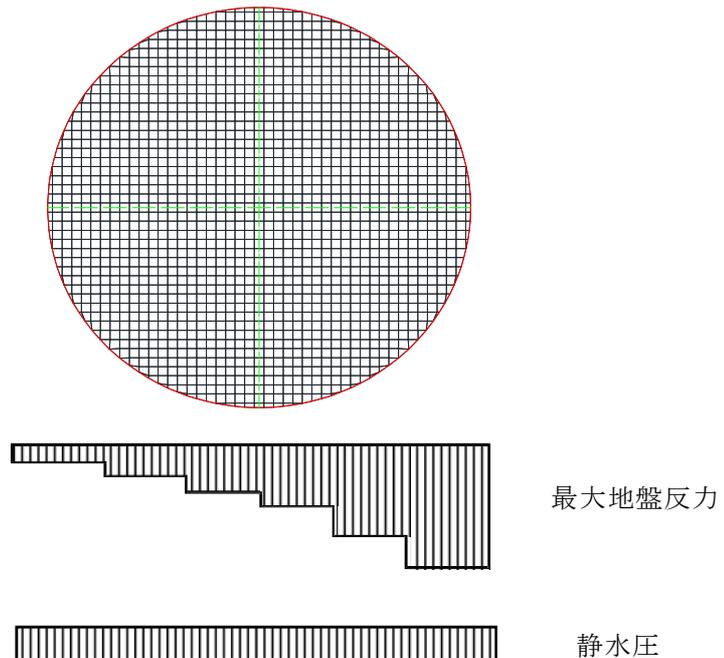


図 2-12 底版の解析モデル概念図

2.4 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〕（土木学会，2002年制定）
- ・ 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）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

代替淡水貯槽の評価対象断面位置を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は図 3-1 の南北方向断面及び東西方向断面とする。

評価対象断面を図 3-2 に示す。

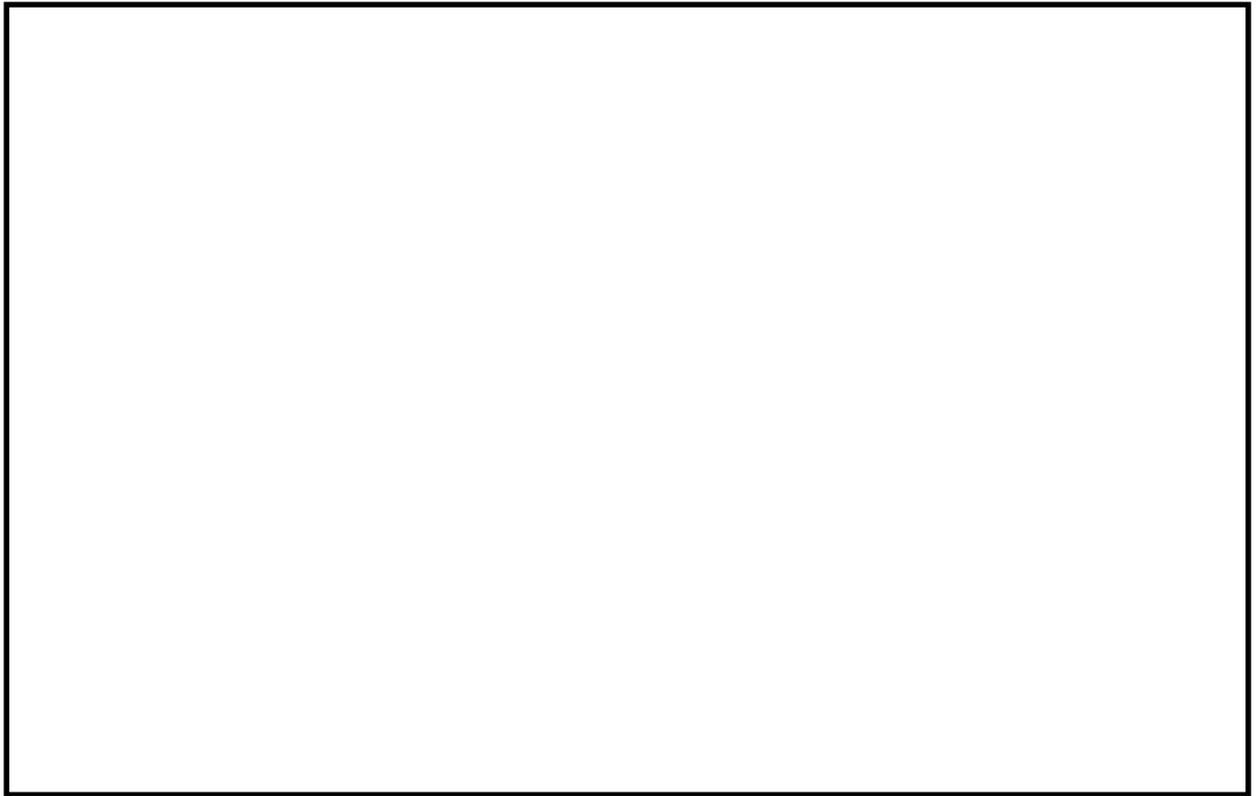


図 3-1 代替淡水貯槽の評価対象断面位置図

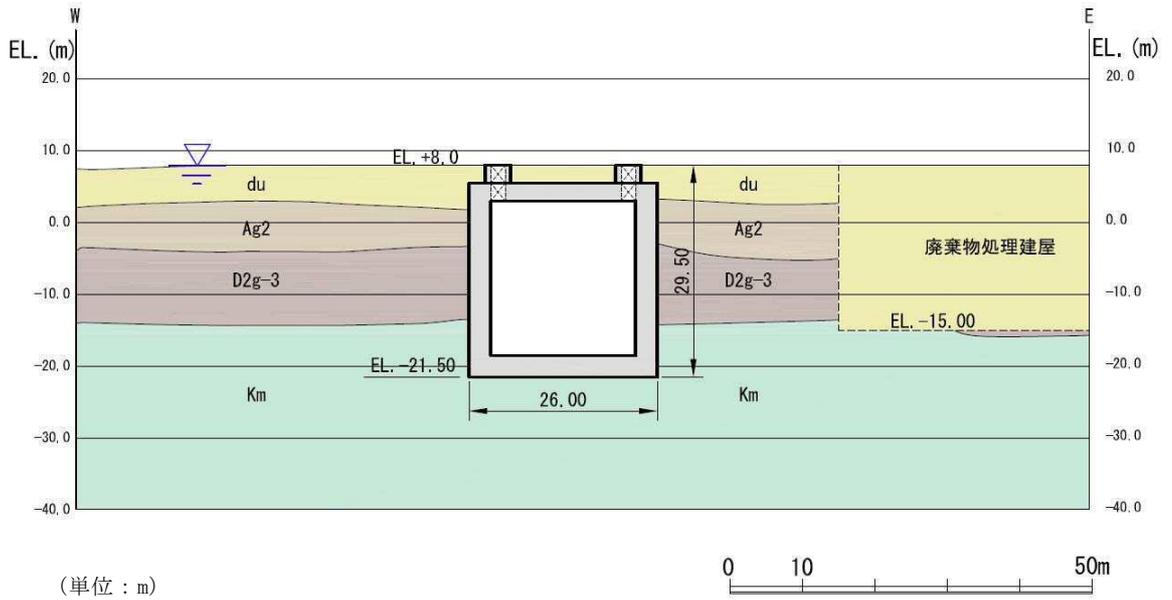


図 3-2 (1) 代替淡水貯槽 評価対象断面図 (東西方向断面)

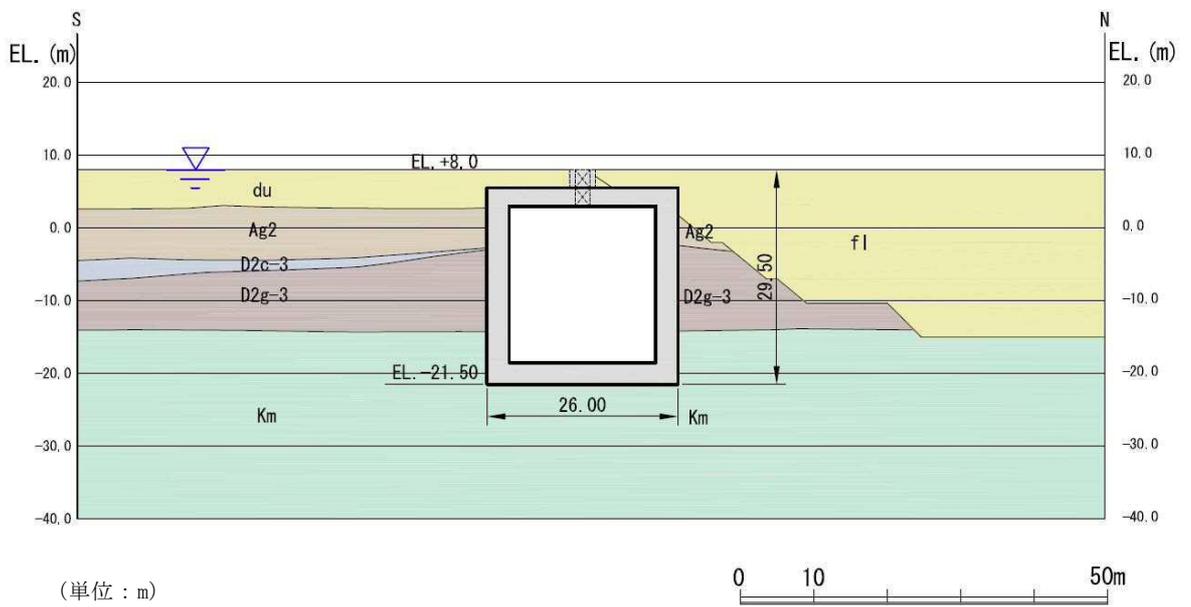


図 3-2 (2) 代替淡水貯槽 評価対象断面図 (南北方向断面)

3.2 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 構造部材に対する許容限界

代替淡水貯槽の構造部材は、許容応力度法による照査を行う。

表 3-1 にコンクリート及び鉄筋の許容限界を示す。

表 3-1 構造部材の健全性に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
コンクリート* ¹ ($f'_{ck} = 40$ N/mm ²)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	短期許容せん断応力度 τ_{al}	0.825* ³
鉄筋 (SD490) * ²	短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435
	短期許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300
鉄筋 (SD345) * ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	294

注記 *1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（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（日本道路協会，平成14年3月）

*3：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]（土木学会，2002年制定）」に基づき設定する。

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は、添付資料「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（日本道路協会，平成 14 年 3 月）より設定する。

表 3-2 に極限支持力度を示す。

表 3-2 (1) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界（東西断面方向）

項目	許容限界 (kN/m ²)
極限支持力度 q_d	5921

表 3-2 (2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界（南北断面方向）

項目	許容限界 (kN/m ²)
極限支持力度 q_d	5921

3.3 評価方法

代替淡水貯槽の耐震評価は、添付書類「V-2-2-28 代替淡水貯槽の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した照査用応答値が「3.2 許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

3.3.1 鉛直断面の構造部材の健全性評価

鉛直断面の構造部材の曲げ軸力照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析により算定した応力が許容限界以下であることを確認する。

鉛直断面東西方向の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-3 に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-4 に示す。

鉛直断面南北方向の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-5 に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-6 に示す。

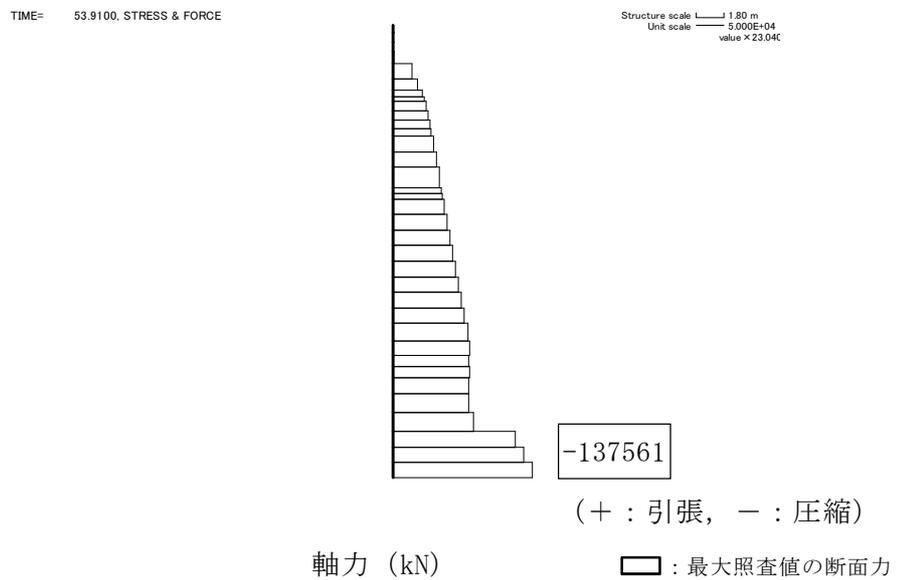
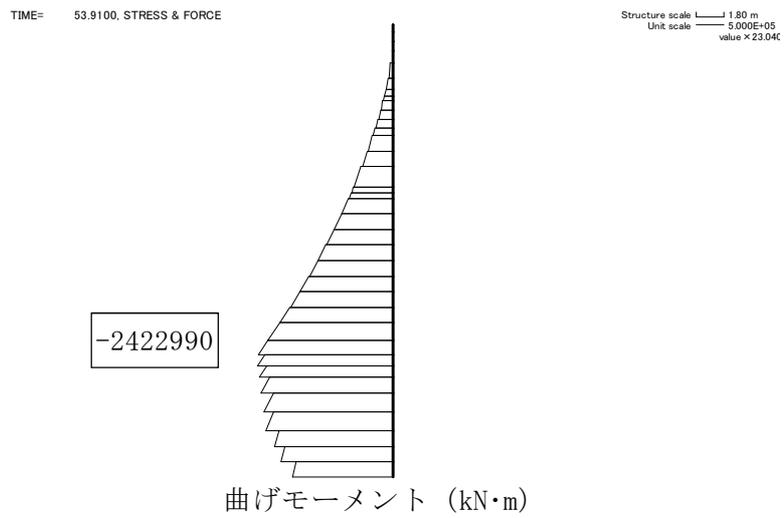
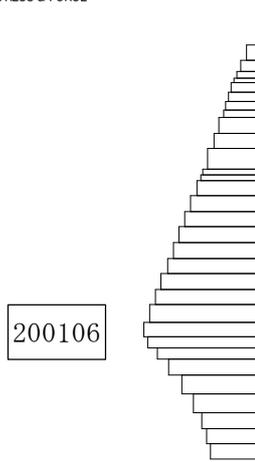


図 3-3 鉛直断面東西方向の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
(側壁 (No. 2) , $S_s - D 1$, $t=53.91s$)

(検討ケース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)

TIME= 53.8800, STRESS & FORCE

Structure scale 1.80 m
Unit scale 5.000E-04
value * 23.04C



せん断力 (kN)

□ : 最大照査値の断面力

図 3-4 鉛直断面東西方向のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力

(側壁 (No. 3) , $S_s - D 1$, $t=53.88s$)

(検討ケース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)

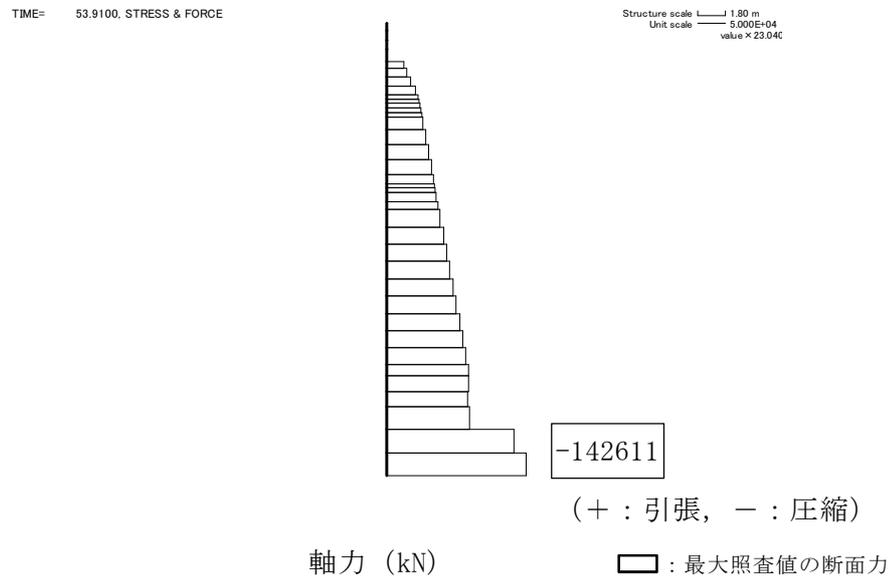
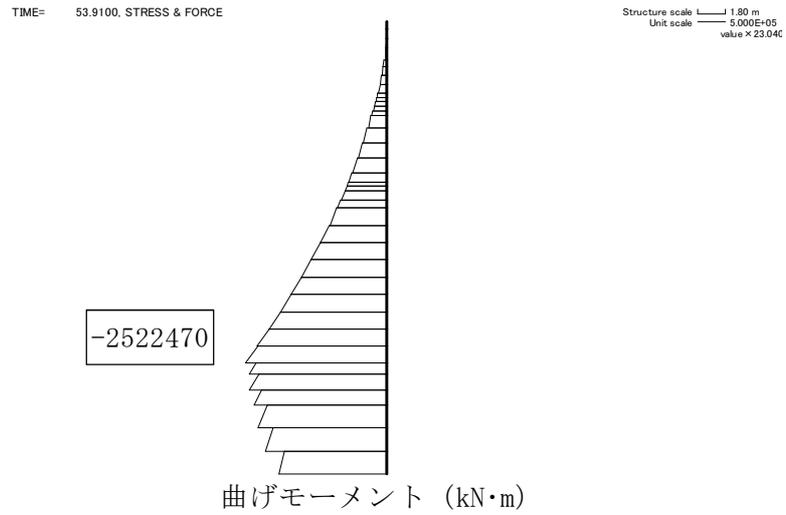
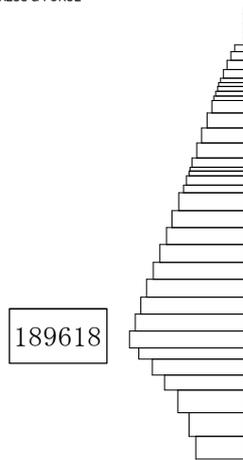


図 3-5 鉛直断面南北方向の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
(側壁 (No. 2) , $S_s - D 1$, $t=53.91s$)

(検討ケース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)

TIME= 53.8800, STRESS & FORCE

Structure scale 1.80 m
Unit scale 5.000E-04
value * 23.04C



せん断力 (kN)

□ : 最大照査値の断面力

図 3-6 鉛直断面南北方向のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力

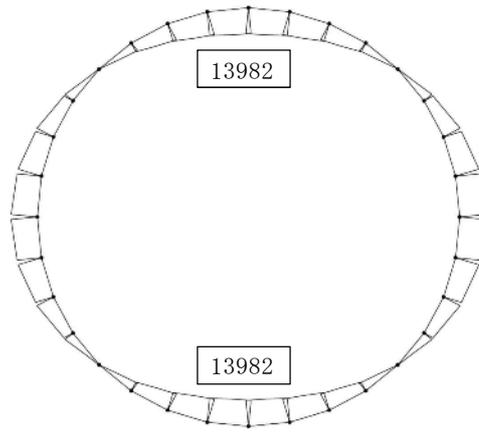
(側壁 (No. 3) , $S_s - D 1$, $t=53.88s$)

(検討ケース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)

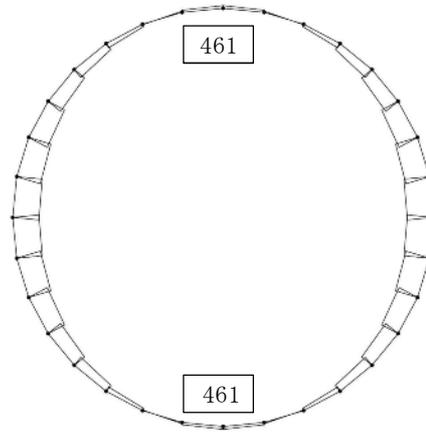
(2) 水平断面の構造部材の健全性評価

水平断面については、地震応答解析結果より、各部材の照査値が最も厳しい荷重条件を抽出して静的フレーム解析を実施し、発生応力が許容限界以下であることを確認する。

水平断面の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-7 に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-8 に示す。



曲げモーメント (kN・m)



(外側：引張，内側：圧縮)

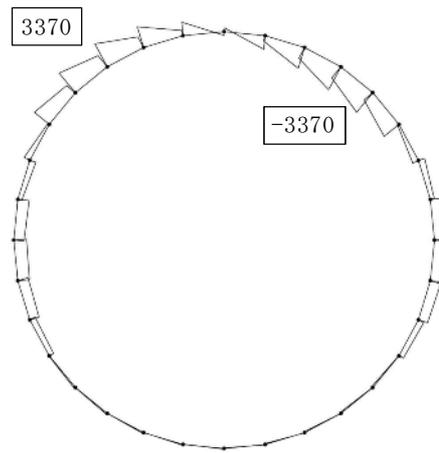
軸力 (kN)

□：最大照査値の断面力

図 3-7 水平断面の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力

(側壁 (No. 1) , $S_s - D 1$, $t=60.49s$)

(検討ケース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)



せん断力 (kN) : 最大照査値の断面力

図 3-8 水平断面のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (側壁 (No. 3) , $S_s - D 1$, $t=53.88s$)
 (検討ケース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)

3.3.3 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に生じ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。

接地圧が許容限界に対して最も厳しくなる検討ケースにおいて、基礎地盤に生じる最大接地圧分布を図 3-9 及び図 3-10 に示す。

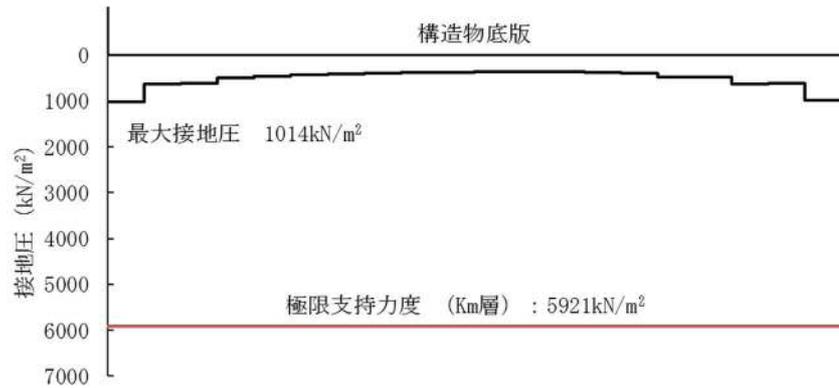


図 3-9 最大接地圧分布図（東西方向）

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（ $S_s - D 1$ ）

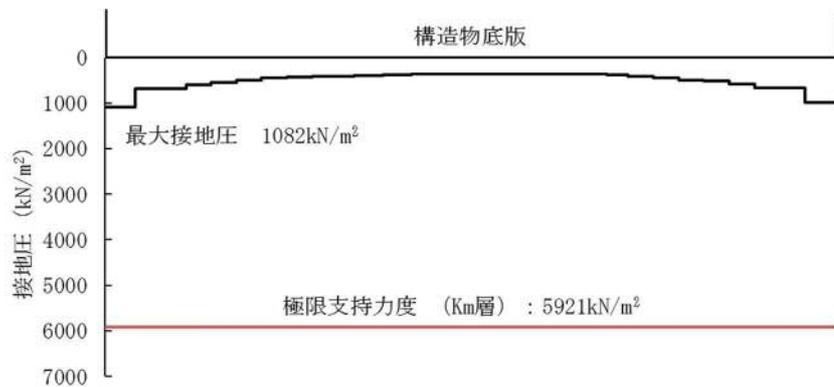


図 3-10 最大接地圧分布図（南北方向）

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（ $S_s - D 1$ ）

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

4.1.1 鉛直断面に対する耐震評価結果

(1) 2次元有効応力解析に対する健全性評価

2次元有効応力解析により得られるコンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4-1 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4-2 に、せん断力に対する照査結果を表 4-3 に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、代替淡水貯槽の鉛直断面の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 (1) 東西方向断面のコンクリートの曲げ軸力照査結果

評価位置	断面性状 (mm)			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	解析ケース	
	外径 R1 (mm)	内径 R2 (mm)	壁厚 t (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)					
搬出入口側壁	10	3500	2000	750	D22@300	2987	341	2.49	21.0	0.12	④S _s -D1
側壁No.1	7	26000	20000	3000	2-D41@200	1689151	102422	2.33	21.0	0.11	④S _s -D1
側壁No.2	4	26000	20000	3000	2-D41@200	3442168	139232	4.80	21.0	0.23	④S _s -D1
側壁No.3	3	26000	20000	3000	2-D51@200 D41@200	3471470	136987	3.68	21.0	0.18	④S _s -D1

注記 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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

鉛直断面照査位置図（曲げ）

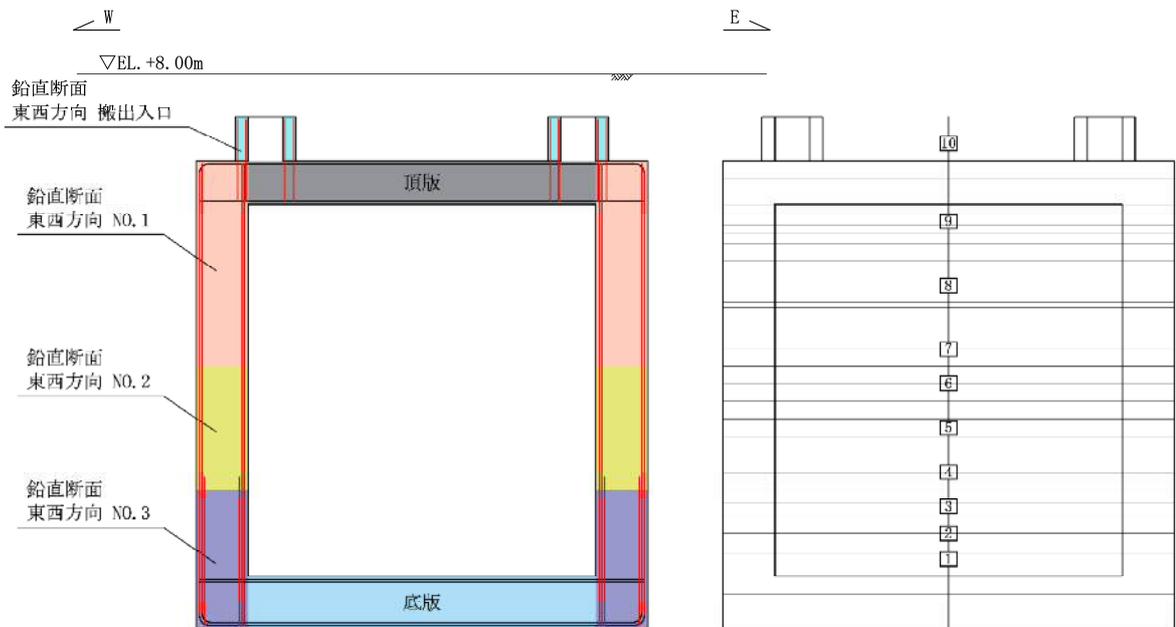


表 4-1 (2) 南北方向断面のコンクリートの曲げ軸力照査結果

評価位置	断面性状 (mm)			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	解析ケース	
	外径 R1 (mm)	内径 R2 (mm)	壁厚 t (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)					
搬出入口側壁	10	3500	2000	750	D22@300	2209	343	1.81	21.0	0.09	④S _S -D1
側壁No.1	7	26000	20000	3000	2-D41@200	1670045	102297	2.30	21.0	0.11	④S _S -D1
側壁No.2	4	26000	20000	3000	2-D41@200	3577211	144436	4.98	21.0	0.24	④S _S -D1
側壁No.3	3	26000	20000	3000	2-D51@200 D41@200	3488441	146958	3.71	21.0	0.18	④S _S -D1

注記 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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

鉛直断面照査位置図 (曲げ)

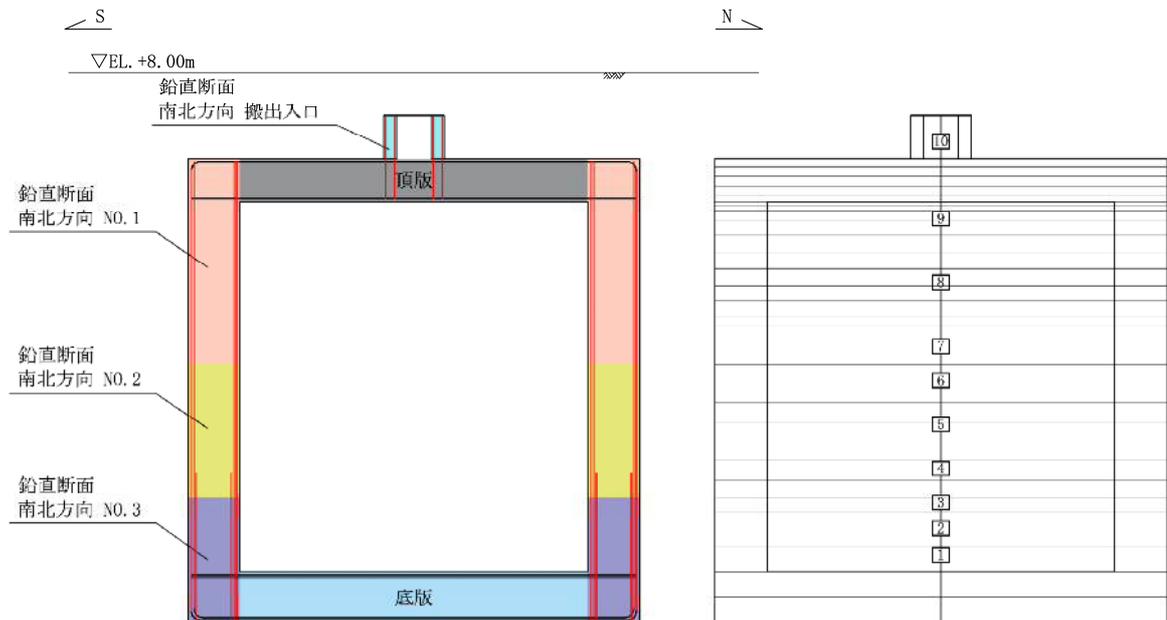


表 4-2 (1) 東西方向断面の鉄筋の曲げ軸力照査結果

評価位置	断面性状 (mm)			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s / σ_{sa}	解析ケース	
	外径 R1 (mm)	内径 R2 (mm)	壁厚 t (mm)		曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$)	軸力 (kN/m)					
搬出入口側壁	10	3500	2000	750	D22@300	2939	327	142	435	0.33	④S _s -D1
側壁No.1	7	26000	20000	3000	2-D41@200	1674782	101356	51	435	0.12	④S _s -D1
側壁No.2	4	26000	20000	3000	2-D41@200	3426625	137561	138	435	0.32	④S _s -D1
側壁No.3	3	26000	20000	3000	2-D51@200 D41@200	3458106	135425	79	435	0.19	④S _s -D1

注記 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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

鉛直断面照査位置図（曲げ）

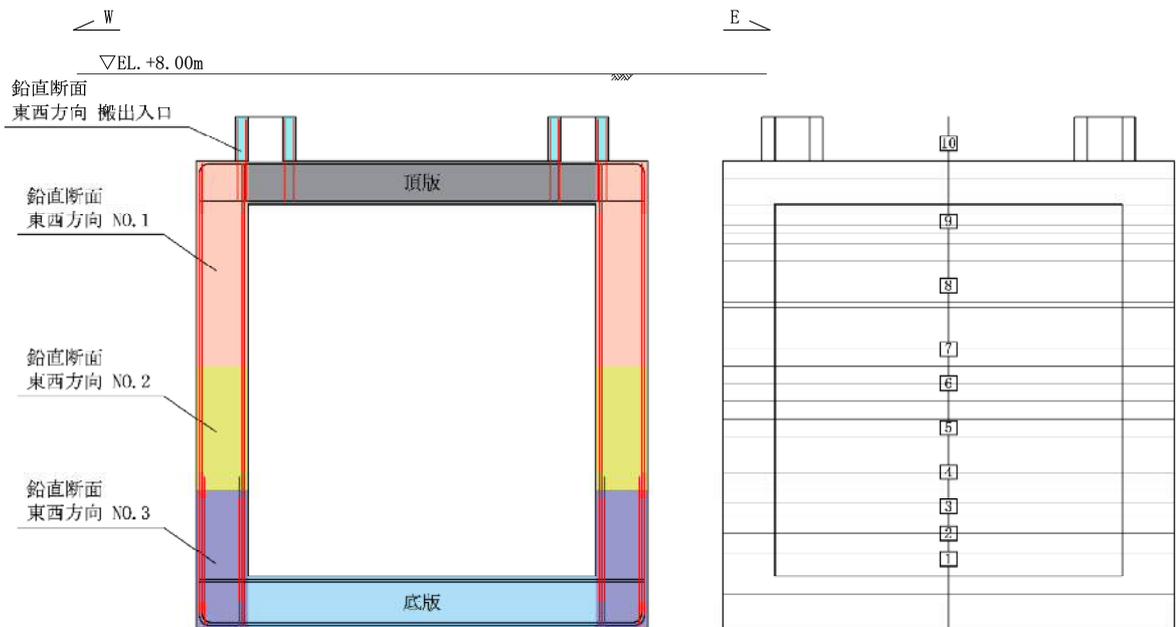


表 4-2 (2) 南北方向断面の鉄筋の曲げ軸力照査結果

評価位置	断面性状 (mm)			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	解析ケース	
	外径 R1 (mm)	内径 R2 (mm)	壁厚 t (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)					
搬出入口側壁	10	3500	2000	750	D22@300	2209	343	100	435	0.23	④S _s -D1
側壁No.1	7	26000	20000	3000	2-D41@200	1659961	101196	50	435	0.12	④S _s -D1
側壁No.2	4	26000	20000	3000	2-D41@200	3567311	142611	144	435	0.34	④S _s -D1
側壁No.3	3	26000	20000	3000	2-D51@200 D41@200	3488441	146958	77	435	0.18	④S _s -D1

注記 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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

鉛直断面照査位置図（曲げ）

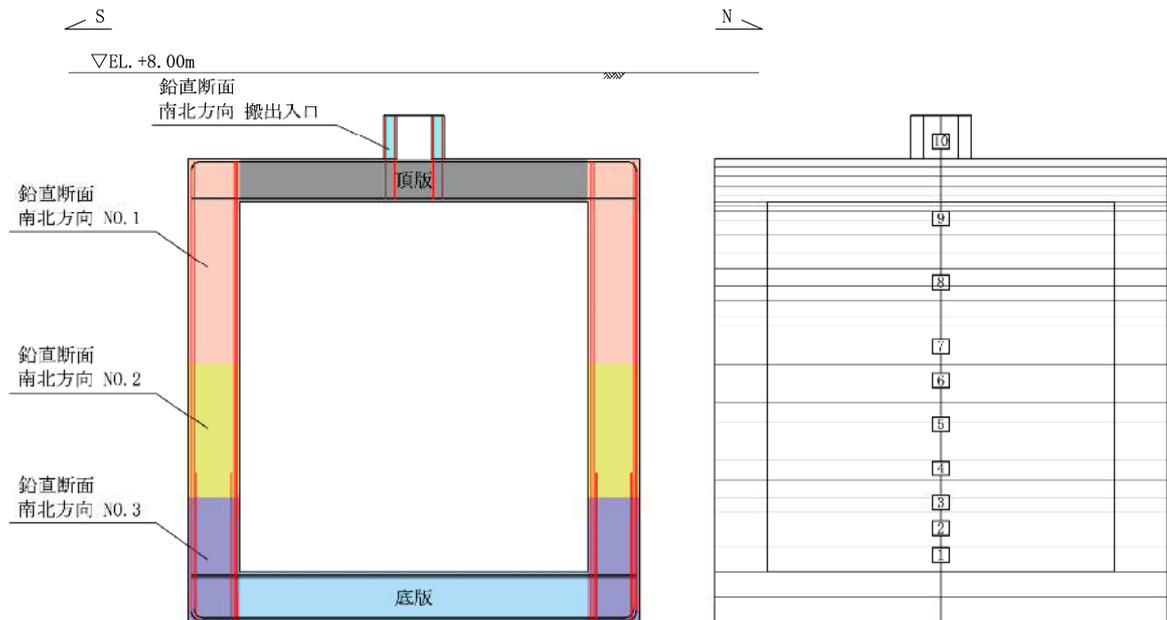


表 4-3 (1) 東西方向断面のせん断力照査結果

評価位置	断面性状(mm)			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a	解析ケース	
	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)						
搬出入口側壁	10	1329	3102	2789	D22@300	970	5084	0.19	④S _s -D1
側壁No.1	7	5318	23042	21875	2-D51@200	133439	504412	0.27	④S _s -D1
側壁No.2	4	5318	23042	21875	3-D51@200	205404	735754	0.28	④S _s -D1
側壁No.3	3	5318	23042	21875	2-D51@200	200106	504412	0.40	④S _s -D1

注記 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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

鉛直断面照査位置図（せん断）

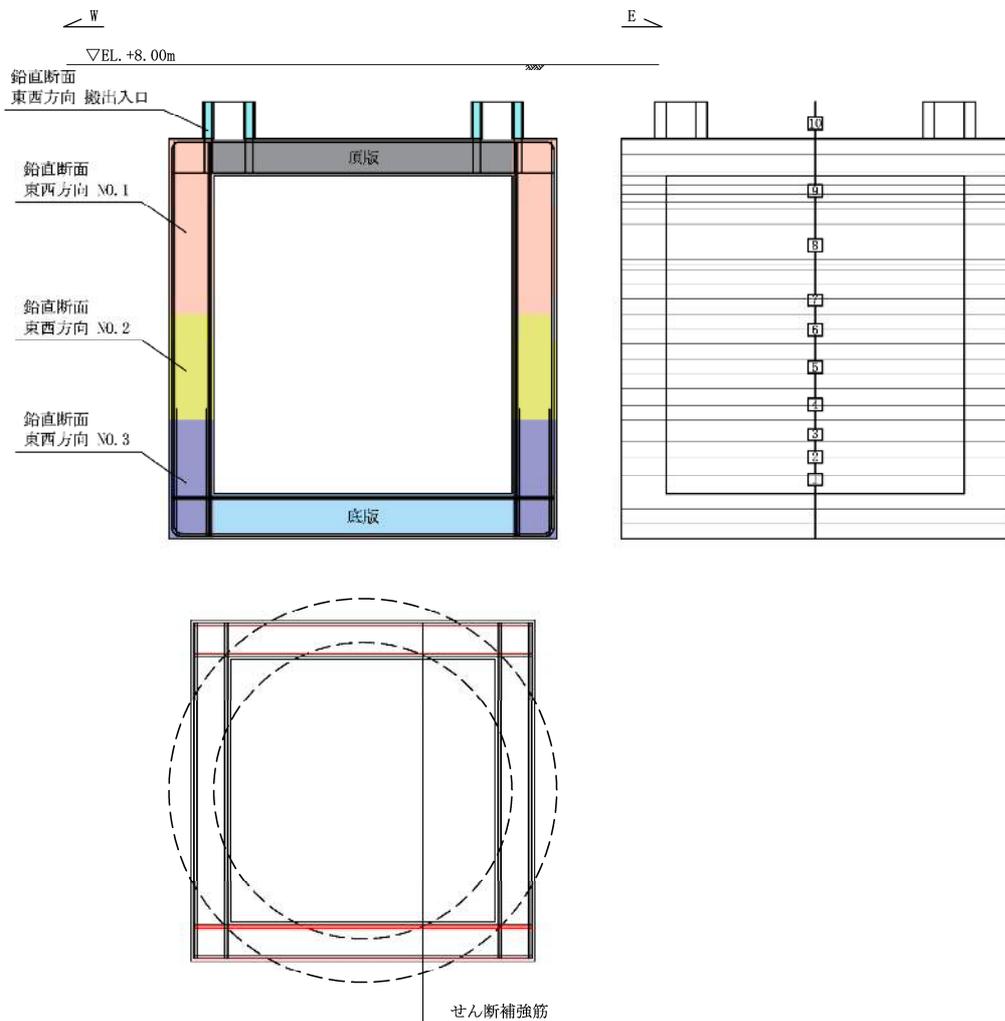


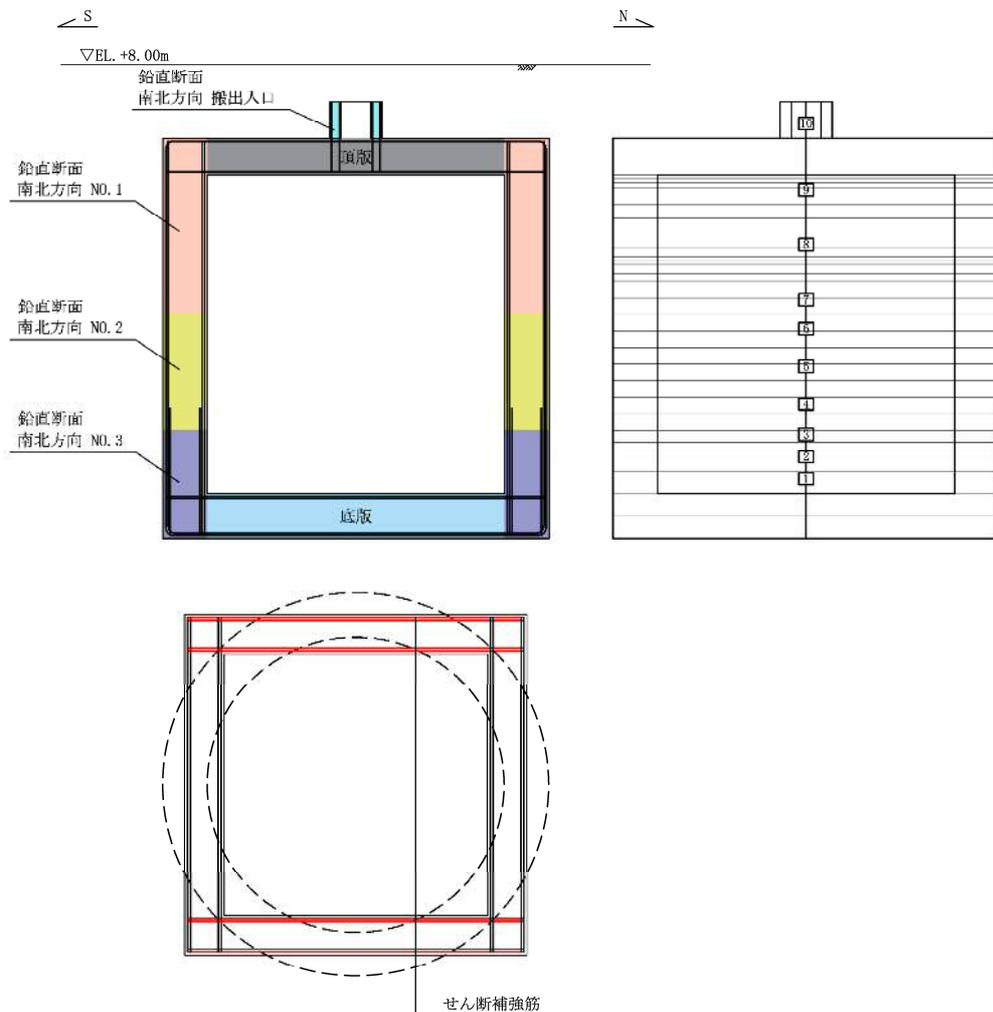
表 4-3 (2) 南北方向断面のせん断力照査結果

評価位置	断面性状(mm)			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a	解析ケース	
	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)						
搬出入口側壁	10	1329	3102	2789	D22@300	986	5084	0.20	④S _S -D1
側壁No.1	7	5318	23042	21875	2-D51@200	130358	504412	0.26	④S _S -D1
側壁No.2	4	5318	23042	21875	3-D51@200	206637	735754	0.28	④S _S -D1
側壁No.3	3	5318	23042	21875	2-D51@200	189618	504412	0.38	④S _S -D1

注記 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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

鉛直断面照査位置図（せん断）



(2) 側壁と版部材の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

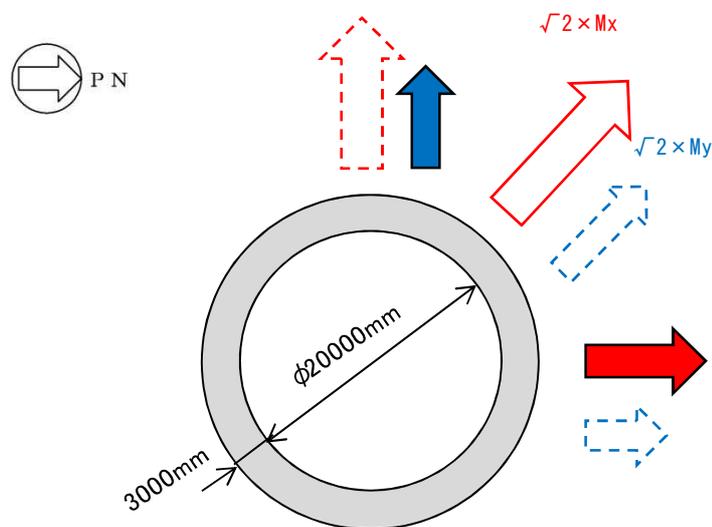
X方向, Y方向それぞれで最大の照査値を示す階層, 解析ケース及び基準地震動での評価結果を表4-4に示す。

表4-4 (1) 鉛直断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果

方向	評価位置			断面性状					鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{cs} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{cs}	解析ケース
				外径 R1 (mm)	内径 R2 (mm)	部材厚 t (mm)	部材幅 b (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
X方向	側壁No.3	有効応力解析	σ_{v1}	26000	20000	3000	-	-	2-D51@200 +D41@200	3488441	146958	3.71	21.0	0.18	④S _s -D1
		拘束効果による曲げ	σ_{v2}	-	-	3000	1000	2668	2-D51@200 +D41@200	13532	-	8.36	21.0	0.40	④S _s -D1
		合計	$\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	-	-	12.07	21.0	0.58	④S _s -D1
Y方向	側壁No.3	有効応力解析	σ_{v1}	26000	20000	3000	-	-	2-D51@200 +D41@200	3471470	136987	3.68	21.0	0.18	④S _s -D1
		拘束効果による曲げ	σ_{v2}	-	-	3000	1000	2668	2-D51@200 +D41@200	13541	-	8.37	21.0	0.40	④S _s -D1
		合計	$\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	-	-	12.05	21.0	0.58	④S _s -D1

表4-4 (2) 鉛直断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果

方向	評価位置			断面性状					鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	解析ケース
				外径 R1 (mm)	内径 R2 (mm)	部材厚 t (mm)	部材幅 b (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
X方向	側壁No.3	有効応力解析	σ_{v1}	26000	20000	3000	-	-	2-D51@200 +D41@200	3488441	146958	77	435	0.18	④S _s -D1
		拘束効果による曲げ	σ_{v2}	-	-	3000	1000	2668	2-D51@200 +D41@200	13532	-	281	435	0.65	④S _s -D1
		合計	$\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	-	-	358	435	0.83	④S _s -D1
Y方向	側壁No.3	有効応力解析	σ_{v1}	26000	20000	3000	-	-	2-D51@200 +D41@200	3458106	135425	79	435	0.19	④S _s -D1
		拘束効果による曲げ	σ_{v2}	-	-	3000	1000	2668	2-D51@200 +D41@200	13541	-	281	435	0.65	④S _s -D1
		合計	$\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	-	-	360	435	0.83	④S _s -D1



4.1.2 水平断面に対する耐震評価結果

(1) 静的フレーム解析に対する健全性評価

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4-5 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4-6 に、せん断力に対する評価結果を表 4-7 に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、代替淡水貯槽の水平断面の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-5 水平断面のコンクリートの曲げ軸力照査結果

設計断面	解析ケース	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	
		地震時荷重 荷重方法	方向	引張	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
														常時 土水圧
搬出入口 側壁	①S _s -3 1	両押し	→←	最小	内側	1000	750	630	D22@300	17	0	0.43	21.0	0.02
側壁No.1	④S _s -D 1	両押し	→←	最小	外側	1000	3000	2725	2-D51@200	14193	4310	9.95	21.0	0.48
側壁No.2	①S _s -3 1	両押し	→←	最小	外側	1000	3000	2650	3-D51@200	15649	5939	9.77	21.0	0.47
側壁No.3	④S _s -D 1	両押し	→←	最小	内側	1000	3000	2725	2-D51@200	14121	5248	10.05	21.0	0.48

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

水平断面照査位置図

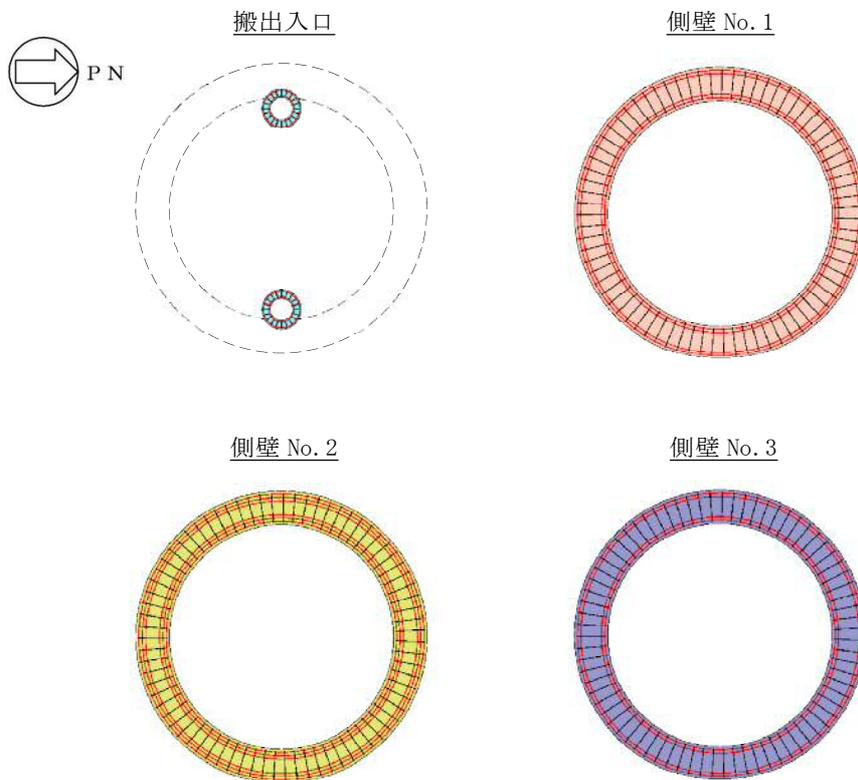


表 4-6 水平断面の鉄筋の曲げ軸力照査結果

設計断面	解析ケース	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
		地震時荷重		引張	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
		荷重方法	方向											
搬出入口 側壁	① S _s -3 1	両押し	→←	最小	内側	1000	750	630	D22@300	17	0	23.00	435.0	0.06
側壁No.1	④ S _s -D 1	両押し	↓↑	最小	内側	1000	3000	2725	2-D51@200	13982	461	283.00	435.0	0.65
側壁No.2	① S _s -3 1	両押し	→←	最小	内側	1000	3000	2650	3-D51@200	15413	568	228.00	435.0	0.53
側壁No.3	④ S _s -D 1	両押し	→←	最小	内側	1000	3000	2725	2-D51@200	14121	5248	183.00	435.0	0.42

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

水平断面照査位置図

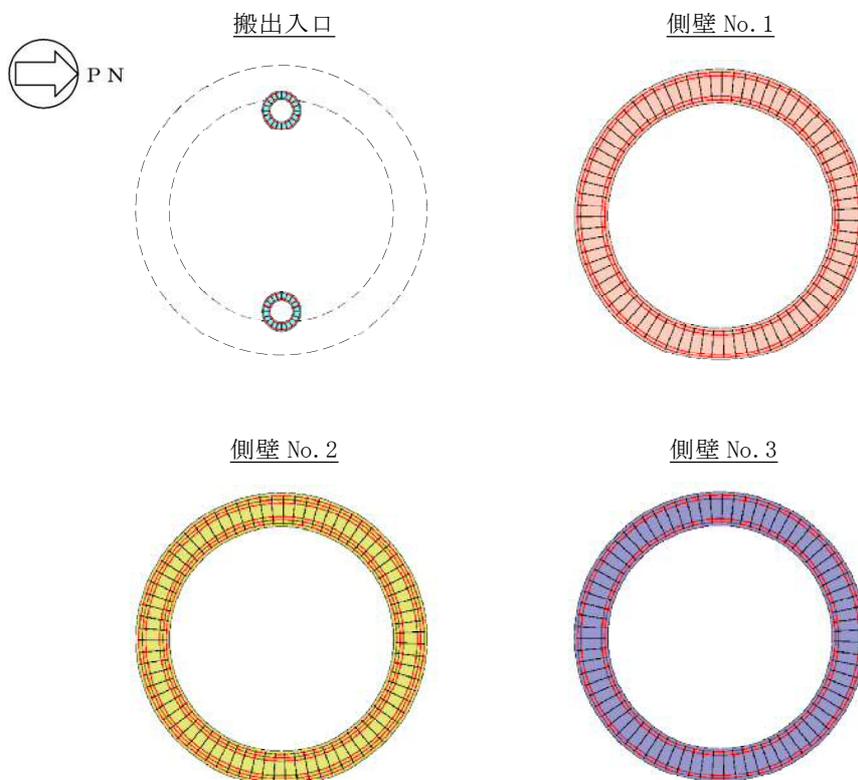


表 4-7 水平断面のせん断力照査結果

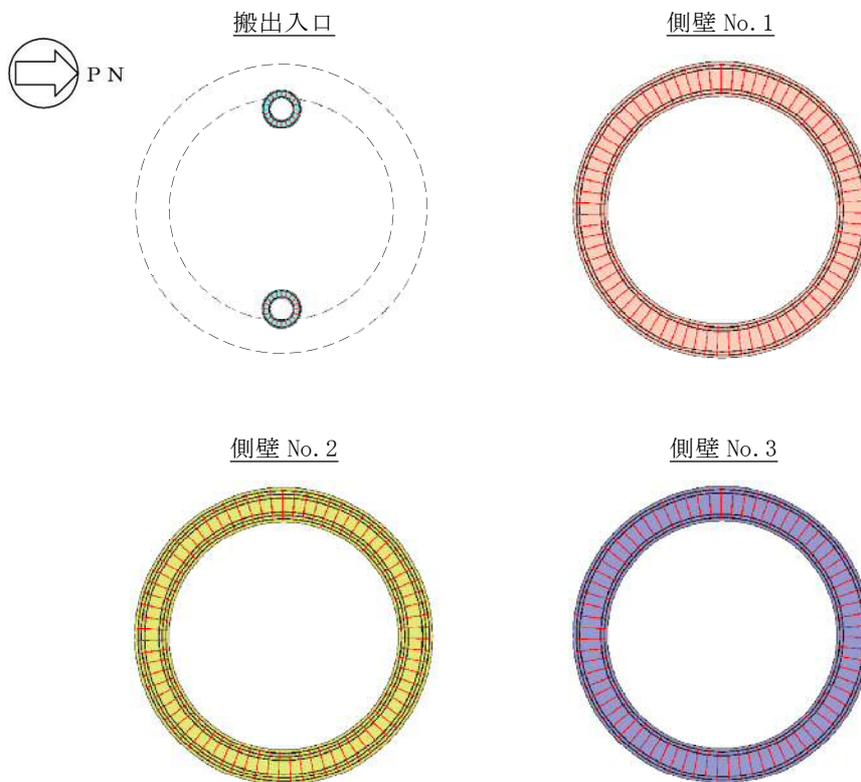
設計断面	解析ケース	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
		地震時荷重		常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)				
		荷重方法	方向								
搬出入口 側壁	① S _s -3 1	両押し	→←	最小	1000	750	630	D19@600×300	28	482	0.06
側壁No.1	④ S _s -D 1	両押し	→←	最小	1000	3000	2725	D22@400×200	2629	4348	0.61
側壁No.2	① S _s -3 1	両押し	→←	最小	1000	3000	2650	D25@400×200	3009	5241	0.58
側壁No.3	④ S _s -D 1	片押し	→	最小	1000	3000	2725	D25@400×200	3370	5389	0.63

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

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

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

水平断面照査位置図



(2) 水平2方向及び鉛直方向地震力に対する耐震評価結果

立坑の水平鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析（X方向，Y方向）による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量（ A_{s1} ）と面外方向の最大動土圧に対する必要主鉄筋量（ A_{s2} ）をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した。

X方向，Y方向それぞれで地震時最大地盤反力が生じる階層，解析ケース及び基準地震動での必要鉄筋量と実配筋量との比率を示す。

表 4-8 (1) 鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する鉄筋量
(側壁の面内方向の鉄筋のうち， A_{s1} のみを考慮)

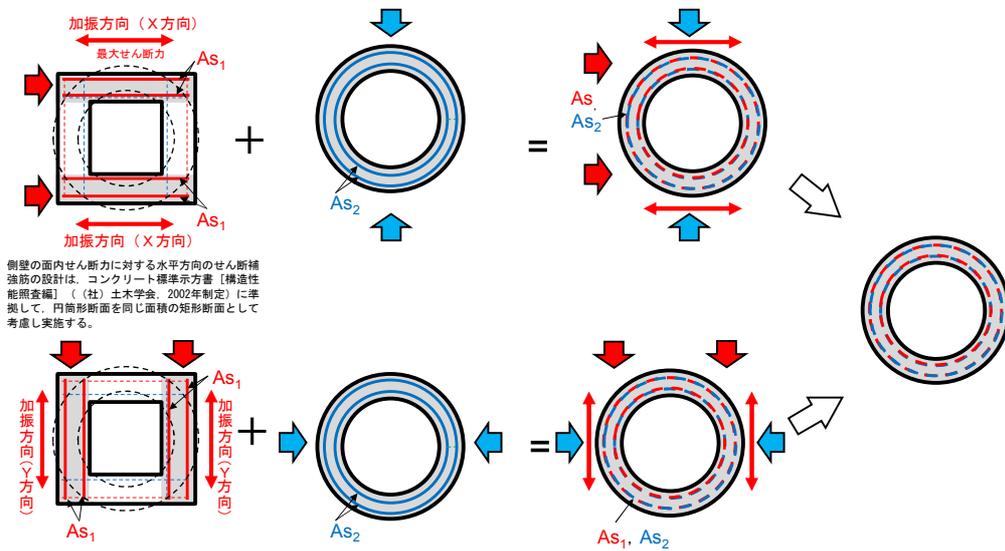
方向	階層	解析ケース	基準地震動	作用せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート許容せん断応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	コンクリート許容せん断力 V_{ca} (kN)	せん断補強筋が負担するせん断力 V_{s-req} (kN)	必要せん断補強筋量		実配筋量 A_{s1}' (mm ² /m)	比率 A_{s1}/A_{s1}'
										A_{s-req} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)		
X方向	側壁No.3	④	S _s -D1	189618	5318	21875	0.825	83455	106163	5183	6479	10135	0.64
Y方向	側壁No.3	④	S _s -D1	200106	5318	21875	0.825	83455	116651	5551	6939	10135	0.69

表 4-8 (2) 側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで算定する曲げ軸力に対する鉄筋量
(側壁の面内方向の鉄筋のうち， A_{s2} のみを考慮)

方向	階層	解析ケース	基準地震動	断面性状			鉄筋種別	発生断面力		短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	必要鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)	実配筋量 A_{s2}' (mm ² /m)	比率 A_{s2}/A_{s2}' (mm ² /m)
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
X方向	側壁No.3	④	S _s -D1	1000	3000	2800	SD490	13451	5029	435	7379	10135	0.73
Y方向	側壁No.3	④	S _s -D1	1000	3000	2800	SD490	14121	5248	435	7821	10135	0.78

表 4-8 (3) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた必要合計鉄筋量と
実配筋量との比率

方向	階層	鉛直断面のせん断力に対する必要鉄筋量 A_{s1} (mm^2/m)	水平断面の曲げ軸力に対する必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)	① 合計 必要鉄筋量 $A_{s1} + A_{s2}$ (mm^2/m)	② 実配筋量 A_s (mm^2/m)	比率 $\text{①}/\text{②}$
X方向	側壁No. 3	6479	7379	13858	20270	0.68
Y方向	側壁No. 3	6939	7821	14760	20270	0.73



4.1.3 頂版に対する耐震評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 4-9 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 4-10 に、せん断力に対する評価結果を表 4-11 に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、代替淡水貯槽の頂版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

なお、頂版の配筋は、版部材と側壁の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮している。

表 4-9 コンクリートの曲げ軸力照査結果

設計断面	解析ケース	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
頂版	① S _s -2 1	1000	2500	2300	D51@200	3013	—	3.49	21.0	0.17

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

頂版・底版照査位置図

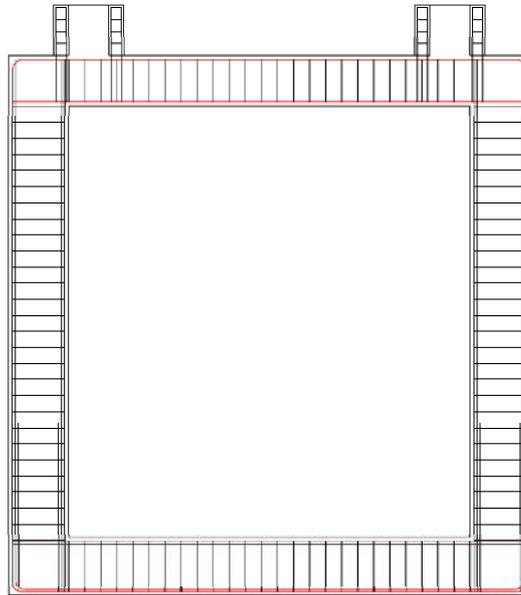


表 4-10 鉄筋の曲げ軸力照査結果

設計断面	解析ケース	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
頂版	① S _s -2 1	1000	2500	2300	D51@200	3013	—	142.00	435.0	0.33

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

頂版・底版照査位置図

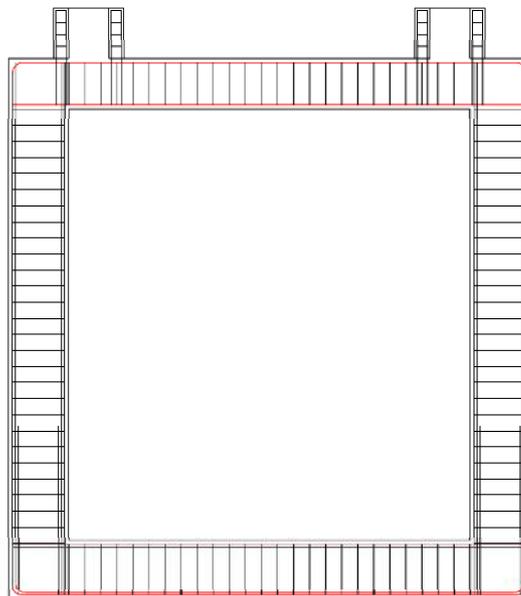


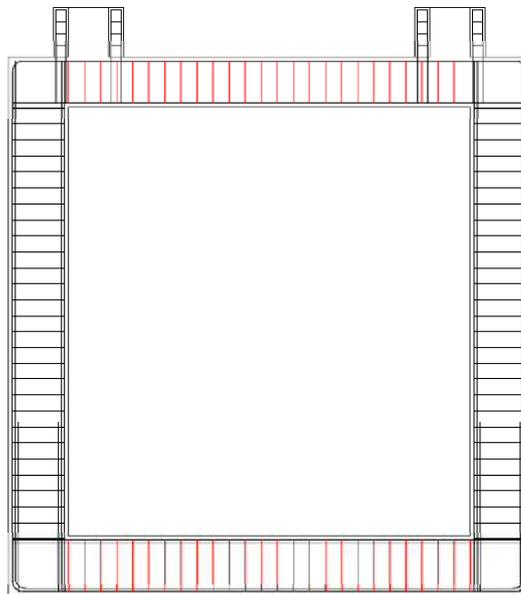
表 4-11 せん断力照査結果

設計断面	解析ケース	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋筋)	発生せん断力			短期許容 せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)		V_x (kN/m)	V_y (kN/m)	V (kN/m)		
頂版	① $S_s - 2.2$	1000	2500	2300	D22@400×400	1214	45	1215	2247	0.54

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

頂版・底版照査位置図



4.1.4 底版に対する耐震評価結果

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表 4-12 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 4-13 に、せん断力に対する照査結果を表 4-14 に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、代替淡水貯槽の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

なお、底版の配筋は、版部材と側壁の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮している。

表 4-12 コンクリートの曲げ軸力照査結果

設計断面	解析ケース	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
底版	①S _S -D1	1000	3000	2740	D51@200+D41@200	12817	—	8.84	21.0	0.42

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

頂版・底版照査位置図

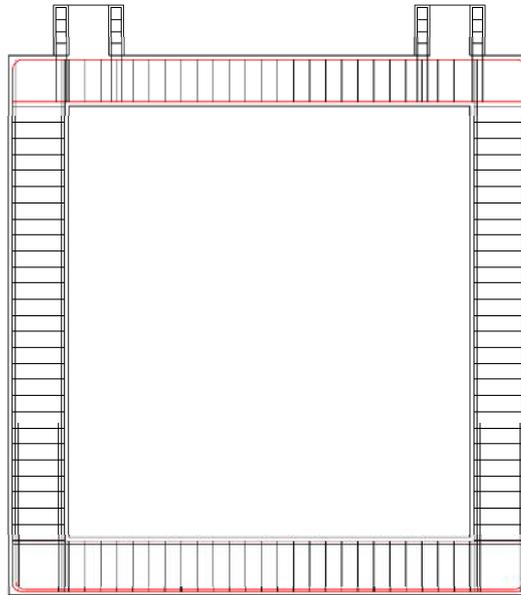


表 4-13 鉄筋の曲げ軸力照査結果

設計断面	解析ケース	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
底版	① S _S -D 1	1000	3000	2740	D51@200+D41@200	12817	—	318.00	435.0	0.74

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

頂版・底版照査位置図

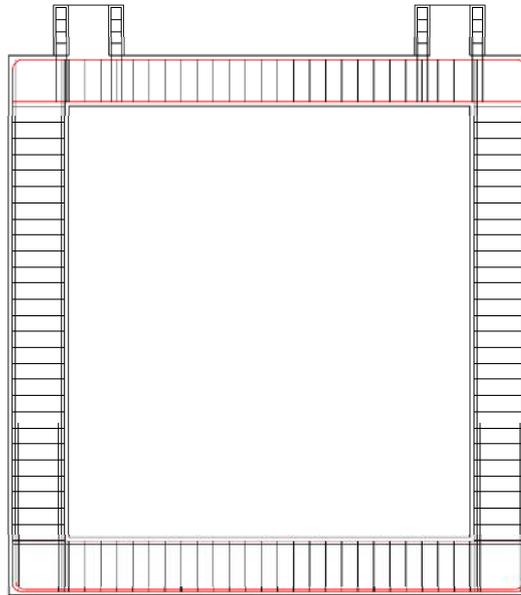


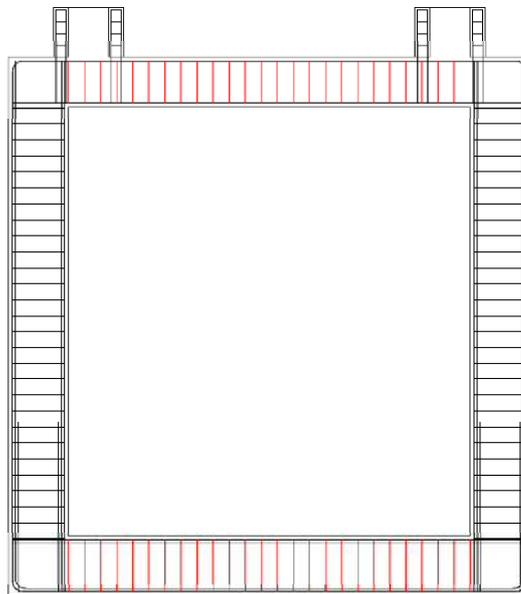
表 4-14 せん断力照査結果

設計断面	解析ケース	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋筋)	発生せん断力			短期許容 せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)		V_x (kN/m)	V_y (kN/m)	V (kN/m)		
底版	① S _s -D 1	1000	3000	2740	D25@400×200	6	2770	2770	5419	0.52

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

@：鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

頂版・底版照査位置図



4. 1. 5 概略配筋図

概略配筋図を図 4-1 に示す。

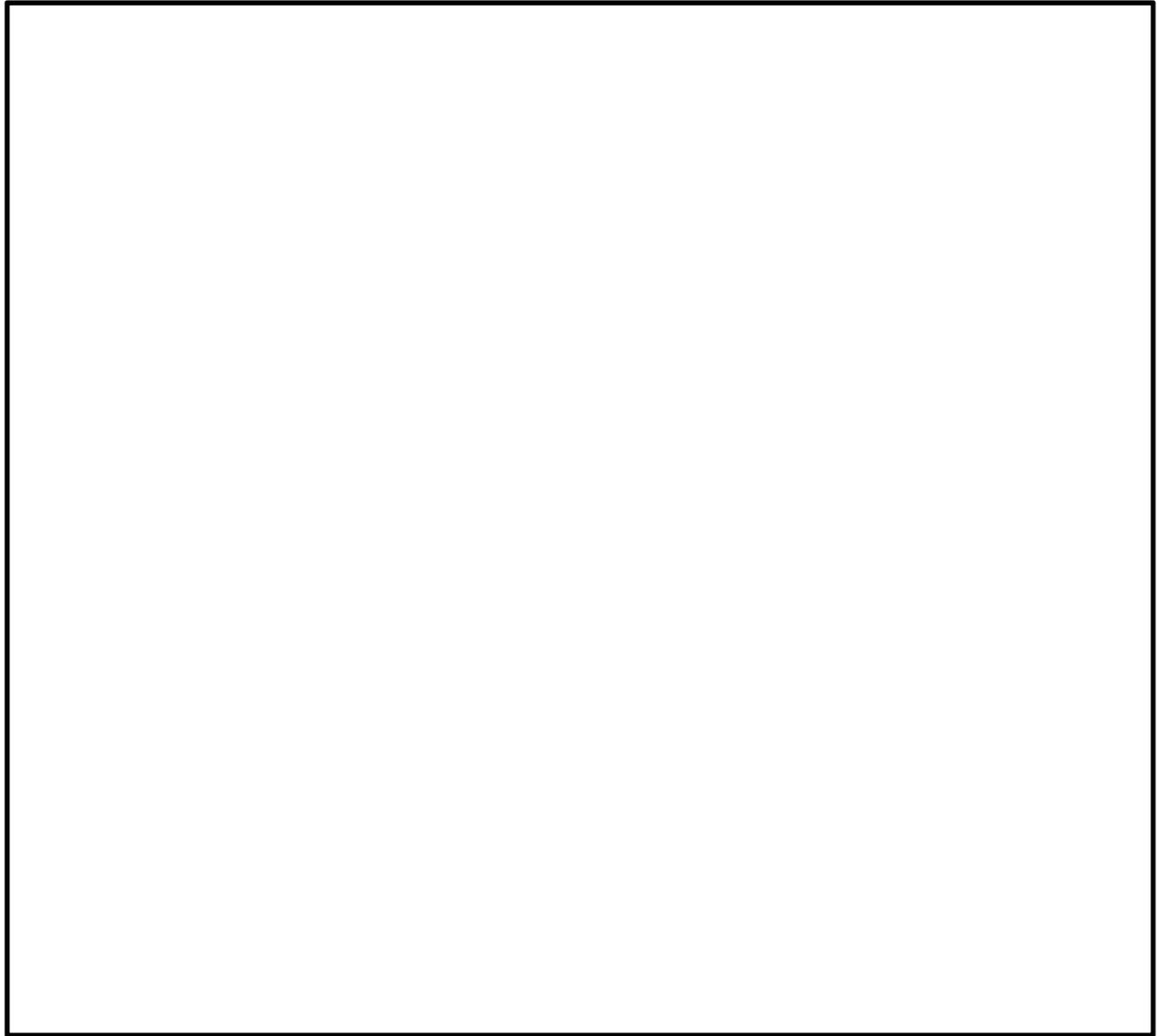


図 4-1 (1) 概略配筋図 (東西方向断面)

NT2 補② V-2-2-29 R1

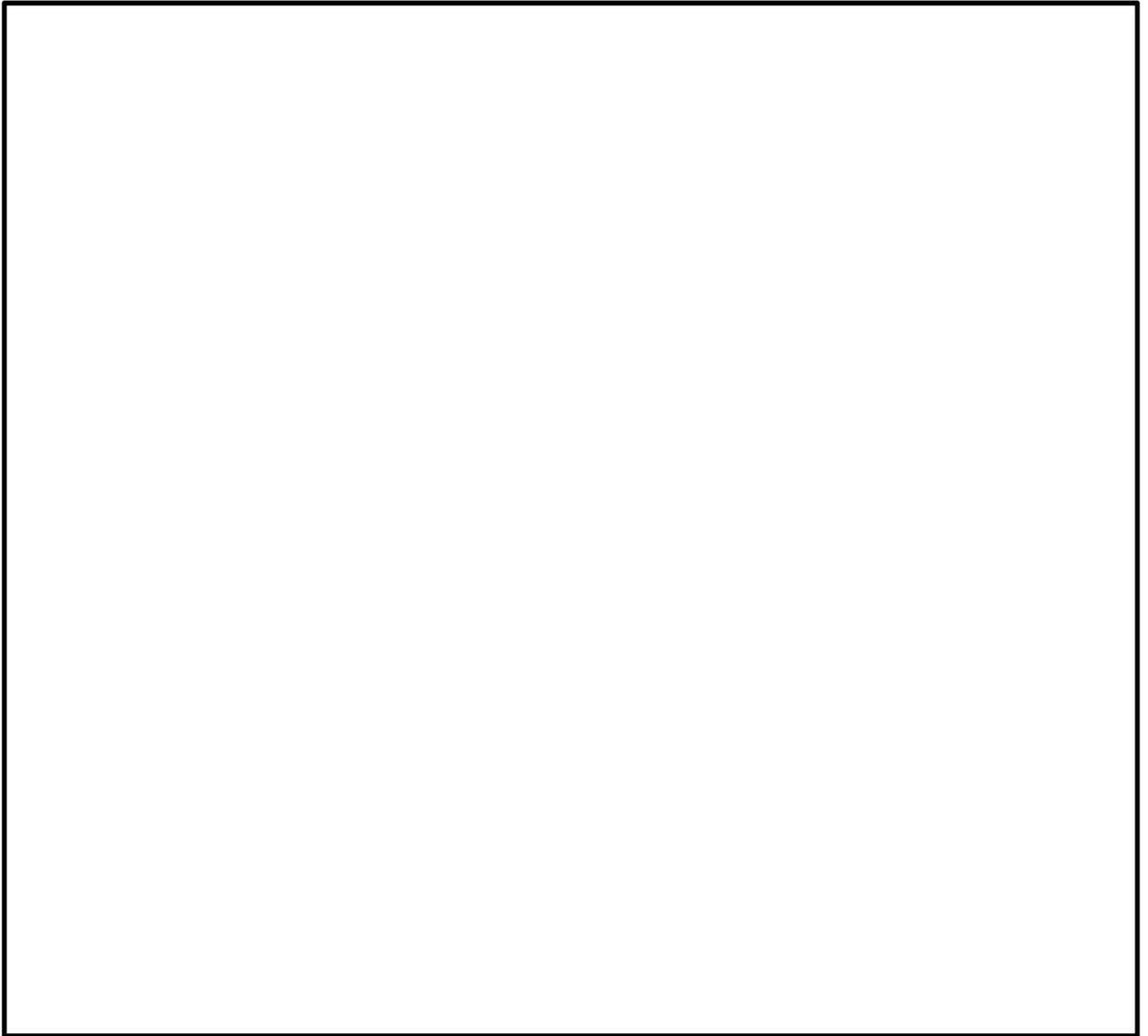


図 4-1 (2) 概略配筋図 (南北方向断面)

NT2 補② V-2-2-29 R1

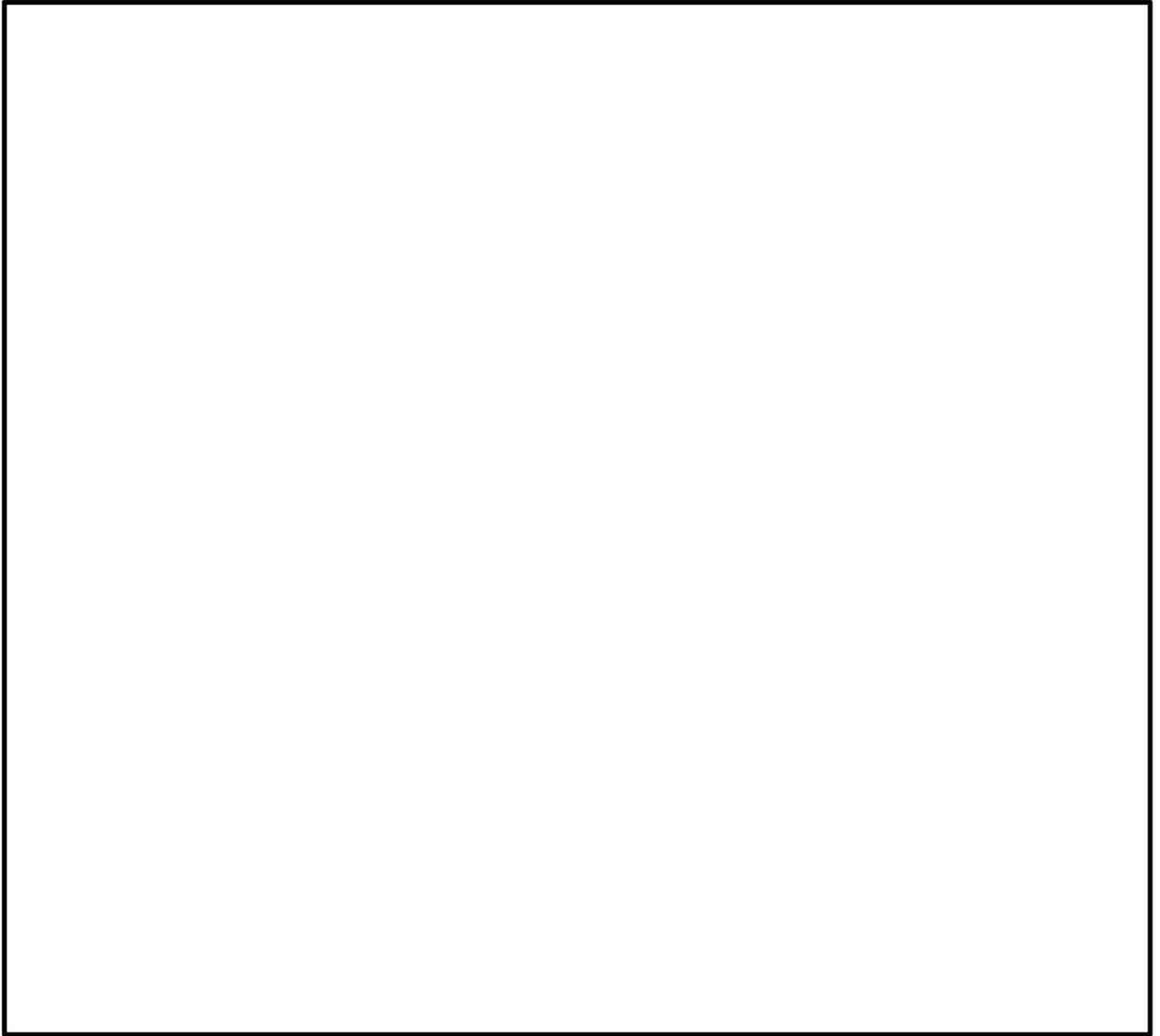


図 4-1 (3) 概略配筋図 (側壁 No. 1)

NT2 補② V-2-2-29 R1

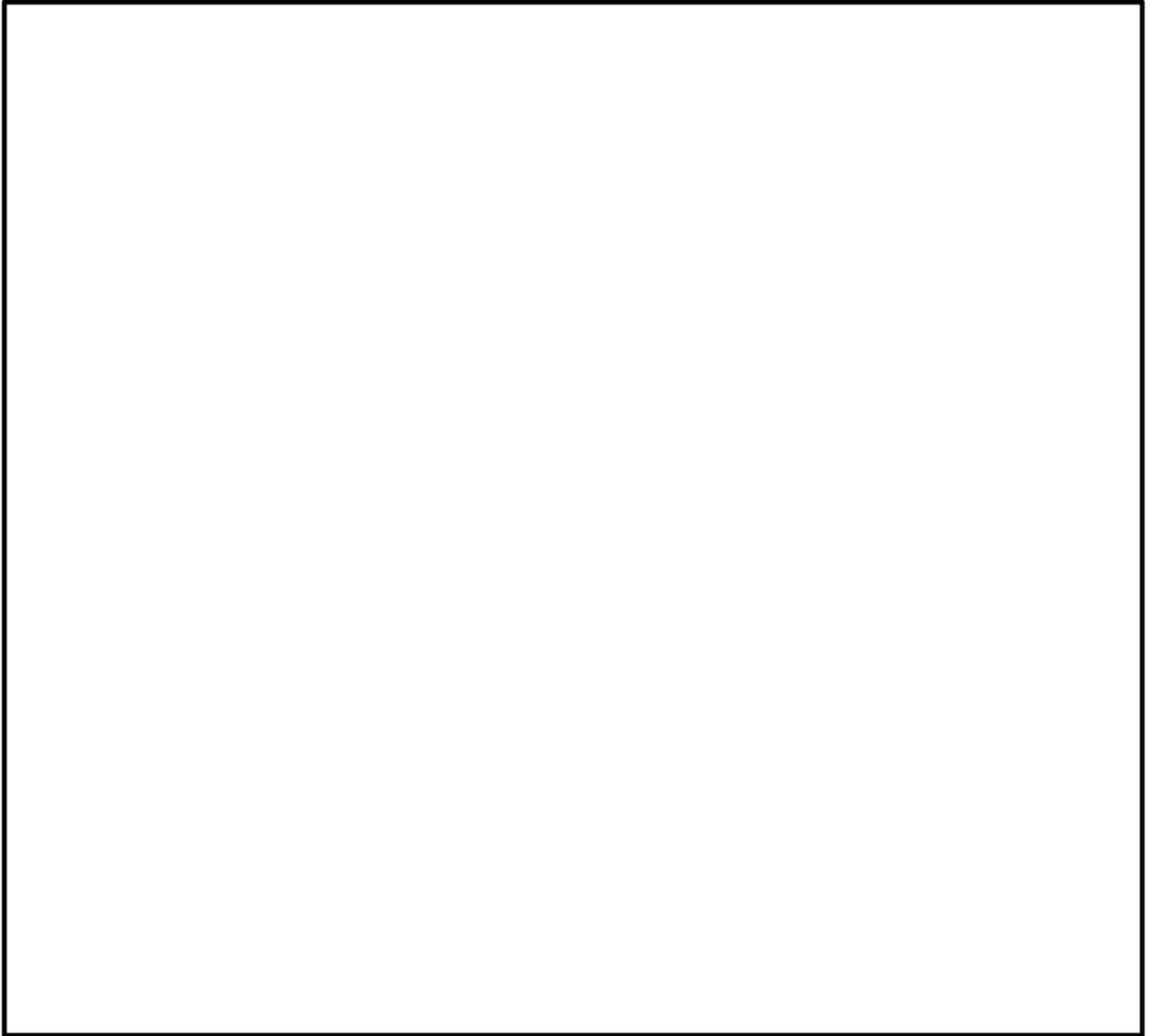


図 4-1 (4) 概略配筋図 (側壁 No. 2)

NT2 補② V-2-2-29 R1

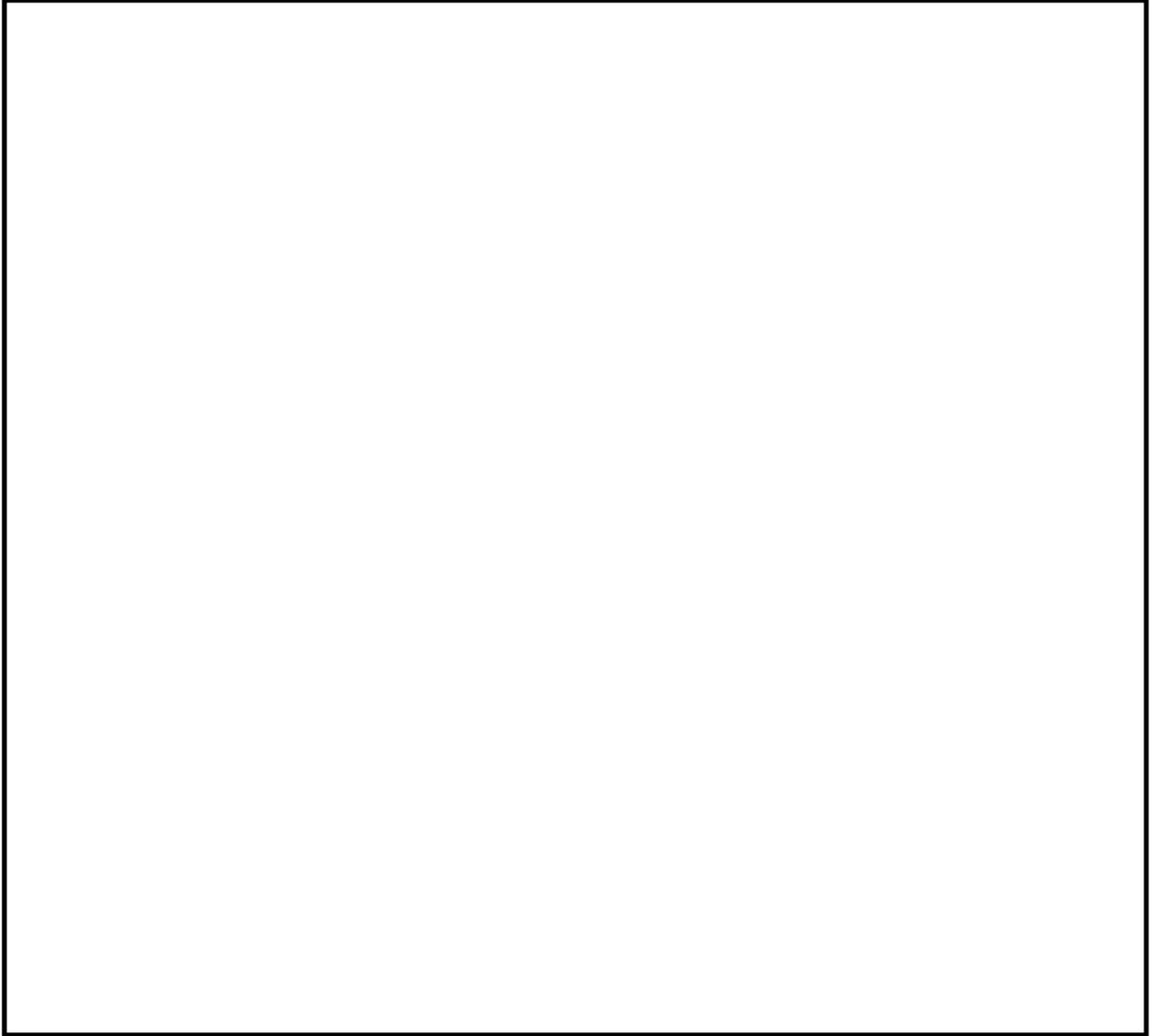


図 4-1 (5) 概略配筋図 (側壁 No. 3)

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能照査結果を表 4-15 及び表 4-16 に示す。

代替淡水貯槽の基礎地盤に生じる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 4-15 基礎地盤の支持性能照査結果（東西方向）

解析ケース	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
④ S _s -D 1	1014	5921

注記 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

表 4-16 基礎地盤の支持性能照査結果（南北方向）

解析ケース	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
④ S _s -D 1	1082	5921

注記 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