

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-1112 改 1
提出年月日	平成 30 年 10 月 4 日

V-2-2-33 S A用海水ピット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	5
2.4 適用基準	17
3. 耐震評価	18
3.1 評価対象断面	18
3.2 許容限界	21
3.3 評価方法	22
4. 耐震評価結果	29
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	29
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	48

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、SA用海水ピットが基準地震動 S_s 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。

SA用海水ピットに要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析及び静的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

SA用海水ピットの平面配置を図2-1に示す。

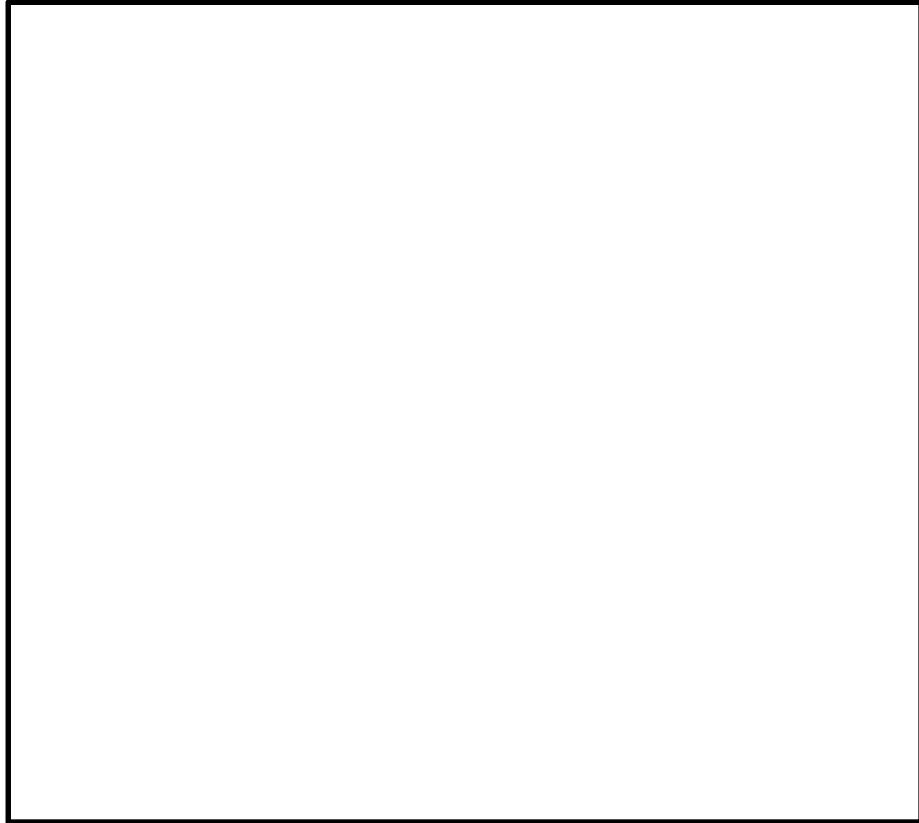


図2-1(1) SA用海水ピットの平面配置図(全体平面図)

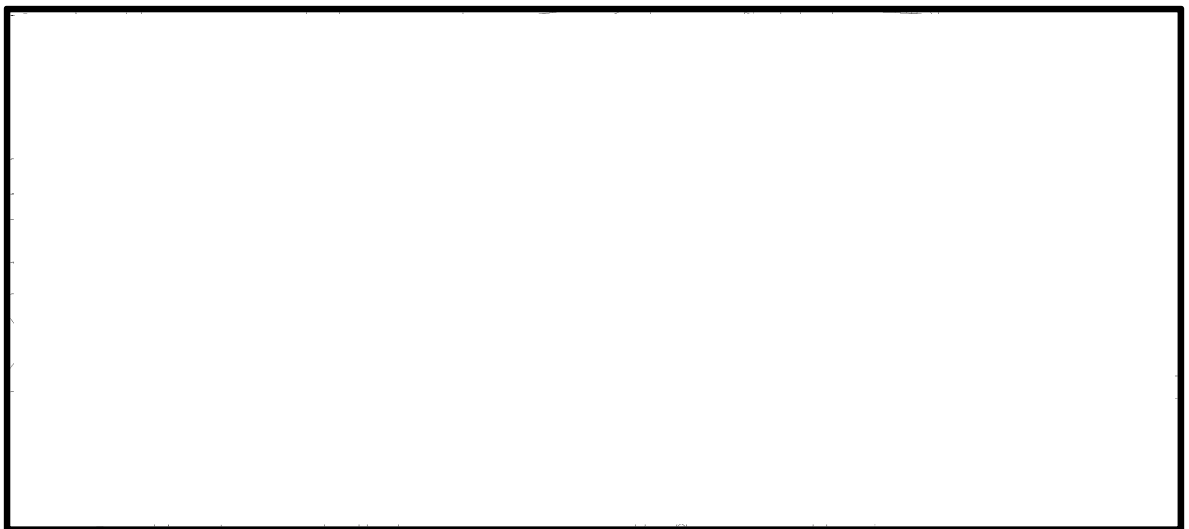


図2-1(2) SA用海水ピットの平面配置図(拡大図)

2.2 構造概要

SA用海水ピットは、外径約 14 m、内径約 10 m、高さ約 34 m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物で、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。非常時においては海水の通水機能を求められる土木構造物であり、鉄筋コンクリート躯体上部には、外郭浸水防護設備であるSA用海水ピット開口部浸水防止蓋を設置する。

SA用海水ピットの平面図を図 2-2、断面図を図 2-3 に示す。

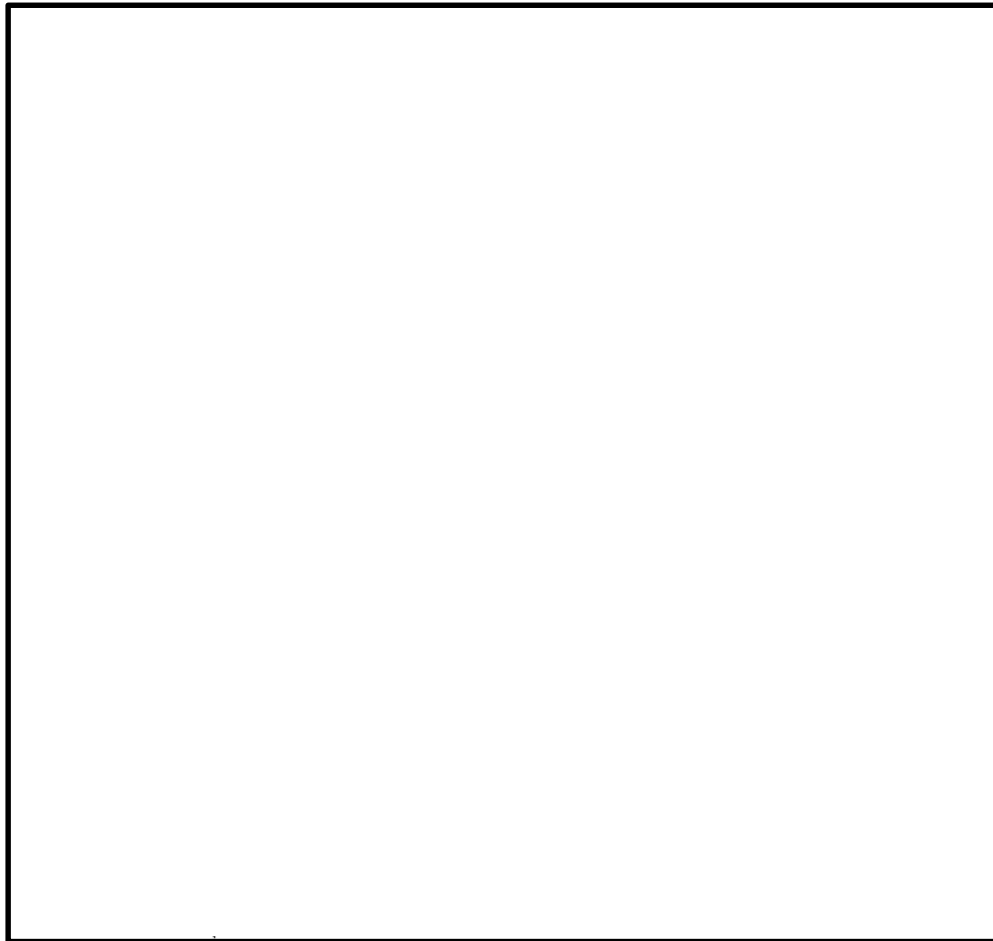
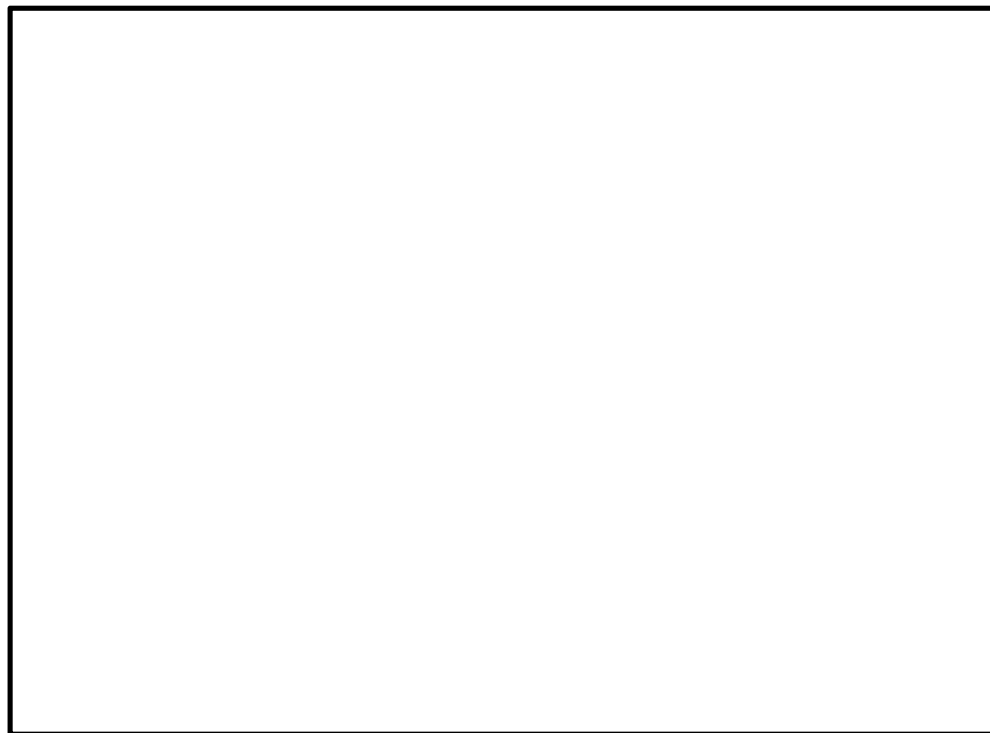


図 2-2 SA用海水ピットの平面図



注記 : S A用海水ピットについては標準構造断面図を示す。

図 2-3 S A用海水ピットの断面図

2.3 評価方針

SA用海水ピットは、常設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。

SA用海水ピットの耐震評価は、添付書類「V-2-2-32 SA用海水ピットの地震応答計算書」において、敷地の原地盤における地盤剛性及び液状化強度特性の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮し実施する地震応答解析の結果に基づき、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。

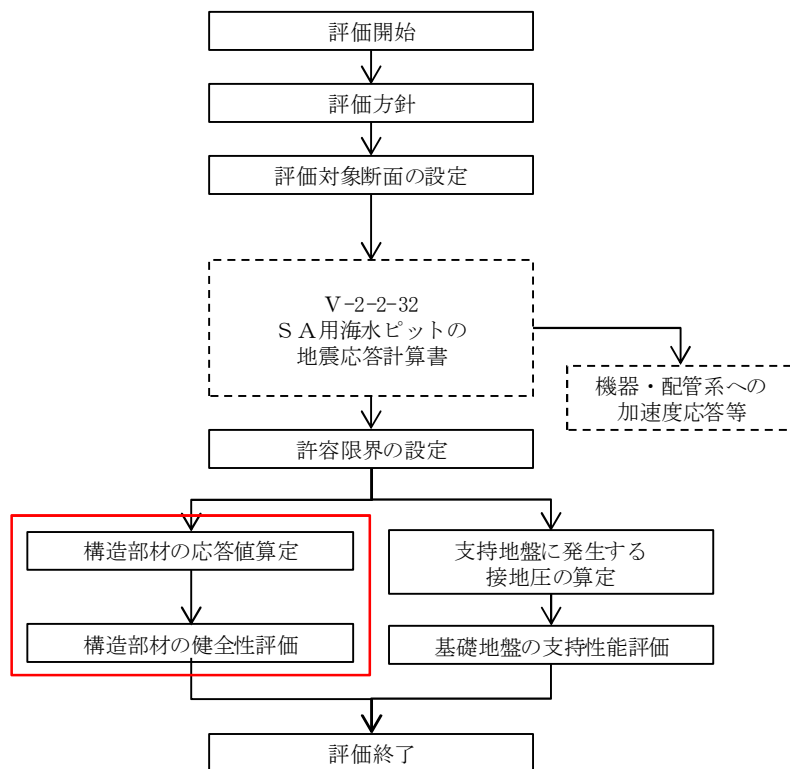
構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

SA用海水ピットの耐震評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 SA用海水ピットの評価項目

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	全構造部材	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。



※詳細は図 2-5 に示す

図 2-4 SA用海水ピットの耐震評価フロー

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。

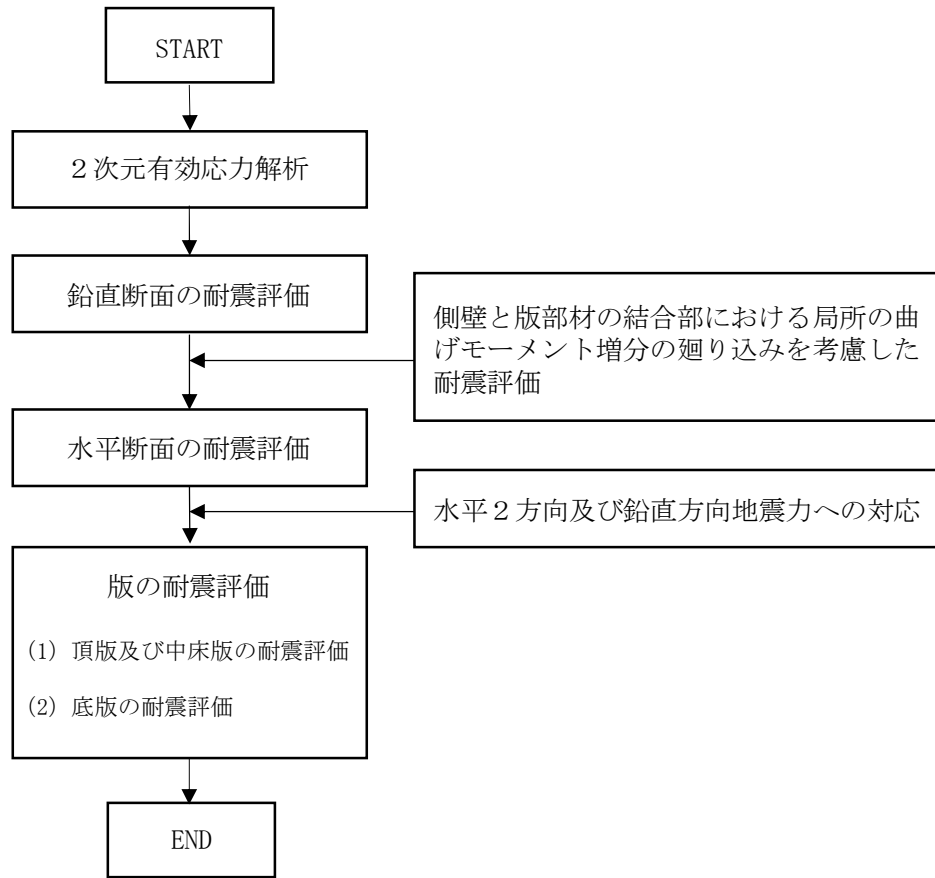


図 2-5 SA用海水ピットの応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フロー

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

SA用海水ピットの地震応答解析は、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_s 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。SA用海水ピットは、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、SA用海水ピット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。SA用海水ピットの水平鉄筋の健全性評価のために、SA用海水ピット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、頂版及び中床版部材の健全性評価のために、各床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、SA用海水ピット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。

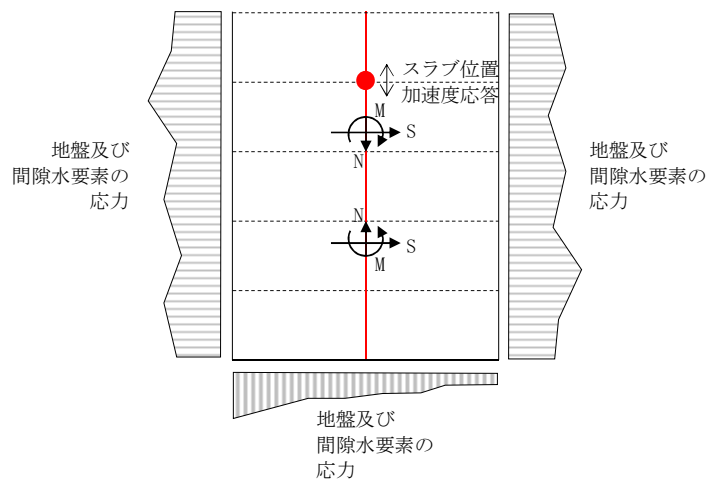


図 2-6 2次元有効応力解析からの応答値の抽出概念図

2.3.2 鉛直断面に対する耐震評価

(1) 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価

SA用海水ピットは直交する2断面（海水引込み管方向と緊急用海水取水管方向）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。SA用海水ピットの鉛直鉄筋は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）を用いて照査を行う。その際、水平2方向及び鉛直方向地震力に対して円筒形立坑の場合は、地震動の加振方向に対して抵抗する部位が明確でない。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（曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍）として、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。

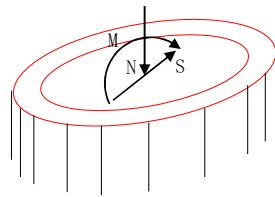


図 2-7 線形はり要素の鉛直断面設計概念図

(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 $\tau = S/A_w$ が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} ）が必要となり、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を用いて照査を行い、構造部材の発生せん断力が鉄筋コンクリートとしての許容限界すなわち短期許容せん断力 V_a 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。このためここでは、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。

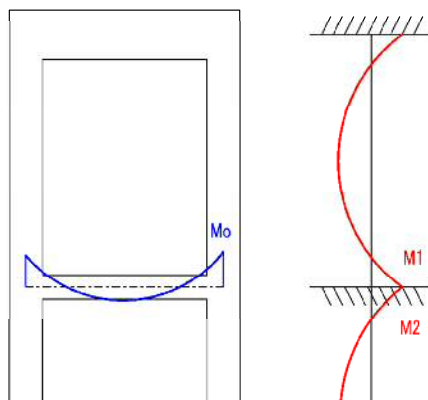


図 2-8 版部材から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図

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はり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

SA用海水ピットの水平断面については、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、SA用海水ピット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。

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。なお、ここで設計する主鉄筋（ A_{s2} ）は、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配筋である。

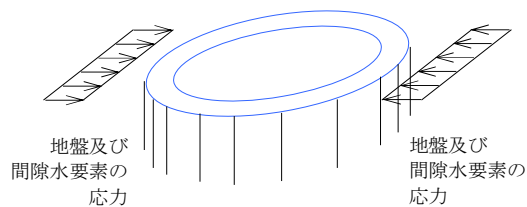


図2-9 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

(2) 水平2方向及び鉛直方向地震力への対応

SA用海水ピットの設計における水平2方向及び鉛直方向地震力に対する耐震安全性は、側壁面内方向の水平鉄筋の配筋量にて確認する。

SA用海水ピット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されていることを確認する。

図2-10にSA用海水ピット側壁の水平鉄筋の設計イメージ図を示す。

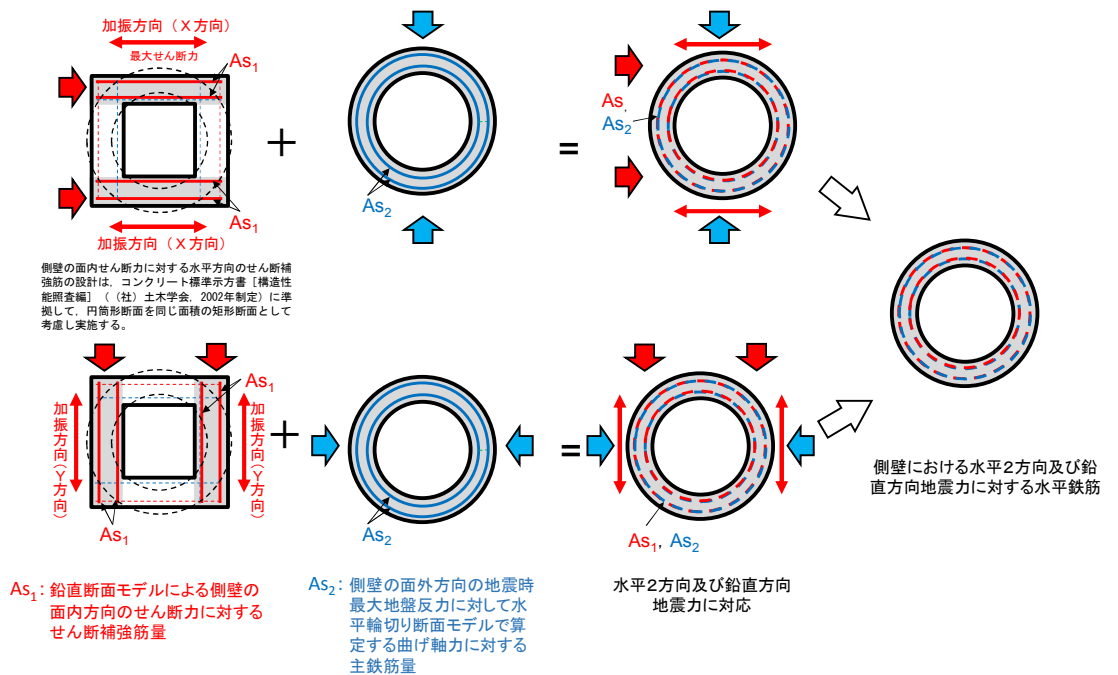


図2-10 SA用海水ピット側壁の水平鉄筋の設計イメージ図

2.3.4 版の耐震評価

(1) 頂版及び中床版に対する耐震評価

頂版及び中床版については、開口部を模擬したはり要素を用いた応力解析により設計断面力を算定する。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。単純支持によるはり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。

S A用海水ピットの頂版及び中床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。

S A用海水ピットの頂版及び中床版平面図を図 2-11 に、頂版の設計モデル概念図を図 2-12 に示す、中床版の設計モデル概念図を図 2-13 に示す。

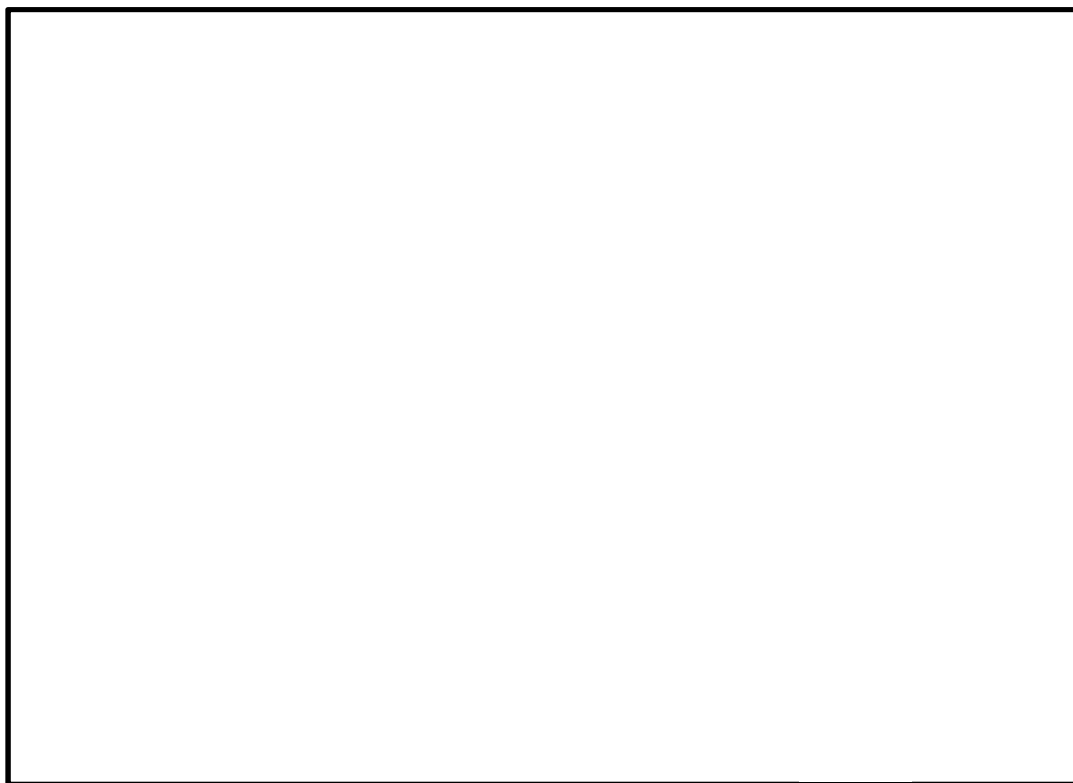


図 2-11 頂版及び中床版平面図

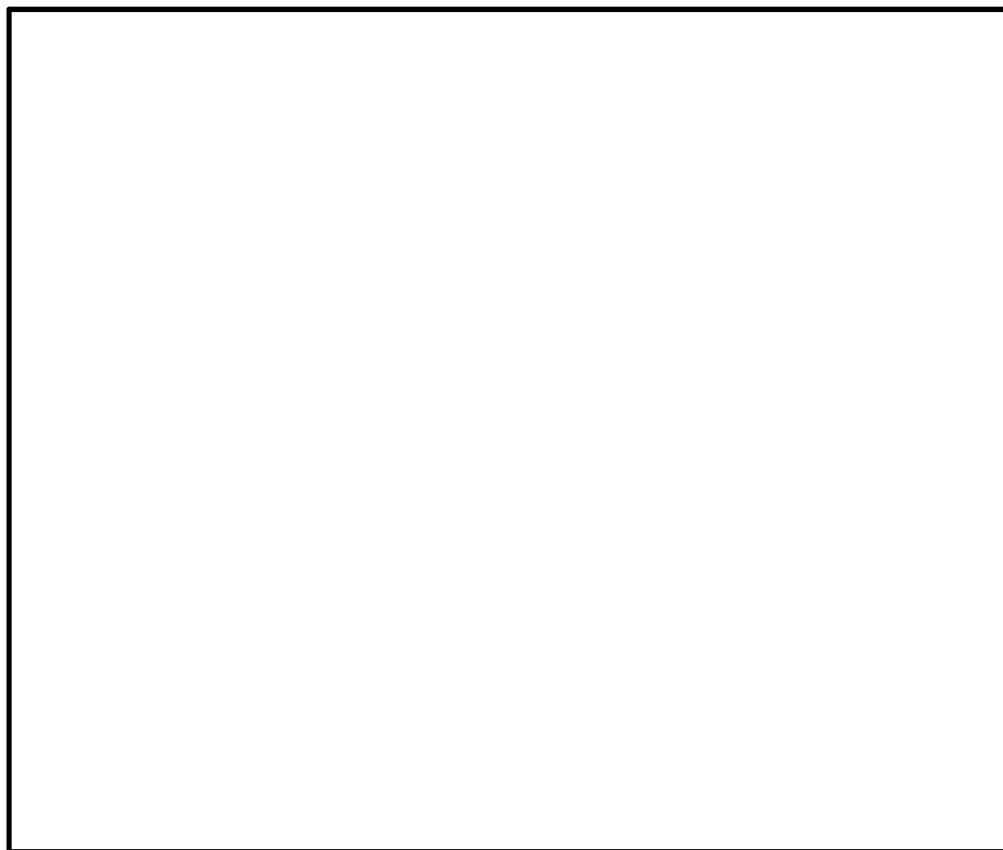


図 2-12 頂版の設計モデル概念図

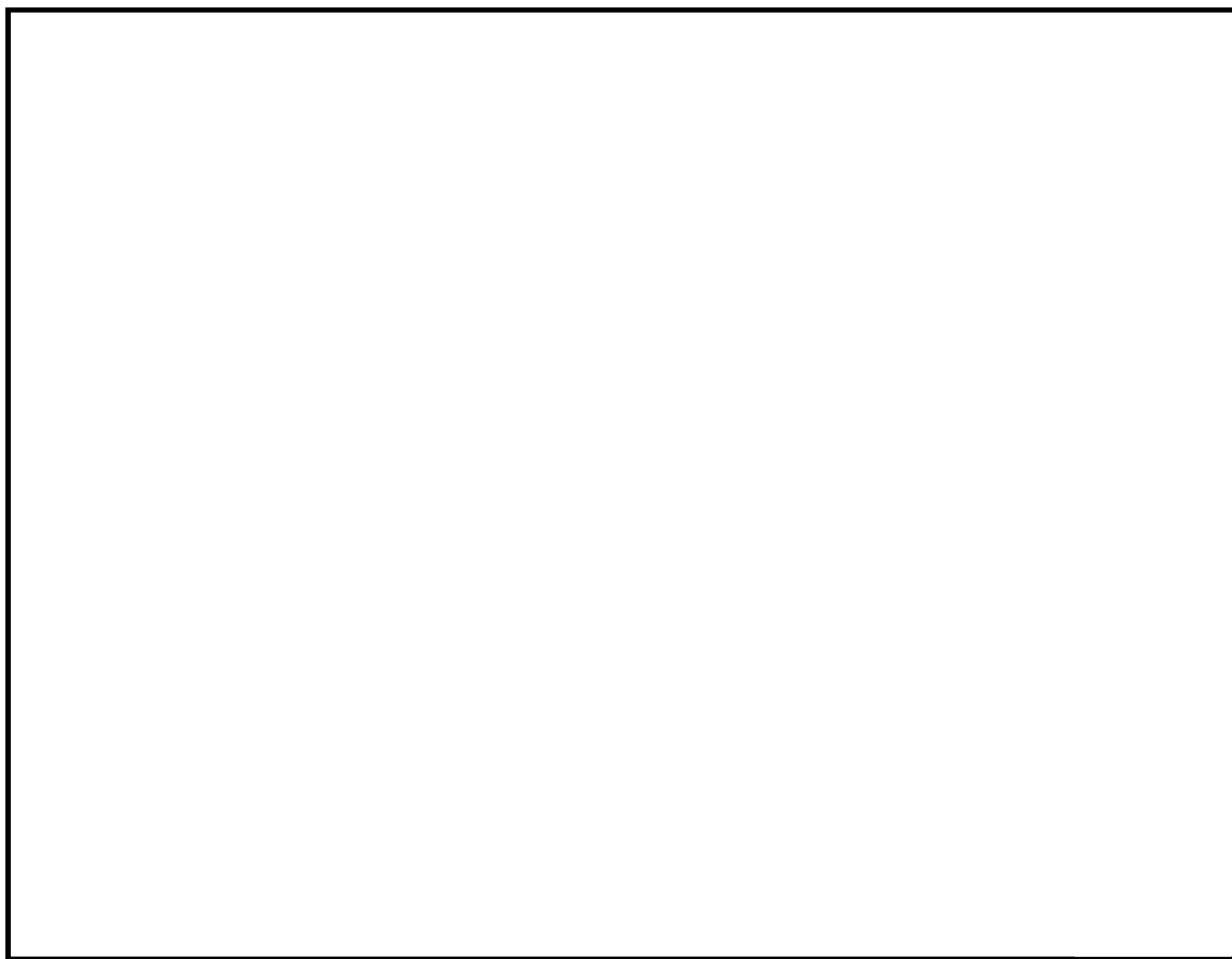


図 2-13 中床版の設計モデル概念図

(2) 底版に対する耐震評価

底版は接続する側壁の中心間距離をスパンとした単位幅の1方向版としてモデル化し、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。

単純支持によるはり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。

S A用海水ピット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。底版の応力解析概念図を図 2-14 に示す。

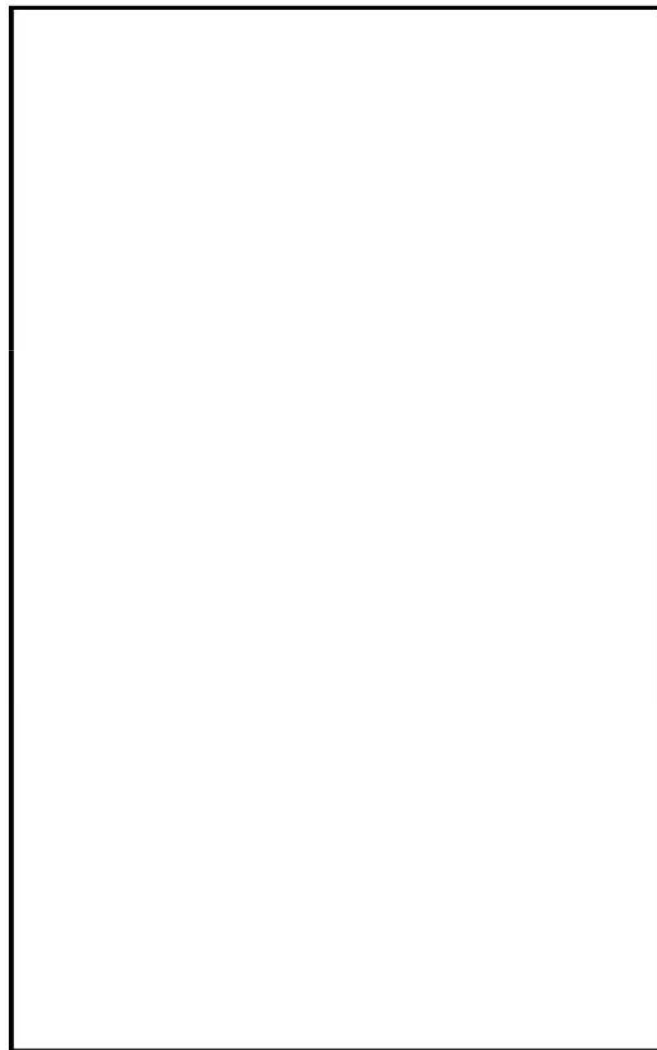


図 2-14 底版の応力解析概念図

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 24 年 3 月)

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

評価対象断面は、添付書類「V-2-2-32 SA用海水ピットの地震応答解析」における評価対象断面と同様とする。

SA用海水ピットの評価対象断面位置を図3-1に、評価対象断面を図3-2に示す。

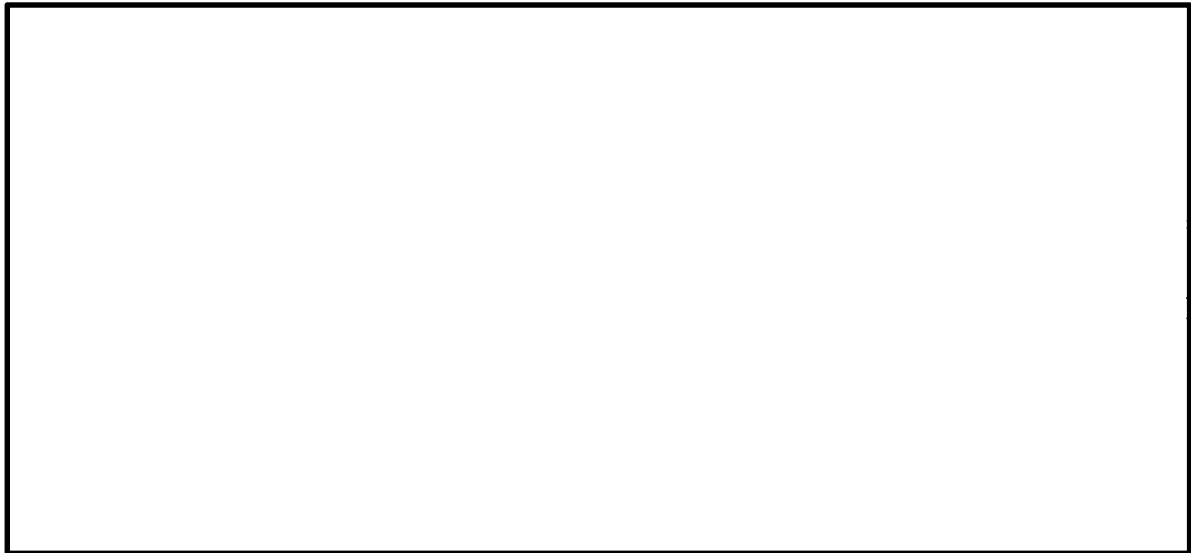


図3-1 SA用海水ピット 評価対象断面位置図

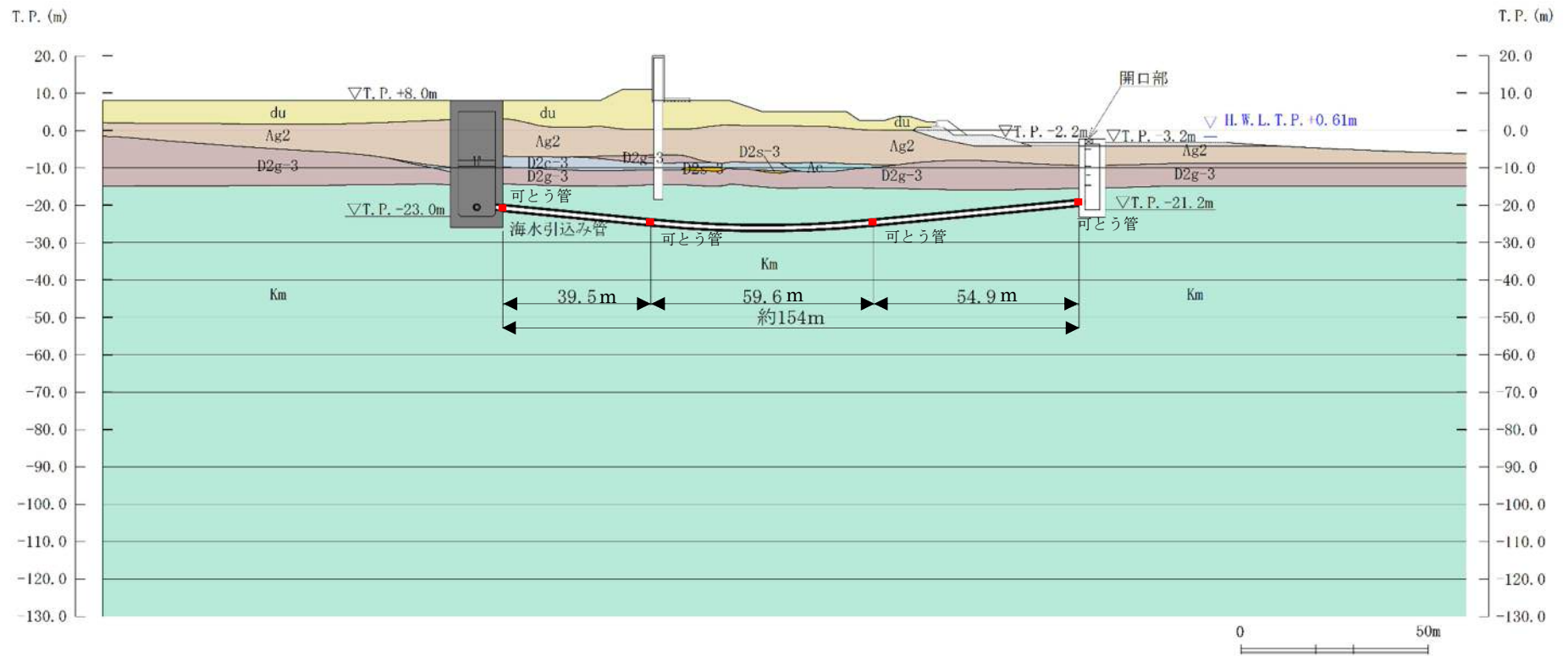


図 3-2 (1) SA用海水ピット 評価対象断面図 (①-①断面)

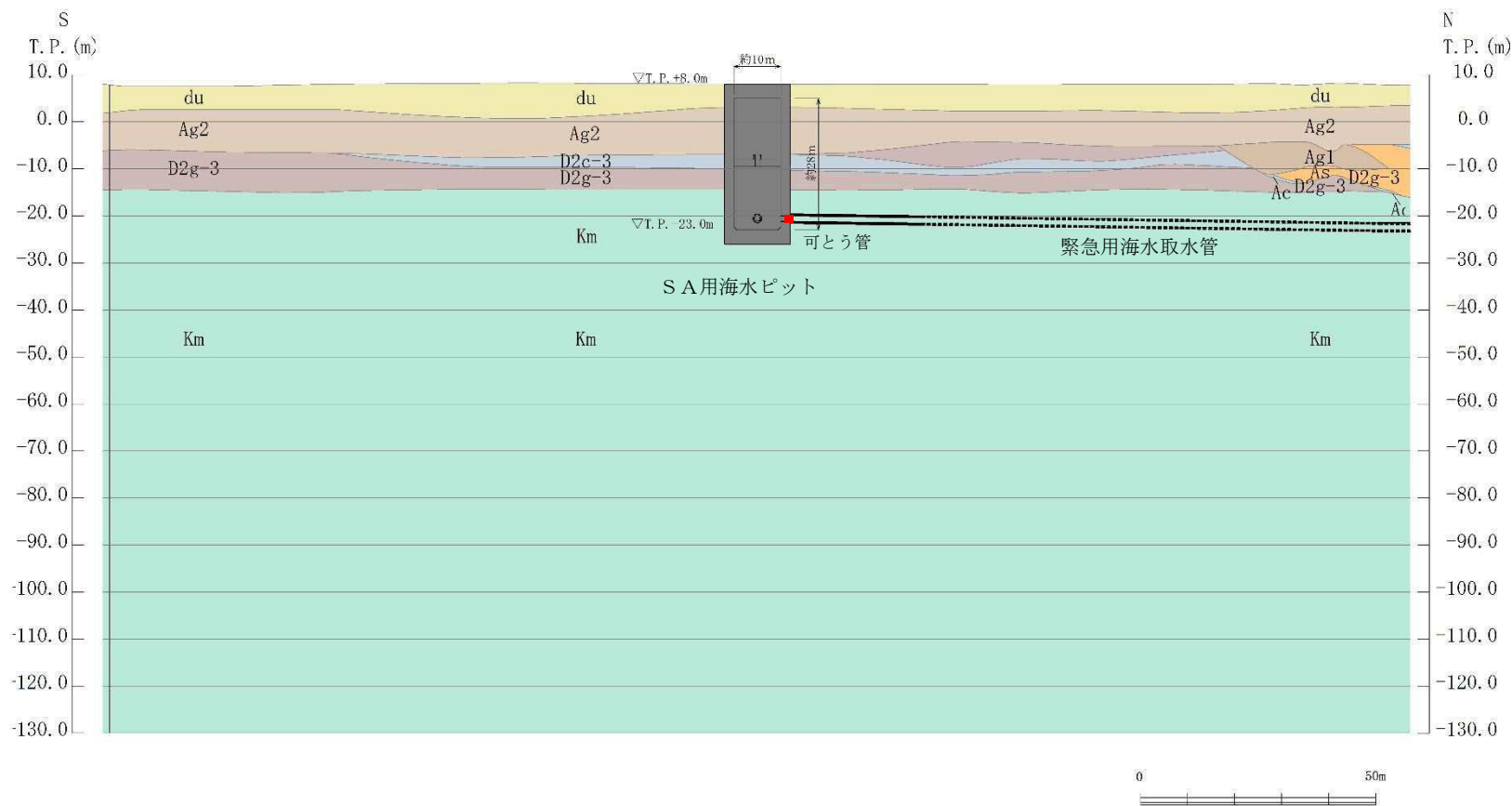


図 3-2 (2) SA用海水ピット 評価対象断面図 (②-②断面)

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) 構造部材の健全性に対する許容限界

SA用海水ピットは、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_{a1}	0.825* ³	
鉄筋	SD490* ²	短期許容引張応力度 σ_{sa}	435
	SD390* ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa}	309
	SD345* ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa}	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 24 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おける許容限界

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（日本道路協会，平成 24 年 3 月）により設定する。

表 3-2 に極限支持力度を示す。

表 3-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	許容限界
極限支持力度 q_d (kN/m ²)	6025

3.3 評価方法

SA用海水ピットの耐震評価は、添付書類「V-2-2-32 SA用海水ピットの地震応答計算書」に基づく地震応答解析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。

(1) 鉛直部材の構造部材の健全性評価

鉄筋コンクリート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。

①-①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3-3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。

②-②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3-5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。

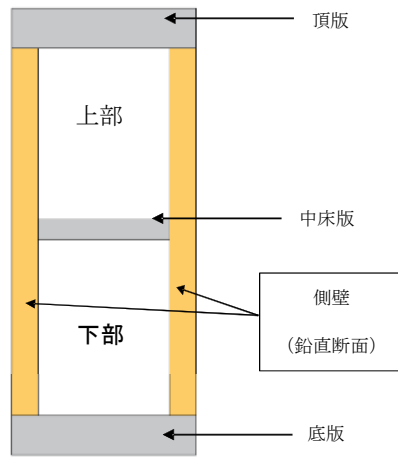
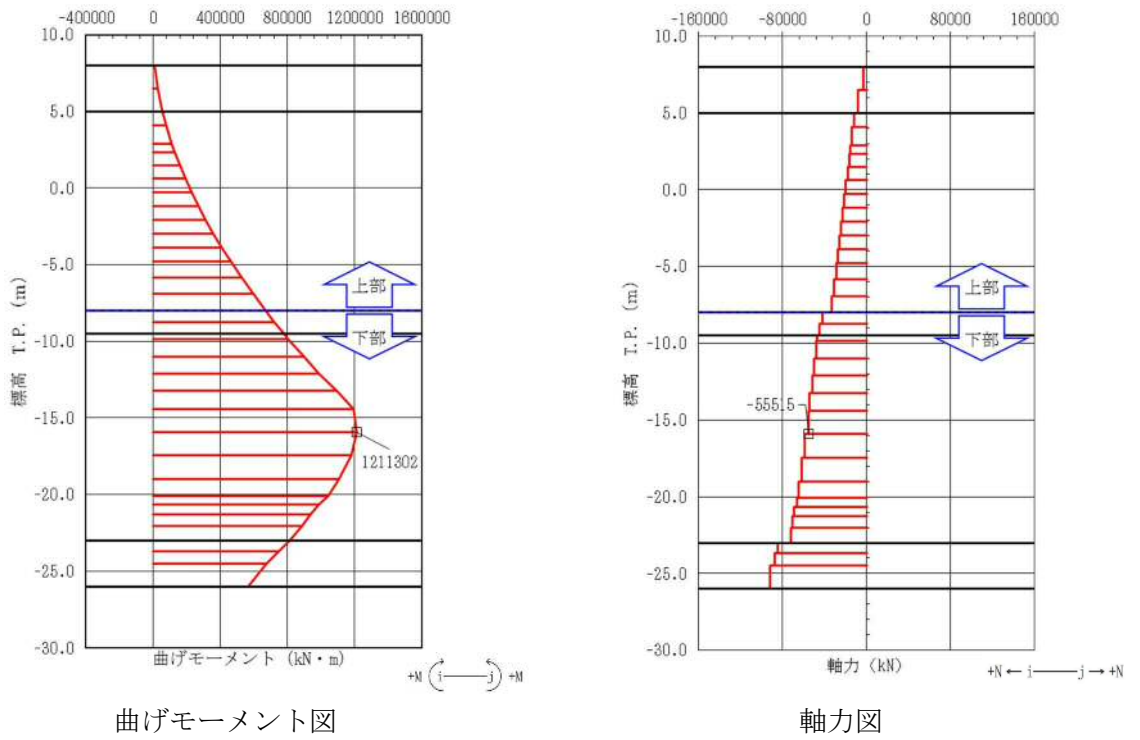
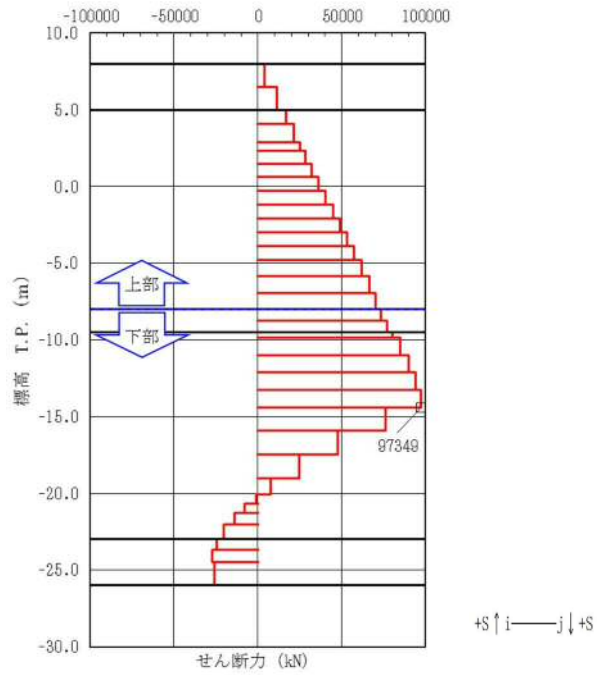


図 3-3 曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (①-①断面, $S_s - D 1$, $t = 53.95$ s)
 (解析ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



せん断力図

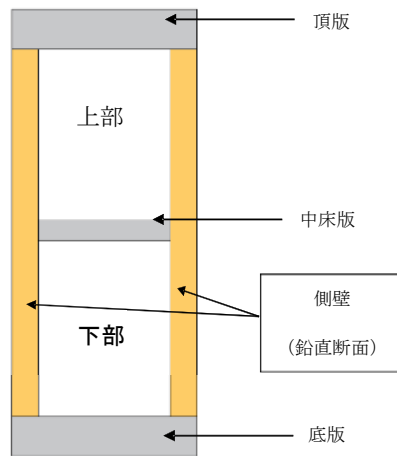


図 3-4 せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (①-①断面, $S_s - D 1$, $t = 53.92$ s)
 (解析ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

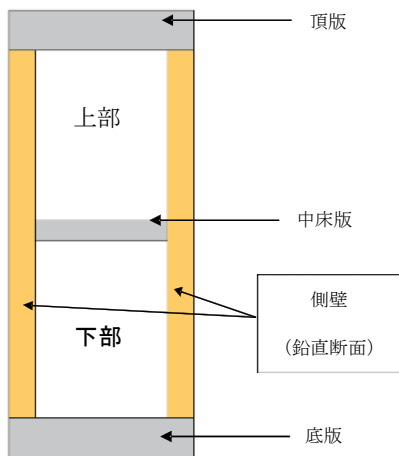
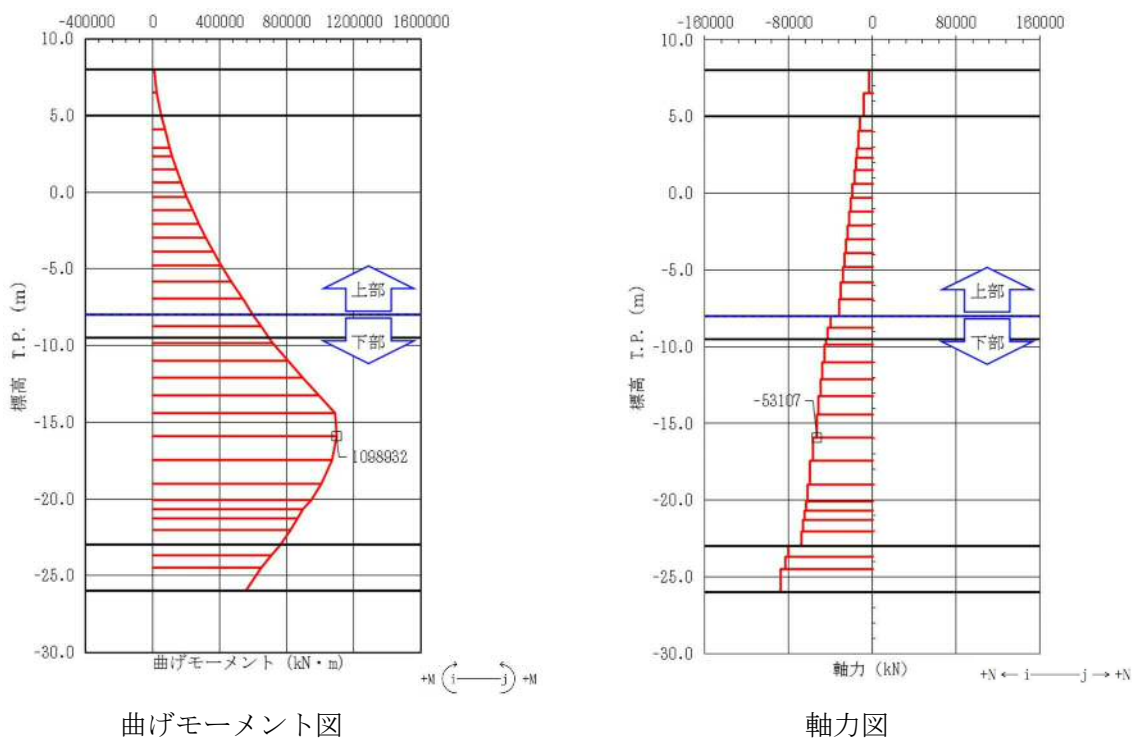
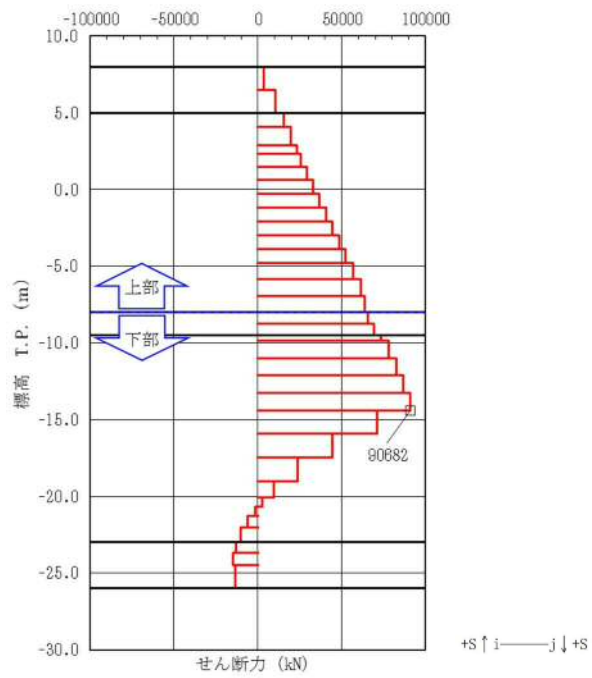


図 3-5 曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (②-②断面, $S_s-D 1$, $t = 53.93$ s)
 (解析ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



せん断力図

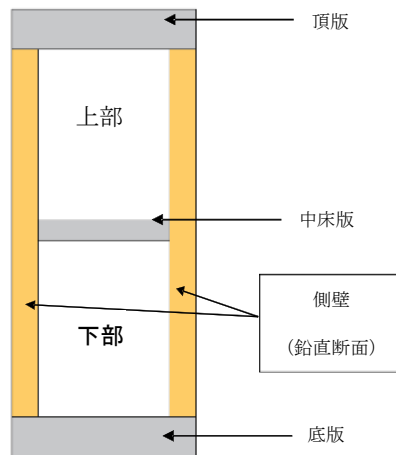


図 3-6 せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (②-②断面, $S_s - D 1$, $t = 53.92$ s)
 (解析ケース④: 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(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。

(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解析ケースにおいて、基礎地盤に生じる最大接地圧分布を図 3-7 に示す。

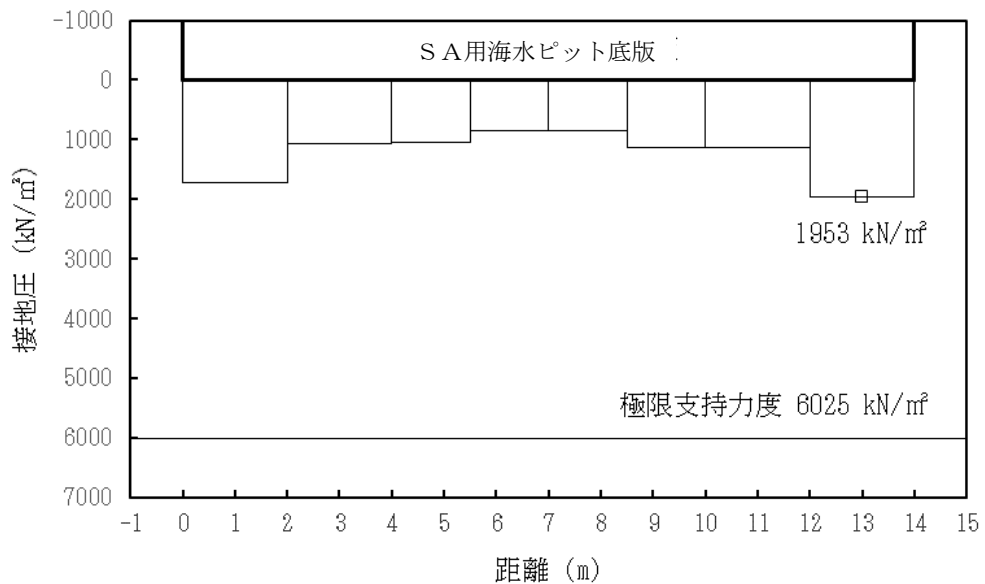


図 3-7 (1) ①-①断面方向における最大接地圧分布図 (S_s-D1)
(解析ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

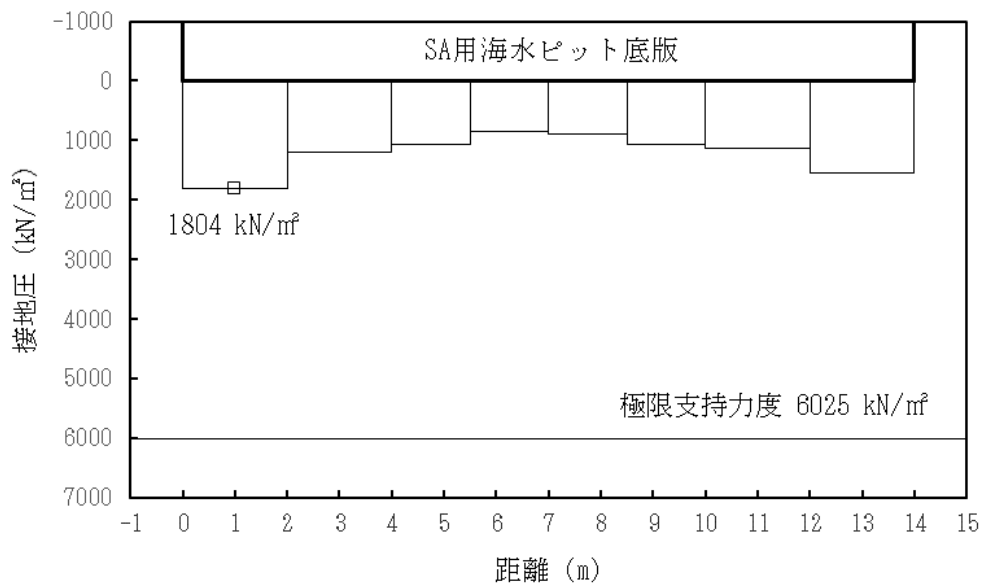


図 3-7 (2) ②-②断面方向における最大接地圧分布図 (S_s-D1)
(解析ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

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、せん断力に対する評価結果を表 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、S A用海水ピット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) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
④	S _s -D 1	上部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D29@150 (外側) D41@150 (内側)	670155	34180	4.1	21	0.20
④	S _s -D 1	下部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D41@150 (外側1段) D41@150 (内側2段)	1215467	57569	6.7	21	0.32

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
評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

表 4-1 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
④	S _s -D 1	上部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D29@150 (外側) D41@150 (内側)	597574	31591	3.7	21	0.18
④	S _s -D 1	下部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D41@150 (外側1段) D41@150 (内側2段)	1098932	53107	6.0	21	0.29

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
評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

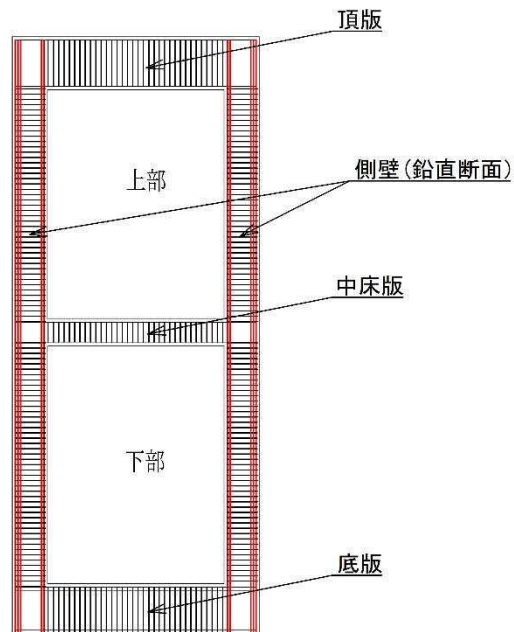


表 4-2 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
④	S _s -D 1	上部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D29@150 (外側) D41@150 (内側)	664310	31379	108	435	0.25
④	S _s -D 1	下部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D41@150 (外側1段) D41@150 (内側2段)	1211302	55515	158	435	0.37

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
評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

表 4-2 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
④	S _s -D 1	上部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D29@150 (外側) D41@150 (内側)	597574	31591	94	435	0.22
④	S _s -D 1	下部	3545	12407	11521	D51@150 (外側2段) D41@150 (外側1段) D41@150 (内側2段)	1098932	53107	142	435	0.33

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
評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

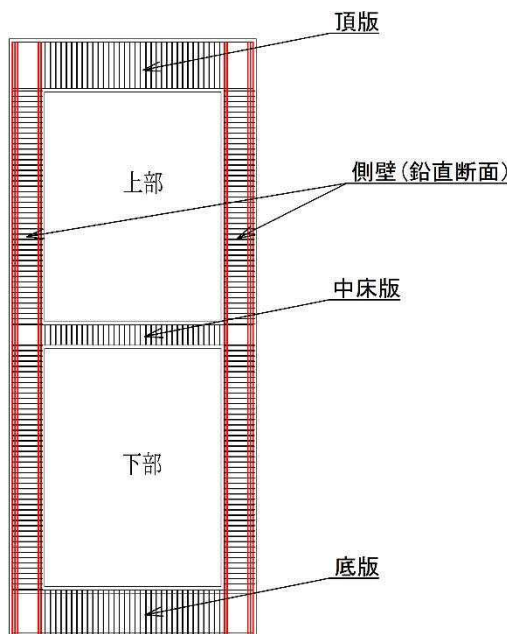


表 4-3 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			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 _s (kN/m)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
④	S _s -D 1	上部	3545	12407	11521	D35@150	70166	93616	0.75
④	S _s -D 1	下部	3545	12407	11521	D29@150(2段)	97349	120709	0.81

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
評価位置は下図に示す。

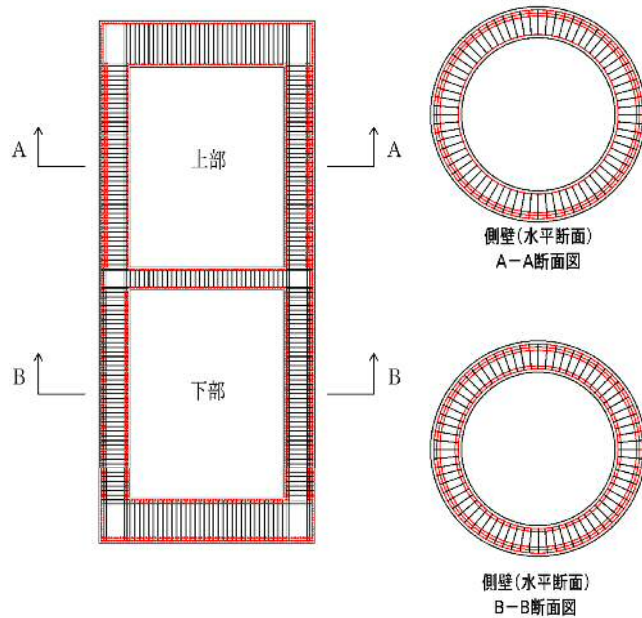
@：鉄筋の配置間隔

表 4-3 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			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 _s (kN/m)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
④	S _s -D 1	上部	3545	12407	11521	D35@150	63607	93616	0.68
④	S _s -D 1	下部	3545	12407	11521	D29@150(2段)	90682	120709	0.76

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
評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔



(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

①-①断面, ②-②断面それぞれで最大の照査値を示す評価位置, 解析ケース及び基準地震動での評価結果を示す。表 4-4 に鉛直断面の評価結果を示す。

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

断面	解析ケース	地震動	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_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}		
				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)					
①-①断面	④	S s - D 1	下部	有効応力解析	σ_{v1}'	3545	12407	11521	2-D51@150	101243	5386	6.9	21	0.33
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	3545	12407	11521	3-D41@150	11773	0	14.0	21	0.67
				合計	$\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	20.9	21	0.995
②-②断面	④	S s - D 1	下部	有効応力解析	σ_{v1}'	3545	12407	11521	2-D51@150	94256	5320	6.5	21	0.31
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	3545	12407	11521	3-D41@150	10634	0	12.6	21	0.60
				合計	$\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	19.1	21	0.91

注記 : 評価位置は下図に示す。

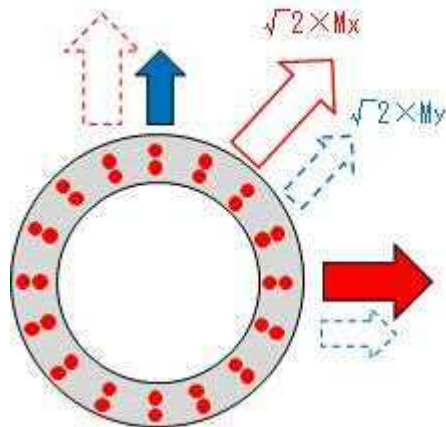
@ : 鉄筋の配置間隔

表 4-4 (2) 鉛直断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果

断面	解析ケース	地震動	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_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 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)					
①-①断面	④	S s - D 1	下部	有効応力解析	σ_{v1}'	3545	12407	11521	2-D51@150	101243	5386	158	435	0.37
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	3545	12407	11521	3-D41@150	11773	0	261	435	0.60
				合計	$\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	419	435	0.97
②-②断面	④	S s - D 1	下部	有効応力解析	σ_{v1}'	3545	12407	11521	2-D51@150	94256	5320	145	435	0.34
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	3545	12407	11521	3-D41@150	10634	0	236	435	0.55
				合計	$\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$	-	-	-	-	-	-	381	435	0.88

注記 : 評価位置は下図に示す。

@ : 鉄筋の配置間隔



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、S A用海水ピット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
 (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)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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		常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)			
			荷重 方法	方向										
④	S _s -D1	上部	両押	→←	最小	1000	2000	1800	D35@150	1947	6053	5.2	21	0.25
		下部	両押	→←	最小	1000	2000	1725	D29@150 (2段)	4046	13749	11.1	21	0.53

注記：評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

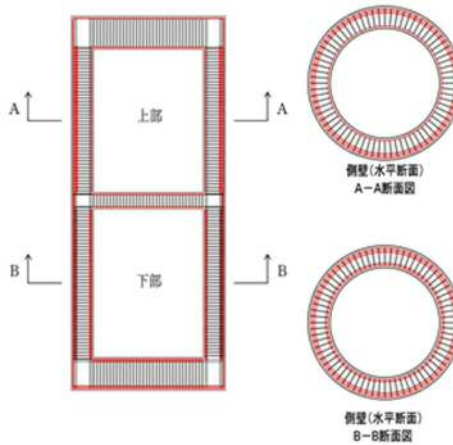


表 4-6 水平断面の鉄筋の曲げ軸力照査結果
 (解析ケース④)：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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		常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げモーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)			
			荷重 方法	方向										
④	S _s -D1	上部	両押	→←	最小	1000	2000	1800	D35@150	770	302	51	309	0.17
		下部	両押	→←	最小	1000	2000	1725	D29@150 (2段)	997	1416	14	309	0.05

注記：評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

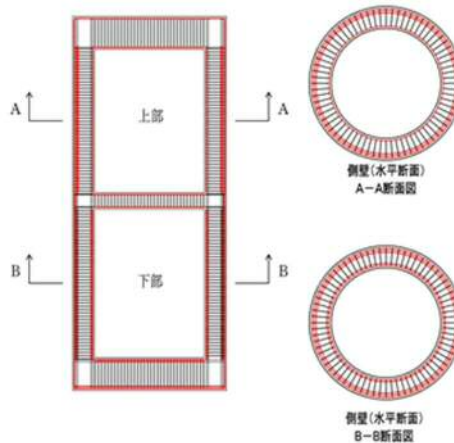
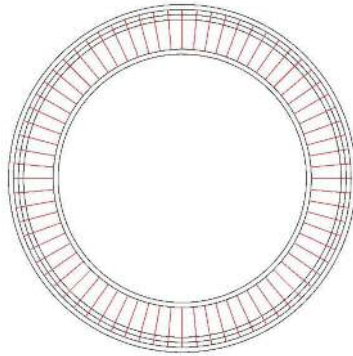


表 4-7 水平断面の鉄筋コンクリートのせん断力照査結果
 (解析ケース④) : 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース			断面性状			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 _s (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 d (mm)				
			荷重 方法	方向								
④	S _s -D1	上部	両押	→←	最小	1000	2000	1800	D19@300×300	1776	2111	0.85
		下部	両押	→←	最小	1000	2000	1725	D32@300×300	3809	4512	0.85

注記 : 評価位置は下図に示す。

@ : 鉄筋の配置間隔



② 水平2方向及び鉛直向地震力に対する耐震評価結果

SA用海水ピット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（海水引込み管方向、取水管方向）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。

海水引込み管方向断面、取水管方向断面それぞれで最大の照査値を示す評価位置、解析ケースでの評価結果を示す。表4-8に水平断面の評価結果を示す。

表4-8 (1) 水平鉄筋の鉛直せん断力に対する評価結果（ A_{s1} ）

断面	解析ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋) A_{s1}	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
				部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①-①断面	④	S s - D 1	下部	3545	12407	11521	8-D29@150	7846	9729	0.81
②-②断面	④	S s - D 1	下部	3545	12407	11521	8-D29@150	7309	9729	0.76

注記：評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔

表4-8 (2) 水平断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果

断面	解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) A_{s2}	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		常時 土水圧	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)			
				荷重 方法	方向										
①-① 断面	④	S s - D 1	下部	両押し	←→	最小	1000	2000	1800	2-D29@150 2-D29@150	4046	13749	11	21	0.53
②-② 断面	④	S s - D 1	下部	両押し	↓ ↑	最小	1000	2000	1800	2-D29@150 2-D29@150	3872	13245	11	21	0.53

注記：評価位置は下図に示す。

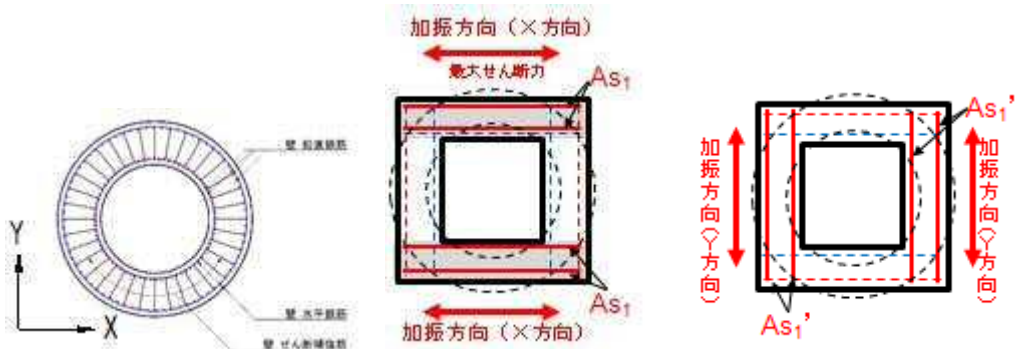
@：鉄筋の配置間隔

表4-8 (3) 水平鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果（ A_{s2} ）

断面	解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース			断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) A_{s2}	発生断面力		引張 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		常時 土水圧	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)			
				荷重 方法	方向										
①-① 断面	④	S s - D 1	上部	片押し	↓	最小	1000	2000	1800	D35@150 D35@150	770	302	51	309	0.17
②-② 断面	④	S s - D 1	上部	片押し	→	最小	1000	2000	1800	D35@150 D35@150	718	301	47	309	0.16

注記：評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔



(3) せん断補強筋量と主鉄筋量の足し合わせ

鉛直断面のせん断力照査による必要せん断補強筋量と、水平断面の曲げ軸力照査による必要主鉄筋量を足し合わせた必要鉄筋量以上を配置する。断面諸元一覧を表 4-9 に示す。

表 4-9 断面諸元一覧（足し合わせ）

側壁			断面性状		主鉄筋						
			部材幅	部材高	鉄筋種別	必要鉄筋量	外側+内側				
							径	段数		鉄筋間隔	鉄筋量
			(mm)	(mm)	-	(mm ² /m)		(mm)	外側		
上部	水平	主筋	1000	2000	SD390	2168.4	-	-	-	-	-
	鉛直	せん断補強	3545	12407	SD390	9566.5	-	-	-	-	-
	計		-	-	-	11734.9	-	-	-	-	-
	配筋(足し合わせ)		1000	2000	SD390	-	35	1	1	150	12755.3
下部	水平	主筋	1000	2000	SD390	857.0	-	-	-	-	-
	鉛直	せん断補強	3545	12407	SD390	13876.5	-	-	-	-	-
	計		-	-	-	14733.5	-	-	-	-	-
	配筋(足し合わせ)		1000	2000	SD390	-	29	2	2	150	17131.5

注記 : 必要鉄筋量は照査時鉄筋量×照査値として算出した。

4.1.3 頂版及び中床板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 4-10 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 4-11 に、せん断力に対する評価結果を表 4-12 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、SA用海水ピットの頂版及び中床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。

表 4-10 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果(①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	S _s -D1	頂版	梁①	3200	3000	2800	D51@150	20275	0	5.7	21	0.28
	S _s -D1		梁②	1300	3000	2800	D38@150	1127	0	1.0	21	0.05
	S _s -D1	中床版		1000	1500	1300	D51@150	1780	0	5.8	21	0.28

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。

表 4-10 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	S _s -21	頂版	梁①	3200	3000	2800	D51@150	20275	0	5.7	21	0.28
	S _s -21		梁②	1300	3000	2800	D38@150	1127	0	1.0	21	0.05
	S _s -21	中床版		1000	1500	1300	D51@150	1747	0	5.6	21	0.27

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。

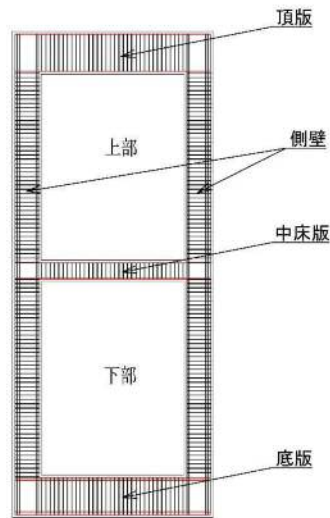


表 4-11 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	S _s -D1	頂版	梁①	3200	3000	2800	D51@150	20275	0	187	435	0.44
	S _s -D1		梁②	1300	3000	2800	D38@150	1127	0	44	435	0.11
	S _s -D1	中床版		1000	1500	1300	D51@150	1780	0	118	435	0.28

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。

表 4-11 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	S _s -21	頂版	梁①	3200	3000	2800	D51@150	20275	0	187	435	0.43
	S _s -21		梁②	1300	3000	2800	D38@150	1127	0	44	435	0.11
	S _s -21	中床版		1000	1500	1300	D51@150	1747	0	115	435	0.27

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。

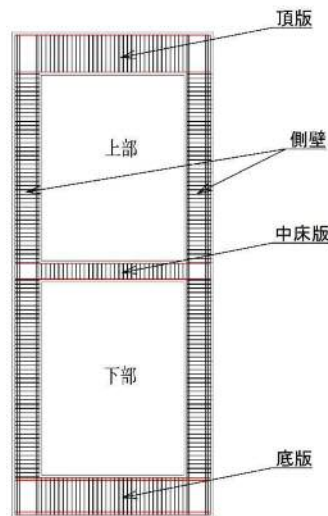


表 4-12 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果(①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	S _s -D 1	梁①	3200	3000	2800	D32@300×300	5900	9530	0.62
	S _s -D 1	梁②	1300	3000	2800	-	1137	2611	0.44
	S _s -D 1	中床板	1000	1500	1300	D19@300×300	553	1524	0.37

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。

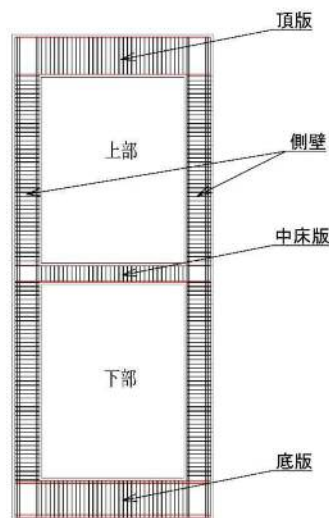
表 4-12 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果(②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	S _s -2 1	梁①	3200	3000	2800	D32@300×300	5900	9530	0.62
	S _s -2 1	梁②	1300	3000	2800	-	1137	2611	0.44
	S _s -2 1	中床板	1000	1500	1300	D19@300×300	543	1524	0.36

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。



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 4-13 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表 4-14 に、せん断力に対する評価結果を表 4-15 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、S A用海水ピットの底板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 4-13 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果(①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)			
③	S s - D 1	底版	1000	3000	2800	D51@150 (2段)	15839	0	10.0	21	0.48

注記 ③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

表 4-13 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)			
⑤	S s - D 1	底版	1000	3000	2800	D51@150 (2段)	14794	0	9.2	21	0.44

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

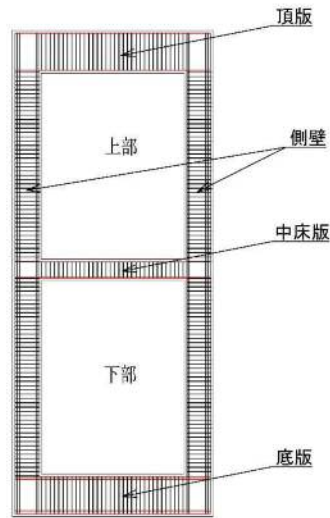


表 4-14 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	軸力 (kN)			
③	S s - D 1	底版	1000	3000	2800	D51@150 (2段)	15839	0	259	435	0.60

注記 ③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

表 4-14 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 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 d (mm)		曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	軸力 (kN)			
⑤	S s - D 1	底版	1000	3000	2800	D51@150 (2段)	14794	0	242	435	0.56

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

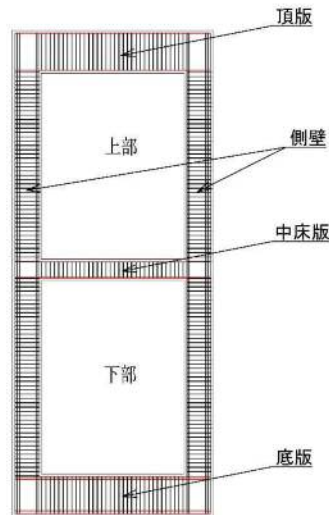


表 4-15 (1) せん断力照査結果(①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
③	S _s -D 1	底版	1000	3000	2800	D38@300×300	5447	10062	0.55

注記 ③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

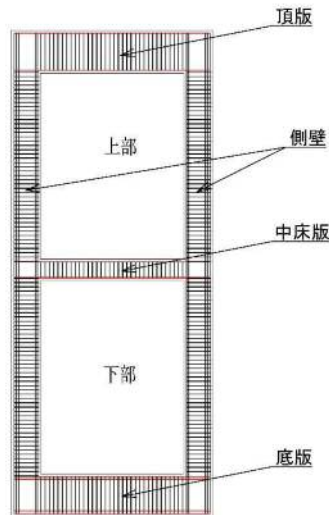
表 4-15 (2) せん断力照査結果(②-②断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
⑤	S _s -D 1	底版	1000	3000	2800	D38@300×300	4914	10062	0.49

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。



4.1.5 概略配筋図

図 4-1 に概略配筋図を示す。

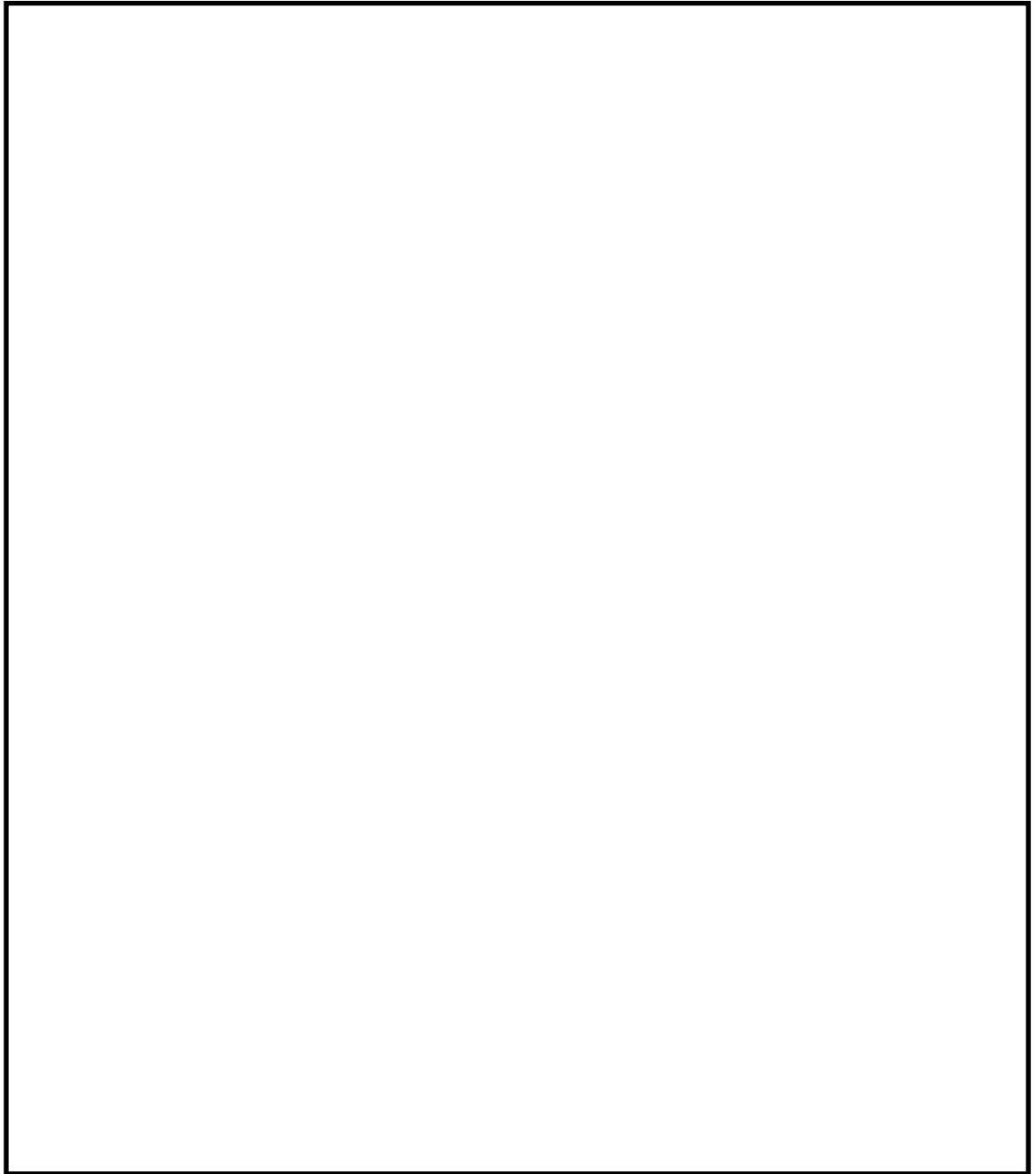


図 4-1 概略配筋図

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 4-16 に示す。

S A用海水ピット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 4-16 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (①-①断面)

解析ケース	地震動	最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
①	S _s -D 1	1953	6025

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

表 4-16 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面)

解析ケース	地震動	最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
①	S _s -D 1	1804	6025

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