

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるい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-121 改0
提出年月日	平成30年2月13日

V-3-別添 3-2-3 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 適用規格	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	20
3.5 評価方法	23

1. 概要

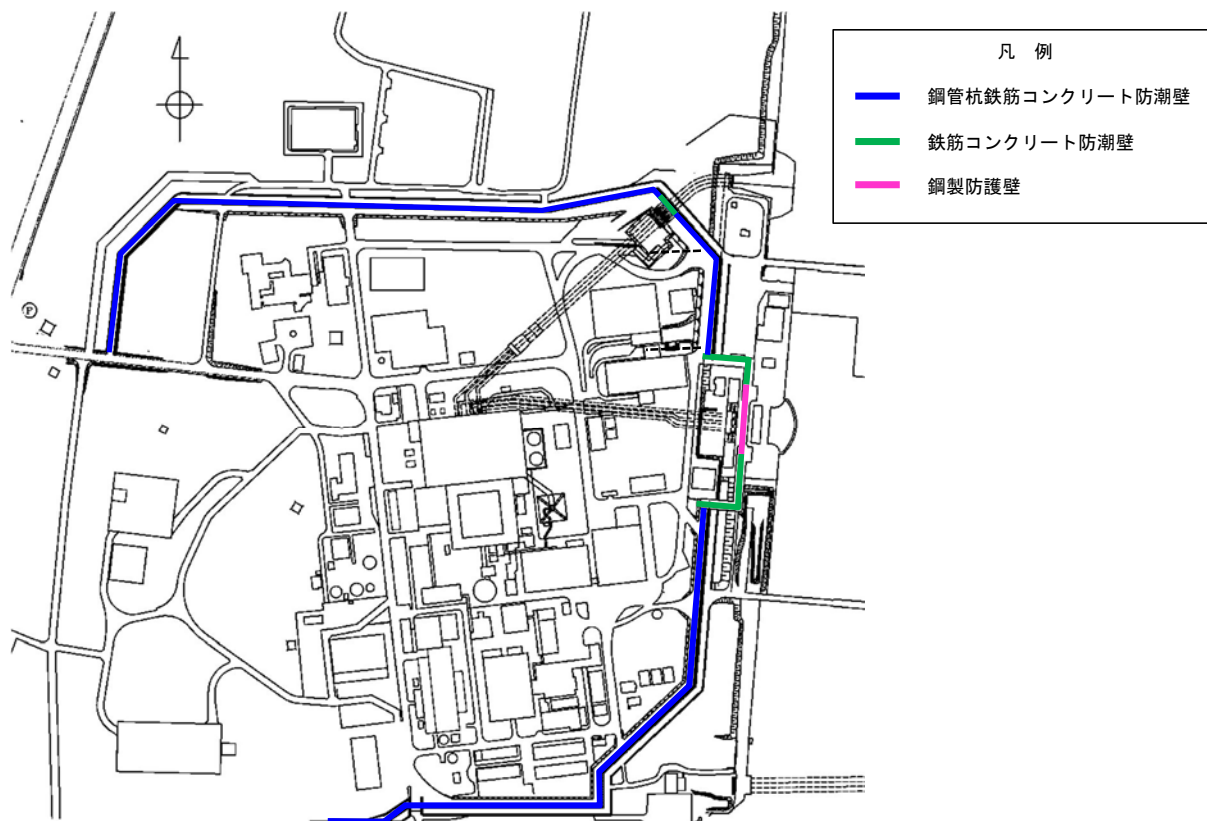
本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示すとおり、防潮堤のうち鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する岩盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「2.1 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第2-1図に示す。



第2-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図

2.2 構造概要

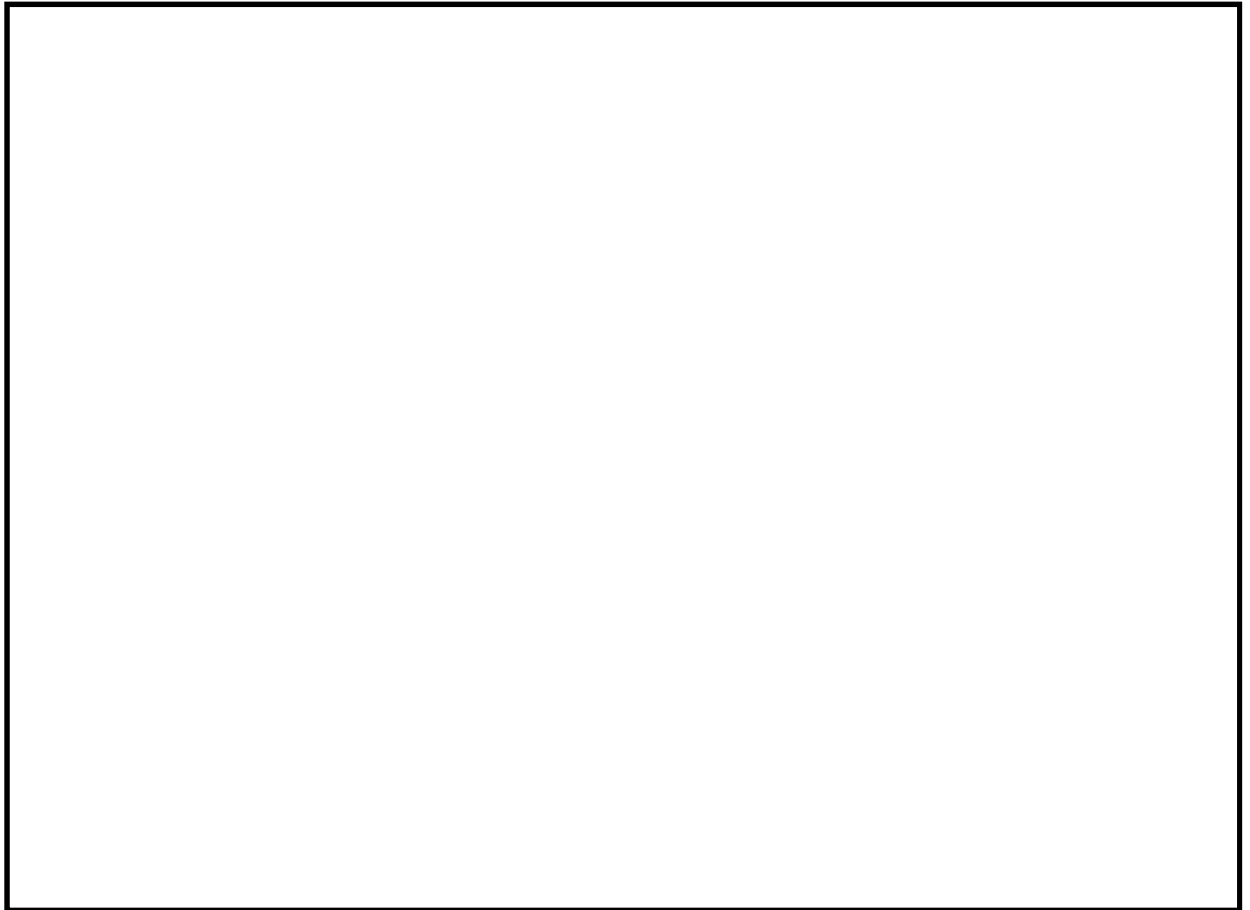
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭による下部工と、5本の鋼管杭を束ね止水機能を確保する鉄筋コンクリートの壁による上部工から構成される。

下部工は鋼管杭、上部工は鉄筋コンクリート梁壁及び鋼管鉄筋コンクリート（SRC構造）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。

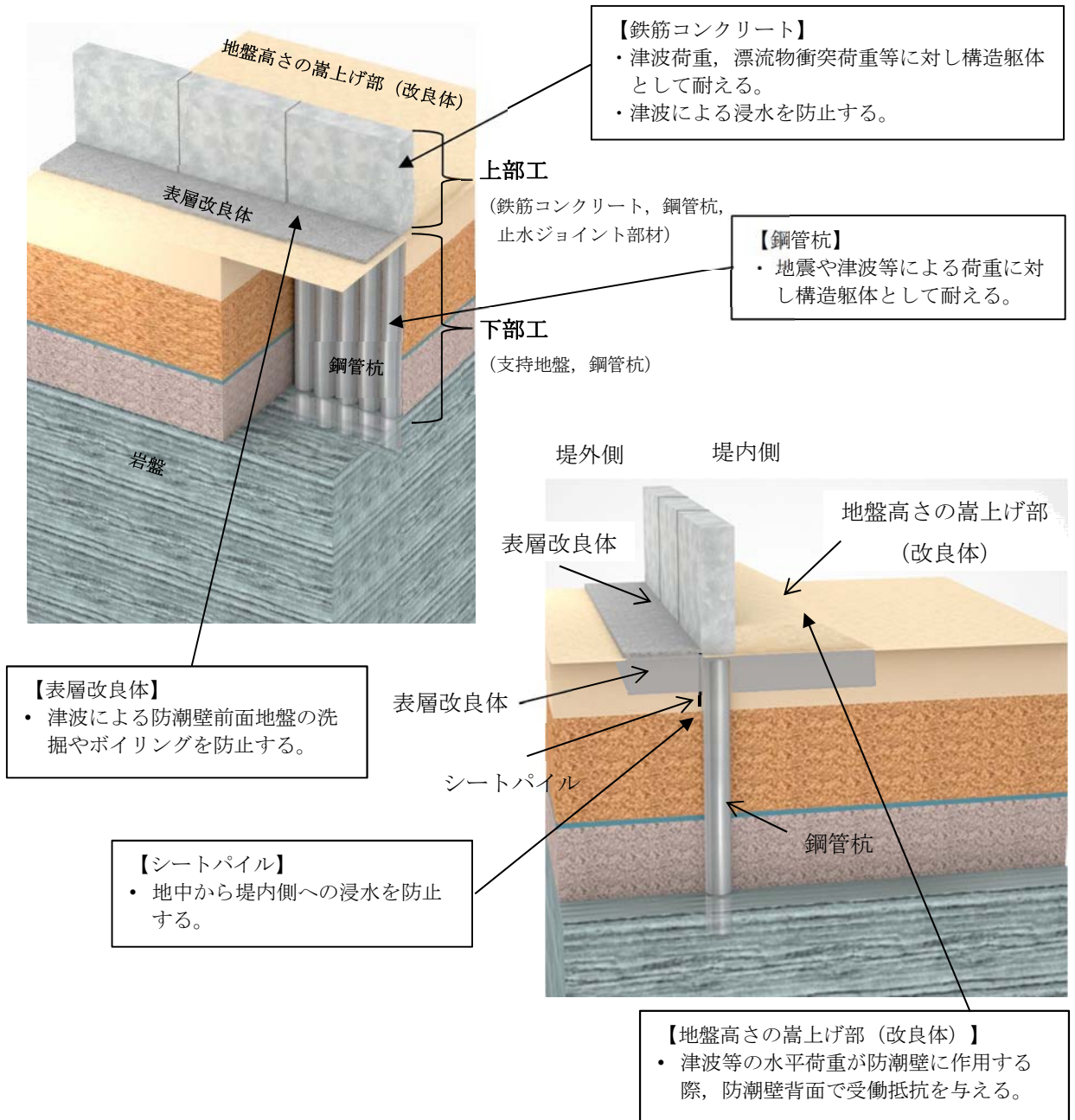
隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

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。

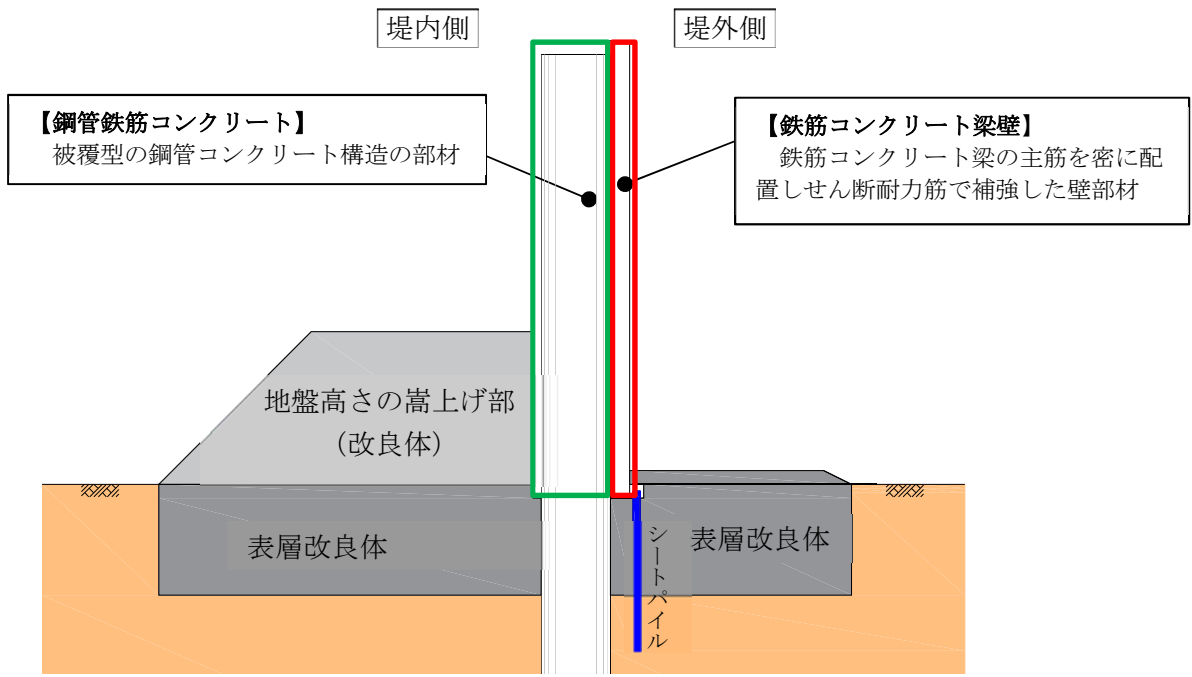
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図を第2-2図、上部工概要図を第2-3図、止水ジョイント部材概念図を第2-4図、止水ジョイント部を有する範囲を第2-5図に示す。



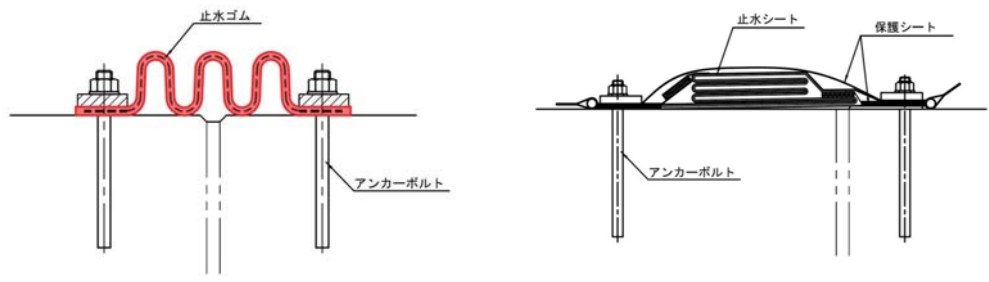
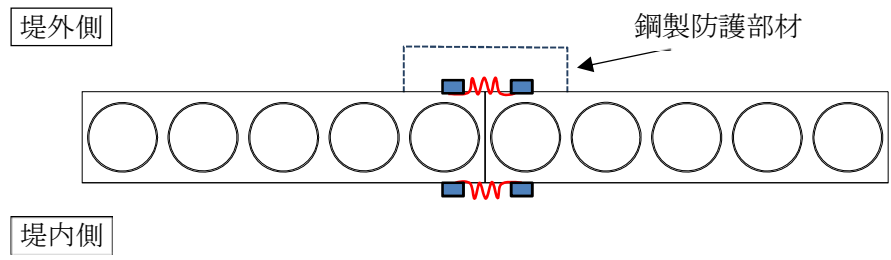
第2-2図 (1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図 (1/2)
(断面③：正面図と断面図)



第 2-2 図 (2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図 (2/2)



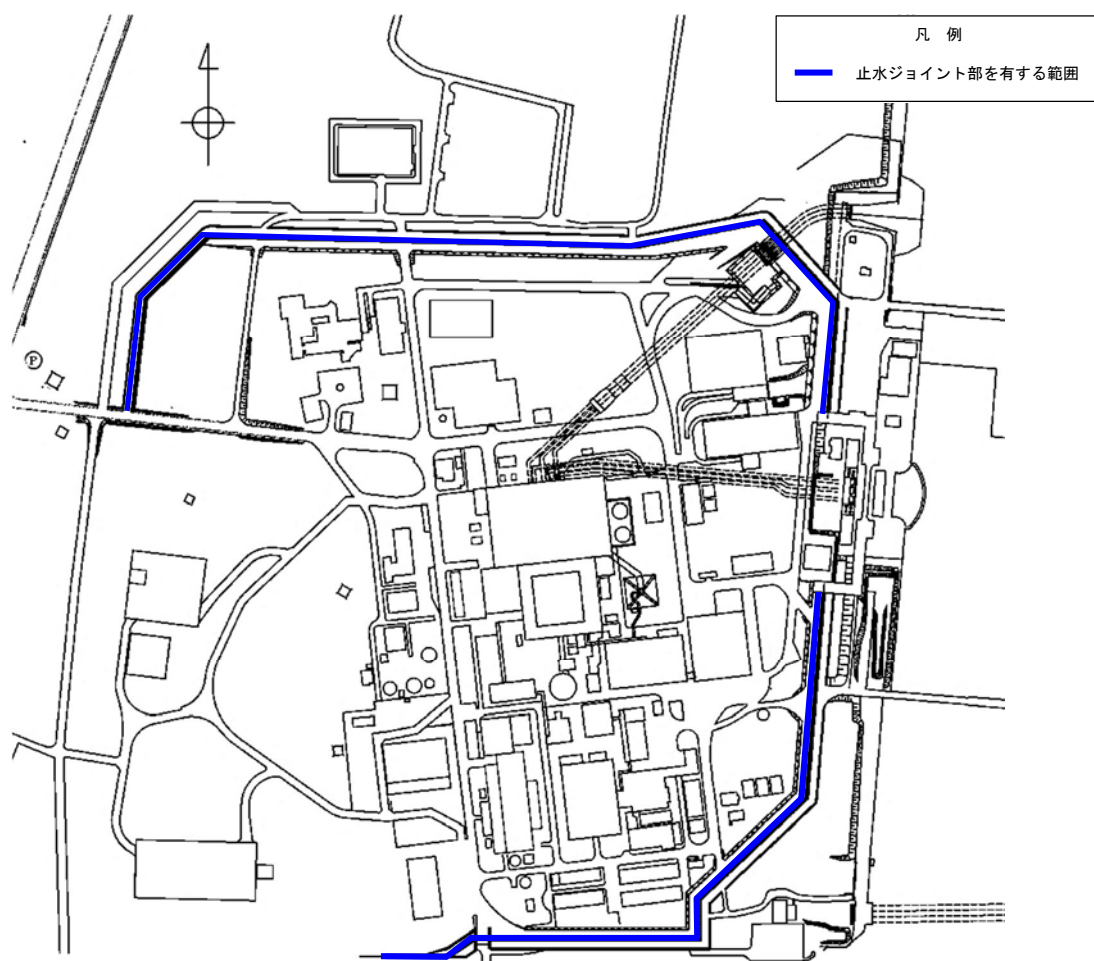
第2-3図 上部工概要図



a) ゴムジョイント

b) シートジョイント

第2-4図 止水ジョイント部概念図



第2-5図 止水ジョイント部を有する範囲

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、V-3-別添 3-1「津波又は溢水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に作用する応力等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第2-1表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。

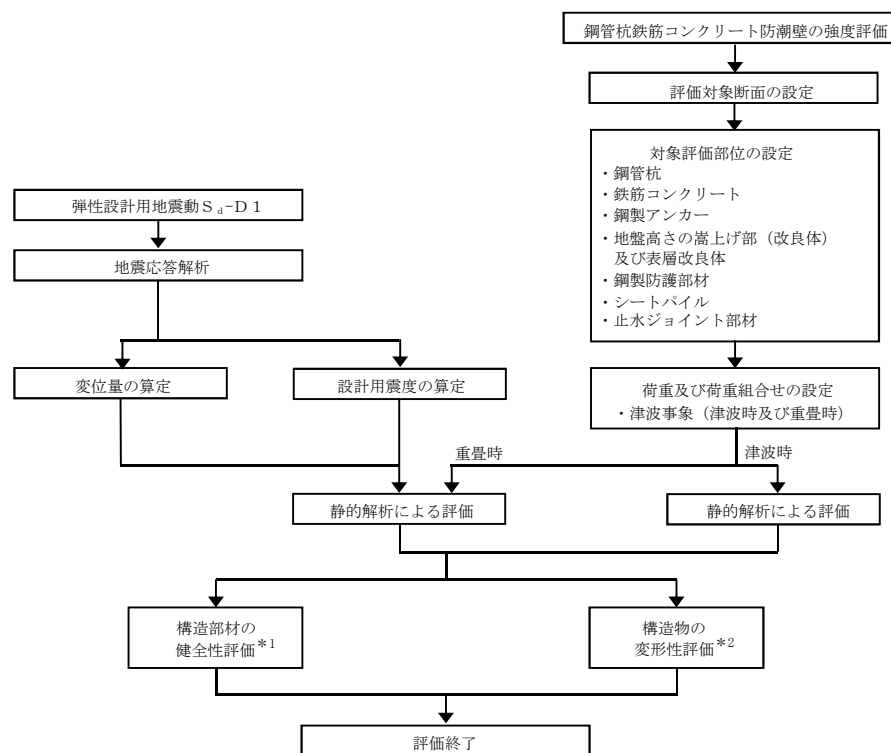
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価の検討フローを第2-6図に示す。

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。

第2-1表 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	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	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
		鋼製アンカー	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	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		シートパイル	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	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	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
		鋼製アンカー	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	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		シートパイル	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。



注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで、第2-1表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

*2：構造物の変形性評価を実施することで、第2-1表に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

第2-6図 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 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・ 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 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 ((社) 日本電気協会)
- ・ 建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001 年)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年 11 月)
- ・ 建築基準法 (昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- ・ 建築基準法施行令 (昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－ ((社) 日本建築学会, 2005 年 9 月)
- ・ トンネル標準示方書 [共通編] ・同解説 / [開削工法編] ・同解説 ((社) 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 ((財) 沿岸技術研究センター, (社) 寒地港湾技術研究センター, 2014 年 3 月)

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第3-1表に示す。

第3-1表 (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	鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度
τ_{sa1}	N/mm ²	鋼管杭の許容せん断応力度
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度
V_a	kN	斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力
V_{ca}	kN	コンクリートの許容せん断力
V_{sa}	kN	斜め引張鉄筋の許容せん断力
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)

第3-1表(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

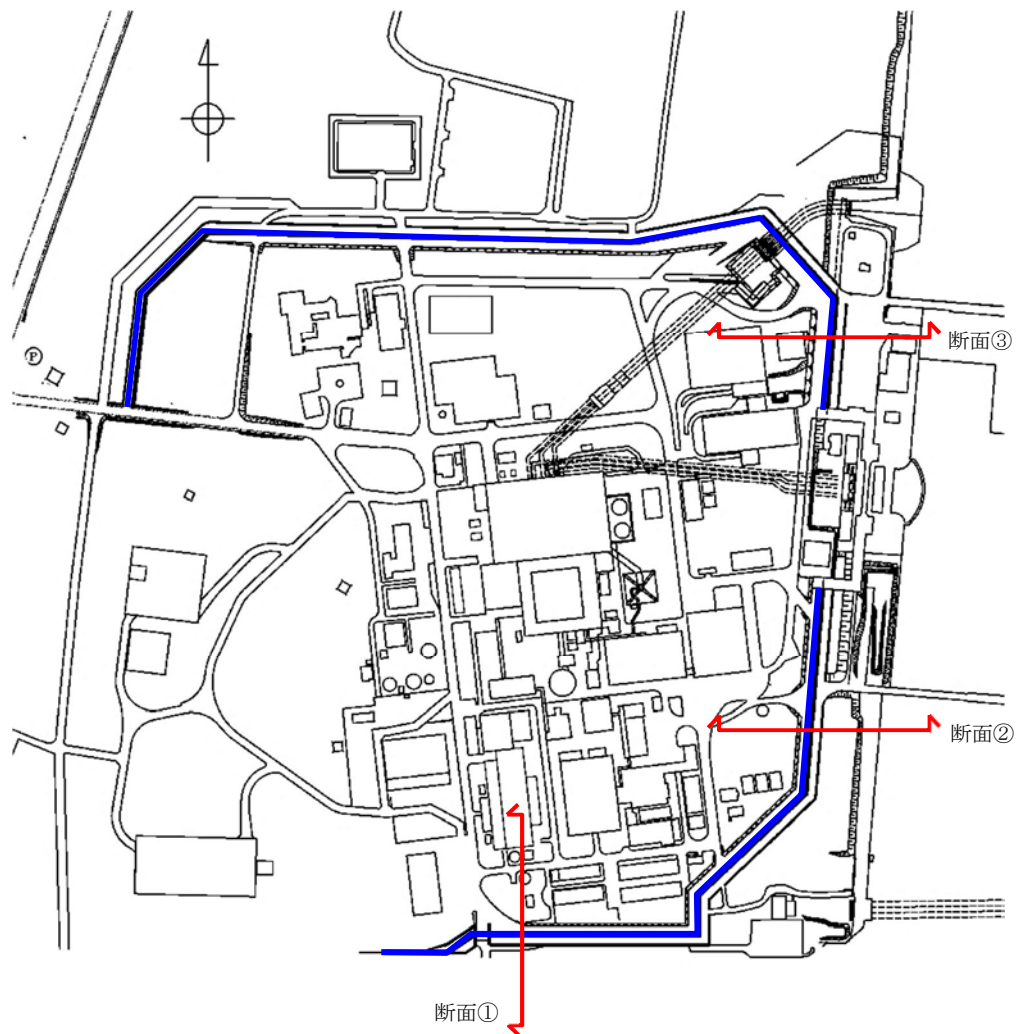
3.2.1 評価対象断面

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、第3-1図に示す断面位置とする。評価対象断面図を第3-2図～第3-4図に示す。

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。

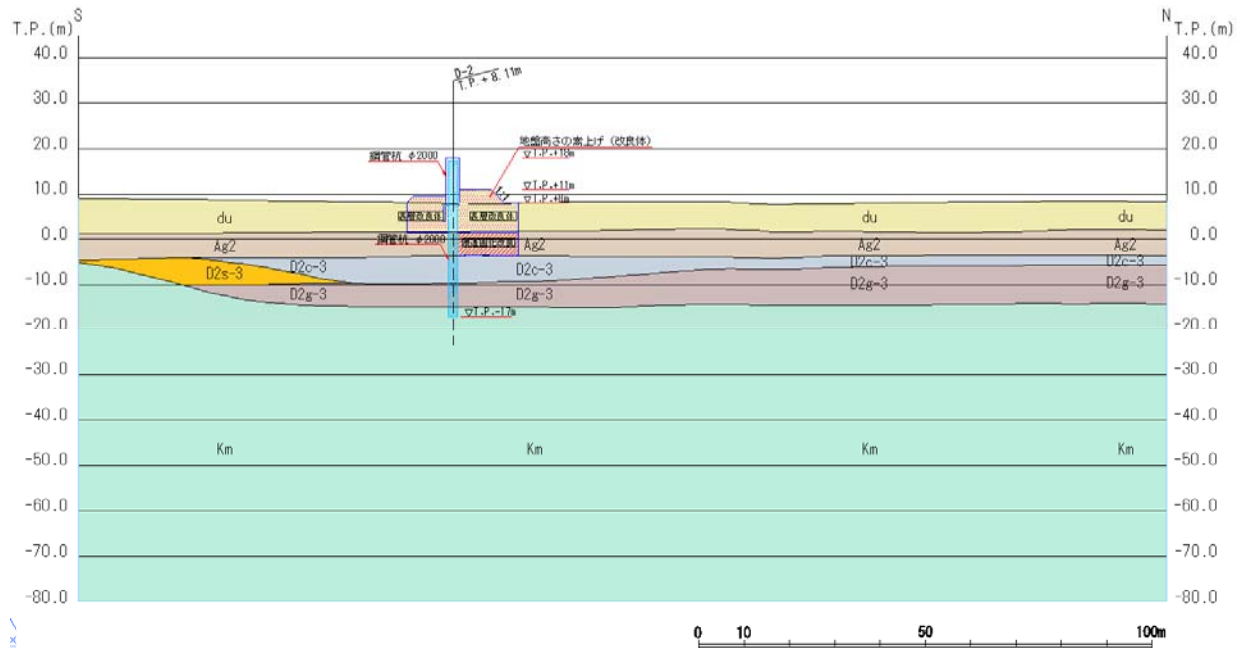
断面②：防潮壁高さが T.P. +20 m の個所で第四紀層が薄く堆積する個所。

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。



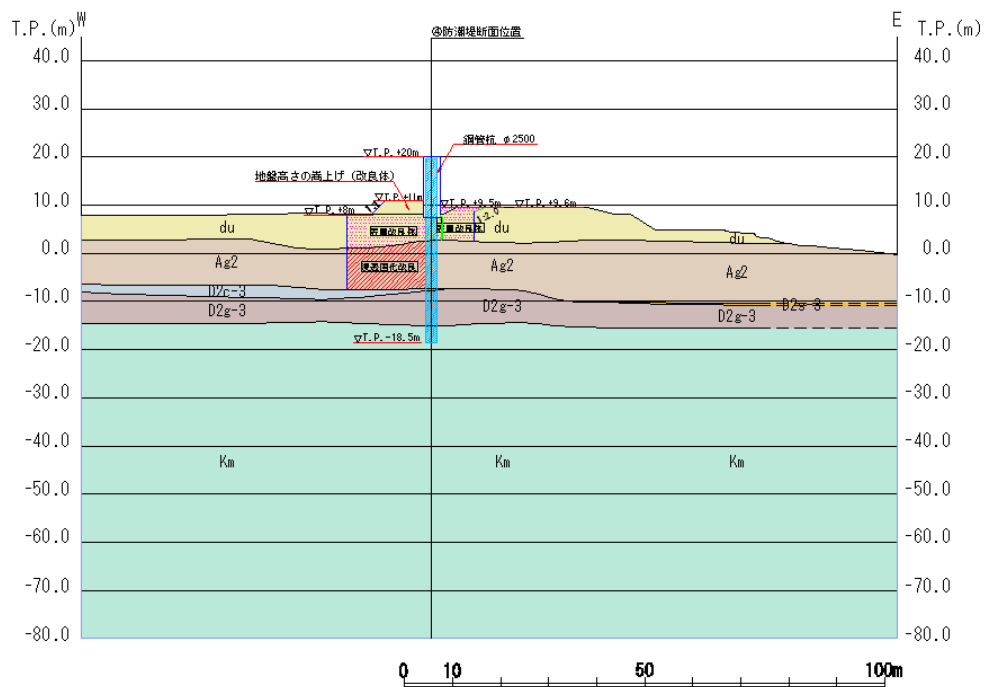
第3-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図

(1) 断面①



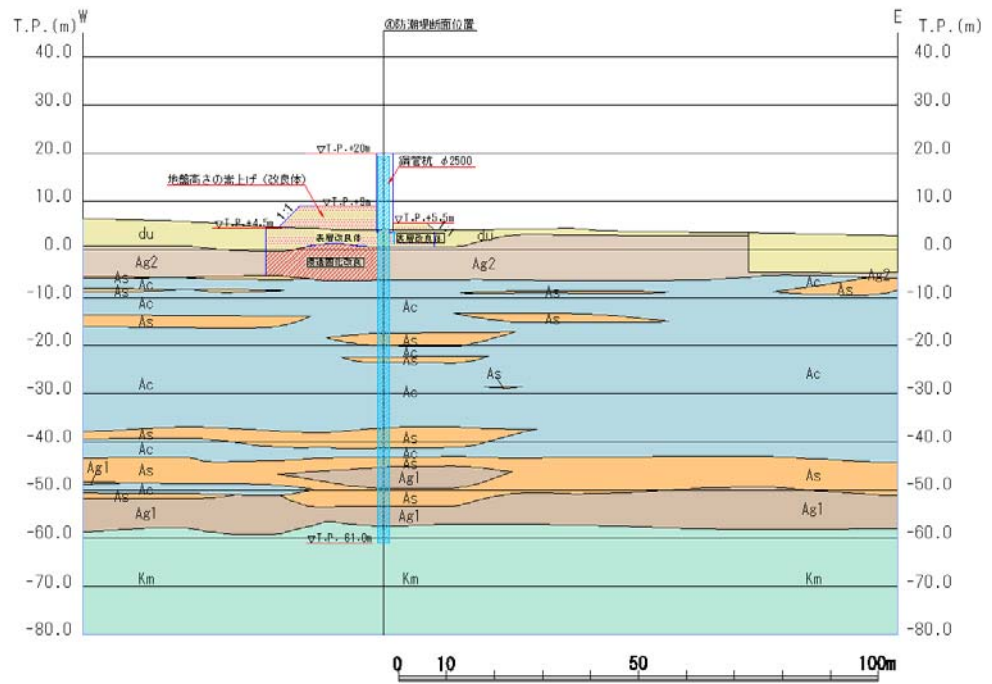
第3-2図 評価対象断面 (1/3)

(2) 断面②



第3-3図 評価対象断面 (2/3)

(3) 断面③



第3-4図 評価対象断面 (3/3)

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、下部工及び上部工の鋼管杭とする。

(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、上部工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) 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止水ゴム及び止水シートとする。

(5) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部材の取り付け部の鋼製アンカーとする。

(6) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

(7) 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。

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、V-3-別添 3-1「津波又は溢水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)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

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 3/2 倍を考慮して算定する。

e. 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重として、総排水トン 15t の漁船の衝突を考慮する。

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 (K_{sd}) 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。

(a) 動水圧 (P_d)

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算定される動水圧を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3-2 表に示す。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、荷重の作用図を第 3-5 図～第 3-8 図に示す。

第 3-2 表 荷重の組合せ

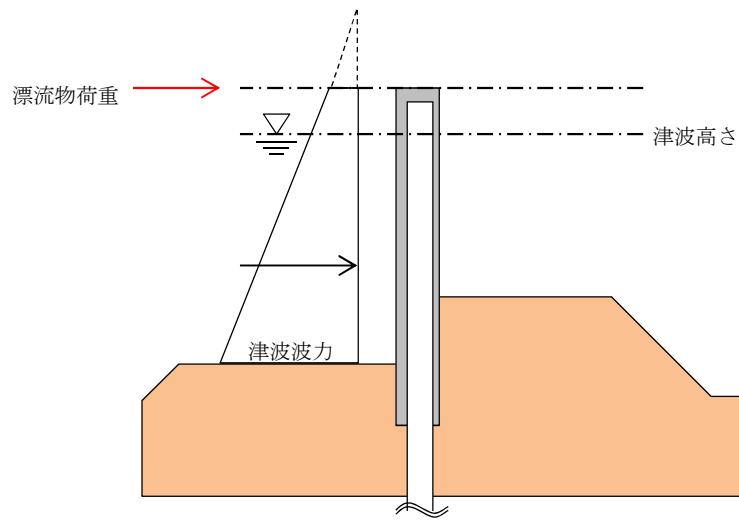
区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_s + P_t + P_c$
重畳時	$G + P_s + P_t + K_{sd}$

G : 固定荷重

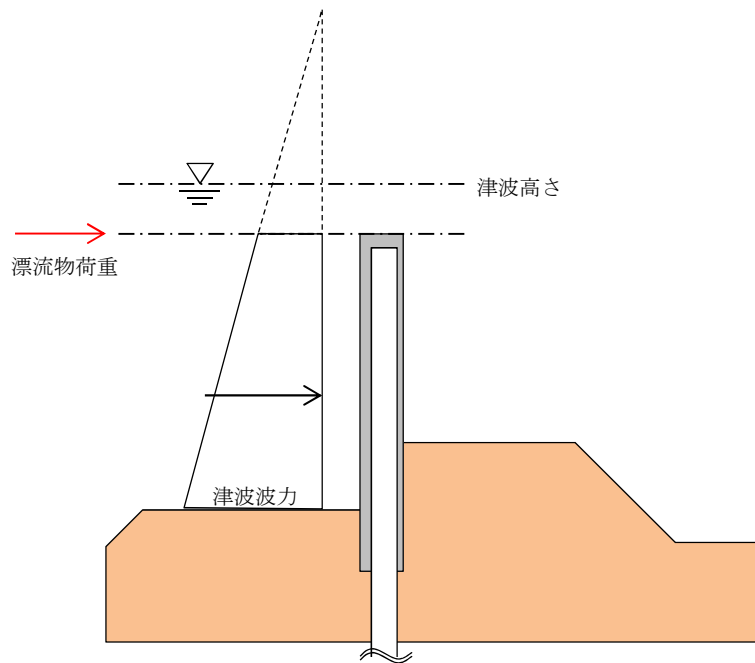
P_s : 積雪荷重

P_t : 遡上津波荷重

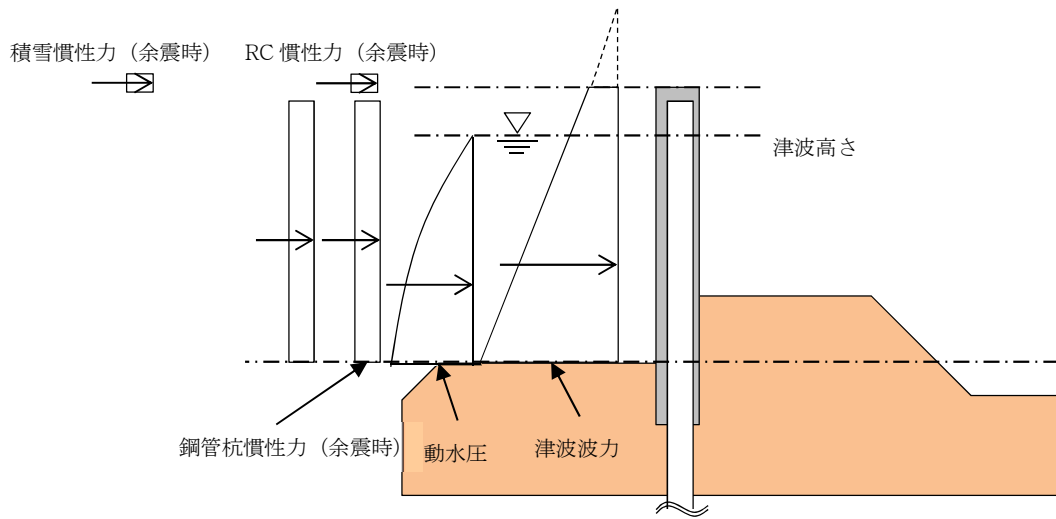
P_c : 衝突荷重
 K_{sd} : 余震荷重



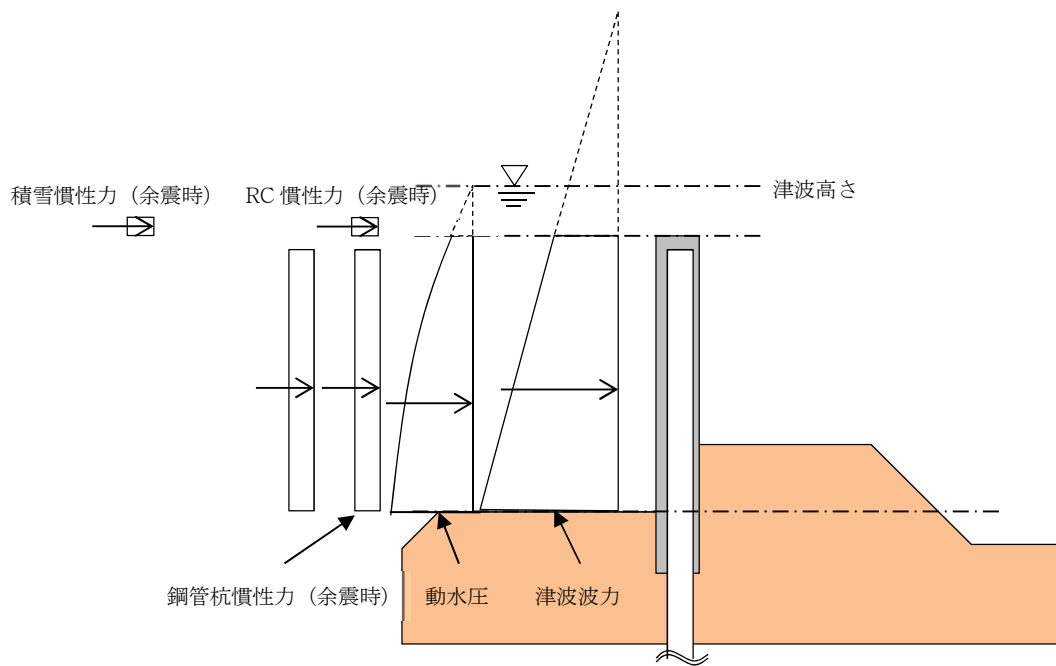
第3-5図 基準津波+漂流物衝突時の作用図



第3-6図 T.P. +24.0 m 津波+漂流物衝突時の作用図



第 3-7 図 余震+基準津波時の作用図



第 3-8 図 余震+T.P. +24.0 m 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、V-3-別添 3-1「津波又は溢水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（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，第 3-3 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，T.P. +24 m 津波時は 1.7 倍の割増を考慮する。

第 3-3 表 鋼管杭の許容限界
(基準津波時)

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

(T.P. +24 m 津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 σ_{sa1}	433.5
		許容圧縮応力度 σ_{sa1}	
		許容せん断応力度 τ_{sa1}	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]（（社）土木学会，2002 年制定）」及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，第 3-4 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，基準津波時における鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。また，T.P. +24 m 津波時には，コンクリートの許容応力度に対して 2.0 倍，鉄筋の許容応力度に対して 1.65 倍の割増を考慮する。

第3-4表 鉄筋コンクリートの許容限界
(基準津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	$f'_{ck}=40$ N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21
		許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (軸方向鉄筋)	435
		許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (せん断補強筋)	300

(T.P. +24 m 津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	$f'_{ck}=40$ N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	28
		許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1*
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (軸方向鉄筋)	478.5
		許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (せん断補強筋)	330

注記 * : 斜め引張鉄筋を考慮する場合は, 「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (社) 土木学会, 2002 年制定)」に準拠し, 次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

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

ここで,

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

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

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

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

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

(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（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成 25 年 6 月）」を考慮し，せん断強度に基づき設定する。

(4) 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。第 3-5 表に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

第 3-5 表 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目		許容限界
止水ジョイント部材	ゴムジョイント	水平：200 mm，鉛直：200 mm，軸直角：200 mm
	シートジョイント	防潮壁天端相対変位：2 m

(5) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年 11 月）」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は，第 3-4 表に示す短期許容応力度を許容限界とする。

(6) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は，「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005 年 9 月）」，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年 11 月）」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター，2014 年 3 月）」に基づき設定する。

(7) シートパイル

シートパイルの許容限界は，せん断強度に基づき設定する。

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、V-3-別添3-1「津波又は溢水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。

(1) 津波時

a. 鋼管杭

(a) 解析方法

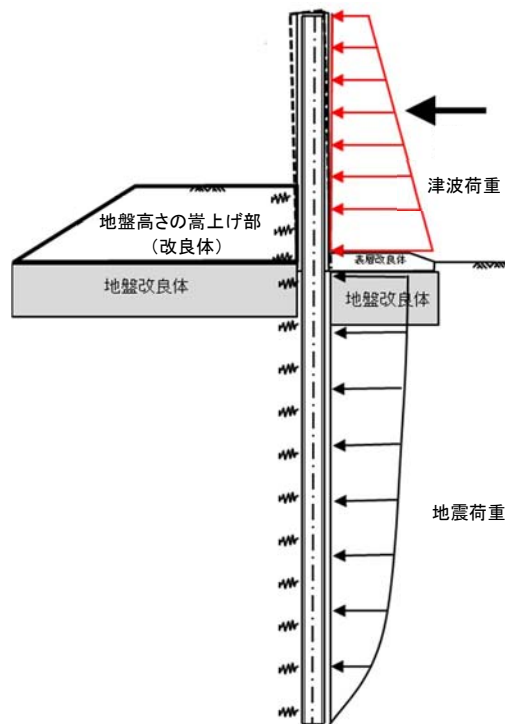
保守的な配慮として、鋼管杭のみでも津波に抵抗可能とするため、鋼管杭のみをモデル化した静的フレーム解析を行い、津波時の鋼管杭基礎の構造健全性を確認する。

(b) 解析モデル及び諸元

イ. 解析モデル

解析モデルは鋼管杭を2次元梁要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

解析モデル概念図を第3-9図に示す。



第3-9図 解析モデル概念図

ロ. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-6表に、材料の物性値を第3-7表に示す。

第3-6表 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) 敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570)

第3-7表 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

(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。

イ. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

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

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

ここで、

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

ロ. せん断力に対する照査

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

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

ここで、

- τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)
- S : せん断力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)
- κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

b. 鉄筋コンクリート

(a) 解析方法

上部工については、2次元梁バネモデル解析を基本として実施する。

(b) 解析モデル及び諸元

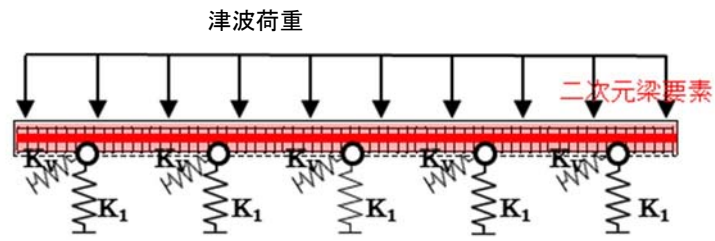
イ. 解析モデル

上部工の解析モデルを以下に示す。

(イ) 2次元梁バネモデル

解析モデルは、鉄筋コンクリート梁壁をビーム要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

2次元梁バネモデルの概念図を第3-10図に示す。

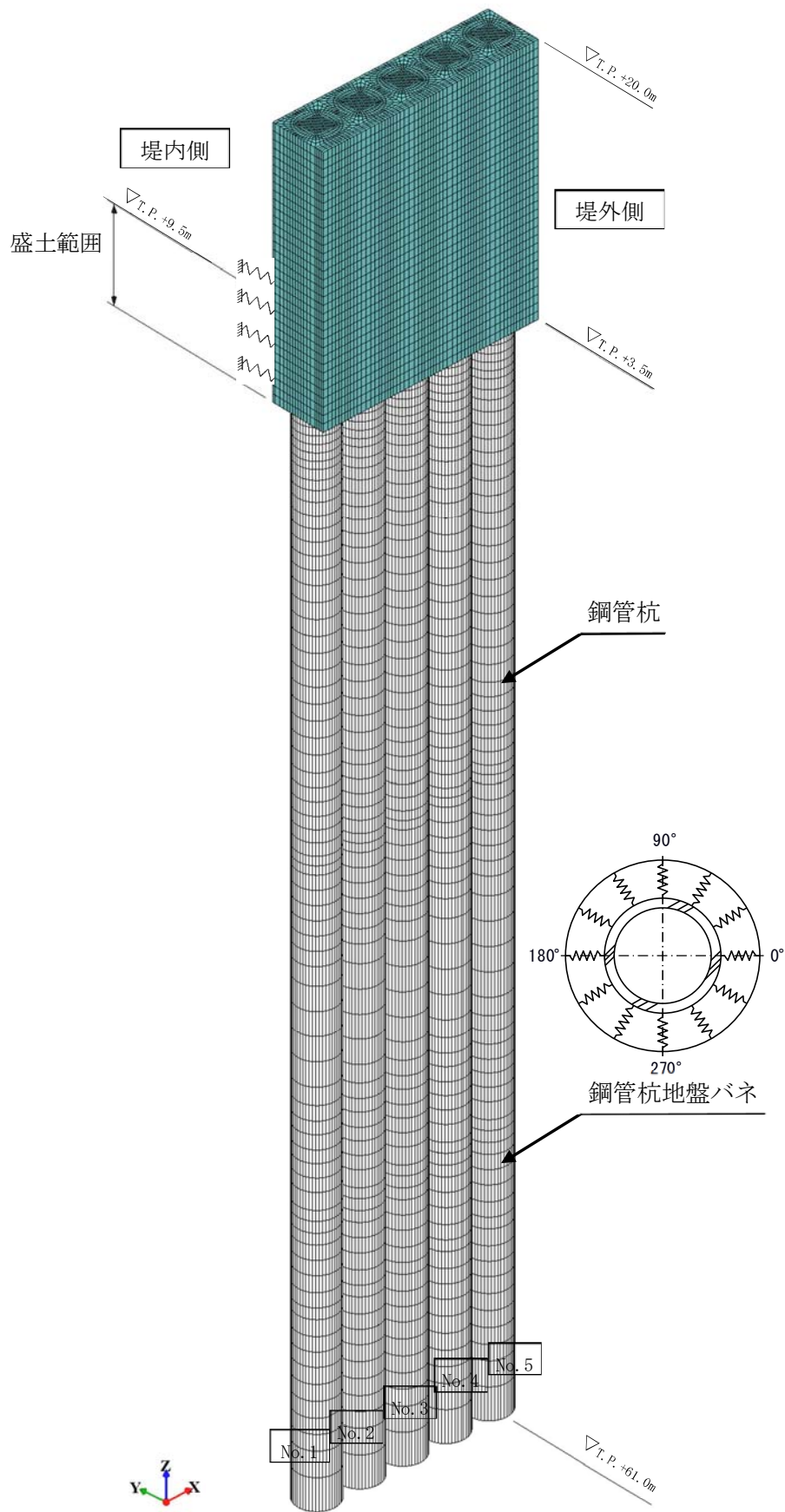


第3-10図 2次元梁バネモデル概念図

(ロ) 3次元FEMモデル

解析モデルは上部工をソリッド要素で，鋼管杭をシェル要素でモデル化し，地盤抵抗を表現するため，地盤バネを設置する。

3次元FEMモデルの概要を第3-11図に示す。



第3-11図 3次元FEM解析モデル

ロ. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-8表に、材料の物性値を第3-9表に示す。

第3-8表 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) 敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570)

第3-9表 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

(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。

c. 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改良体の許容限界以下であることを確認する。

d. 止水ジョイント部材

本震後の津波時における変形量が許容限界以下であることを確認する。

e. 鋼製アンカー

津波荷重が止水ジョイント部へ載荷された際に、アンカーの引張力、せん断力及びコンクリートのせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

f. 鋼製防護部材

鋼製防護部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

g. シートパイル

シートパイルに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。

(a) ボイリングに対する評価

ボイリングに対する評価は、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に基づいて実施する。

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

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

$$w = \gamma' l_d$$

γ' : 土の水中単位体積重量

l_d : シートパイルの根入れ深さ

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 ((社) 土木学会, 2016 年制定) 」に準拠し、 $F_s \geq 1.5$ を確保する。

(b) パイピングに対する評価

パイピングに対する評価は、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に基づいて実施する。

$$l/h_w \geq F_s$$

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 ((社) 土木学会, 2016 年制定) 」に準拠し、 $F_s \geq 2.0$ を確保する。

(2) 重畳時

a. 地震応答解析

(a) 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は、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。

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

イ. 地盤

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

ロ. 減衰特性

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

(b) 解析モデル及び諸元

イ. 解析モデル

解析モデルは、構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。

ロ. 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

(c) 入力地震動

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

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 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。入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 静的解析

(a) 鋼管杭

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。

(b) 鉄筋コンクリート

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。

(c) 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。

(d) 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、本震後の余震と津波の重畳時における変形量が許容限界以下であることを確認する。

(e) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの重畳時の評価は「(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。

(f) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の重畳時の評価は「(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。

(g) シートパイル

シートパイルの重畳時の評価は「(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。