

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-1090 改1
提出年月日	平成30年9月27日

V-3-別添 3-2-1-3 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）の強度計算書

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	10
3. 強度評価方法	11
3.1 記号の定義	11
3.2 評価対象断面及び部位	13
3.3 荷重及び荷重の組合せ	17
3.4 許容限界	22
3.5 評価方法	25
4. 評価条件	47
5. 評価結果	63
5.1 津波時	63
5.2 重畳時	80

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書の方針」に示すとおり、防潮堤のうち鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

2. 基本方針

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」に示す「3.2 機能維持の方針」を踏まえ、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を図 2-1 に示す。

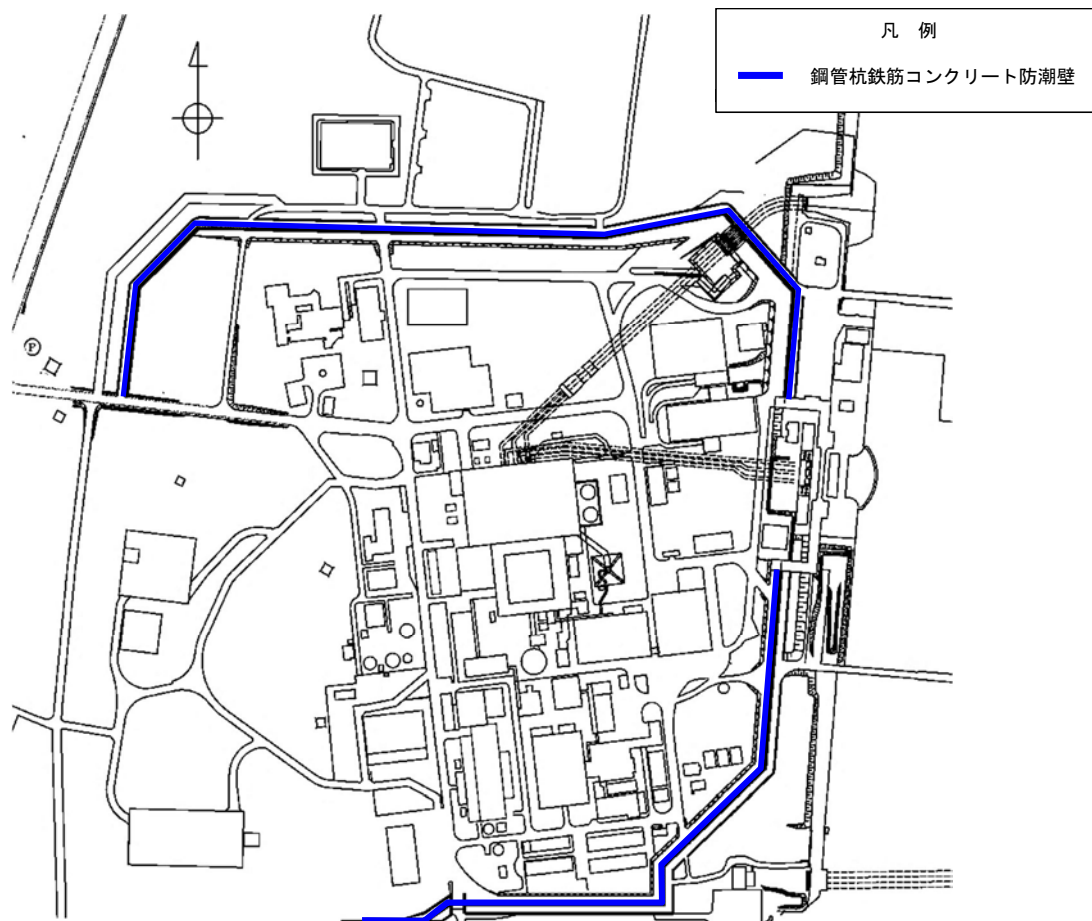


図 2-1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図

2.2 構造概要

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭による下部構造と、5本の鋼管杭を束ね止水機能を確保する鉄筋コンクリートの壁による上部構造から構成される。

下部構造は鋼管杭、上部構造は鉄筋コンクリート梁壁及び鋼管鉄筋コンクリート(SRC造)の一体構造で構築される。大口径で肉厚の厚い鋼管杭を地震及び津波荷重に耐える構造躯体とし、杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭に鉄筋コンクリートを被覆する上部構造とした。

隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

防潮壁の堤内側には、耐津波に対する受働抵抗を目的とした改良体による地盤高さの嵩上げを行うとともに、洗掘防止対策やボーリング対策として、堤内及び堤外の表層部の地盤改良を実施する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図を図 2-2、上部構造概要図を図 2-3、止水ジョイント部材概念図を図 2-4、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の止水ジョイント部材を設置する範囲を図 2-5 に示す。

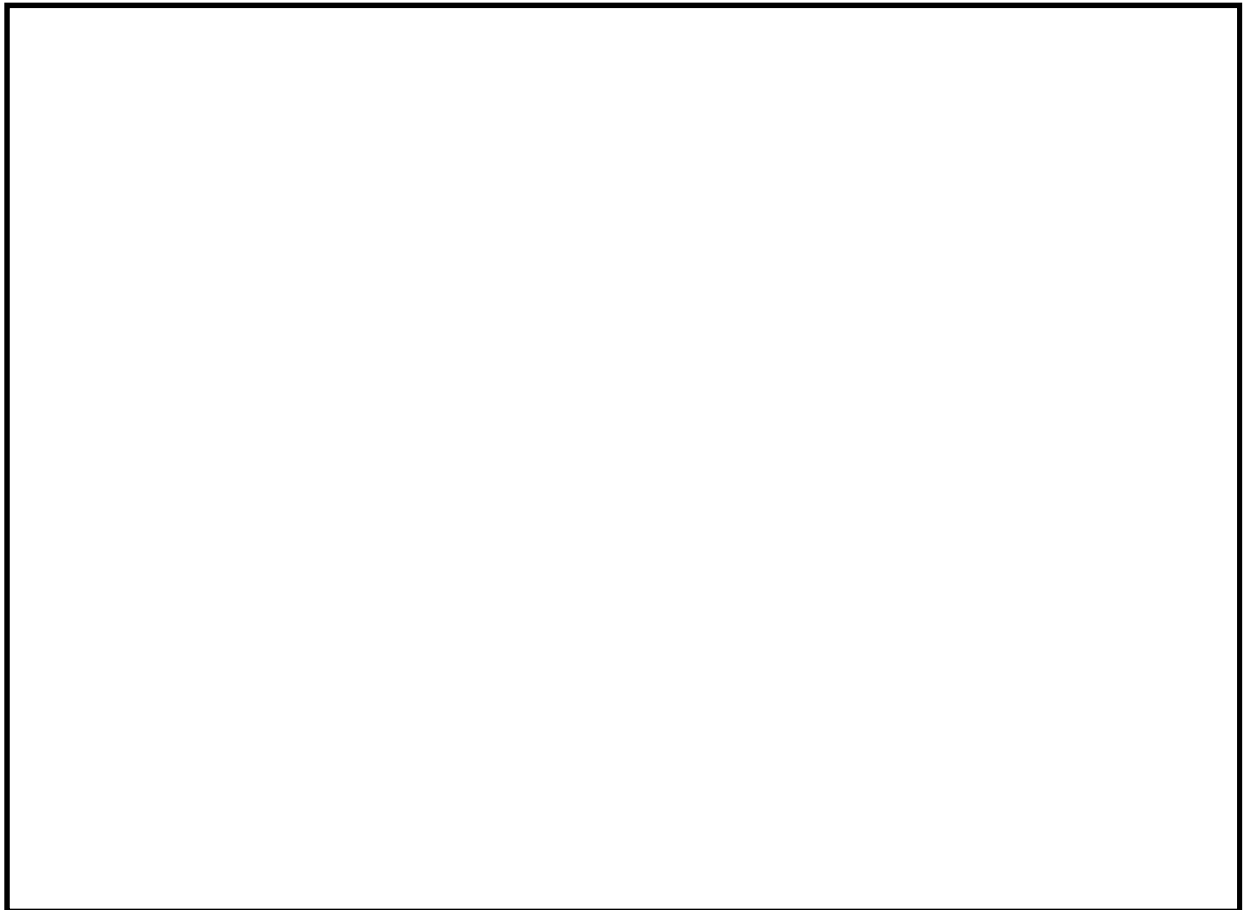


図 2-2 (1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図
(断面③：正面図と断面図)

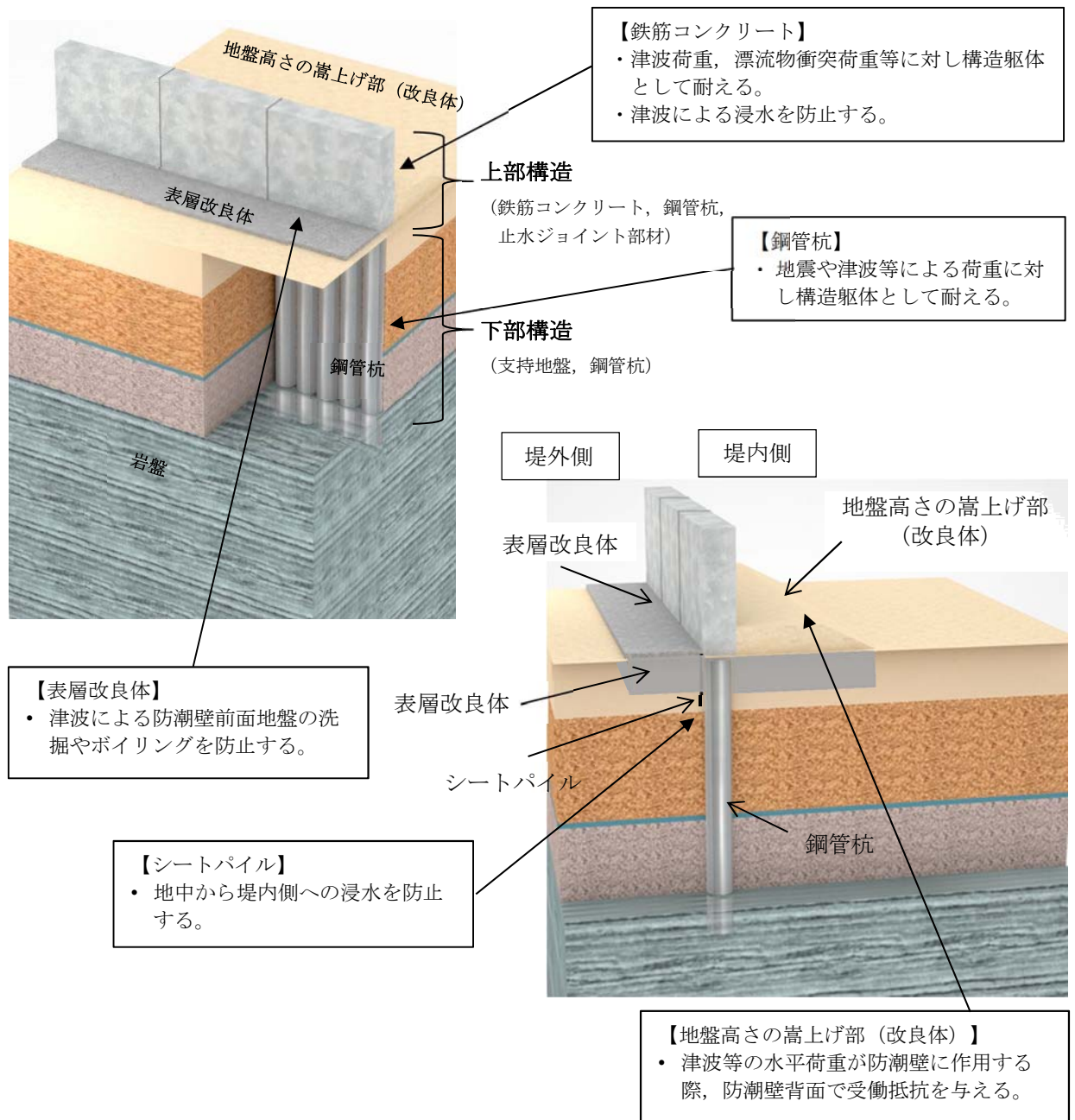


図 2-2 (2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図

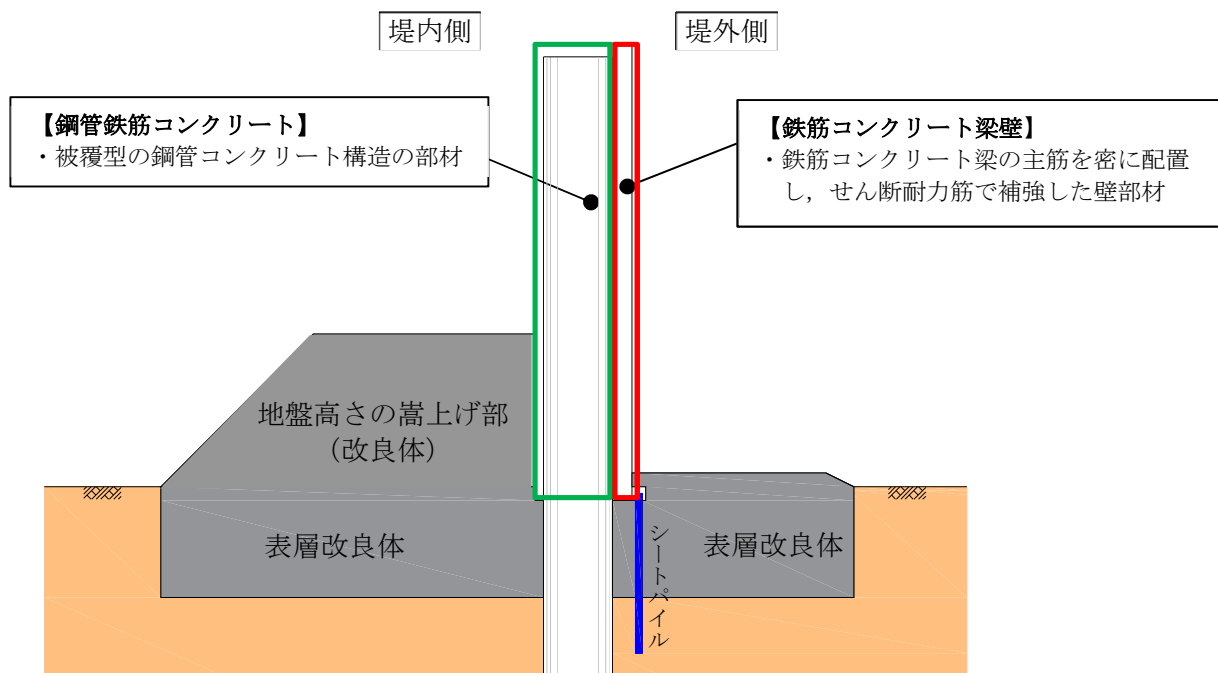
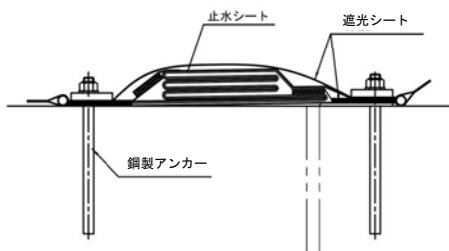
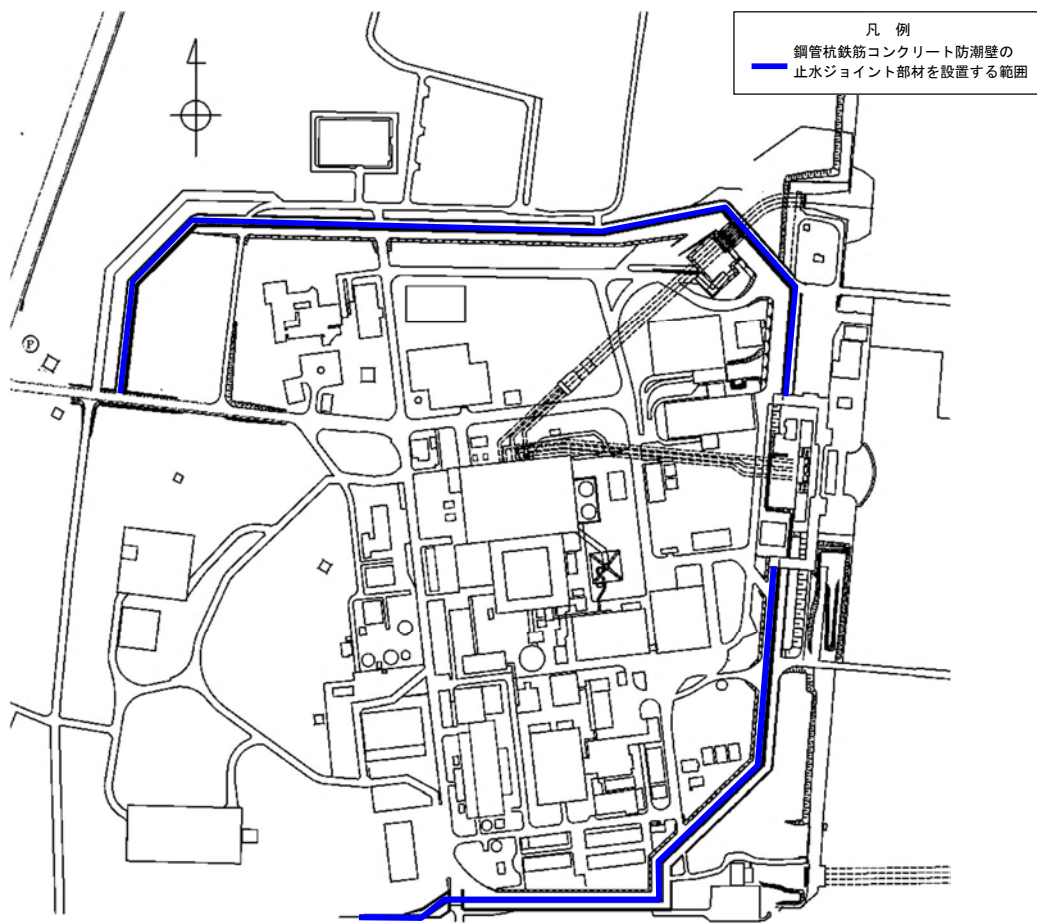


図 2-3 上部構造概要図



シートジョイント

図 2-4 止水ジョイント部材概念図



* 止水ジョイント部材は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の全ての境界において堤外側及び堤内側に設置する。

図 2-5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の止水ジョイント部材を設置する範囲

2.3 評価方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、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」におい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実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位の発生応力及び発生変形量が許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-1 の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価及び構造物の変形性評価を実施することにより、構造強度を有すること及び止水性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。構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価の検討フローを図 2-6 に示す。

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。

表 2-1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

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	鋼管杭	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
		鉄筋コンクリート	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
		地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体	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	せん断強度*
		シートパイル	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	せん断強度*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管杭	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
		鉄筋コンクリート	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
		地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体	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	せん断強度*
		シートパイル	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	せん断強度*
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。

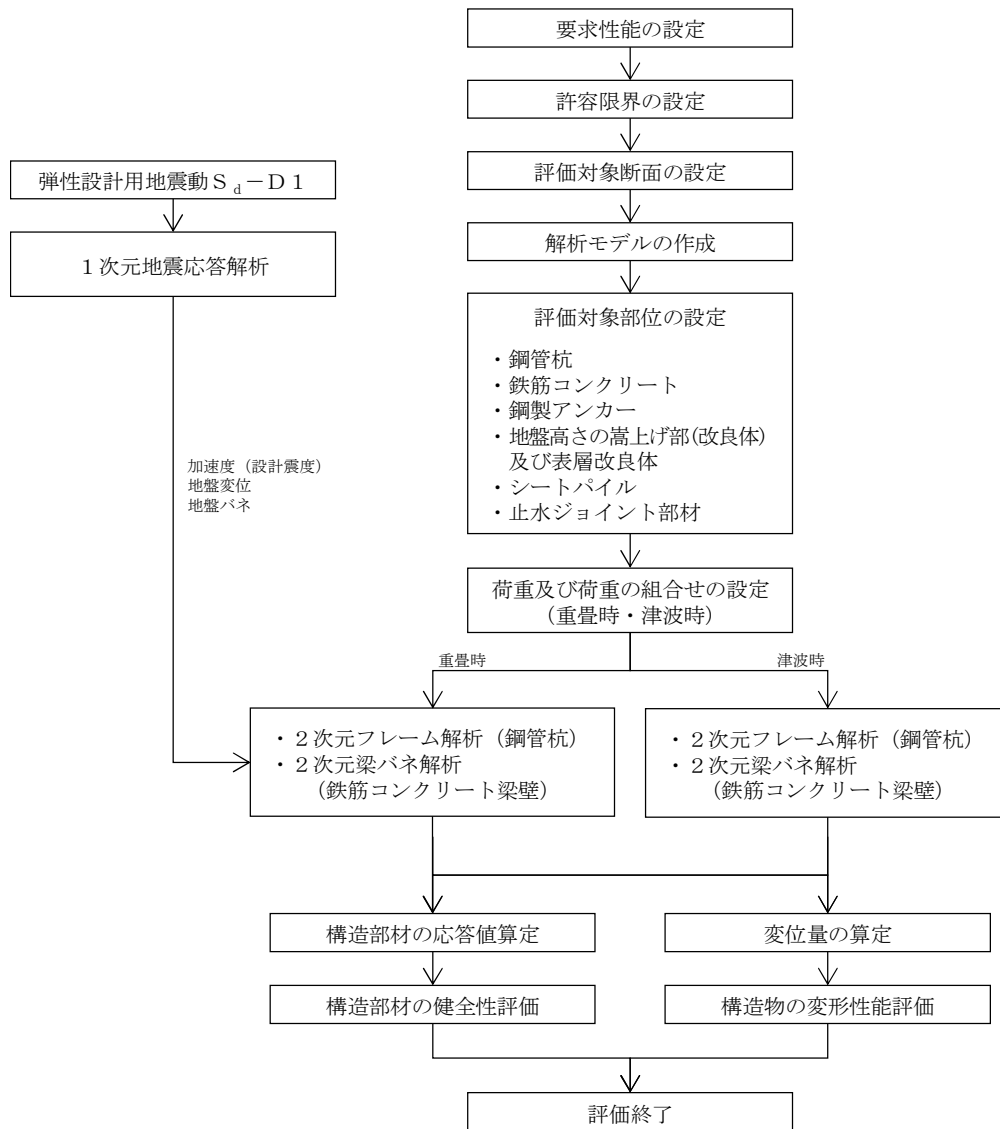


図 2-6 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価の検討フロー

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)
- ・ 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)
- ・ 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)
- ・ 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 (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 (日本電気協会)
- ・ 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009 (日本電気協会)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会，2010 年 11 月)
- ・ トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 (土木学会，2016 年制定)
- ・ 津波漂流物対策施設設計ガイドライン (沿岸技術研究センター，寒地港湾技術研究センター，2014 年 3 月)
- ・ 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成元年 2 月版，日本港湾協会)

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 (1) 強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P_s	kN	積雪荷重
P_k	kN	風荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波荷重
P_c	kN	衝突荷重
K_{Sd}	kN	余震荷重
P_d	kN/m ²	動水圧
σ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度
τ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の短期許容せん断応力度
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
V_a	kN	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力
V_{ca}	kN	コンクリートの短期許容せん断力
V_{sa}	kN	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力
b_w	m	有効幅
j	—	1/1.15
d	m	有効高さ
A_w	m ²	斜め引張鉄筋断面積
σ_{sa2}	N/mm ²	鉄筋の短期許容引張応力度
s	m	斜め引張鉄筋間隔
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
N	N	軸力
A	mm ²	有効断面積
M	N・mm	最大曲げモーメント
Z	mm ³	断面係数
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	—	せん断応力の分布係数 (2.0)

表 3-1 (2) 強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
F_s	—	安全率
u	kN/m^2	シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧
w	kN/m^2	土の有効重量
γ'	kN/m^3	土の水中単位体積重量
ℓ_d	m	シートパイルの根入れ深さ
ℓ	m	浸透流路長
h_w	m	水面から掘削底面までの高さ (水位差)

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

評価対象断面は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて、図 3-1 に示す断面位置とする。評価対象断面図を図 3-2～図 3-5 に示す。

断面①：防潮壁高さが T.P. +18 m の個所で第四紀層が薄く堆積する個所。

断面②：防潮壁高さが T.P. +20 m の個所で第四紀層が薄く堆積する個所。

断面③：防潮壁高さが T.P. +20 m の個所で、津波波力が最も大きく、第四紀層が厚く堆積する個所。

断面④：防潮壁高さが T.P. +18 m の個所で第四紀層が厚く堆積する個所。

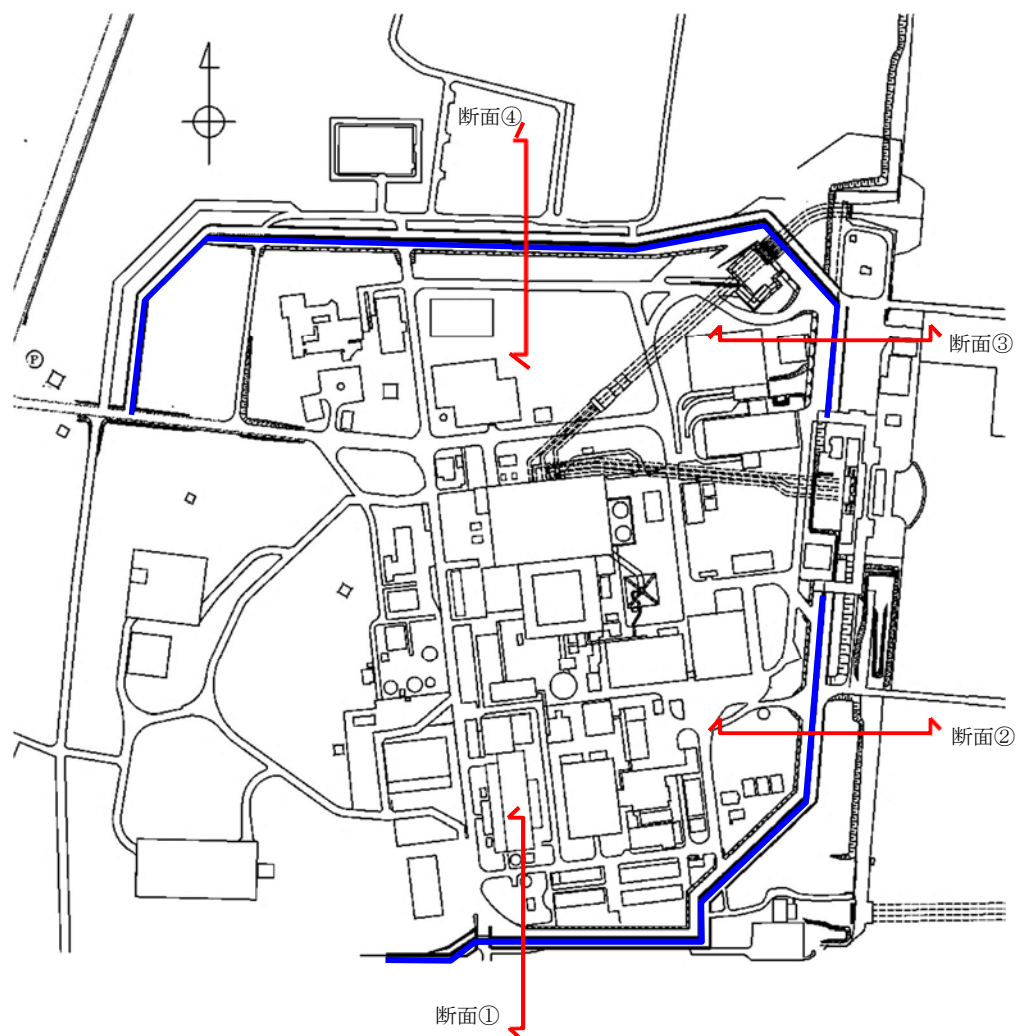


図 3-1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図

(1) 断面①

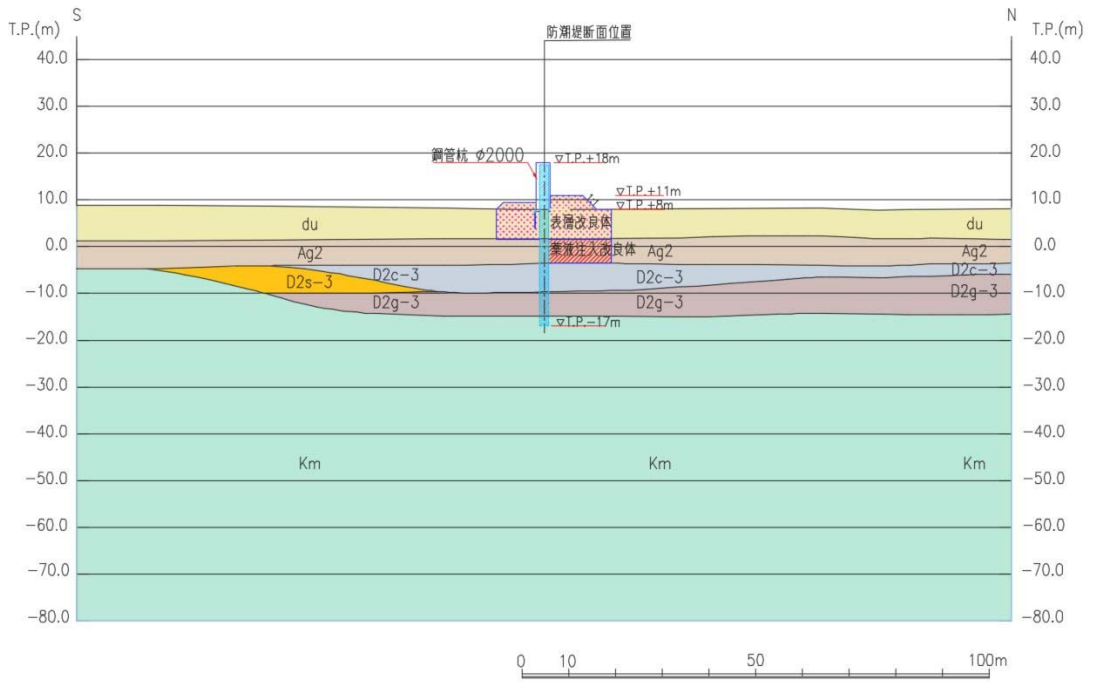


図 3-2 評価対象断面 (1/4)

(2) 断面②

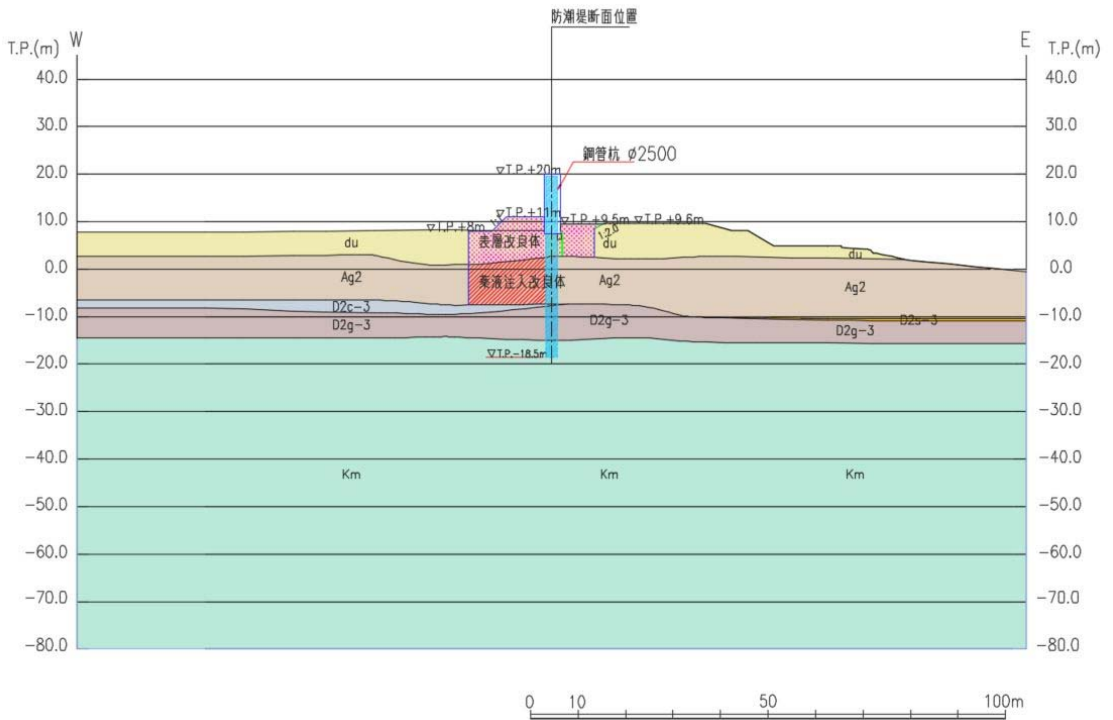


図 3-3 評価対象断面 (2/4)

(3) 断面③

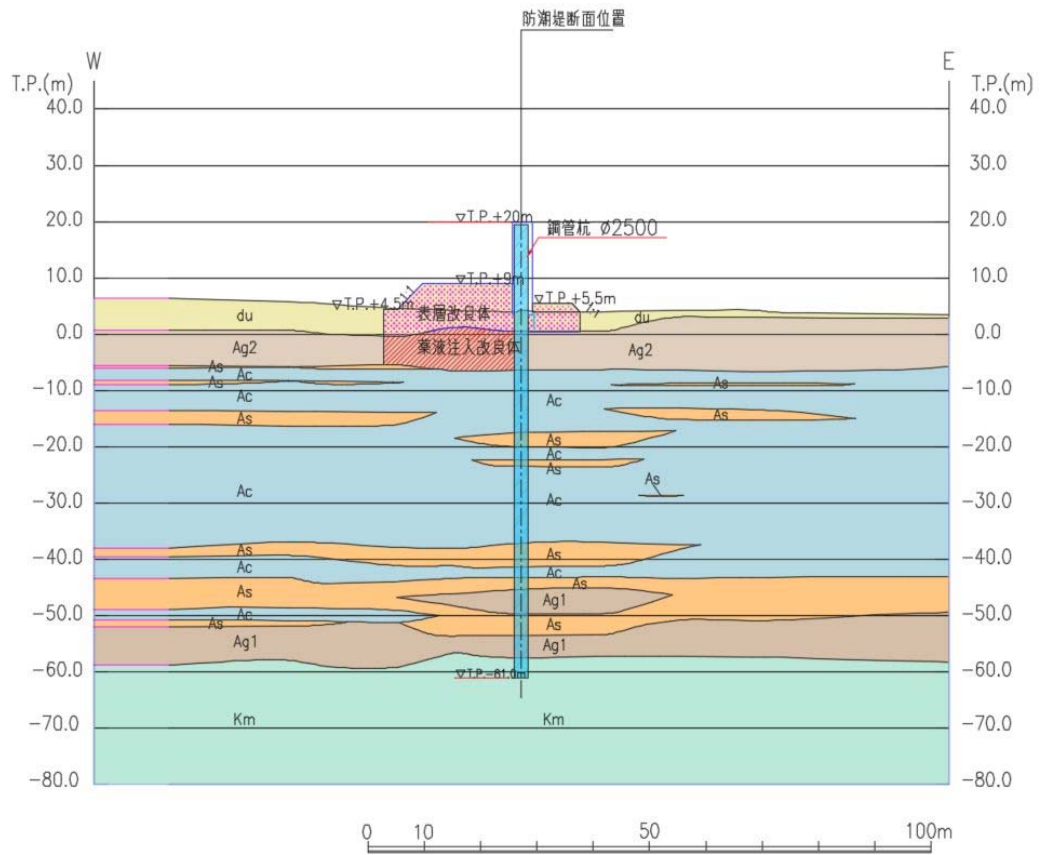


図 3-4 評価対象断面 (3/4)

(4) 断面④

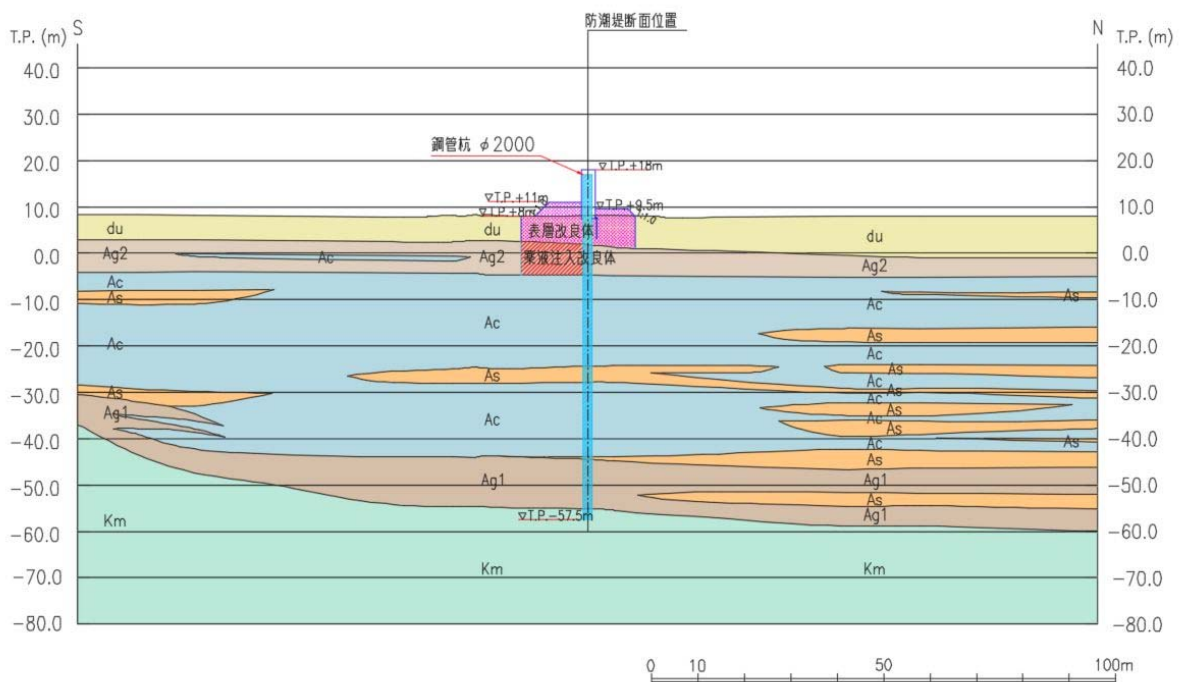


図 3-5 評価対象断面 (4/4)

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴を踏まえ設定する。

(1) 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、下部構造及び上部構造の鋼管杭とする。

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、上部構造のうち鉄筋コンクリート(鉄筋コンクリート梁壁)とする。

(3) 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体の評価対象部位は、堤外側の地盤高さの嵩上げ部(改良体)と堤外側及び堤内側の表層改良体とする。

(4) シートパイル

シートパイルの評価対象部位は、地中から堤内側への浸水を防止するシートパイルとする。

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の評価対象部位は、構造物間に設置するシートジョイントとする。

3.3 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」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。

(1) 荷重

強度評価には、以下の荷重を用いる。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、地盤高さの嵩上げ部 (改良体) 及び表層改良体の静止土圧、並びに杭体内の土の重量を考慮する。

b. 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ として、積雪量は 30 cm としていることから津波時の積雪荷重は 600 N/m^2 とする。ただし、重畳時は余震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

c. 風荷重 (P_k)

津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。

d. 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の 1/2 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。

e. 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重として、表 3-2 に示す 0.69 t 車両の FEMA (2012) * 式による漂流物荷重を考慮する。

注記 * : FEMA : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-2 表 衝突荷重

	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759
敷地に遡上する津波時	15	1035

f. 余震荷重 (K_{sd})

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。

余震と津波の「重畳時」は余震荷重として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮する。地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、慣性力を作用させる。

余震と津波の「重畳時」は、余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基づき次式により算定される動水圧 (P_d) を考慮する。

$$P_d(z) = 7/8 \times \gamma_0 \times K_h \times \sqrt{h \cdot z}$$

ここで、 γ_0 : 水の単位体積重量 (kN/m^3)

K_h : 水平震度

h : 水深 (m)

z : 水面を 0 とし下向きにとった座標 (m)

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 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し、荷重の作用図を図 3-6～図 3-9 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_s + P_t + P_c$
重畳時	$G + P_s + P_t + K_{Sd}$

G : 固定荷重

P_s : 積雪荷重

P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

K_{Sd} : 余震荷重

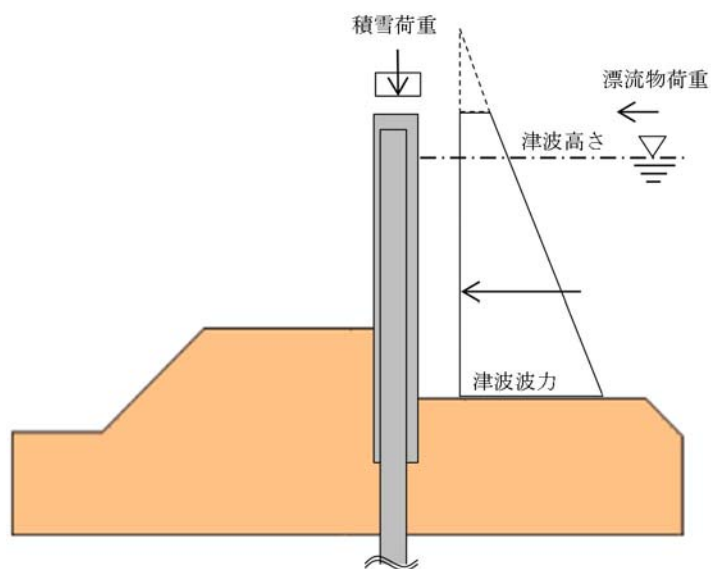


図 3-6 基準津波+漂流物衝突時の作用図

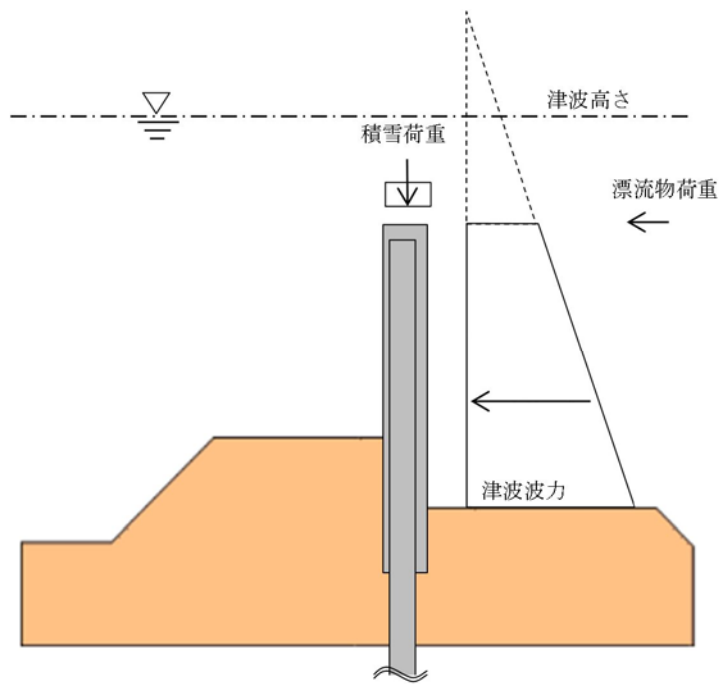


図 3-7 敷地に遡上する津波+漂流物衝突時の作用図

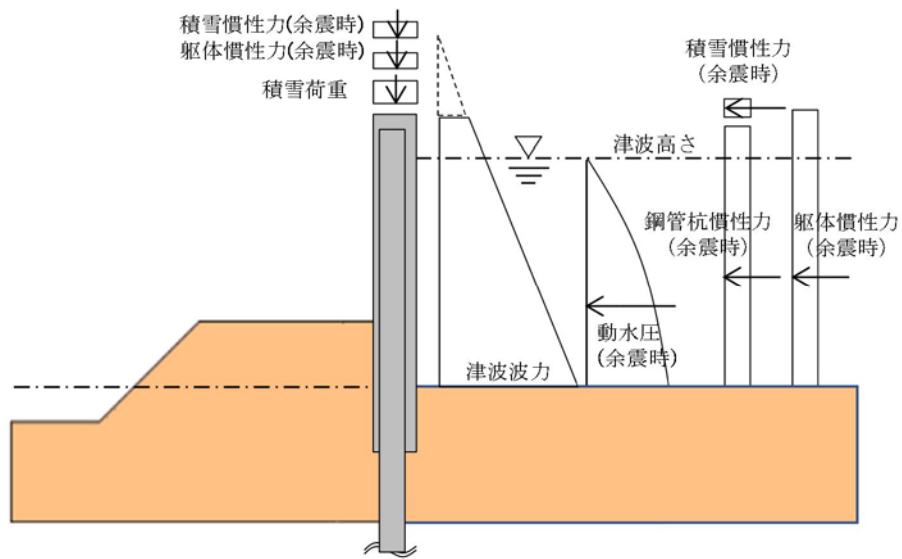


図 3-8 余震+基準津波時の作用図

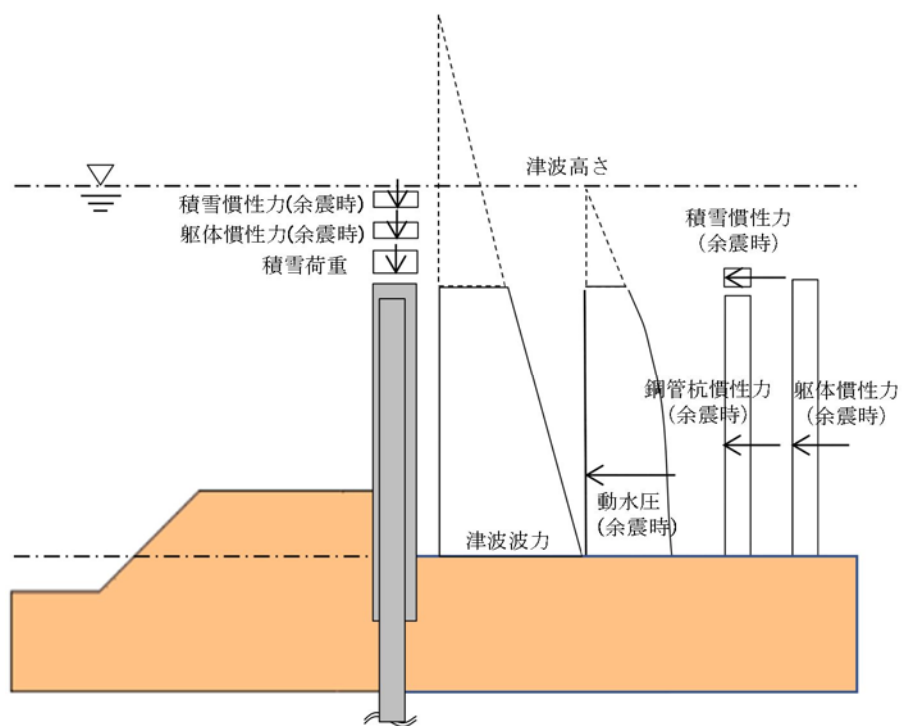


図 3-9 余震+敷地に遡上する津波時荷重の作用図

3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象部位の応力や変形の状態を考慮し、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」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，表 3-4 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，敷地に遡上する津波時は 1.7 倍の割増を考慮する。

表 3-4 鋼管杭の許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)	
		基準津波時	敷地に遡上する津波時
鋼管杭 (SM570)	短期許容引張応力度 σ_{sa1}	382.5	433.5
	短期許容圧縮応力度 σ_{sa1}		
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}	217.5	246.5

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (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 (日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づき, 表 3-5 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, 敷地に遡上する津波時においては, 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 3-5 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)	
		基準津波時	敷地に遡上する津波時
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	28
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*3	1.1*3
	短期許容押抜きせん断応力度 τ_{a1}'	1.65	2.2
	短期許容支圧応力度 σ_{ca}'	18	24
鉄筋*2 (SD490)	短期許容曲げ引張応力度 (曲げ軸力) σ_{sa2}	435	478.5
	短期許容曲げ引張応力度 (せん断力) σ_{sa2}	300	330

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。

(3) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」を考慮し，せん断強度に基づき表 3-8 に示すように設定する。

表 3-8 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体のせん断応力の許容限界

評価項目	許容限界
地盤高さの嵩上げ部（改良体） 及び表層改良体	短期許容せん断応力 $q_u/2 = 750 \text{ kN/m}^2$

(4) シートパイル

シートパイルの許容限界は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成元年 2 月版，日本港湾協会）」の許容応力度に基づき表 3-9 に示すように設定する。基準津波時は，許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，敷地に遡上する津波時は 1.7 倍の割増を考慮する。

表 3-9 鋼材の許容限界値

評価項目		許容限界	
		基準津波時	敷地に遡上する津波時
シートパイル (SY390)	短期許容せん断応力度 (N/mm^2)	190	215

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表 3-10 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 3-10 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	設置位置	許容限界
止水ジョイント部材 (シートジョイント)	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と 鉄筋コンクリート防潮壁間	2 m
	上記以外の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁間及び 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と隣接構造物間	1.5 m

3.5 評価方法

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、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。

3.5.1 津波時

(1) 鋼管杭

a. 解析方法

鋼管杭を評価対象部位として、2次元静的フレーム解析モデルで照査する。鋼管杭のみでも津波に抵抗可能とするため、保守的な配慮として、鋼管杭1本を杭天端から杭下端まで2次元梁要素で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。

b. 解析モデル及び諸元

(a) 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し、地盤抵抗を表現するため地盤バネを設置する。地盤バネは、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会、平成14年3月）」に準拠し、バネ定数と地盤反力上限値を有するバイリニア型とする。鉄筋コンクリート部は、梁要素でモデル化した鋼管杭に質点として配置することにより考慮する。表3-11に示す地盤バネ1及び地盤バネ2の2ケースを考慮する。

表 3-11 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

解析モデル概念図を図3-11に示す。

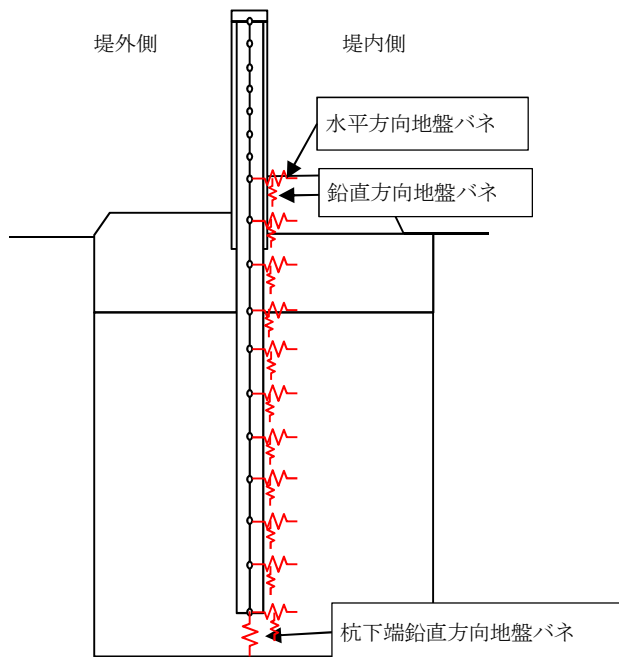


図 3-11 解析モデル概念図

(b) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-12 に、材料の物性値を表 3-13 に示す。

表 3-12 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm ²
鋼管杭*	敷地前面東側 : φ 2500 mm (SM570) t=25, 35 敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570) t=25, 40

注記 * : 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) に従い腐食代 1 mm を考慮する。杭体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 3-13 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*
鋼管杭	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 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月)

c. 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。

(a) 曲げ軸力照査

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

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

ここで、

- σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)
- M : 最大曲げモーメント (N・mm)
- Z : 断面係数 (mm³)
- N : 軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)

(b) せん断力照査

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)

(2) 鉄筋コンクリート

a. 解析方法

上部構造については、2次元梁バネモデル解析により実施する。

b. 解析モデル及び諸元

(a) 解析モデル

上部構造の解析モデルを以下に示す。

解析モデルは、鉄筋コンクリート梁壁を梁要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネ（集約バネ）を設置する。地盤バネについては、表 3-14 に示す地盤抵抗が大きいと仮定したケースの地盤バネ 6 と地盤抵抗が小さいと仮定したケースの地盤バネ 7 を図 3-12 に示すように両端の鋼管杭位置に設定し、中央 3 箇所鋼管杭位置には両端の地盤バネを線形補間したものを設定する。

表 3-14 地盤バネケース

ケース名		地盤バネのバネ定数	備考
津波時	地盤バネ 6	初期せん断剛性から設定	地盤抵抗が大きいと仮定したケース
	地盤バネ 7	静弾性係数から設定	地盤抵抗が小さいと仮定したケース

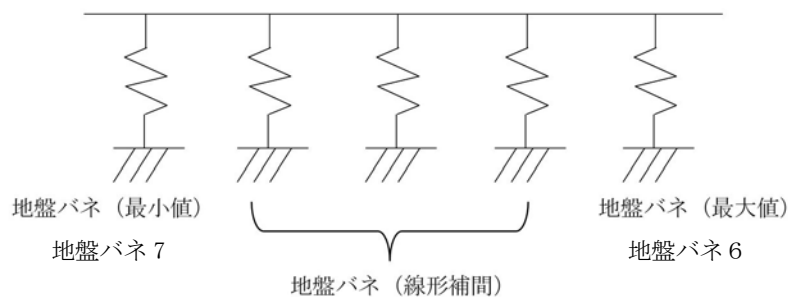


図 3-12 地盤バネの設定方法

2次元梁バネモデルの概念図を図 3-13 に示す。

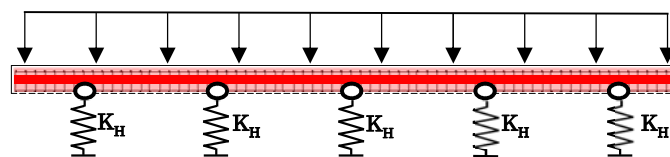


図 3-13 2次元梁バネモデル概念図

(b) 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 3-12 及び表 3-13 と同様とする。

c. 評価方法

鉄筋コンクリートは、2次元梁バネモデル解析により算定したコンクリートに発生する曲げ圧縮応力、鉄筋に発生する曲げ引張応力及び鉄筋コンクリートに発生するせん断力が許容限界以下であることを確認する。

(3) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

津波時の2次元有効応力解析及び2次元フレーム解析による結果より、地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体のせん断応力が表 3-8 に示す許容限界以下であることを確認する。妥当な安全余裕として、安全率 1.2 以上を考慮する。安全率は次式により算定する。

$$F_s = c / \tau$$

ここで、

F_s : 安全率

c : 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の許容限界 (kN/m²)
(表 3-8 の短期許容せん断応力)

τ : 発生せん断応力 (kN/m²)

(4) シートパイル

シートパイルは止水機能を確保する目的から、曲げ降伏による残留変形を許容するものの、せん断力に対しては発生す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が要求される。また、シートパイルの長さを決めるためにボーリング及びパイピングに対する評価を行う。

a. せん断力に対する評価

せん断応力は弾性支承上の梁と仮定したシートパイルの天端位置に強制変位を与え算出する。発生す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。

b. ボーリングに対する評価

ボーリングに対する評価は、「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 (土木学会, 2016 年制定)」に基づき、堤内側の地盤の有効重量とシートパイル先端位置に作用する平均過剰間隙水圧との比を求める次式を用いる。

$$F_s = \frac{w}{u}$$

ここで、 u : シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧

w : 土の有効重量 (kN/m^3)

$$w = \gamma' \ell_d$$

γ' : 土の水中単位体積重量 (kN/m^3)

ℓ_d : シートパイルの根入れ深さ (m)

なお、安全率 (F_s) は、「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 (土木学会, 2016 年制定)」に準拠し、 $F_s \geq 1.2$ を確保する。

c. パイピングに対する評価

パイピングに対する評価は、「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 (土木学会, 2016 年制定)」に基づき、堤外側から堤内側の浸透経路長と水位差の比を求める次式を用いる。

$$F_s = \ell / h_w$$

ここで、

ℓ : 浸透流路長

h_w : 水面から掘削底面までの高さ (水位差)

なお、安全率 (F_s) は、「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説 (土木学会, 2016 年制定)」に準拠し、 $F_s \geq 2.0$ を確保する。

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の津波時の評価は、各方向の地震動による最終相対変位と津波時の最大相対変位をベクトル合成した相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

3.5.2 重畳時

(1) 鋼管杭

a. 解析方法

重畳時も津波時同様，2次元静的フレームモデルを用いて解析する。地盤バネは「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（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。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。

b. 解析モデル及び諸元

(a) 解析モデル

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。

重畳時の地盤バネは地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため，表3-15に示す解析ケース(①～⑥)において S_d-D1 波による1次元有効応力解析を実施する。

表3-15 2次元静的フレームモデルの地盤バネ設定における1次元有効応力解析ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	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(+1 σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)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(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 σ)	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

*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。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため，原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて，せん断波速度を「回帰曲線+1 σ 」(以下，(+1 σ)という。)とする解析ケース(解析ケース②，⑥)及び「回帰曲線-1 σ 」(以下，(-

1 σ) という。)とする解析ケース(解析ケース③)を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、液状化強度特性を(-1 σ)にて設定することを基本とする(解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、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を設定する(解析ケース④)。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する(解析ケース⑤, ⑥)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース(①~⑥)を実施することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

1次元有効応力解析結果から、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、表3-16に示す地盤バネを考慮する。

表3-16 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 地表面加速度最大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 地表面変位最大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 せん断ひずみ最大時刻における地盤物性により設定		

イ. 地盤

地盤は、FLIPにおけるマルチスプリング要素によりモデル化する。

ロ. 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。

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底面位置で評価したものをを用いる。

図 3-14 に入力地震動算定の概念図を、図 3-15～図 3-18 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。

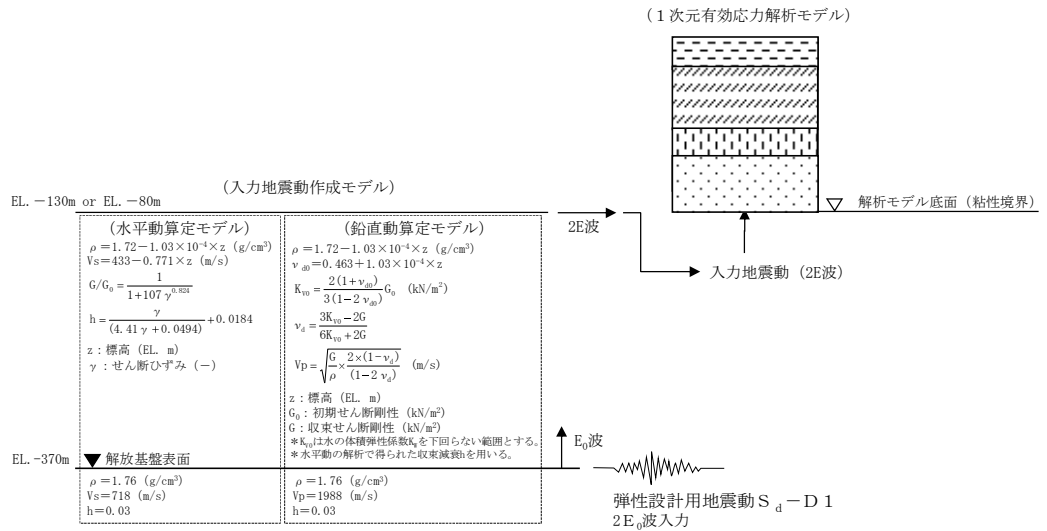
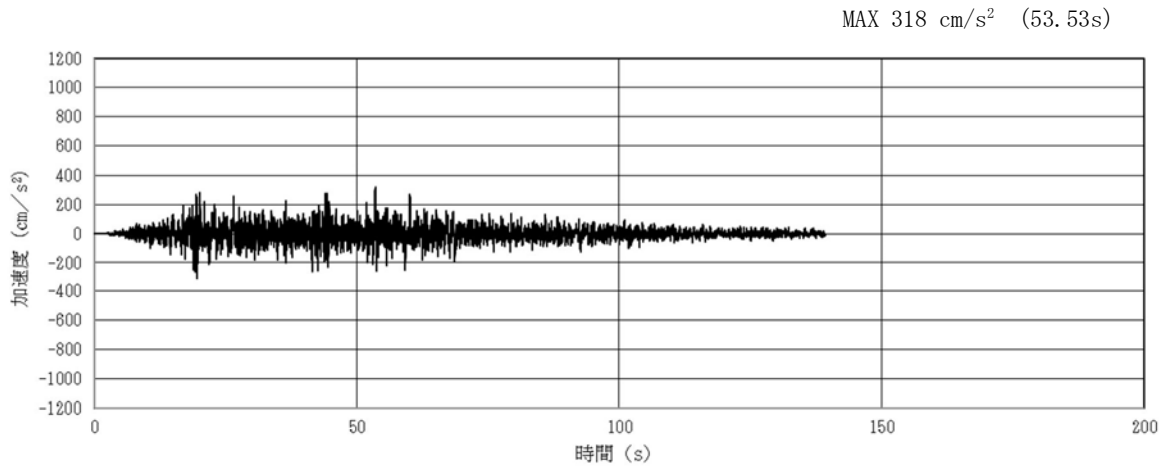
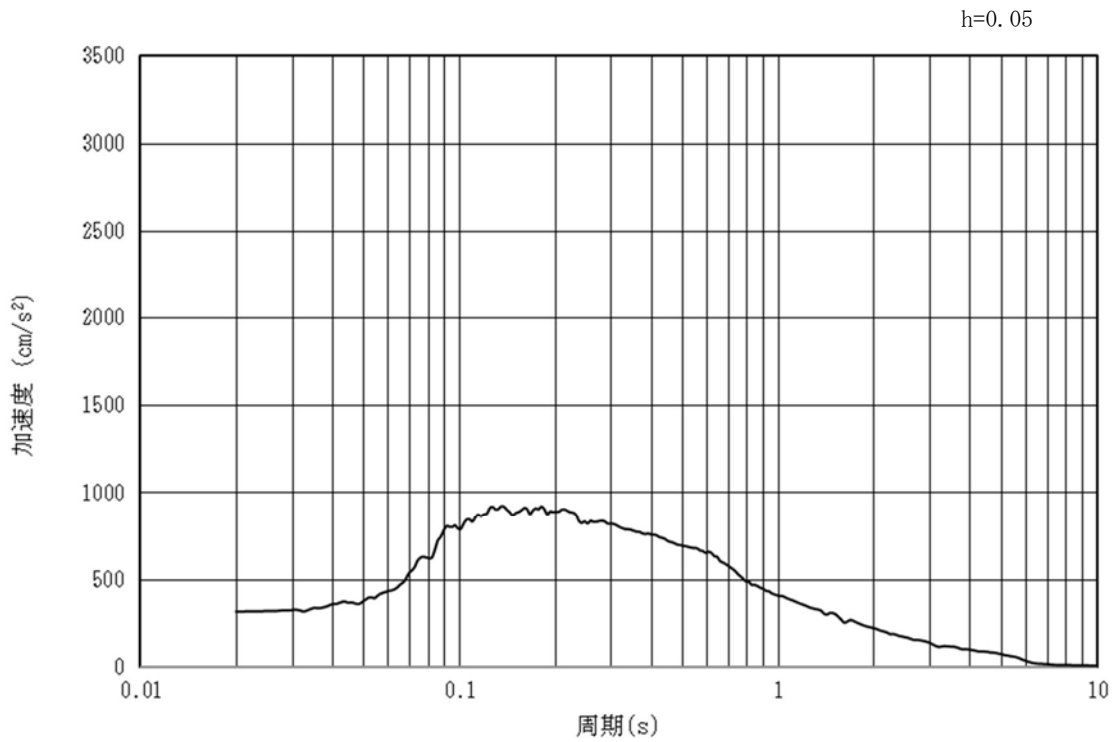


図 3-14 入力地震動算定の概念図

(イ) 断面①

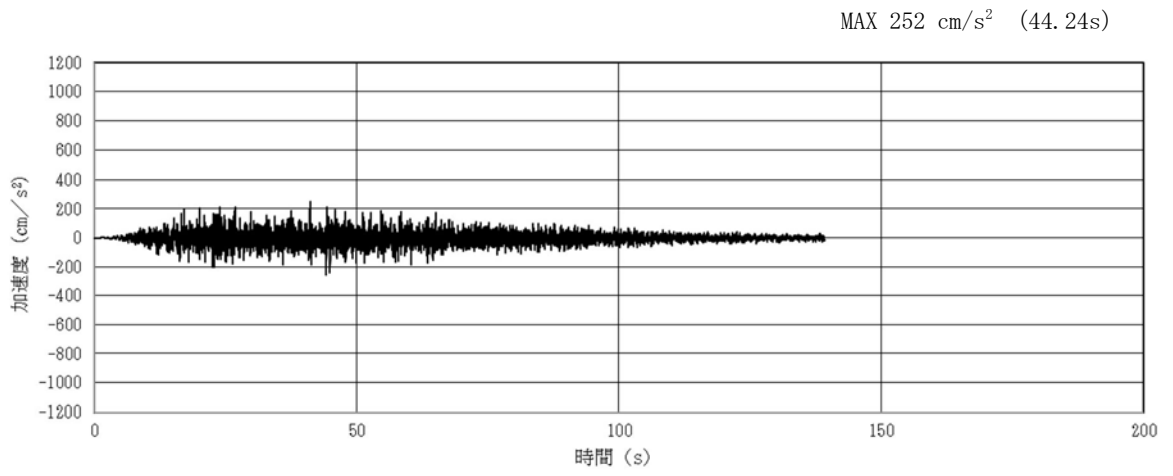


(a) 加速度時刻歴波形

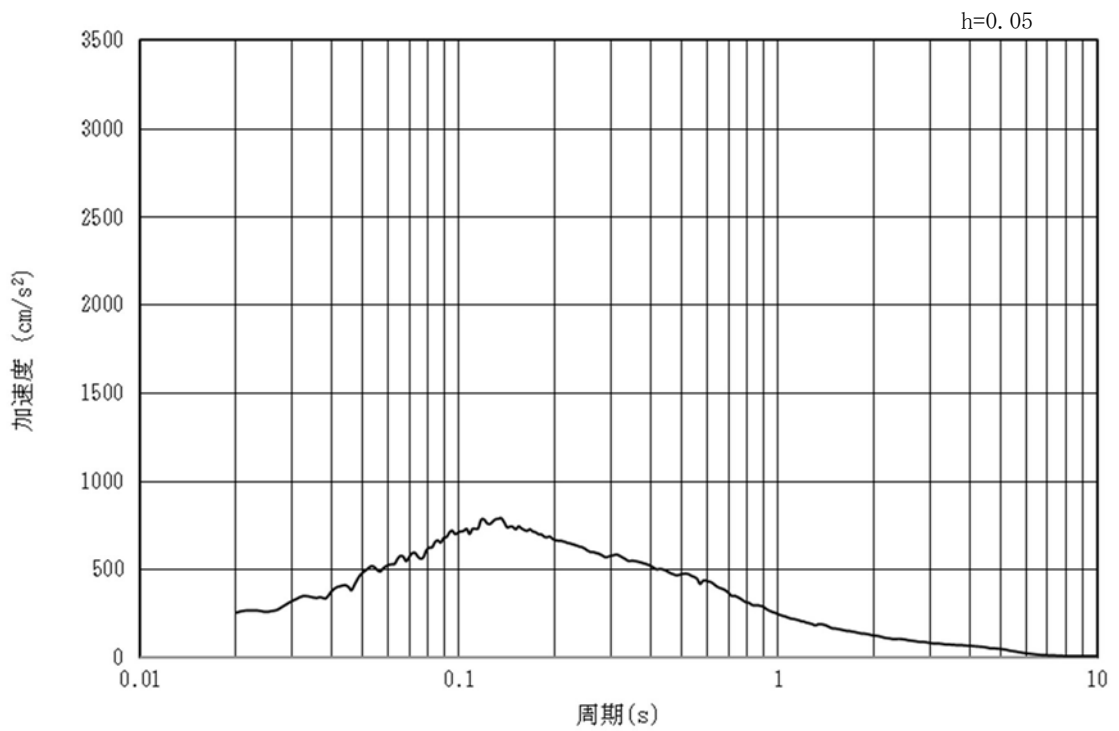


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (1) 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
(水平方向：S_d-D1)



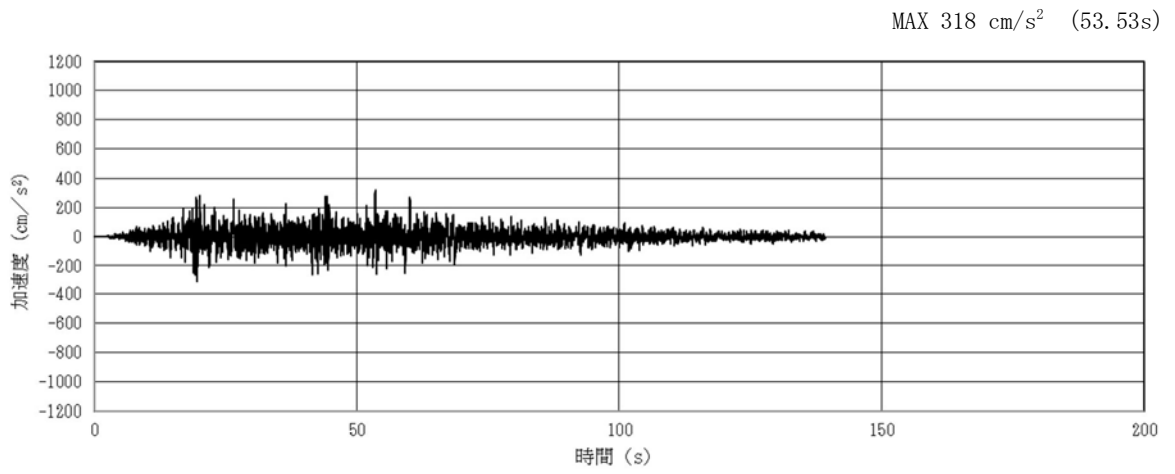
(a) 加速度時刻歴波形



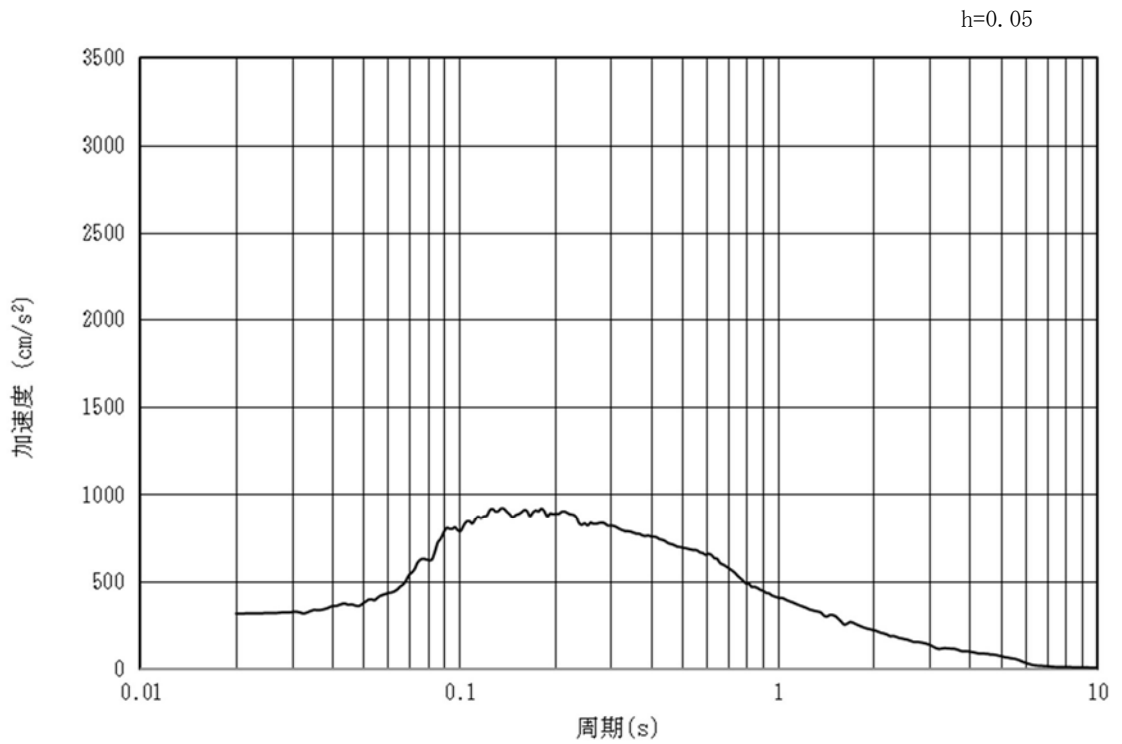
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (2) 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
(鉛直方向：S_d-D1)

(口) 断面②



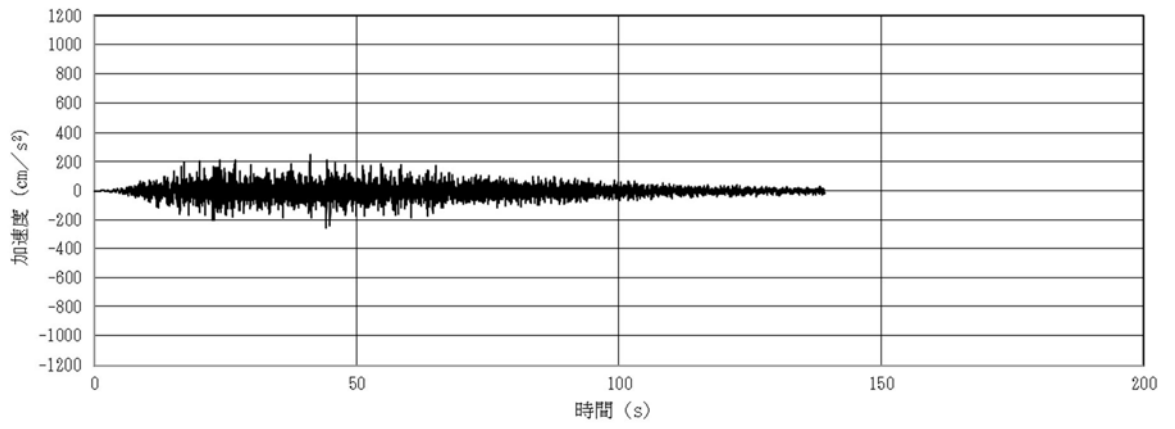
(a) 加速度時刻歴波形



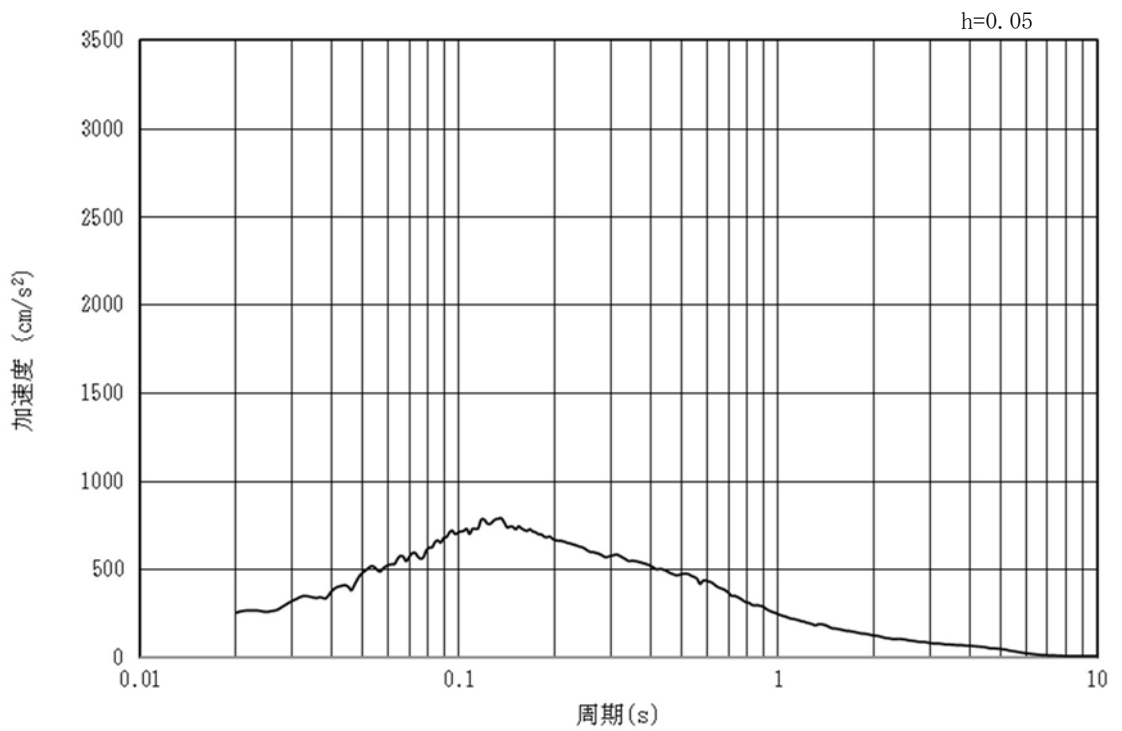
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (1) 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
(水平方向：S_d-D1)

MAX 252 cm/s² (44.24s)



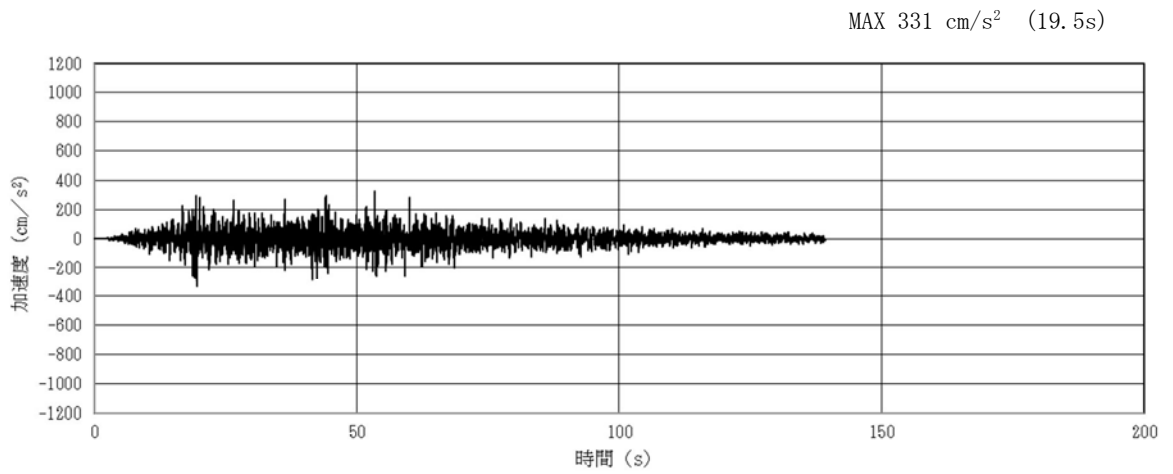
(a) 加速度時刻歴波形



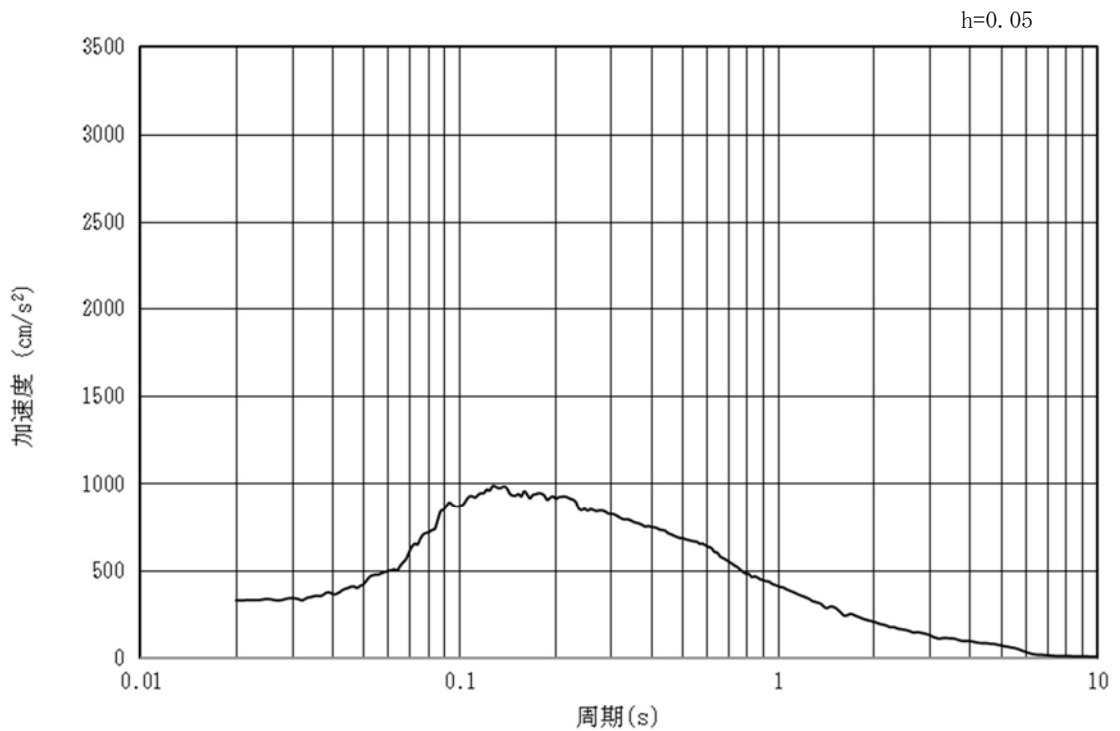
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (2) 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
(鉛直方向：S_d-D1)

(ハ) 断面③



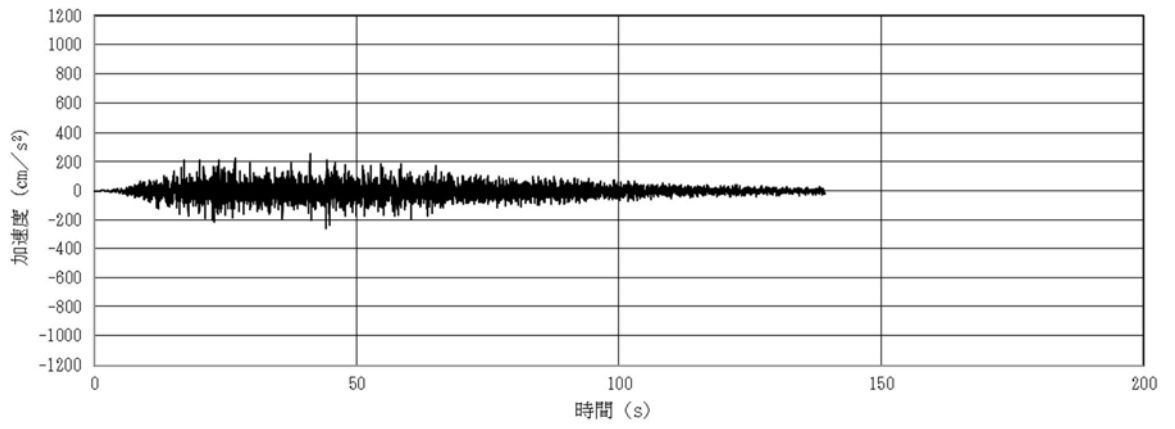
(a) 加速度時刻歴波形



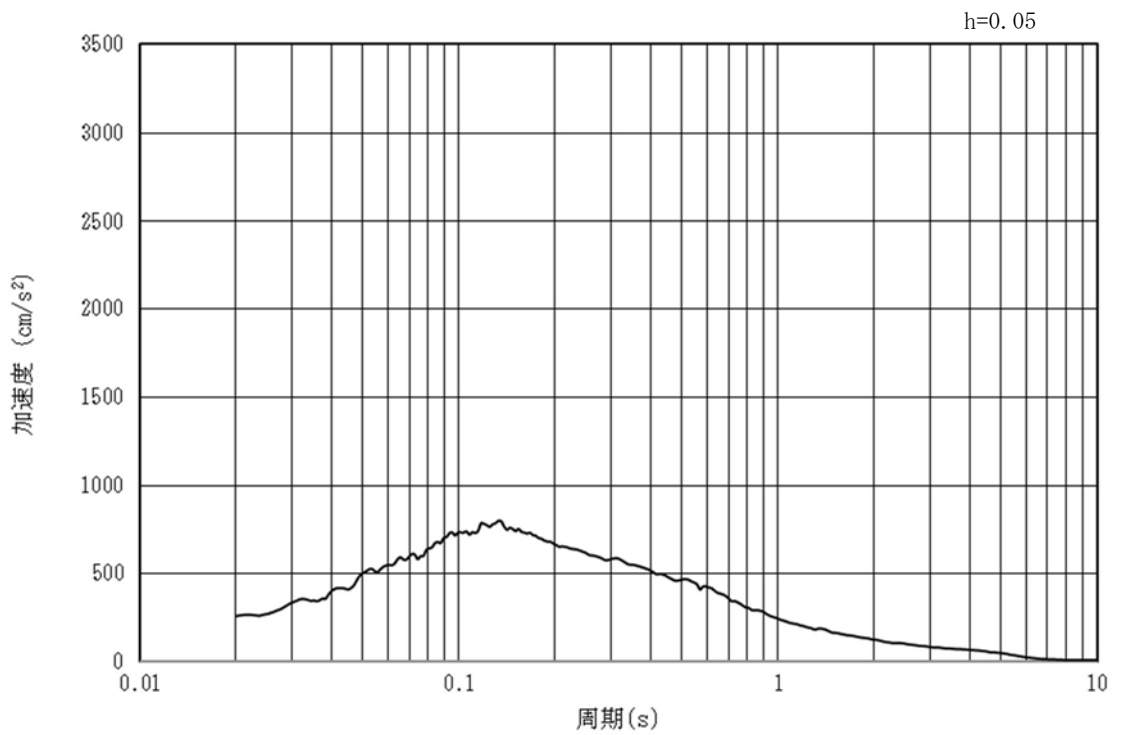
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (1) 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
(水平方向：S_d-D1)

MAX 256 cm/s^2 (44.22s)



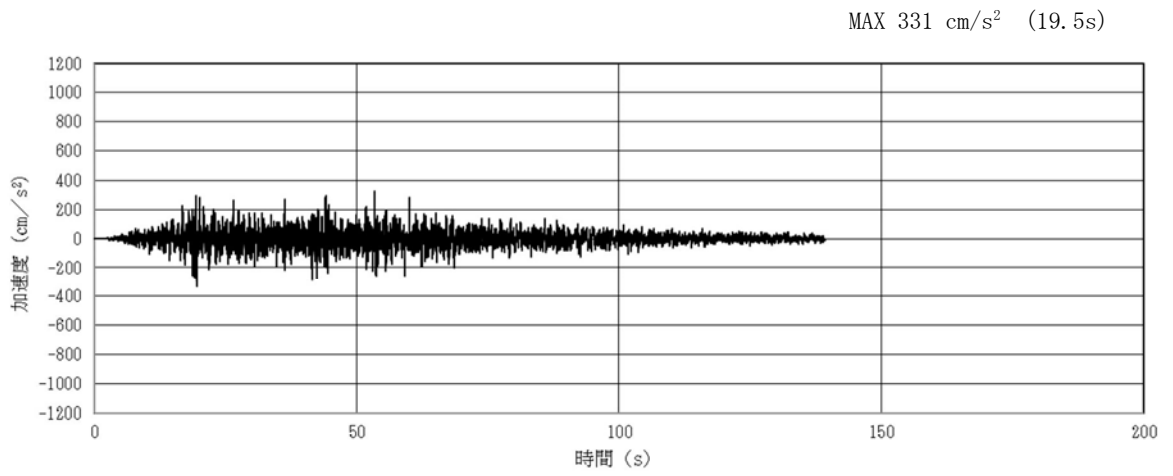
(a) 加速度時刻歴波形



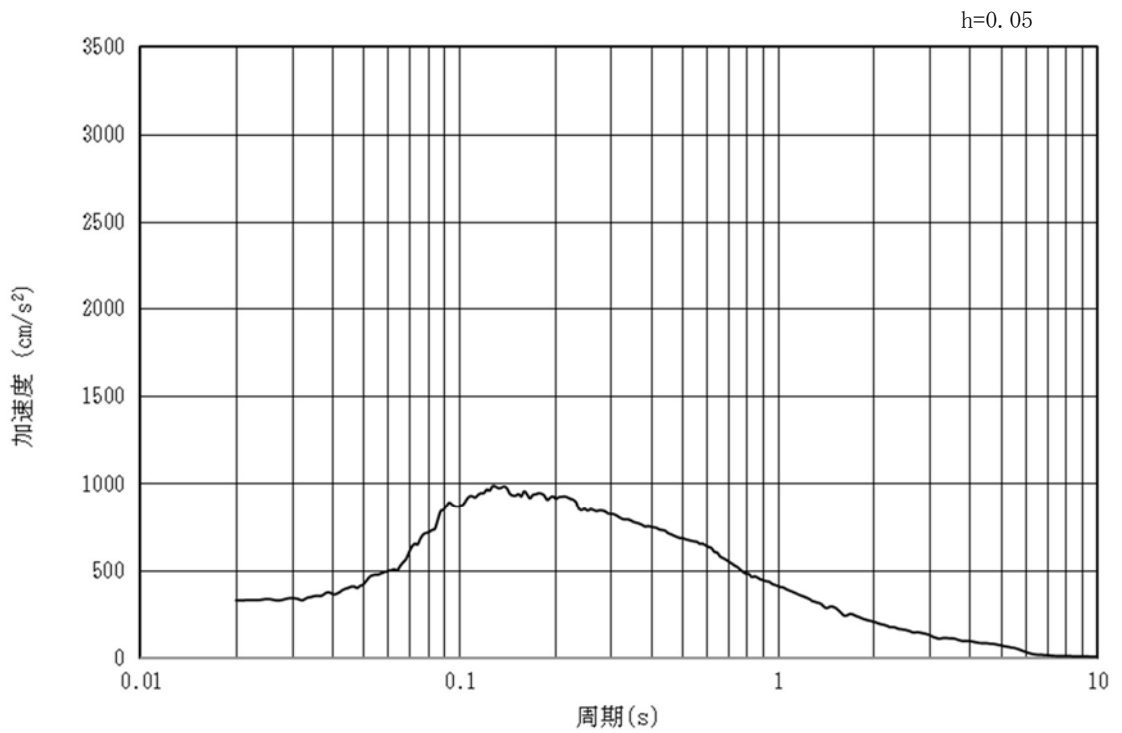
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (2) 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
(鉛直方向： S_d-D1)

(二) 断面④



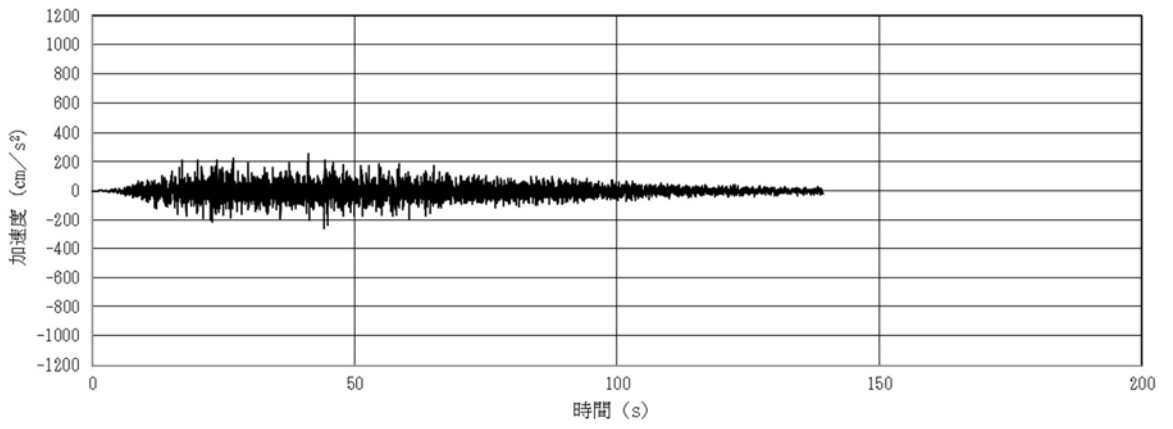
(a) 加速度時刻歴波形



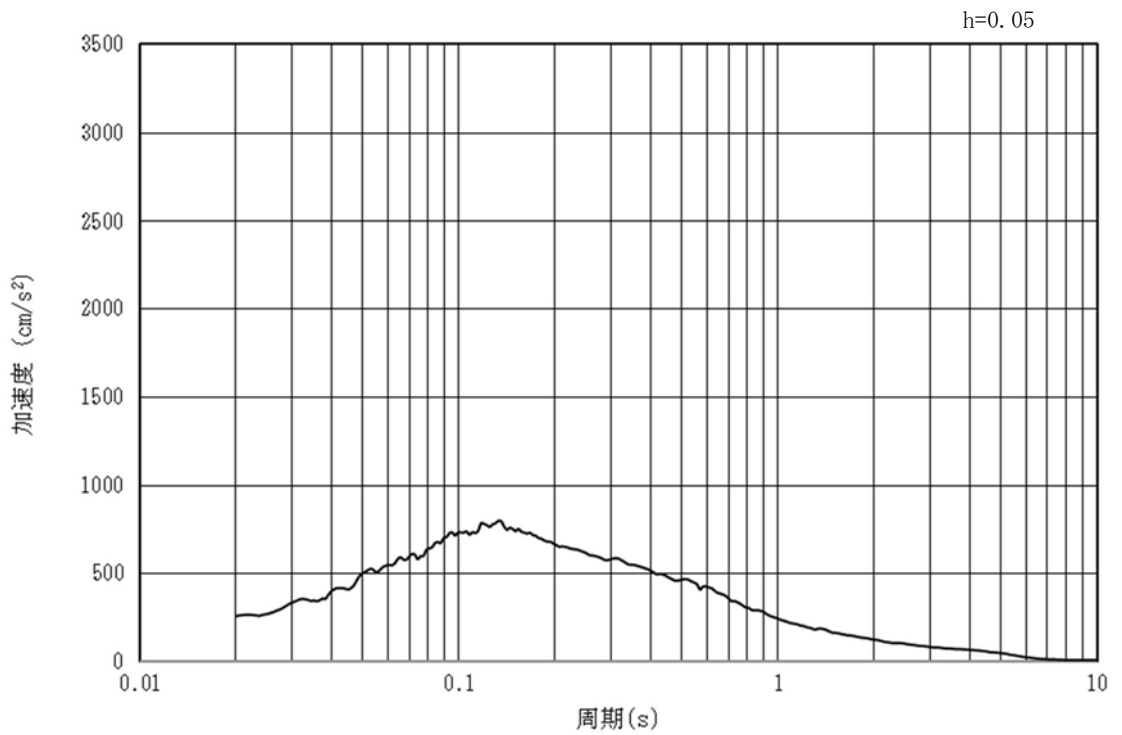
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (1) 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
(水平方向 : $S_d - D 1$)

MAX 256 cm/s^2 (44.22s)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (2) 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
(鉛直方向： S_d-D1)

(b) 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 3-12 及び表 3-13 と同様とする。

(c) 地盤及び地盤改良体の物性値

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。なお、地盤改良体（嵩上げ部）については、一軸圧縮強度に対応した添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤改良体（セメント改良）の物性値を設定する。地盤改良体（嵩上げ部）の一軸圧縮強度を表 3-18 に示す。

表 3-18 解析に用いる地盤改良体（嵩上げ部）の一軸圧縮強度

	一軸圧縮強度 (N/mm ²)
地盤改良体（嵩上げ部）	1.5

(d) 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

c. 鋼管杭の評価

鋼管杭の重畳時の評価は「(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。

(2) 鉄筋コンクリート

a. 解析方法

上部構造については、津波時と同様に2次元梁バネモデルを用いる。重畳時においては、原地盤物性のばらつきを考慮する場合及び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場合の2ケースにおいて解析する。

b. 解析モデル及び諸元

(a) 解析モデル

原地盤物性のばらつきを考慮する場合は、地盤バネは表 3-19 に示したケースで S_d -D 1 波による1次元有効応力解析を実施し、表 3-20 に示す地表面加速度最大ケース（地盤バネ 8）、地表面変位最大ケース（地盤バネ 9）及び原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（地盤バネ 10）を用いて、地盤バネ及び地表面変位を設定する。

表 3-19 2次元梁バネモデルの地盤バネ設定における1次元有効応力解析ケース

	①	②	③	⑤	⑥
解析ケース	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	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
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1σ)	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1σ)	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

表 3-20 地盤バネケース

ケース名		地盤バネのバネ定数	備考
重畳時	地盤バネ 8	S_d 波による1次元有効応力解析から地表面加速度最大時刻における物性により設定	地盤抵抗が大きいケース
	地盤バネ 9	S_d 波による1次元有効応力解析から地表面変位最大時刻における物性により設定	地盤抵抗が小さいケース
	地盤バネ 10	S_d 波による1次元有効応力解析から基本ケースにおける物性により設定	中央の杭に設定

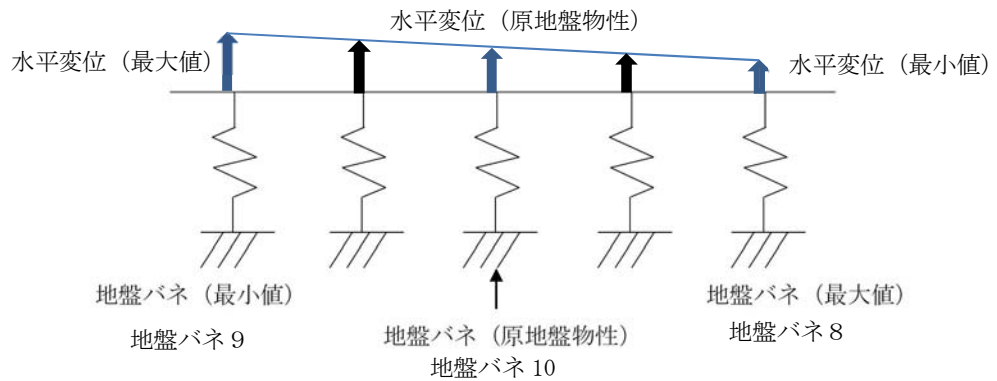


図 3-19 地盤バネ及び水平変位の設定方法

図 3-19 に示す様に両端の杭に地盤バネ 8 及び地盤バネ 9 を，中央の杭には地盤バネ 10 を設定し，それぞれの時刻の地表面変位を設定する。また，間の杭の地盤バネは，隣り合う杭の地盤バネを線形補間した地盤バネ及び変位を設定する。

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場合の水平方向地盤バネについては，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場合の S_d 波による 1 次元有効応力解析を実施し，地盤バネ（集約バネ）を算定する。

また，水平方向変位を地盤バネに与える。水平方向変位は，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場合の S_d 波による 1 次元有効応力解析結果における地表面最大変位を与える。

(b) 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 3-12 及び表 3-13 と同様とする。

c. 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。

鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「(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。

(3) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の重畳時の評価は「(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。

(4) シートパイル

重畳時はシートパイルに発生するせん断力に対して、「(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。

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の重畳時の評価は、各方向の地震動による最終相対変位と余震及び津波の重畳時の最大相対変位をベクトル合成した相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

4. 評価条件

「3. 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 4-1 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）	1005	kN
	固定荷重（鋼管杭）	412	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m ²
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	133.3	kN/m ²
P_c	衝突荷重	759	kN
K_{Sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m ²
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	m ³
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—
u	シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧	46	kN/m ²
w	土の有効重量	63	kN/m ²
γ'	土の水中単位体積重量	11.46	kN/m ³
ℓ_d	シートパイルの根入れ深さ	5.5	m
ℓ	浸透流路長	37.5	m
h_w	水面から掘削底面までの高さ（水位差）	10.0	m

表 4-2 強度評価に用いる条件（断面①：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	1005	kN
	固定荷重（鋼管杭）	412	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m ²
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	242.4	kN/m ²
P_c	衝突荷重	1035	kN
K_{Sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m ²
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm ²
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm ²
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm ²
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm ²
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm ²
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	m ³
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—

表 4-3 強度評価に用いる条件（断面②：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）	1558	kN
	固定荷重（鋼管杭）	569	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m ²
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	150.0	kN/m ²
P_c	衝突荷重	759	kN
K_{sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m ²
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.187	m ²
Z	鋼管杭の断面係数	0.11427	m ³
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—
u	シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧	57	kN/m ²
w	土の有効重量	74	kN/m ²
γ'	土の水中単位体積重量	11.46	kN/m ³
ℓ_d	堤内側シートパイルの根入れ深さ	6.5	m
ℓ	浸透流路長	38.9	m
h_w	水面から掘削底面までの高さ（水位差）	12.0	m

表 4-4 強度評価に用いる条件（断面②：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	1558	kN
	固定荷重（鋼管杭）	569	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m^2
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	242.4	kN/m^2
P_c	衝突荷重	1035	kN
K_{sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m^2
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm^2
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm^2
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm^2
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm^2
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.187	m^2
Z	鋼管杭の断面係数	0.11427	m^3
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—

表 4-5 強度評価に用いる条件（断面③：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）	2037	kN
	固定荷重（鋼管杭）	1680	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m ²
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +4.0）	210.6	kN/m ²
P_c	衝突荷重	759	kN
K_{Sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m ²
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.263	m ²
Z	鋼管杭の断面係数	0.15995	m ³
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—
u	シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧	68	kN/m ²
w	土の有効重量	91	kN/m ²
γ'	土の水中単位体積重量	11.46	kN/m ³
ℓ_d	堤内側シートパイルの根入れ深さ	8.0	m
ℓ	浸透流路長	42.5	m
h_w	水面から掘削底面までの高さ（水位差）	16.0	m

表 4-6 強度評価に用いる条件（断面③：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	2037	kN
	固定荷重（鋼管杭）	1680	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m^2
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +4.0）	303.0	kN/m^2
P_c	衝突荷重	1035	kN
K_{sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m^2
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm^2
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm^2
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm^2
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm^2
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.263	m^2
Z	鋼管杭の断面係数	0.15995	m^3
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—

表 4-7 強度評価に用いる条件（断面④：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）	1005	kN
	固定荷重（鋼管杭）	896	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m ²
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	112.1	kN/m ²
P_c	衝突荷重	759	kN
K_{Sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m ²
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	m ³
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—
u	シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧	46	kN/m ²
w	土の有効重量	63	kN/m ²
γ'	土の水中単位体積重量	11.46	kN/m ³
ℓ_d	堤内側シートパイルの根入れ深さ	5.5	m
ℓ	浸透流路長	37.0	m
h_w	水面から掘削底面までの高さ（水位差）	10.0	m

表 4-8 強度評価に用いる条件（断面④：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	1005	kN
	固定荷重（鋼管杭）	896	kN
P_s	積雪荷重	0.6	kN/m ²
P_k	風荷重	0.0	kN
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	242.4	kN/m ²
P_c	衝突荷重	1035	kN
K_{Sd}	余震荷重	0.0	kN
P_d	動水圧	0.0	kN/m ²
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm ²
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm ²
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm ²
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm ²
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN
b_w	有効幅	1.0	m
j	1/1.15	0.870	—
d	有効高さ	0.55	m
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm ²
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	m ³
κ	せん断応力の分布係数	2.0	—

(2) 重畳時

表 4-9 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)	1005	kN	
	固定荷重 (鋼管杭)	412	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高：T.P. +8.0)	133.3	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	759	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向 (水平震度×自重)	水平震度*	0.250	-
	余震荷重：鉛直方向 (鉛直震度×自重)	鉛直震度*	0.050	-
P_d	動水圧 (設置地盤標高：T.P. +8.0)	26.9	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	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 4-10 強度評価に用いる条件（断面①：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位	
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	1005	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	412	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	242.4	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	1035	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.250	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.050	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +8.0）	43.3	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	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 4-11 強度評価に用いる条件（断面②：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）	1558	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	569	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	150.0	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	759	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.240	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.050	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +8.0）	28.2	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.187	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.11427	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 4-12 強度評価に用いる条件（断面②：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位	
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	1558	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	569	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	242.4	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	1035	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.240	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.050	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +8.0）	41.6	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.187	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.11427	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 4-13 強度評価に用いる条件（断面③：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）	2037	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	1680	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +4.0）	210.6	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	759	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.180	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.040	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +4.0）	25.1	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.263	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.15995	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 4-14 強度評価に用いる条件（断面③：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位	
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	2037	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	1680	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +4.0）	303.0	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	1035	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.180	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.040	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +4.0）	34.9	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.263	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.15995	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 4-15 強度評価に用いる条件（断面④：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）	1005	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	896	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	112.1	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	759	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.170	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.010	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +8.0）	16.0	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	382.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	217.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1122	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	197	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	925	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	435	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	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 4-16 強度評価に用いる条件（断面④：敷地に遡上する津波時）

記号	定義	数値	単位	
G	固定荷重（鉄筋コンクリート）	1005	kN	
	固定荷重（鋼管杭）	896	kN	
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m ²	
P_k	風荷重	0.0	kN	
P_t	遡上津波荷重（設置地盤標高：T.P. +8.0）	242.4	kN/m ²	
P_c	衝突荷重	1035	kN	
K_{sd}	余震荷重：水平方向（水平震度×自重）	水平震度*	0.170	-
	余震荷重：鉛直方向（鉛直震度×自重）	鉛直震度*	0.010	-
P_d	動水圧（設置地盤標高：T.P. +8.0）	29.4	kN/m ²	
σ_{sa1}	鋼管杭の短期許容引張応力度及び短期許容圧縮応力度	433.5	N/mm ²	
τ_{sa1}	鋼管杭の短期許容せん断応力度	246.5	N/mm ²	
σ_{ca}	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm ²	
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm ²	
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	1281	kN	
V_{ca}	コンクリートの短期許容せん断力	263	kN	
V_{sa}	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力	1018	kN	
b_w	有効幅	1.0	m	
j	1/1.15	0.870	-	
d	有効高さ	0.55	m	
A_w	斜め引張鉄筋断面積	12.902	cm ²	
σ_{sa2}	鉄筋の短期許容引張応力度	478.5	N/mm ²	
s	斜め引張鉄筋間隔	0.2	m	
A	鋼管杭の有効断面積	0.149	m ²	
Z	鋼管杭の断面係数	0.07258	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。

5. 評価結果

5.1 津波時

(1) 鋼管杭の評価結果

a. 曲げ軸力照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5-1 に、鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値を表 5-2～表 5-9 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、鋼管杭に発生する曲げ応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m^2)	断面係数 (m^3)
①	25	0.149	0.07258
②	25	0.187	0.11427
③	35	0.263	0.15995
④	25	0.149	0.07258

表 5-2 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面①：基準津波時)

	曲げ モーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照査値
地盤バネ 1	10273	826	147.09	382.5	0.39
地盤バネ 2	10377	826	148.52	382.5	0.39

表 5-3 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面①：敷地に遡上する津波時)

	曲げ モーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照査値
地盤バネ 1	22178	748	310.59	433.5	0.72
地盤バネ 2	22181	743	310.60	433.5	0.72

表 5-4 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面②：基準津波時)

	曲げ モーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照査値
地盤バネ 1	16268	1338	149.52	382.5	0.39
地盤バネ 2	16589	1206	151.63	382.5	0.40

表 5-5 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値（断面②：敷地に遡上する津波時）

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	34268	1214	306.38	433.5	0.71
地盤バネ 2	34271	1206	306.36	433.5	0.71

表 5-6 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値（断面③：基準津波時）

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	27962	1620	180.98	382.5	0.48
地盤バネ 2	27962	1561	180.76	382.5	0.48

表 5-7 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値（断面③：敷地に遡上する津波時）

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	54029	1376	343.02	433.5	0.79
地盤バネ 2	54041	1259	342.65	433.5	0.79

表 5-8 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値（断面④：基準津波時）

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	8563	821	123.49	382.5	0.33
地盤バネ 2	8703	803	125.30	382.5	0.33

表 5-9 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値（断面④：敷地に遡上する津波時）

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 1	22180	735	310.53	433.5	0.72
地盤バネ 2	22183	675	310.17	433.5	0.72

b. せん断力照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 5-1 に、鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値を表 5-10～表 5-17 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、鋼管杭に発生する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。

表 5-10 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面①：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	2266	30.42	217.5	0.14
地盤バネ 2	2007	26.94	217.5	0.13

表 5-11 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面①：敷地に遡上する津波時）

	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	5071	68.07	246.5	0.28
地盤バネ 2	4328	58.10	246.5	0.24

表 5-12 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面②：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	3081	32.96	217.5	0.16
地盤バネ 2	2889	30.90	217.5	0.15

表 5-13 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面②：敷地に遡上する津波時）

	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	6781	72.53	246.5	0.30
地盤バネ 2	5737	61.36	246.5	0.25

表 5-14 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面③：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	4938	37.56	217.5	0.18
地盤バネ 2	4207	32.00	217.5	0.15

表 5-15 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面③：敷地に遡上する津波時）

	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	9239	70.26	246.5	0.29
地盤バネ 2	8185	62.25	246.5	0.26

表 5-16 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面④：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	1841	24.72	217.5	0.12
地盤バネ 2	1718	23.07	217.5	0.11

表 5-17 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面④：敷地に遡上する津波時）

	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	5218	70.05	246.5	0.29
地盤バネ 2	4401	59.08	246.5	0.24

(2) 鉄筋コンクリートの評価結果

津波時の2次元梁バネモデルに設定した杭の水平方向バネ定数を表5-18に、2次元梁バネモデル杭位置図を図5-1に示す。

表5-18 杭の水平方向バネ定数 (kN/m)

津波時		杭1	杭2	杭3	杭4	杭5
断面①	基準津波時	98823	93175	87526	81878	76229
	敷地に遡上する津波時	85357	80689	76021	71353	66685
断面③	基準津波時	94466	89116	83766	78417	73067
	敷地に遡上する津波時	79539	75261	70983	66705	62427

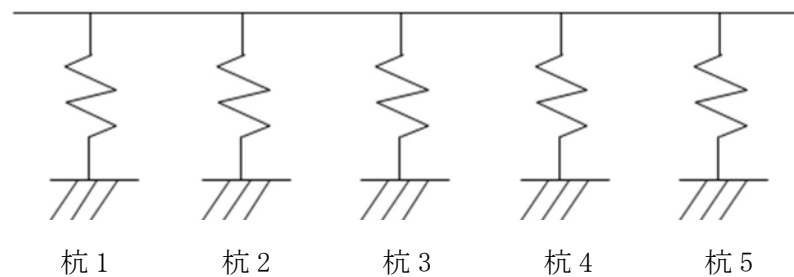


図5-1 2次元梁バネモデル杭位置図

a. 曲げ軸力に対する照査

コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値を表5-19及び表5-20に、鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値を表5-21及び表5-22に、概略配筋図を図5-2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許容限界以下であることを確認した。

NT2 補② V-3-別添 3-2-1-3 R2

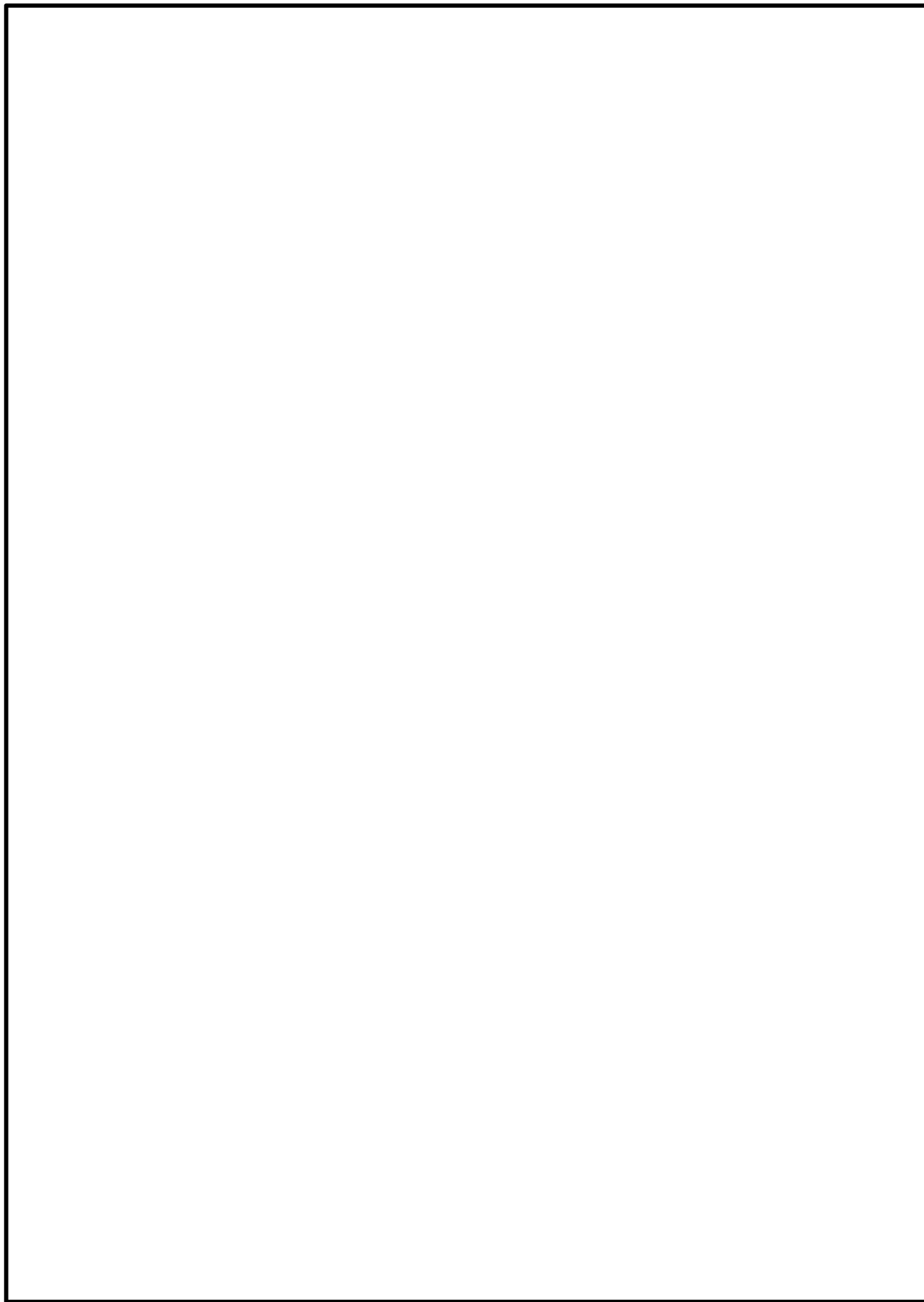


図 5-2 (1) 概略配筋図 (断面①)

NT2 補② V-3-別添 3-2-1-3 R2

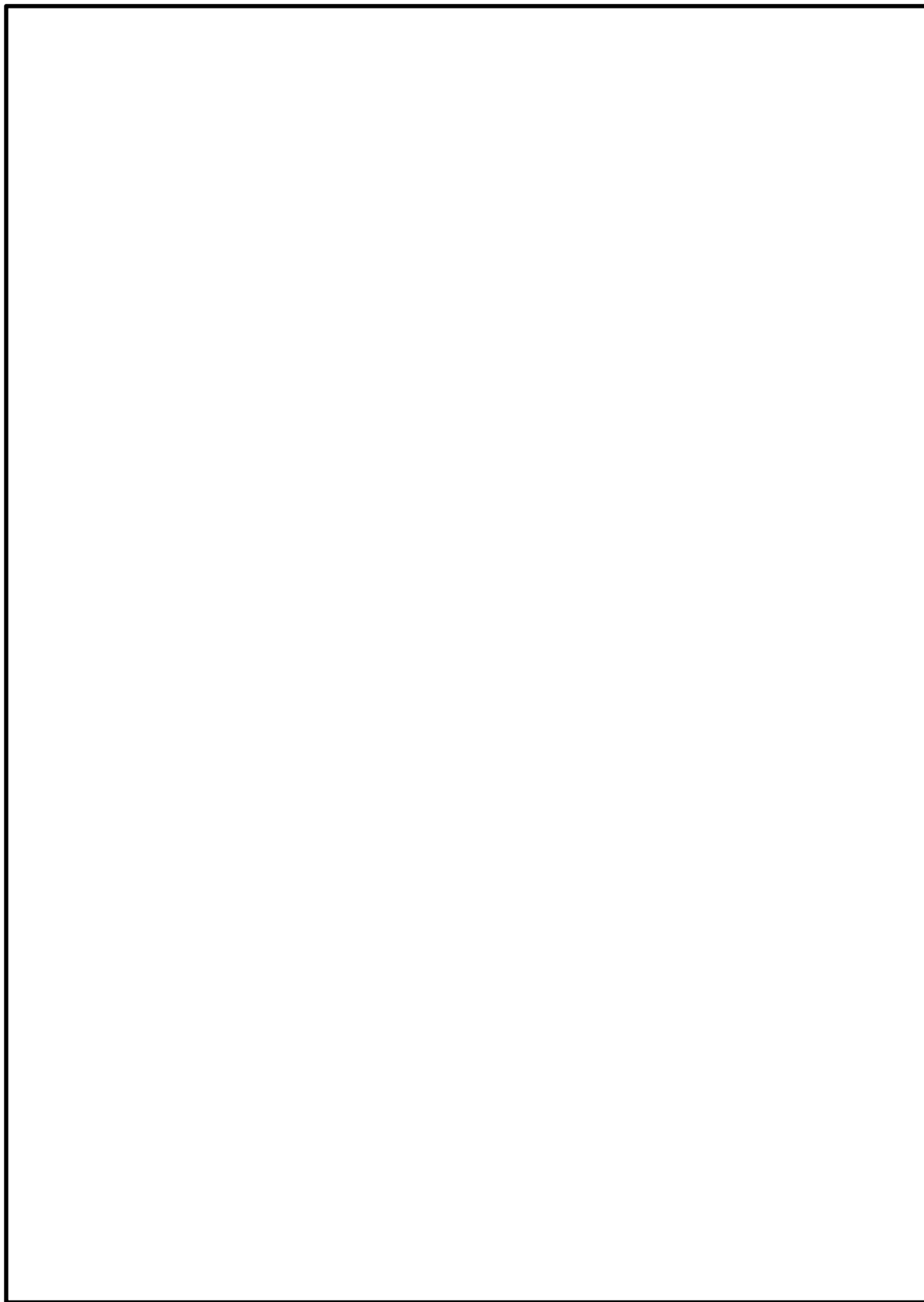


図 5-2 (2) 概略配筋図 (断面③)

表 5-19 コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-842	0	12.9	21	0.62
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-886	0	13.6	21	0.65

表 5-20 コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-1246	0	19.1	28	0.69
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-1253	0	19.2	28	0.69

表 5-21 鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa2} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa2}
	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-842	0	287.3	435	0.67
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-886	0	302.3	435	0.70

表 5-22 鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa2} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa2}
	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-1246	0	425.1	478.5	0.89
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-1253	0	427.5	478.5	0.90

b. せん断力照査

鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値を表5-23及び表5-24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、鉄筋コンクリートに発生するせん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-23 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	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)	有効高さ d (mm)				
断面①	1000	700	550	D22@200×300	743	1122	0.67
断面③	1000	700	550	D22@200×300	701	1122	0.63

表 5-24 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	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)	有効高さ d (mm)				
断面①	1000	700	550	D22@200×300	1093	1181	0.86
断面③	1000	700	550	D22@200×300	1012	1181	0.79

(3) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体に対する評価結果

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体に対する照査結果を表 5-25～表 5-32 に示す。

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体に対する照査を行った結果、安全率が 1.2 以上であることを確認した。

表 5-25 改良体に対する照査結果（断面①：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	204	750	3.67
地盤バネ 2	179	750	4.18

表 5-26 改良体に対する照査結果（断面①：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	379	750	1.97
地盤バネ 2	351	750	2.13

表 5-27 改良体に対する照査結果（断面②：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	203	750	3.69
地盤バネ 2	176	750	4.26

表 5-28 改良体に対する照査結果（断面②：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	356	750	2.10
地盤バネ 2	329	750	2.27

表 5-29 改良体に対する照査結果（断面③：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	119	467*	3.92
地盤バネ 2	180	750	4.16

注記 *：改良体と A g 2 層との境界ですべり力最大になるため、A g 2 層の短期許容せん断応力を以下のように算出した。

$$\begin{aligned}
 c &= 419 + 1.2 \times \sigma_v' \\
 &= 419 + 1.2 \times 40.19 \\
 &= 467
 \end{aligned}$$

ここで、

c：A g 2 層の短期許容せん断応力 (kN/m²) (残留強度：-1σ)

σ_v'：有効上載圧 (kN/m²)

$$\sigma_v' = \gamma' \times h = 11.55 \times 3.48 = 40.19$$

γ'：改良体の単位体積重量 11.55 kN/m³

h：改良体厚さ 3.48 m

表 5-30 改良体に対する照査結果（断面③：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	230	467*	2.03
地盤バネ 2	203	467*	2.30

注記 *：表 5-29 参照

表 5-31 改良体に対する照査結果（断面④：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	167	750	4.49
地盤バネ 2	147	750	5.10

表 5-32 改良体に対する照査結果（断面④：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 1	377	750	1.98
地盤バネ 2	348	750	2.15

(4) シートパイルに対する評価結果

シートパイルのせん断力に対する照査結果を表 5-33～表 5-40 に示す。

シートパイルに対する照査を行った結果、シートパイルに発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-33 せん断力に対する照査結果（断面①：基準津波時）

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	7	0.0191	0.37	190	0.01
地盤バネ 2	45	0.0191	2.36	190	0.02

表 5-34 せん断力に対する照査結果（断面①：敷地に遡上する津波時）

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	124	0.0191	6.50	215	0.04
地盤バネ 2	152	0.0191	7.96	215	0.04

表 5-35 せん断力に対する照査結果（断面②：基準津波時）

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	35	0.0191	1.84	190	0.01
地盤バネ 2	79	0.0191	4.14	190	0.03

表 5-36 せん断力に対する照査結果（断面②：敷地に遡上する津波時）

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	182	0.0191	9.53	215	0.05
地盤バネ 2	205	0.0191	10.74	215	0.05

表 5-37 せん断力に対する照査結果（断面③：基準津波時）

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	50	0.0191	2.62	190	0.02
地盤バネ 2	34	0.0191	1.79	190	0.01

表 5-38 せん断力に対する照査結果 (断面③：敷地に遡上する津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	6	0.0191	0.32	215	0.01
地盤バネ 2	14	0.0191	0.74	215	0.01

表 5-39 せん断力に対する照査結果 (断面④：基準津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	1	0.0191	0.06	190	0.01
地盤バネ 2	37	0.0191	1.94	190	0.02

表 5-40 せん断力に対する照査結果 (断面④：敷地に遡上する津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	107	0.0191	5.61	215	0.03
地盤バネ 2	152	0.0191	7.96	215	0.04

・ボイリングに対する評価

ボイリングに対する評価は、最大水位差になる防潮堤高さまで津波水位が到達した時点において実施する。各断面での状況図を図 5-3～図 5-6 に、評価結果を表 5-41 に示す。シートパイルのボイリングに対する照査を行った結果、安全率が 1.2 以上であることを確認した。

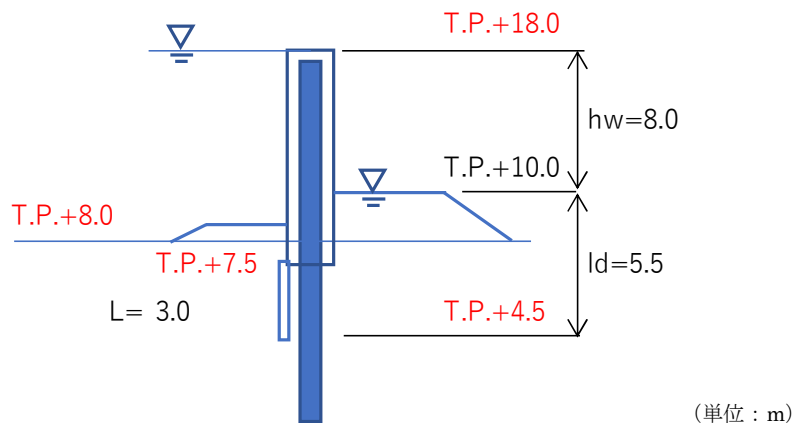
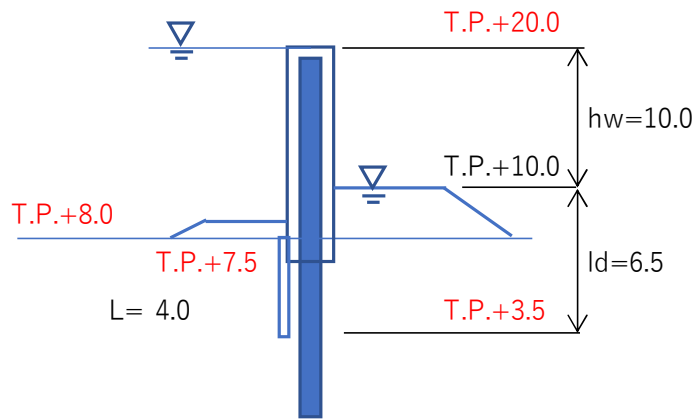
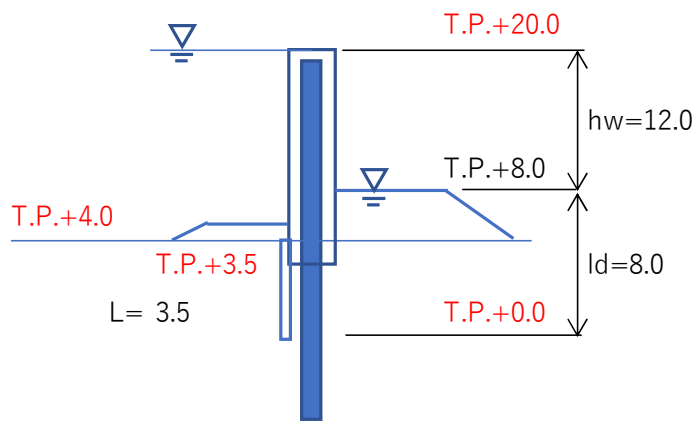


図 5-3 断面① 最大水位差時状況図



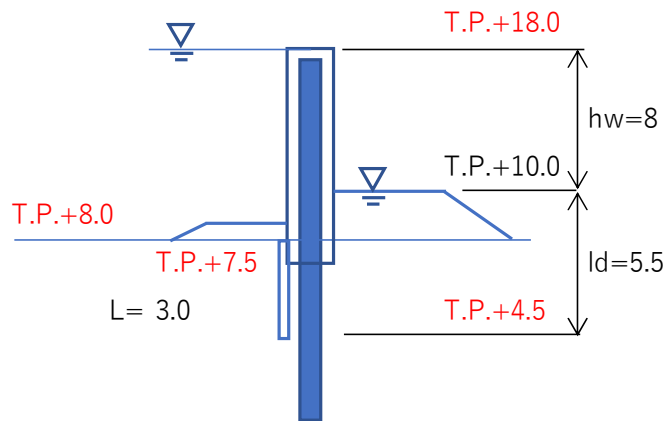
(単位 : m)

図 5-4 断面② 最大水位差時状況図



(単位 : m)

図 5-5 断面③ 最大水位差時状況図



(単位 : m)

図 5-6 断面④ 最大水位差時状況図

表 5-41 ボイリングに対する評価結果

	λ	hw	u	γ'	l_d	w	安全率
断面①	1.425	8.0	46	11.46	5.5	63	1.37
断面②	1.425	10.0	57	11.46	6.5	74	1.30
断面③	1.425	12.0	68	11.46	8.0	91	1.34
断面④	1.425	8.0	46	11.46	5.5	63	1.37

・パイピングに対する評価

パイピングに対する評価は，最大水位差になる防潮堤高さまで津波水位が到達した時点において実施する。浸透流路長図を図 5-7 に，評価結果を表 5-42 に示す。パイピングに対する照査を行った結果，安全率が 2.0 以上であることを確認した。

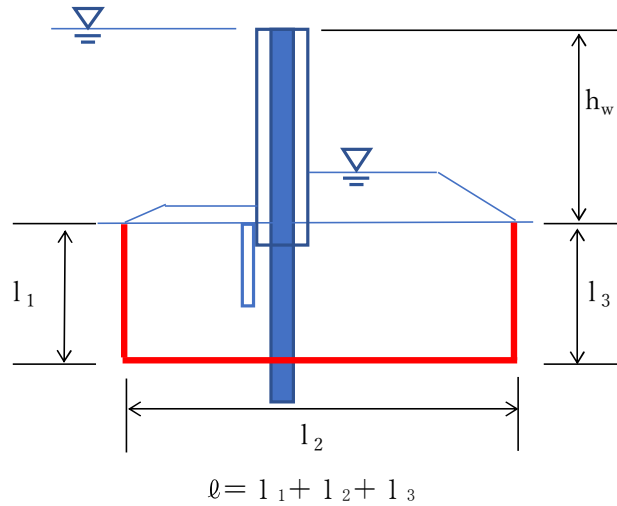


図 5-7 浸透流路長図

表 5-42 パイピングに対する評価結果

	l_1	l_2	l_3	l	hw	安全率
断面①	6.5	24.5	6.5	37.5	10.0	3.75
断面②	5.5	26.5	6.9	38.9	12.0	3.24
断面③	3.5	35.0	4.0	42.5	16.0	2.65
断面④	7.0	24.5	5.5	37.0	10.0	3.70

(5) 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

津波時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査結果を表 5-43 及び表 5-44 に、隅角部の地震時相対変位量の評価位置番号を図 5-8 に示す。

津波時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-43 (1) 一般部の津波時相対変位量 (天端部)

	δx (m)	δy (m)	δz (m)	最大合成変位量(m) $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$	許容限界 (m)
地震時最終変位	0.226	0.218	0.064		
津波時増分	0.182	0.182	0.001		
合計	0.408	0.400	0.065	0.575	1.5

表 5-43 (2) 一般部の津波時相対変位量 (地表部)

	δx (m)	δy (m)	δz (m)	最大合成変位量(m) $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$	許容限界 (m)
地震時最終変位	0.226	0.218	0.064		
津波時増分	0.000	0.000	0.001		
合計	0.226	0.218	0.065	0.321	1.5

表 5-44 隅角部の津波時相対変位量

位置番号	堤内側 角度(°)	δx (m)	δy (m)	δz (m)	最大合成変位量(m) $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$	許容限界 (m)
①	141.5	0.163	0.520	0.066	0.549	1.5
②	133.9	0.118	0.523	0.066	0.540	1.5
③	192.7	0.465	0.328	0.066	0.573	1.5
④	121.0	0.210	0.512	0.066	0.557	1.5
⑤	133.2	0.123	0.523	0.066	0.541	1.5
⑥	138.0	0.138	0.523	0.066	0.545	1.5
⑦	226.5	0.527	0.123	0.066	0.545	1.5
⑧	90.2	0.403	0.405	0.066	0.575	1.5
⑨	146.9	0.201	0.514	0.066	0.556	1.5

NT2 補② V-3-別添 3-2-1-3 R2

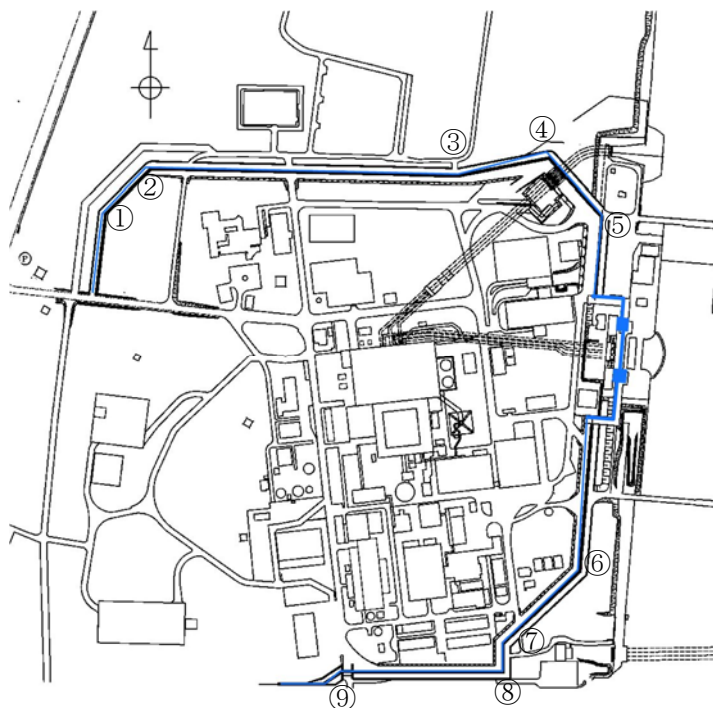


図 5-8 隅角部の地震時相対変位量の評価位置番号

5.2 重畳時

(1) 1次元有効応力解析結果

a. 断面①

断面①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5-45に示す。

表 5-45 1次元有効応力解析結果（断面①）

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(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)	239.20	237.90	239.40	92.22	239.00	237.60
地表面最大変位 (cm)	3.68	3.03	4.42	24.42	3.67	3.02
最大せん断ひずみ	4.04×10^{-3}	3.33×10^{-3}	4.92×10^{-3}	3.17×10^{-2}	4.04×10^{-3}	3.32×10^{-3}

表5-45より、地盤バネ3は地表面最大加速度が発生する③地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)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。

b. 断面②

断面②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5-46に示す。

表5-46 1次元有効応力解析結果(断面②)

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(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)	231.00	229.50	231.30	91.25	230.80	229.30
地表面最大変位 (cm)	3.45	2.89	4.06	23.38	3.44	2.87
最大せん断ひずみ	3.50×10^{-3}	2.89×10^{-3}	4.27×10^{-3}	2.77×10^{-2}	3.49×10^{-3}	2.89×10^{-3}

表5-46より、地盤バネ3は③地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース、地盤バネ4は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。

c. 断面③

断面③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5-47に示す。

表5-47 1次元有効応力解析結果（断面③）

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(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)	145.10	143.40	142.90	101.00	170.00	170.80
地表面最大変位 (cm)	9.87	8.63	11.19	17.50	9.71	8.35
最大せん断ひずみ	2.14×10^{-2}	1.96×10^{-2}	2.15×10^{-2}	3.11×10^{-2}	3.11×10^{-3}	2.62×10^{-3}

表5-47より、地盤バネ3は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、それぞれの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。

d. 断面④

断面④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5-48に示す。

表5-48 1次元有効応力解析結果(断面④)

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(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)	156.70	141.30	154.50	96.14	161.10	163.00
地表面最大変位 (cm)	10.22	9.17	11.66	19.83	10.16	9.07
最大せん断ひずみ	1.65×10^{-2}	2.07×10^{-2}	3.82×10^{-3}	3.26×10^{-2}	3.35×10^{-3}	2.79×10^{-3}

表5-48より、地盤バネ3は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、それぞれの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. 曲げ軸力照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5-49 に、鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値を表 5-50～表 5-57 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、鋼管杭に発生する曲げ軸力応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力度は各地盤バネケースにおいて最大となる値を示している。

表 5-49 鋼管杭 (SM570) 断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m^2)	断面係数 (m^3)
①	25	0.149	0.07258
②	25	0.187	0.11427
③	35	0.263	0.15995
④	25	0.149	0.07258

表 5-50 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面①：基準津波時)

	曲げ モーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照査値
地盤バネ 3	8202	-364	110.57	382.5	0.29
地盤バネ 4	19737	-264	270.17	382.5	0.71
地盤バネ 5	18665	-165	256.06	382.5	0.67

表 5-51 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面①：敷地に遡上する津波時)

	曲げ モーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照査値
地盤バネ 3	19526	557	272.77	433.5	0.63
地盤バネ 4	15588	588	218.72	433.5	0.51
地盤バネ 5	15577	596	218.62	433.5	0.51

表 5-52 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面②：基準津波時)

	曲げ モーメント ($kN \cdot m$)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照査値
地盤バネ 3	12432	1206	115.25	382.5	0.31
地盤バネ 4	26354	-744	226.66	382.5	0.60
地盤バネ 5	24558	-741	210.95	382.5	0.56

表 5-53 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面②：敷地に遡上する津波時)

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	33691	800	299.12	433.5	0.70
地盤バネ 4	26675	924	238.38	433.5	0.55
地盤バネ 5	26996	943	241.30	433.5	0.56

表 5-54 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面③：基準津波時)

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	24525	1258	158.12	382.5	0.42
地盤バネ 4	20426	1329	132.76	382.5	0.35
地盤バネ 5	22588	175	141.89	382.5	0.38

表 5-55 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面③：敷地に遡上する津波時)

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	55870	512	351.25	433.5	0.82
地盤バネ 4	46473	997	294.34	433.5	0.68
地盤バネ 5	47678	652	300.56	433.5	0.70

表 5-56 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面④：基準津波時)

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	3618	802	55.24	382.5	0.15
地盤バネ 4	15111	-487	204.93	382.5	0.54
地盤バネ 5	12249	-468	165.63	382.5	0.44

表 5-57 鋼管杭の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値 (断面④：敷地に遡上する津波時)

	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤バネ 3	18114	470	252.73	433.5	0.59
地盤バネ 4	15433	558	216.38	433.5	0.50
地盤バネ 5	15634	573	219.25	433.5	0.51

b. せん断力照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 5-49 に、鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値を表 5-58～表 5-65 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、鋼管杭に発生する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ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5-58 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面①：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 3	2784	37.37	217.5	0.18
地盤バネ 4	6290	84.43	217.5	0.39
地盤バネ 5	6373	85.55	217.5	0.40

表 5-59 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面①：敷地に遡上する津波時）

	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 3	6391	85.79	246.5	0.35
地盤バネ 4	7318	98.23	246.5	0.40
地盤バネ 5	7000	93.96	246.5	0.39

表 5-60 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面②：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 3	4973	53.19	217.5	0.25
地盤バネ 4	9337	99.87	217.5	0.46
地盤バネ 5	8474	90.64	217.5	0.42

表 5-61 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面②：敷地に遡上する津波時）

	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 3	9018	96.45	246.5	0.40
地盤バネ 4	8724	93.31	246.5	0.38
地盤バネ 5	8626	92.26	246.5	0.38

表 5-62 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面③：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 3	6276	47.73	217.5	0.22
地盤バネ 4	7363	56.00	217.5	0.26
地盤バネ 5	7586	57.69	217.5	0.27

表 5-63 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面③：敷地に遡上する津波時）

	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 3	9027	68.65	246.5	0.28
地盤バネ 4	7858	59.76	246.5	0.25
地盤バネ 5	7959	60.53	246.5	0.25

表 5-64 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面④：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 3	1051	14.11	217.5	0.07
地盤バネ 4	4082	54.80	217.5	0.26
地盤バネ 5	3253	43.67	217.5	0.21

表 5-65 鋼管杭のせん断力照査における各ケースでの最大照査値（断面④：敷地に遡上する津波時）

	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 3	5130	68.86	246.5	0.28
地盤バネ 4	6627	88.96	246.5	0.37
地盤バネ 5	6317	84.8	246.5	0.35

(3) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 原地盤物性のばらつきを考慮した場合

原地盤物性のばらつきを考慮した場合の地盤バネによる2次元梁バネモデルの解析結果を以下に示す。2次元梁バネモデルにおける杭の水平方向バネ定数を表5-66に、杭の水平変位を表5-67に、2次元梁バネモデル杭位置図を図5-9に示す。設計水平震度は1次元有効応力解析の結果から、断面①で0.25、断面③で0.18を使用する。

表 5-66 杭の水平方向バネ定数 (kN/m)

重畳時		杭 1	杭 2	杭 3	杭 4	杭 5
断面①	基準津波時	128713	122450	116187	122451	128714
	敷地に遡上する津波時	101918	97331	92744	97331	101919
断面③	基準津波時	121517	111050	100582	105256	109930
	敷地に遡上する津波時	98575	90618	82660	86230	89800

表 5-67 杭の水平変位 (m)

重畳時	杭 1	杭 2	杭 3	杭 4	杭 5
断面①	-0.044	-0.040	-0.037	-0.041	-0.044
断面③	-0.056	-0.077	-0.099	-0.105	-0.112

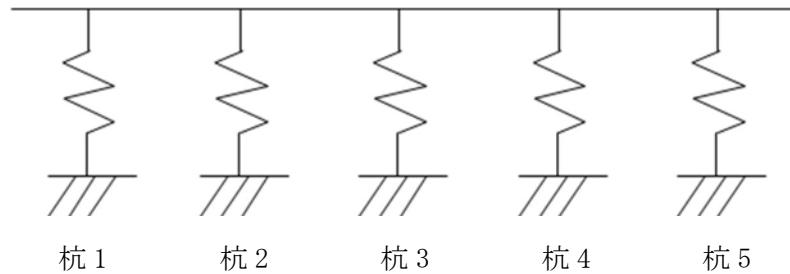


図 5-9 2次元梁バネモデル杭位置図

(a) 曲げ軸力に対する照査

コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値を表5-68及び表5-69に、鉄筋の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値を表5-70及び表5-71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。

表 5-68 コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-148	0	2.3	21	0.11
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	219	0	3.4	21	0.17

表 5-69 コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-170	0	2.6	28	0.10
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	251	0	3.9	28	0.14

表 5-70 鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa2} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa} 2
	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-148	0	50.5	435	0.12
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	219	0	74.7	435	0.18

表 5-71 鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa2} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa} 2
	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高さ d (mm)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-170	0	58.0	478.5	0.13
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	251	0	85.6	478.5	0.18

(b) せん断力照査

鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値を表 5-72 及び表 5-73 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、鉄筋コンクリートに発生する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。

表 5-72 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	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)	有効高さ d (mm)				
断面①	1000	700	550	D22@200×300	128	1122	0.12
断面③	1000	700	550	D22@200×300	241	1122	0.22

表 5-73 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	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)	有効高さ d (mm)				
断面①	1000	700	550	D22@200×300	240	1281	0.19
断面③	1000	700	550	D22@200×300	376	1281	0.30

- b. 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場合

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場合の地盤バネによる2次元梁バネモデルの解析結果を以下に示す。2次元梁バネモデルにおける杭の水平方向バネ定数を表5-74に、杭の水平変位を表5-75に、2次元梁バネモデル杭位置図を図5-10に示す。設計水平震度は1次元有効応力解析の結果から、断面①で0.10、断面③で0.11を使用する。

表5-74 杭の水平方向バネ定数 (kN/m)

重畳時		杭1	杭2	杭3	杭4	杭5
断面①	基準津波時	118836	118836	118836	118836	118836
	敷地に遡上する津波時	93937	93937	93937	93937	93937
断面③	基準津波時	101458	101458	101458	101458	101458
	敷地に遡上する津波時	83387	83387	83387	83387	83387

表5-75 杭の水平変位 (m)

重畳時	杭1	杭2	杭3	杭4	杭5
断面①	-0.244	-0.244	-0.244	-0.244	-0.244
断面③	-0.175	-0.175	-0.175	-0.175	-0.175

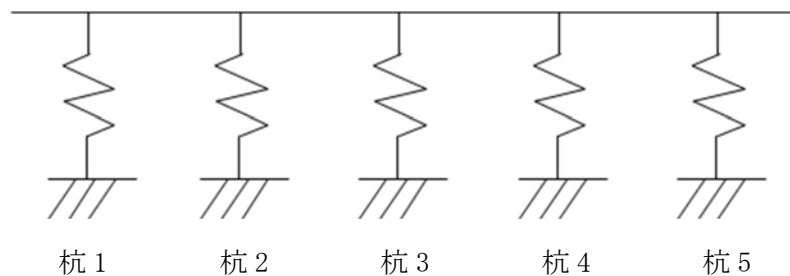


図5-10 2次元梁バネモデル杭位置図

- (a) 曲げ軸力照査

コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値を表5-76及び表5-77に、鉄筋の曲げ軸力照査における各ケースでの最大照査値を表5-78及び表5-79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許容限界以下であることを確認した。

表 5-76 コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-61	0	0.9	21	0.05
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-140	0	2.1	21	0.10

表 5-77 コンクリートの曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-138	0	2.1	28	0.08
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-238	0	3.7	28	0.14

表 5-78 鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-61	0	20.8	435	0.05
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-140	0	47.8	435	0.11

表 5-79 鉄筋の曲げ軸力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	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)	引張鉄筋	(圧縮鉄筋)					
断面①	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-138	0	47.1	478.5	0.10
断面③	1000	700	550	D35@150	(D35@150)	-238	0	81.2	478.5	0.17

(b) せん断力照査

せん断力照査における各断面での最大照査値を表 5-80 及び表 5-81 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、鉄筋コンクリートに発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-80 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値（基準津波時）

	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	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)	有効高さ d (mm)				
断面①	1000	700	550	D22@200×300	94	1122	0.09
断面③	1000	700	550	D22@200×300	178	1122	0.16

表 5-81 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各断面での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

	断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	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)	有効高さ d (mm)				
断面①	1000	700	550	D22@200×300	212	1281	0.17
断面③	1000	700	550	D22@200×300	301	1281	0.24

(4) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体に対する評価結果

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体に対する照査結果を表 5-82～表 5-89 に示す。

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体に対する照査を行った結果、安全率が 1.2 以上であることを確認した。

表 5-82 改良体に対する照査結果（断面①：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	197	750	3.80
地盤バネ 4	289	750	2.59
地盤バネ 5	285	750	2.63

表 5-83 改良体に対する照査結果（断面①：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	409	750	1.83
地盤バネ 4	384	750	1.95
地盤バネ 5	373	750	2.01

表 5-84 改良体に対する照査結果（断面②：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	213	750	3.52
地盤バネ 4	277	750	2.70
地盤バネ 5	266	750	2.81

表 5-85 改良体に対する照査結果（断面②：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	356	750	2.10
地盤バネ 4	320	750	2.34
地盤バネ 5	320	750	2.34

表 5-86 改良体に対する照査結果（断面③：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	156	467*	2.99
地盤バネ 4	213	750	3.52
地盤バネ 5	215	750	3.48

注記 *：津波時の検討結果：表 5-29 参照

表 5-87 改良体に対する照査結果（断面③：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	300	467*	1.55
地盤バネ 4	215	467*	2.17
地盤バネ 5	222	467*	2.10

注記 *：津波時の検討結果：表 5-29 参照

表 5-88 改良体に対する照査結果（断面④：基準津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	300	467*	1.55
地盤バネ 4	215	467*	2.17
地盤バネ 5	222	467*	2.10

注記 *：改良体と A g 2 層との境界ですべり力最大になるため、A g 2 層の短期許容せん断応力を以下のように算出した。

$$\begin{aligned}
 c &= 419 + 1.2 \times \sigma_v' \\
 &= 419 + 1.2 \times 71.26 \\
 &= 504
 \end{aligned}$$

ここで、

c：A g 2 層の短期許容せん断応力 (kN/m²) (残留強度：-1σ)

σ_v'：有効上載圧 (kN/m²)

$$\sigma_v' = \gamma' \times h = 11.55 \times 6.17 = 71.26$$

γ'：改良体の単位体積重量 11.55 kN/m³

h：改良体厚さ 6.17 m

表 5-89 改良体に対する照査結果（断面④：敷地に遡上する津波時）

地盤	発生せん断応力 (kN/m ²)	短期許容せん断応力 (kN/m ²)	安全率
地盤バネ 3	344	750	2.18
地盤バネ 4	345	750	2.17
地盤バネ 5	348	750	2.15

(5) シートパイルに対する評価結果

シートパイルのせん断力に対する照査結果を表 5-90～表 5-97 に示す。

シートパイルに対する照査を行った結果、シートパイルに発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-90 せん断力に対する照査結果 (断面①：基準津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	52	0.0191	2.73	190	0.02
地盤バネ 4	242	0.0191	12.68	190	0.07
地盤バネ 5	296	0.0191	15.50	190	0.09

表 5-91 せん断力に対する照査結果 (断面①：敷地に遡上する津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	1654	0.0191	86.60	215	0.41
地盤バネ 4	2681	0.0191	140.37	215	0.66
地盤バネ 5	2964	0.0191	155.19	215	0.73

表 5-92 せん断力に対する照査結果 (断面②：基準津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	143	0.0191	7.49	190	0.04
地盤バネ 4	920	0.0191	48.17	190	0.26
地盤バネ 5	574	0.0191	30.06	190	0.16

表 5-93 せん断力に対する照査結果 (断面②：敷地に遡上する津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	2451	0.0191	128.33	215	0.60
地盤バネ 4	3402	0.0191	178.12	215	0.83
地盤バネ 5	3006	0.0191	157.39	215	0.74

表 5-94 せん断力に対する照査結果 (断面③：基準津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	63	0.0191	3.30	190	0.02
地盤バネ 4	78	0.0191	4.09	190	0.03
地盤バネ 5	125	0.0191	6.55	190	0.04

表 5-95 せん断力に対する照査結果 (断面③：敷地に遡上する津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	2427	0.0191	127.07	215	0.60
地盤バネ 4	1544	0.0191	80.84	215	0.38
地盤バネ 5	1770	0.0191	92.68	215	0.44

表 5-96 せん断力に対する照査結果 (断面④：基準津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	5	0.0191	0.27	190	0.01
地盤バネ 4	90	0.0191	4.72	190	0.03
地盤バネ 5	57	0.0191	2.99	190	0.02

表 5-97 せん断力に対する照査結果 (断面④：敷地に遡上する津波時)

	せん断力 (kN)	断面積 (m ²)	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	840	0.0191	43.98	215	0.21
地盤バネ 4	1983	0.0191	103.83	215	0.49
地盤バネ 5	1476	0.0191	77.28	215	0.36

(6) 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

重畳時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査結果を表 5-98 及び表 5-99 に、隅角部の地震時相対変位量の評価位置番号を図 5-11 に示す。

重畳時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-98 (1) 一般部の重畳時相対変位量 (天端部)

	δx (m)	δy (m)	δz (m)	最大合成変位量(m) $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$	許容限界 (m)
地震時最終変位	0.226	0.218	0.064		
重畳時変位増分	0.471	0.471	0.001		
合計	0.697	0.689	0.065	0.982	1.5

表 5-98 (2) 一般部の重畳時相対変位量 (地表部)

	δx (m)	δy (m)	δz (m)	最大合成変位量(m) $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$	許容限界 (m)
地震時最終変位	0.226	0.218	0.064		
重畳時変位増分	0.188	0.188	0.001		
合計	0.414	0.406	0.065	0.583	1.5

表 5-99 隅角部の重畳時相対変位量

位置番号	堤内側 角度(°)	δx (m)	δy (m)	δz (m)	最大合成変位量(m) $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$	許容限界 (m)
①	141.5	0.209	0.926	0.066	0.952	1.5
②	133.9	0.126	0.932	0.066	0.943	1.5
③	192.7	0.810	0.546	0.066	0.979	1.5
④	121.0	0.309	0.908	0.066	0.961	1.5
⑤	133.2	0.136	0.932	0.066	0.944	1.5
⑥	138.0	0.159	0.931	0.066	0.947	1.5
⑦	226.5	0.936	0.133	0.066	0.948	1.5
⑧	90.2	0.691	0.695	0.066	0.982	1.5
⑨	146.9	0.285	0.914	0.066	0.960	1.5

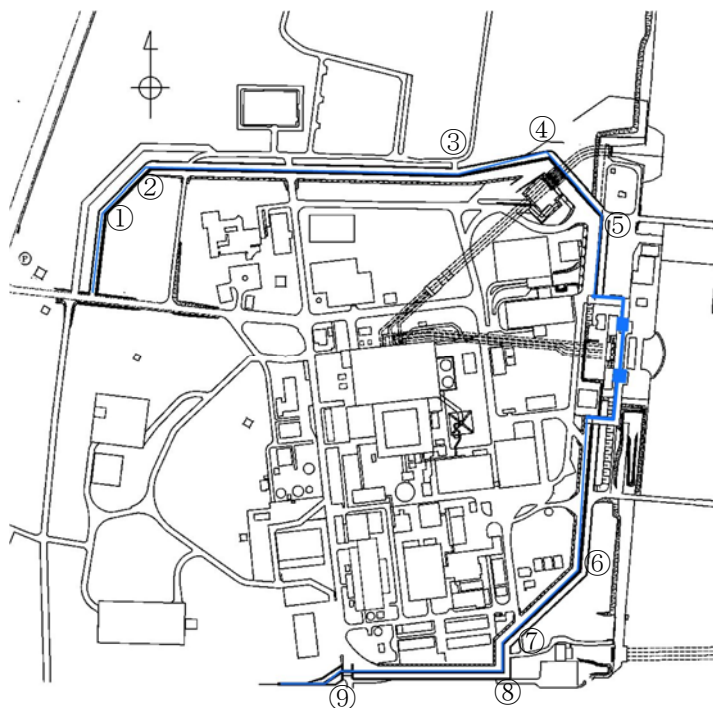


図 5-11 隅角部の地震時相対変位量の評価位置番号