

東海第二発電所

鋼製防護壁の設計方針について

平成29年9月22日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密
又は防護上の観点から公開できません。

1. 概要
2. 耐津波設計方針に関する設置許可基準規則の要求事項について
3. 津波防護対象施設
4. 防潮堤の概要
5. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要
6. 鋼製防護壁の構造選定
7. 防潮堤の評価対象部位
8. 鋼製防護壁高さの設定方針
9. 設計方針
10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造, 直接定着式アンカーボルト)
11. 直接定着式アンカーボルトの適用性について

【参考資料】

鋼製防護壁の施工ステップ図

1. 概要

- 津波防護施設として防潮堤に求められる要求機能は、繰返しの襲来を想定した遡上波に対して浸水を防止すること、基準地震動 S_s に対し要求される機能を損なう恐れがないよう構造物全体としての変形能力に対し十分な構造強度を有することである。
- 上記の機能を確保するための性能目標は、遡上津波に対し余裕を考慮した防潮堤高さを確保するとともに、構造物の境界部等の止水性を維持し、基準地震動 S_s に対し止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。
- 海水ポンプ室周り防潮堤は、既設の取水口を跨ぐ形で設置する「鋼製防護壁」と、その南北に繋がる「鉄筋コンクリート防潮壁」で構成される。
- 当該資料では海水ポンプ室周り防潮堤のうち取水口横断部に設置される鋼製防護壁構造区間の設計方針について説明する。
- 鋼製防護壁は、上部工を比較的軽量である鋼製防護壁、下部工を1室型地中連続壁基礎の内側を鉄筋コンクリートで充填した基礎で地震・津波荷重に耐える構造とした。鋼製防護壁は、鋼殻ブロックをボルト添接により現地にて結合する形式で、アンカーボルトにて下部構造と連結する。
- 鋼製防護壁の基礎は、岩盤に地中連続壁の壁厚程度以上を根入れする岩着形式とした。

2. 耐津波設計方針に関する設置許可基準規則の要求事項について

設置許可基準規則

(津波による損傷の防止)

第五条 設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」という。)に対して**安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。**

設置許可基準規則解釈

(別記3)

第5条(津波による損傷の防止)

五 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波(施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。)に対して**津波防護機能及び浸水防止機能が保持できること。**

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド

5. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

5.1 津波防護施設の設計

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、**入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。**

5.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

5.4.1 津波防護施設、浸水防止設備等の設計における検討事項

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設、浸水防止設備の設計及び漂流物に係る措置に当たっては、次に示す方針(津波荷重の設定、余震荷重の考慮、津波の繰り返し作用の考慮)を満足すること。

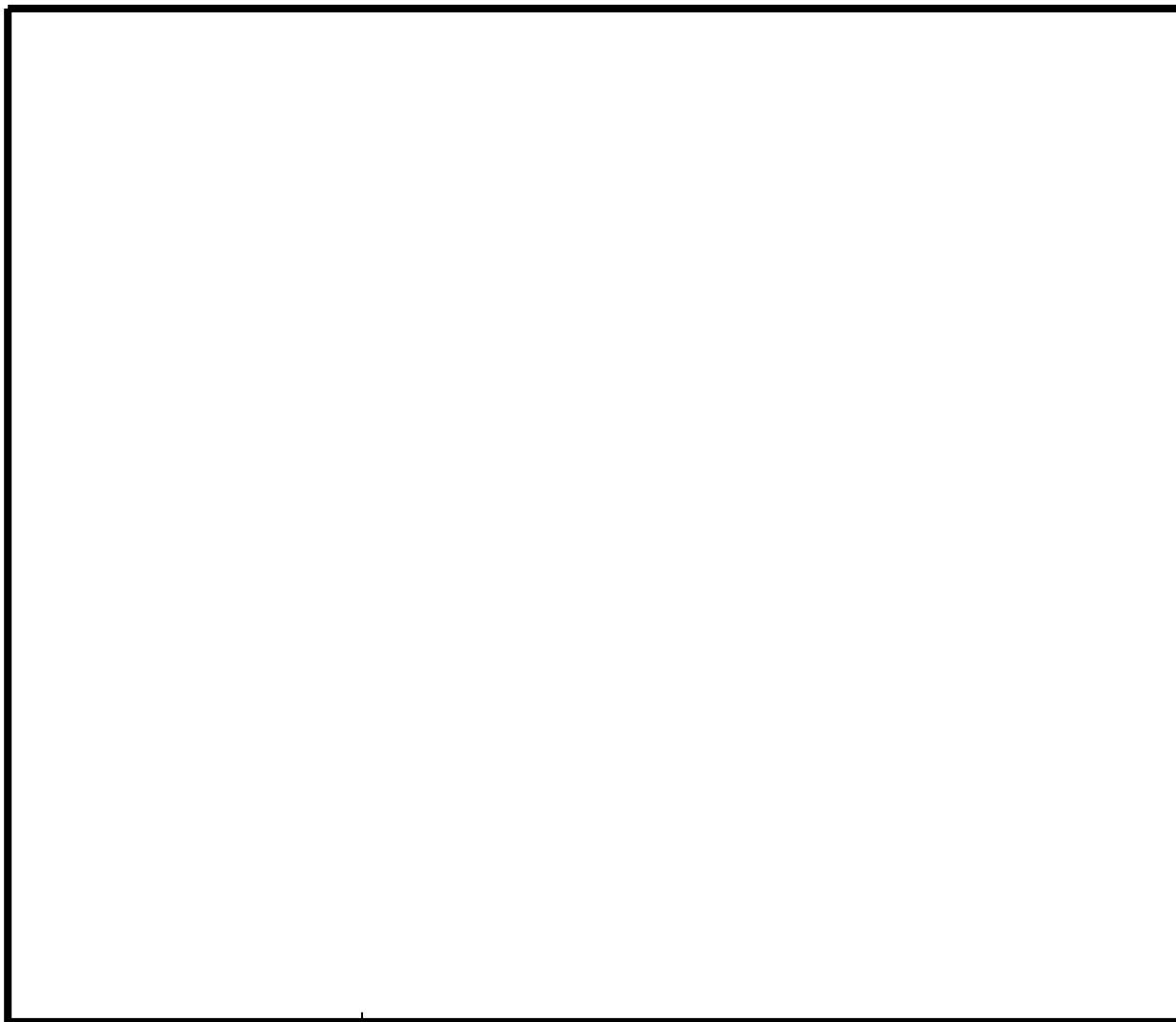
5.4.2 漂流物による波及的影響の検討事項

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において**建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性**について検討すること。

3. 津波防護対象施設

■ 設置許可基準規則5条及び40条の対象となる「津波防護施設」を以下に示す。



津波防護施設の平面配置

設計基準対象施設
原子炉建屋
タービン建屋
取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)
非常用海水系配管【屋外二重管】
非常用ガス処理系排気筒【排気筒】
【使用済燃料乾式貯蔵建屋】
軽油貯蔵タンク

重大事故等対処施設
【原子炉建屋】
【取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)】
非常用海水系配管【屋外二重管】
SA用海水ピット取水塔
海水引込み管
SA用海水ピット
緊急用海水取水管
緊急用海水ポンプピット
格納容器圧力逃がし装置格納槽
常設低圧代替注水系格納槽
接続口
常設代替高圧電源装置置場
軽油貯蔵タンク
可搬型設備保管場所
緊急時対策所

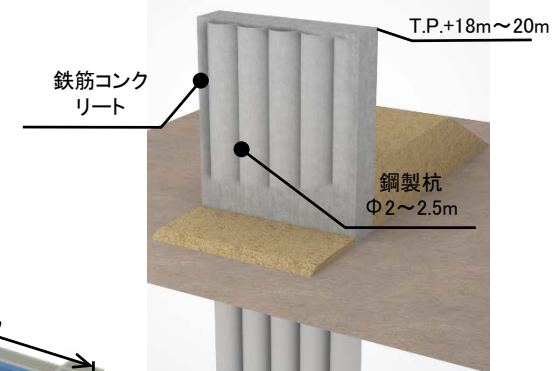
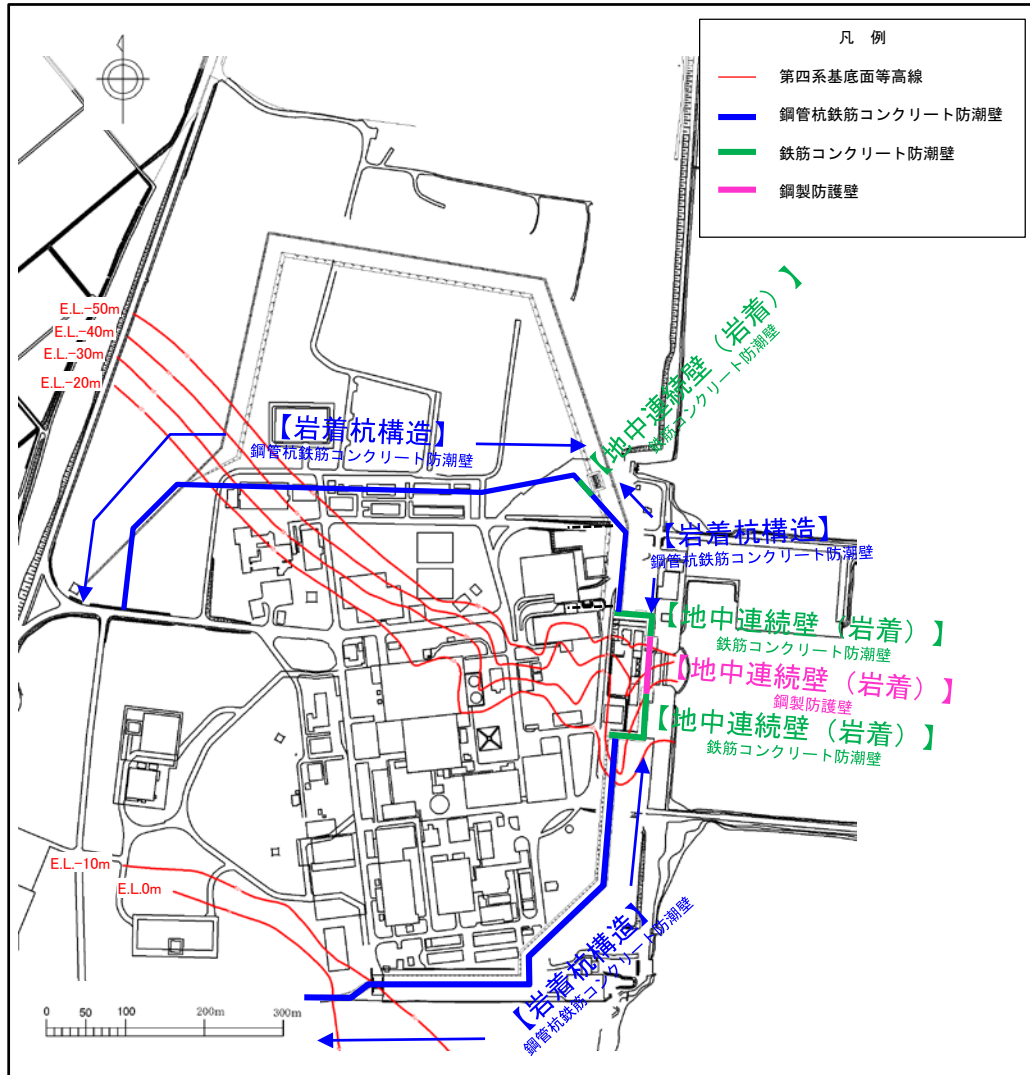
設計基準対象施設及び重大事故等対処施設
【原子炉建屋】
【取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)】
非常用海水系配管【屋外二重管】
軽油貯蔵タンク

【 】は、耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

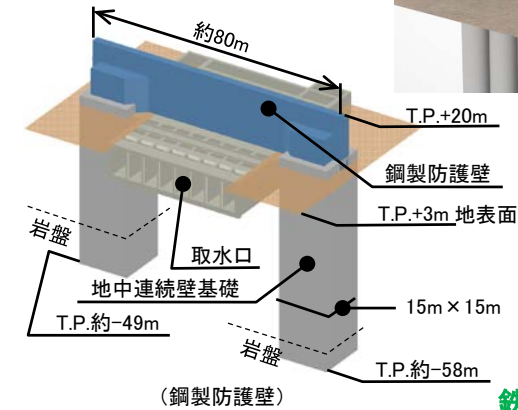
4. 防潮堤の概要

■ 防潮堤は、その構造形式から3つ(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁、鋼製防護壁、鉄筋コンクリート防潮壁)に種別される。

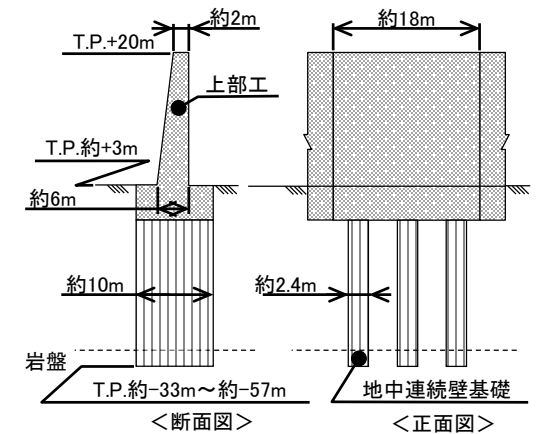
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁



鋼製防護壁



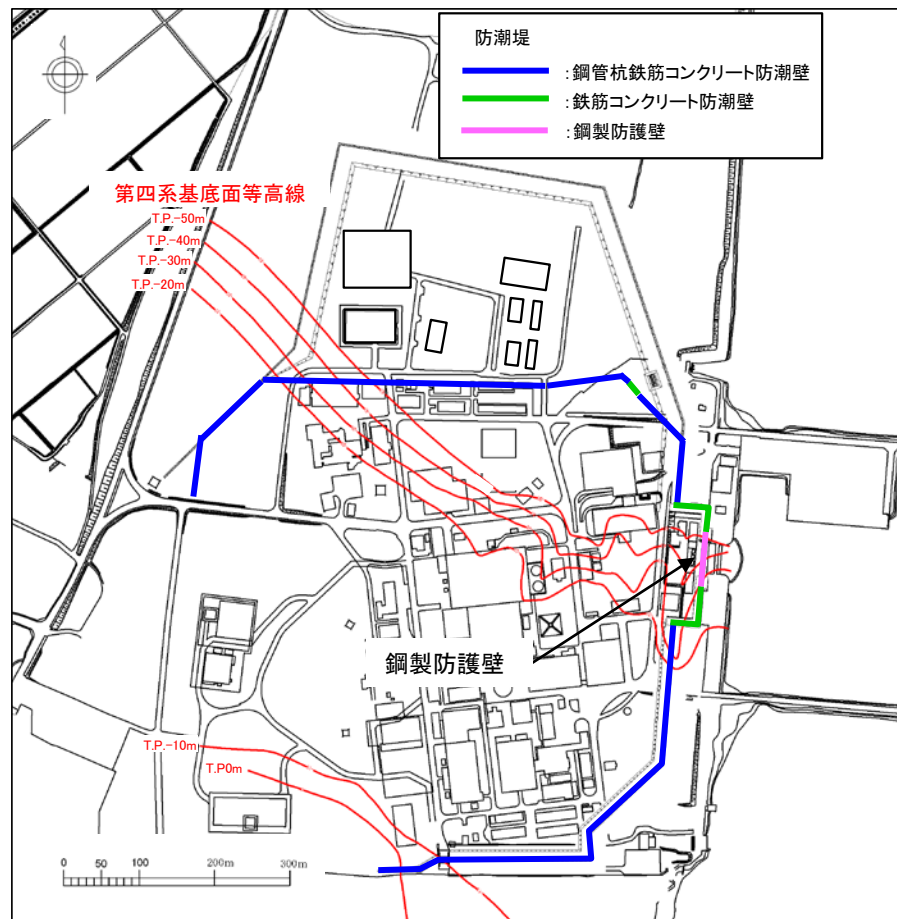
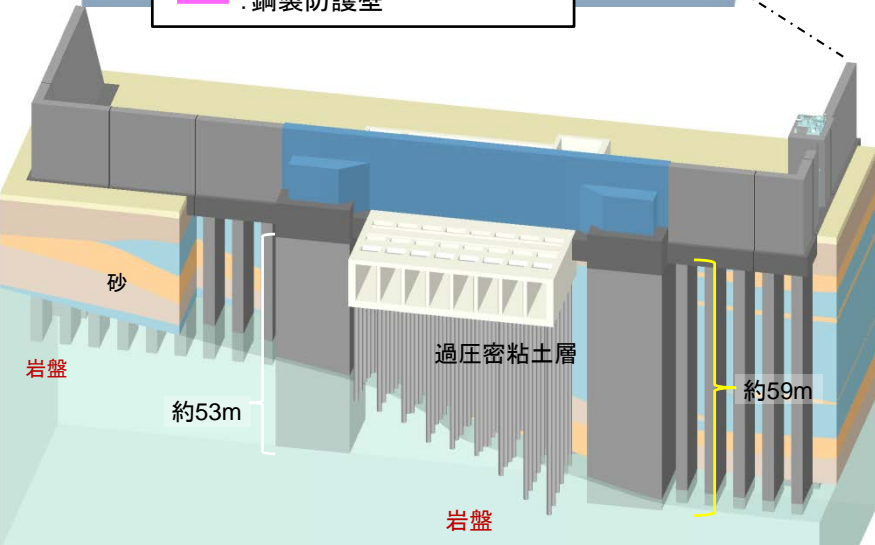
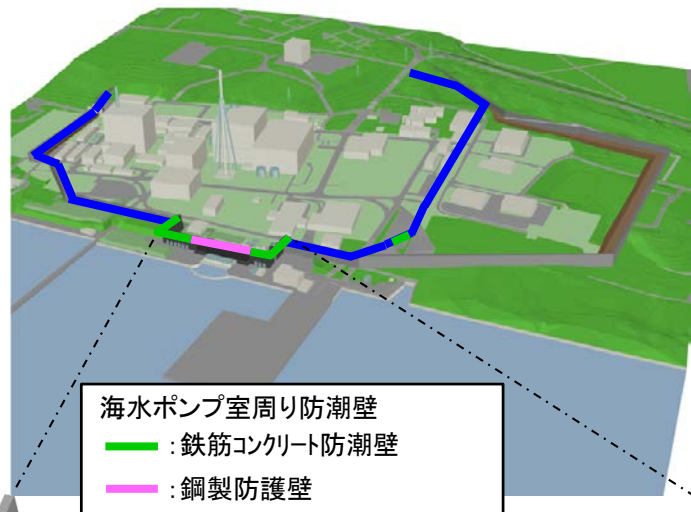
鉄筋コンクリート防潮壁



5. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要

- 防潮堤は、設計基準対象施設の津波防護対象設備(津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備及び非常用取水設備を除く)が設置される敷地を含め、敷地全体を取り囲む形で設置する。
- 敷地の第四系基底(岩盤上面)の標高分布及び防潮堤の構造形式とその配置を示す。

防潮堤鳥瞰図



第四系基底の標高分布図

6. 鋼製防護壁の構造選定

■ 鋼製防護壁の構造選定

1) 取水口上部の防護壁が鋼製であること

- ・取水口を横断する支間長が約50mと長スパンである。
- ・既設構造物との干渉から基礎の大きさが制限されるため、自重・地震時慣性力を低減する必要がある。



鋼殻構造の選定

2) 地中連続壁による基礎構造であること

- ・基礎を支持する岩盤は地表面より約60m下方にある。
- ・狭隘な敷地の制約のもとで、長スパンである上部工から伝達される大きな荷重を限られた大きさの基礎で負担する必要がある。
- ・厚く分布する軟弱な沖積粘性土層(Ac層)の沈下施工中にケーソンが自沈することにより所定の精度で施工できない可能性や、岩盤根入れ部の沈下施工時に急速沈下し、震度4以上の振動を発生させることも懸念される。



地中連続壁基礎の選定

3) 直接定着式アンカーボルトの選定

- ・上部工である鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部には止水性確保のため、剛結合とする。
- ・上部工全面に作用する津波波力や地震時慣性力を確実に下部工に伝達する際、接合部に大きな反力が発生する。
- ・接合部のスペースが狭隘であるため、地中連続壁基礎内鉄筋との干渉が懸念されるアンカーフレーム形式よりも接合部の寸法を小さくすることができる「直接定着式アンカーボルト」形式とする。



直接定着式アンカーボルトの選定

6. 鋼製防護壁の構造選定

■ 鋼製防護壁の平面配置における制約条件

鋼製防護壁の支間部は、地震等の変位による既設構造物との接触回避や施工時の離隔を確保する必要性から以下の制約を受けるため、鋼製防護壁中心と地中連続壁基礎中心とで偏芯を設ける。

1) 上部工(鋼製防護壁)の制約

- ・上部工と下部工に偏芯を設けない場合、上部工の堤外側角落しとの離隔が20cmとなり、止水板押え(約50cm)を加えると堤外側角落しに接触する。
- ・本震時の動的解析による変位(51cm)を踏まえ、許容変位量を70cm程度と設定する。
- ・堤外側は、上部工と堤外角落しとの離隔を、止水板押え(約50cm)と許容変位量(約70cm)の120cmとすると、約100cm程度の偏芯が必要となる。

2) 下部工(地中連続壁基礎)の制約

- ・堤内側は施工上、ポンプ室クレーン・取水口との離隔を3m程度確保する必要がある。



上部工と下部工で堤内方向に約100cmの偏芯を設ける

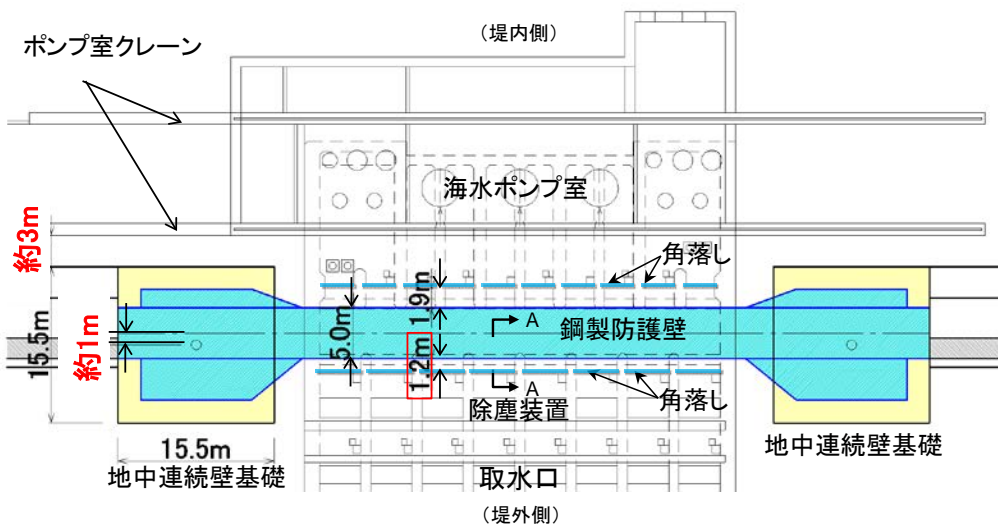
(※概略図を次ページに示す)

上部工の許容変位量と試算結果

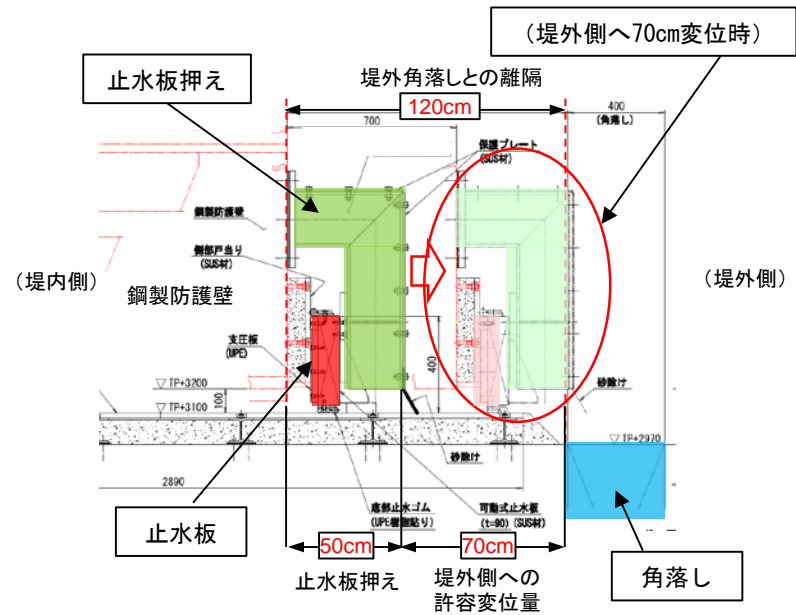
種別	堤外側
堤外側角落しとの離隔	120cm
許容変位量	約70cm
試算結果(本震時動的解析)	51cm

6. 鋼製防護壁の構造選定

取水路周辺平面図



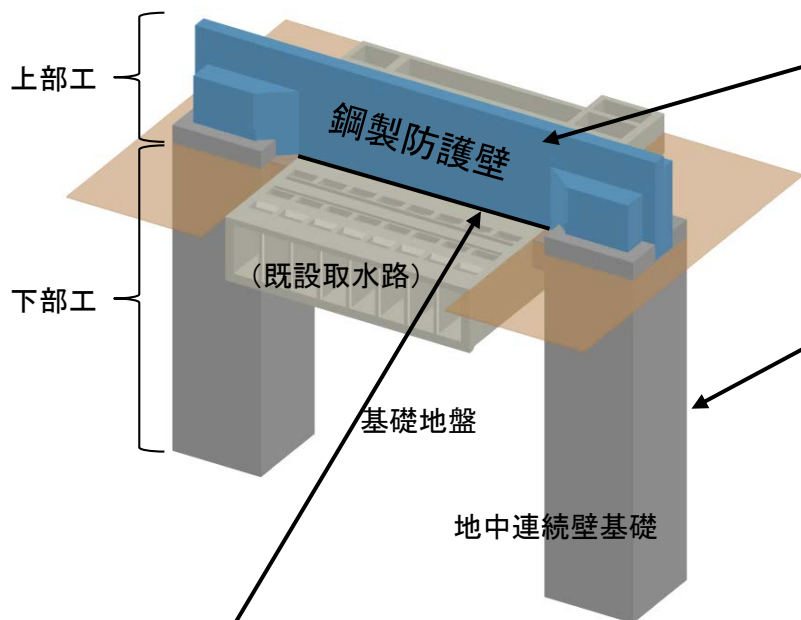
A-A断面



※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

7. 防潮堤の評価対象部位

■ 鋼製防護壁の評価対象部位とその役割(1)



【鋼製防護壁】

- ・津波荷重, 漂流物衝突荷重等に対し, 構造躯体として耐える。
- ・津波による浸水を防止する。

【地中連続壁基礎】【基礎地盤】

- ・地震や津波等による荷重に対して構造躯体として耐える。

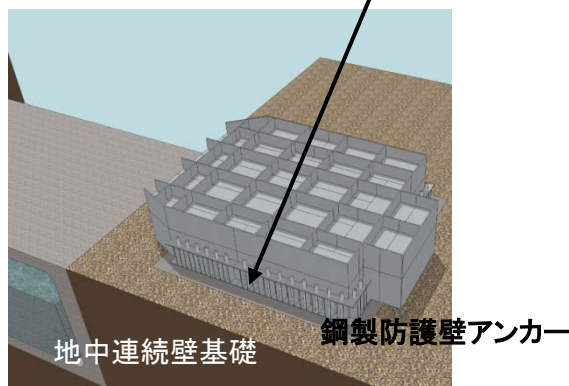
【鋼製防護壁アンカー】

- ・鋼製防護壁本体の死荷重や, 津波や地震などの外力を確実に基礎へ伝達する。

【止水ジョイント部】

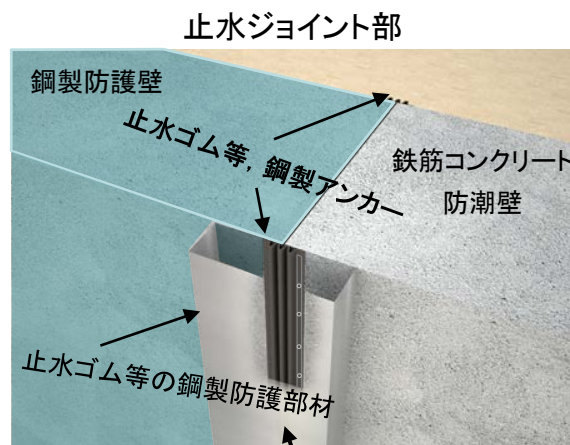
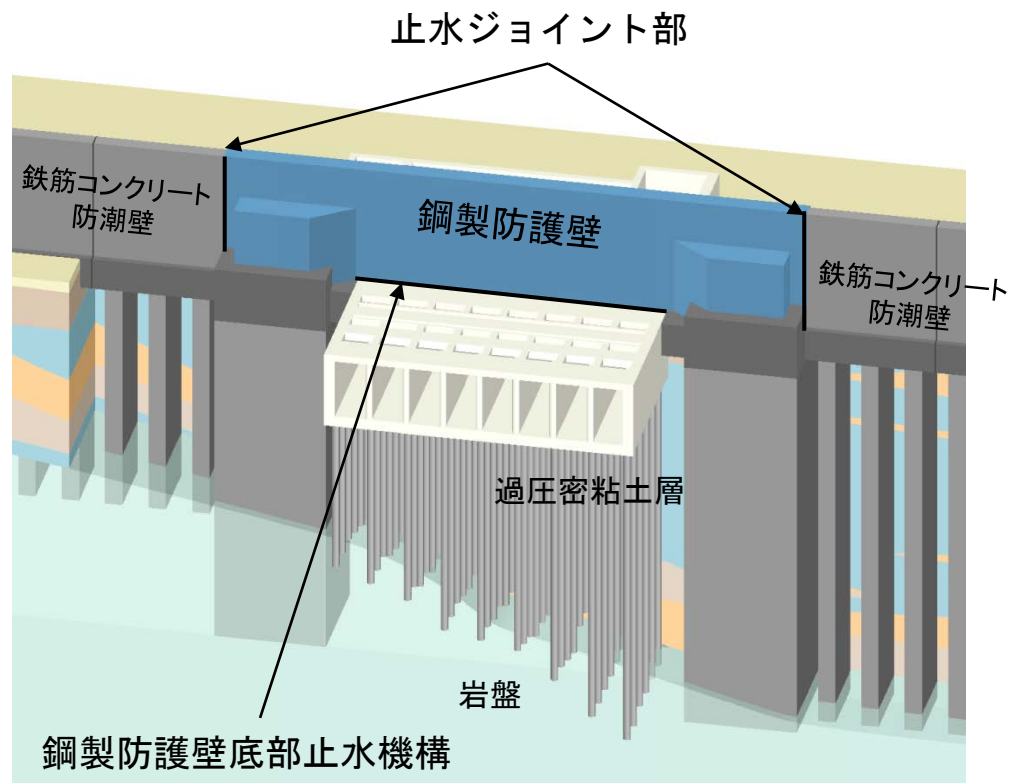
(鋼製防護壁底部止水機構)

- ・地震時や津波時の変形量に追随し, 鋼製防護壁と取水路(異種構造物)間の浸水を防止する。



7. 防潮堤の評価対象部位

■ 鋼製防護壁の評価対象部位とその役割(2)



【止水ジョイント部】
(止水ゴム等, 鋼製アンカー, 鋼製防護部材)
・地震時や津波時の変形量に追随し, 鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁(異種構造物)間の浸水を防止する。

鋼製防護壁に関する要求機能と設計評価方針

津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないような設計とする。

「津波防護に関する施設の設計について」の要求機能、機能設計、構造強度設計を以下に示す。

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

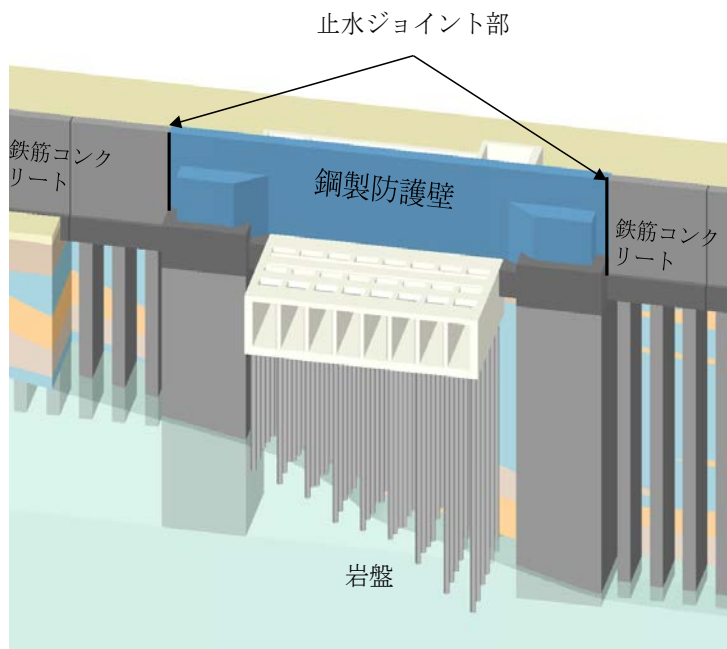
施設名	要求機能		機能設計			構造強度設計			設計に用いる許容限界							
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード							
海水ポンプ室周り防護壁	基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド 5.1 津波防護施設設計 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性を並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるような設計すること (1) 要求事項に適合する設計方針であることを確認する。 (2) 設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見直しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。 確認内容を以下に例示する。 a) 荷重組合せ a) 余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震（余震） b) 津波による荷重（波圧、衝撃力）の設定に関して、考慮する指針（例えば、国交省の暫定設計等）及びそれらの適用性。 c) 余震による荷重として、サイト特性（余震の震源、ハザード）が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。 d) 地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。 e) 許容限界 a) 津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造体の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。（なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。） 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 6.3 津波防護施設、浸水防止設備等 津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波防護機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有すること。その施設に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能）を保持すること	・ポンプ室周り防護壁は、地震後の繰返しの変位を想定した入力津波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能がないよう、津波による浸水及び漏水を防止すること ・ポンプ室周り防護壁は、基準地震動S ₀ に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持すること。津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 ・ポンプ室周り防護壁は、基準地震動S ₀ に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持すること。津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・ポンプ室周り防護壁は、地震後の繰返しの変位を想定した入力津波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能がないよう、津波による浸水及び漏水を防止すること ・ポンプ室周り防護壁は、基準地震動S ₀ に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持すること。津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。	・ポンプ室周り防護壁は、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。 ① 想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（浸水高さT.P.+17.9mに余裕を考慮した浸水高さT.P.+20.0m）の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ② 取水口横断部の上部構造は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ③ 取水口横断部の南北に架かる区間は、鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ④ 上部構造は、頂部コンクリートフーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に接続し、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤ 上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、波圧による変形に追随する止水性を確認した止水ゴム等を設置することにより止水性を確保する設計とする。 ⑥ 津波の波力による浸食や洗掘、地盤内からの浸水に対して耐性を有するフーチング厚を設定することにより、止水性を保持する設計とする。 ・ポンプ室周り防護壁は、基準地震動S ₀ に対し、⑦鋼材や鉄筋コンクリートの耐性のある部材を使用することを確認する。 ⑧ 上部構造は、頂部コンクリート・フーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に強固に接続し、十分な支持性能を有する地盤に支持すること。鋼製防護壁や鉄筋コンクリート防護壁による止水性を保持する設計とする。 ⑨ 上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、試験等により地震時の変形に追随し止水性を確認し止水性を確保することによる止水配置を講ずる設計とする。	・ポンプ室周り防護壁は、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。 ① 想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（浸水高さT.P.+17.9mに余裕を考慮した浸水高さT.P.+20.0m）の設定により、海水ポンプ室周りに設置する設計とする。 ② 取水口横断部の上部構造は、鋼製のブロックから成る津波防護壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ③ 取水口横断部の南北に架かる区間は、鉄筋コンクリートにより防潮壁を構築し、止水性を保持する設計とする。 ④ 上部構造は、頂部コンクリートフーチングコンクリートを介して地中連続壁基礎に接続し、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 ⑤ 上部構造の施工境界部や異種構造物間との境界部は、波圧による変形に追随する止水性を確認した止水ゴム等を設置することにより止水性を確保する設計とする。	基準地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。	基礎地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。	基礎地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。	基礎地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。	基礎地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。	基礎地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。	基礎地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの変位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、十分な支持性能を有する地盤に設置することを確認する。				
													基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路標示方書・同解説（I共通編・IV下部構造編）」に基づき極限支持力以下とする。
													地中連続壁基礎	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「道路標示方書・同解説（I共通編・IV下部構造編・V耐震設計編）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路標示方書・同解説（I共通編・IV下部構造編・V耐震設計編）」「コンクリート構造方書」に基づき降伏応力度・せん断強度以下とする。
													鋼製防護壁	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「道路標示方書・同解説（I共通編・II鋼橋編）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路標示方書・同解説（I共通編・II鋼橋編）」に基づき降伏応力度以下とする。
													鋼製防護壁アンカー	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「道路標示方書・同解説（I共通編・IV下部構造編）」「鋼構造設計基準（名古屋高速道路公社）」に基づき短期許容応力度以下とする。 【TP+24m津波に対して】 「道路標示方書・同解説（I共通編・IV下部構造編）」「鋼構造設計基準（名古屋高速道路公社）」に基づき降伏応力度以下とする。
													止水ゴム等	変形、引張り	有意な漏えいに至る変形、引張り	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
鋼製アンカー	引張り、せん断、引抜き	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。													
止水ジョイント部	曲げ、引張り、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準」に基づき短期許容応力度以下とする。													
鋼製防護壁底部止水機構	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路標示方書・同解説（I共通編・II鋼橋編）」「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。													

8. 鋼製防護壁高さの設定方針

- 鋼製防護壁は、防潮堤の設計に用いる津波高さ(入力津波高さ)に対して余裕をもった高さを設定する。
- 鋼製防護壁の高さは、下表の「敷地前面東側」を適用する。

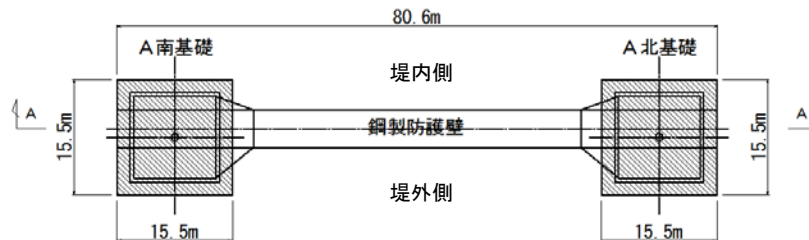
	敷地側面 北側	敷地前面 東側	敷地側面 南側
入力津波高さ (潮位のばらつき等 考慮)	T. P. +15. 4m	T. P. +17. 9m	T. P. +16. 8m
防潮壁高さ	T. P. +18. 0m	T. P. +20. 0m	T. P. +18. 0m
設計裕度	2. 6m	2. 1m	1. 2m

構造概要

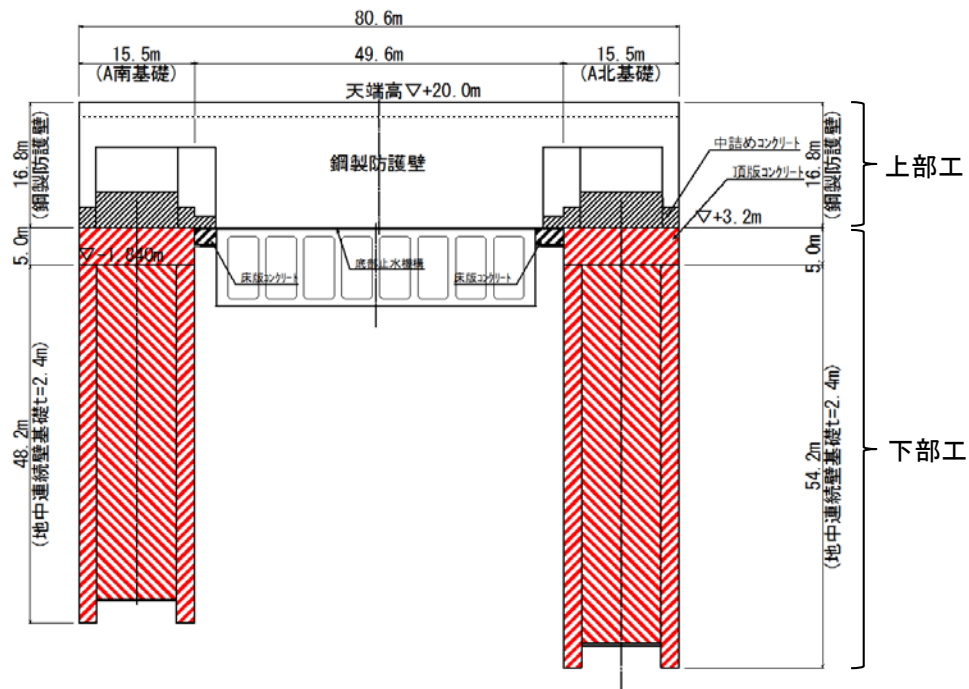


構造概要図(イメージ図)

平面図



A-A断面図

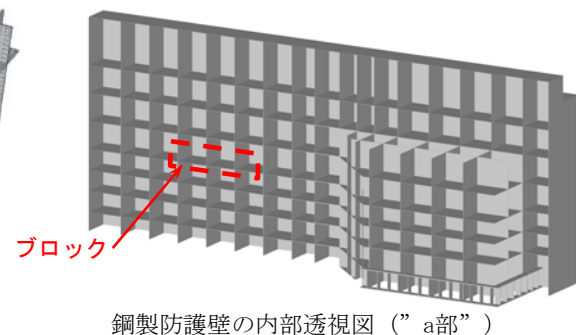
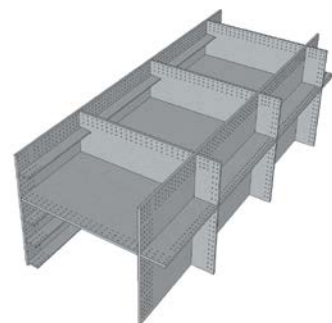
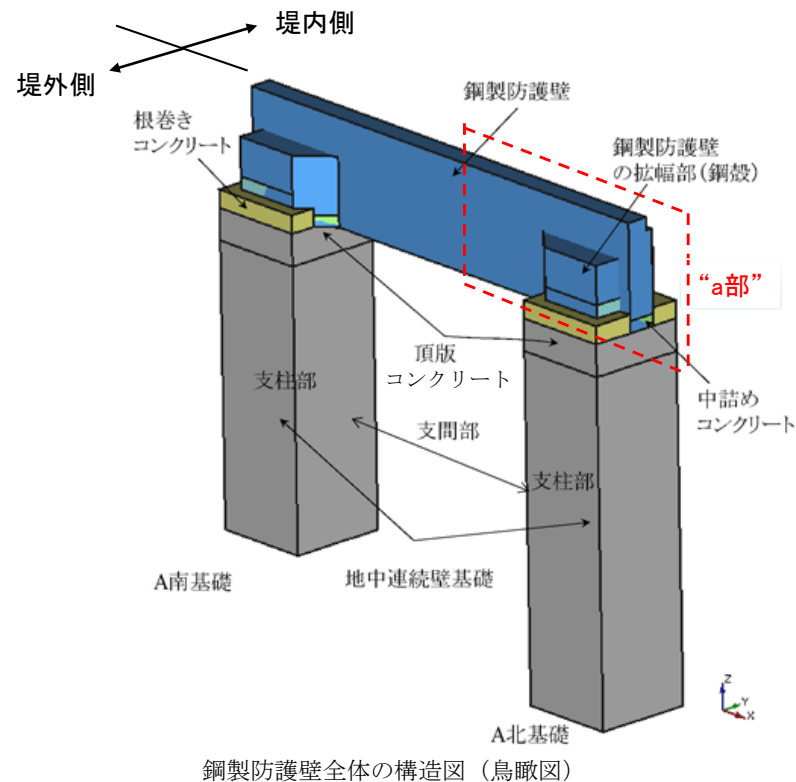


※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

構造概要

■ 鋼製防護壁の構成部位と役割

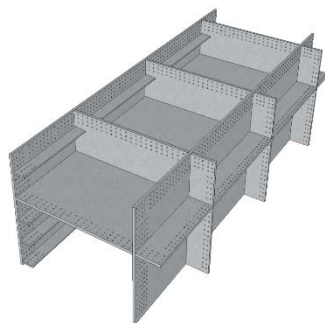
区分	分類	構成	各部位の役割
上部工	鋼製防護壁	鋼製防護壁 (支間部, 支柱部)	津波荷重等に抵抗する。
		鋼製防護壁の拡幅部 (鋼殻)	基礎上部の範囲を拡幅することにより, 支柱部応力の低減とアンカーボルトの配 置エリアを確保する。
		中詰めコンクリート (鉄筋コンクリート)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで, 支柱部 周辺の鋼殻応力の低減と上部工からの せん断力と水平トルク(鉛直軸回りモー メント)を基礎頂版に伝達する。
	アンカー ボルト	—	上部工からの軸力及び曲げモーメントを 地中連続壁基礎頂版コンクリートに伝達 する。
下部工	地中連続壁 基礎 (A北, A南)	頂版コンクリート (鉄筋コンクリート)	地中連続壁の上部に構築する鉄筋コン クリート版で, 鋼製防護壁からの荷重を 地中連続壁基礎に伝達させる。アンカー ボルト及び中詰めコンクリート内の鉄筋 を定着させる。
		地中連続壁基礎 (鉄筋コンクリート)	基礎外面を形成し基礎の主要部材となる。
		中実コンクリート (鉄筋コンクリート)	地中連続壁内部の鉄筋コンクリートで, 地中連続壁と一体となって発生断面力を 負担する。
非構造部材	根巻き コンクリート	—	定着アンカー頭部の防食などを目的とし た鉄筋コンクリート。非構造部材として設 計する。



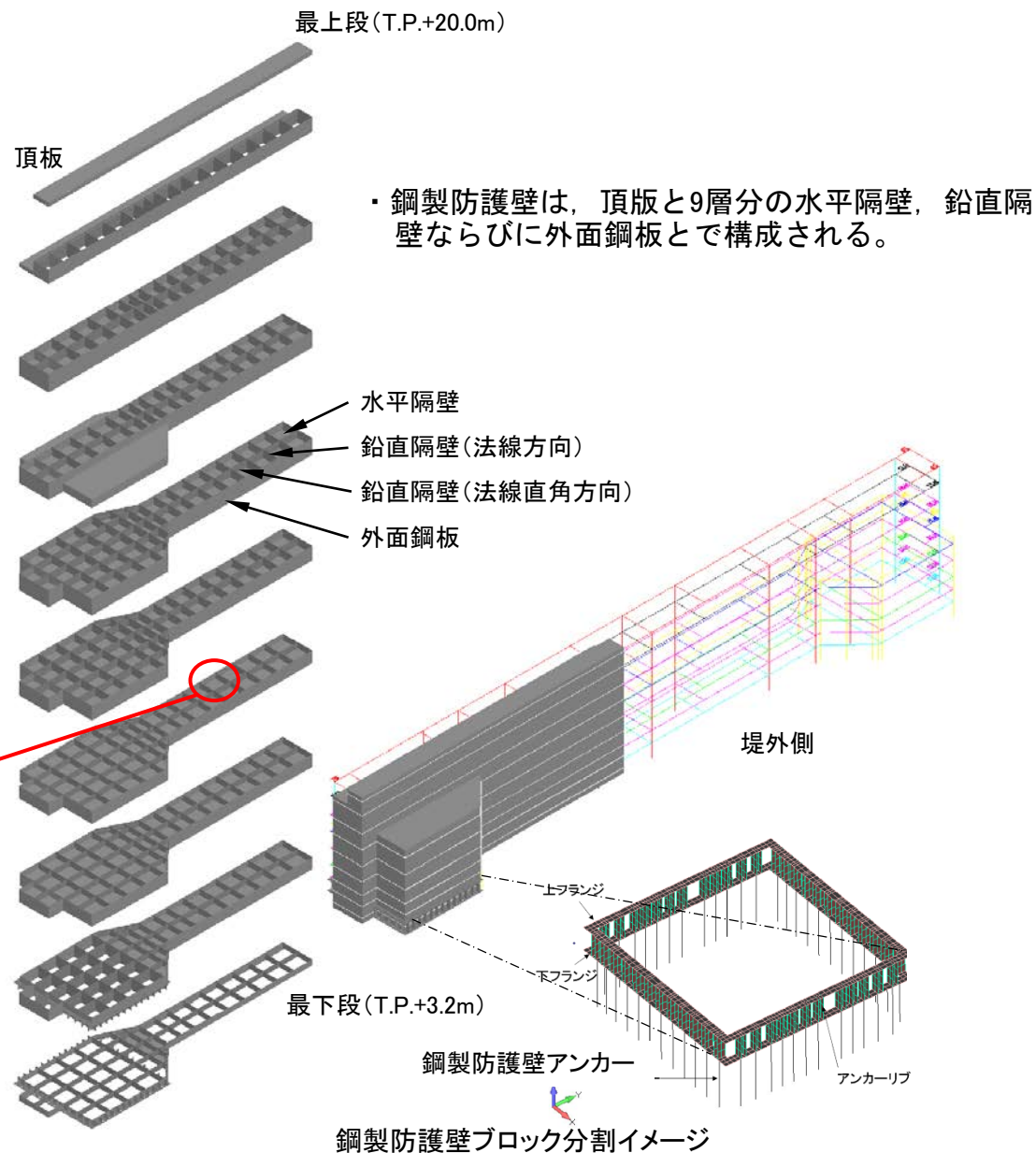
構造概要

■ 鋼製防護壁の鉛直方向のブロック分割イメージ

- ・下端標高T.P.+3.2mから天端標高T.P.+20.0mまでを頂部鋼板を含めて10層に分割する。
- ・各層は下に示すブロックが複数結合されている。
- ・ブロック同士は、添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により結合される。
- ・鋼製防護壁の拡幅部最下層にはアンカーボルトを設置し、上部工からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き、押し込み力として頂版コンクリートに伝達する。



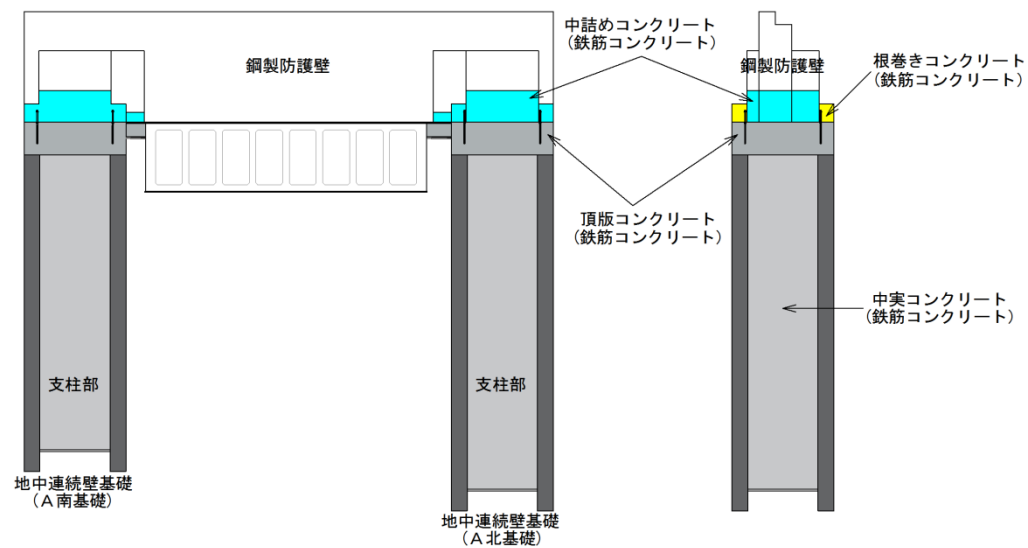
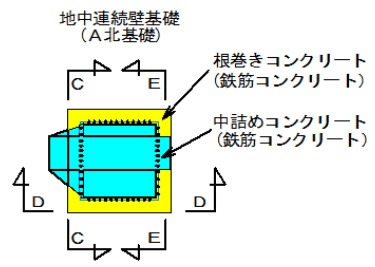
ブロックのイメージ図



鋼製防護壁ブロック分割イメージ

構造概要

- 鋼製防護壁には、打設部位と機能により
 - 1) 地中連続壁内側に打設する中実コンクリート
 - 2) 地中連続壁基礎上部に打設する頂版コンクリート
 - 3) 基礎部直上の鋼殻内の必要な高さまで打設する中詰めコンクリート
 - 4) 鋼製防護壁アンカーを巻き込んで打設する根巻きコンクリート
 の4種類のコンクリートがあり、いずれも鉄筋コンクリート構造である。



A-A断面図

B-B断面図

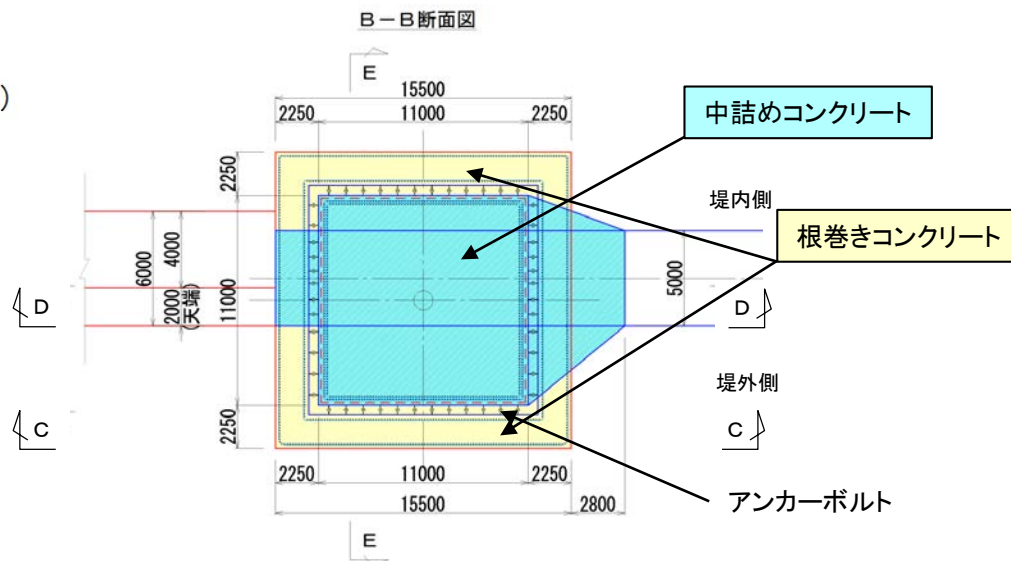
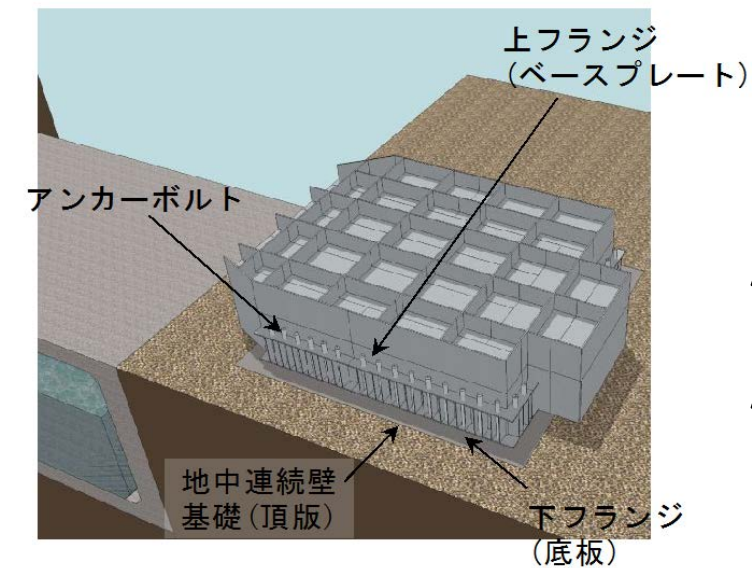
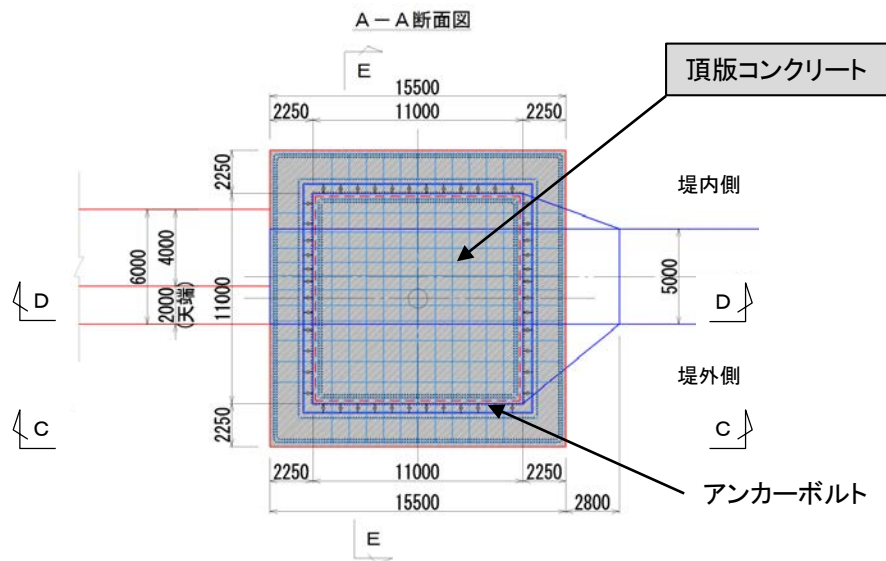
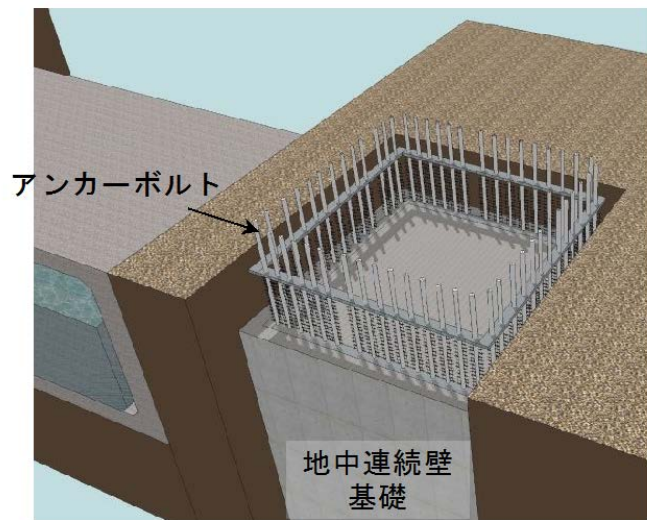
C-C矢視図

D-D矢視図

E-E矢視図

構造概要

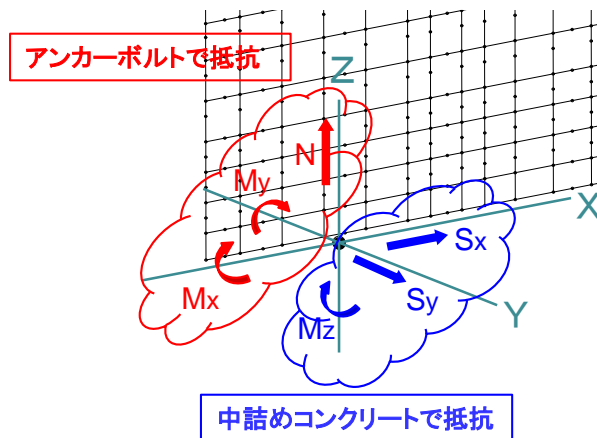
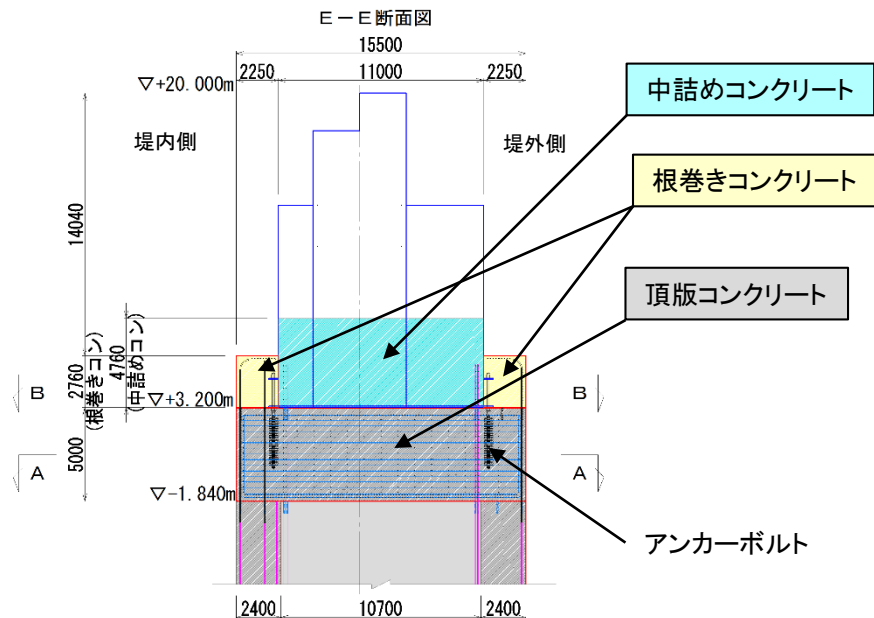
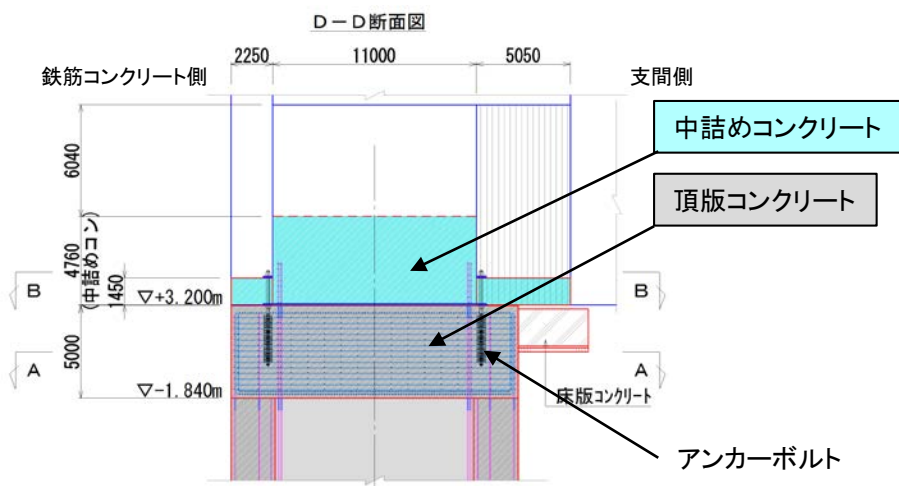
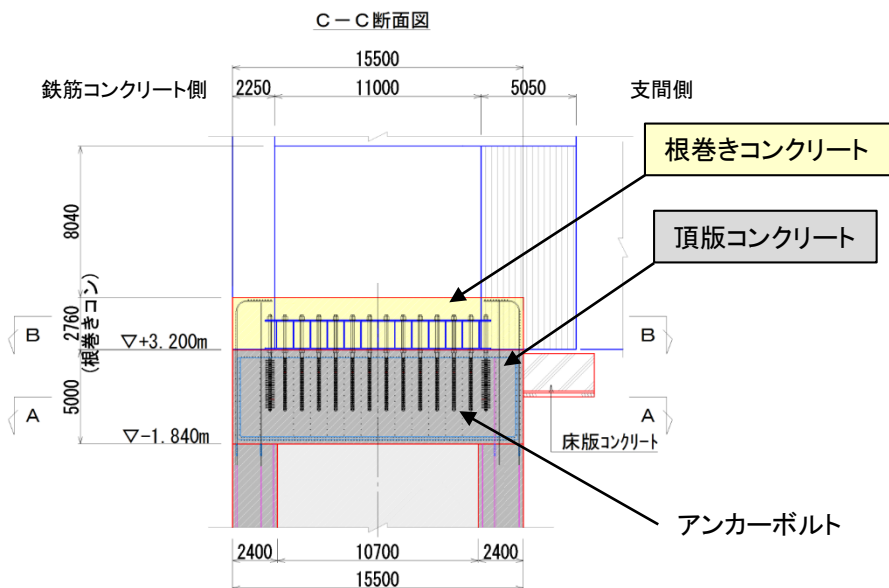
■ 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の接合部



※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

構造概要

■ 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の接合部



接合部の荷重分担(本震時の例)

※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

設計手順

- 鋼製防護壁は、津波防護施設であること、Sクラスの設計基準対象施設であることを踏まえ、各部材の耐震・耐津波評価を行う。

構造強度設計			設計に用いる許容限界	
評価対象部位	応力等の状態			
下部工	基礎地盤	支持力	「道路橋示方書・同解説(I共通編・IV下部構造編)」に基づき極限支持力以下とする。	
	地中連続壁基礎	曲げせん断	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV下部構造編・V耐震設計編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【T.P.+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV下部構造編・V耐震設計編)」「コンクリート標準示方書」に基づき降伏応力度・せん断強度以下とする。	
上部工	鋼製防護壁	曲げせん断	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II鋼橋編)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【T.P.+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II鋼橋編)」に基づき降伏応力度以下とする。	
	アンカーボルト	引張りせん断引抜き	【基準津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV下部構造編)」「鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)」に基づき短期許容応力度以下とする。 【T.P.+24m津波に対して】 「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II鋼橋編)」に基づき降伏応力度以下とする。	
	止水ジョイント部	止水ゴム等	変形引張り	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張り力以下とする。
		鋼製アンカー	引張りせん断引抜き	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき短期許容応力度以下とする。
止水ゴム等の鋼製防護部材		曲げ引張りせん断	「鋼構造設計基準」に基づき短期許容応力度以下とする。	
鋼製防護壁底部止水機構		曲げせん断	「道路橋示方書・同解説(I 共通編・II鋼橋編)」「水門鉄管技術基準」に基づき短期許容応力度以下とする。	

鋼製防護壁の設計方針

■ 地中連続壁基礎の設計

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重

基準地震動 S_s を考慮した設計荷重に対して、短期許容応力度以下であることを確認する。

(2) 基準津波荷重+漂流物衝突荷重

津波荷重+漂流物衝突荷重を考慮した設計荷重に対して、短期許容応力度以下であることを確認する。

(3) 余震+基準津波荷重

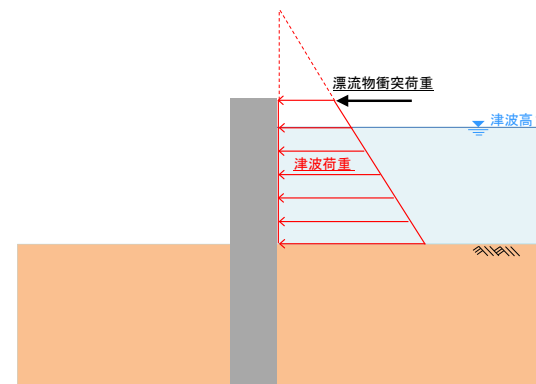
余震による地震力+津波荷重に対して短期許容応力度以下であることを確認する。

(4) T. P. +24m津波荷重+漂流物衝突荷重

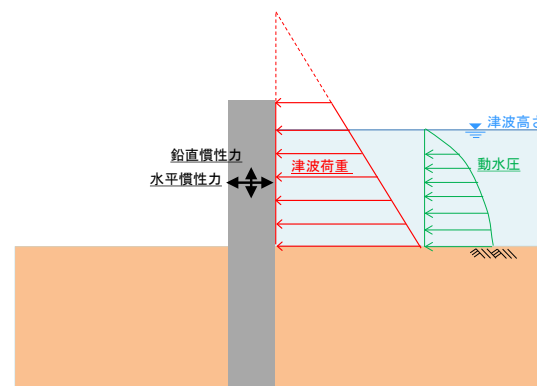
津波荷重+漂流物衝突荷重を考慮した設計荷重に対して、降伏応力度以下であることを確認する。

(5) 余震+T. P. +24m津波荷重

余震による地震力+津波荷重に対して降伏応力度以下であることを確認する。



基準津波荷重+漂流物衝突荷重



余震+基準津波荷重

対象	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
地中連続壁基礎	曲げ, せん断	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T. P. +24m津波に対して】 降伏応力度・ せん断強度以下	【基準津波に対して】 道路橋示方書・同解説 (I 共通編・IV下部構造編・V耐震設計編) 【T. P. +24m津波に対して】 道路橋示方書・同解説 (I 共通編・IV下部構造編・V耐震設計編) コンクリート標準示方書
基礎地盤	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説 (IV下部構造編)

鋼製防護壁の設計方針

■ 鋼製防護壁の設計

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重

基準地震動 S_s を考慮した設計荷重に対して、短期許容応力度以下であることを確認する。

(2) 基準津波荷重+漂流物衝突荷重

津波荷重+漂流物衝突荷重を考慮した設計荷重に対して、短期許容応力度以下であることを確認する。

(3) 余震+基準津波荷重

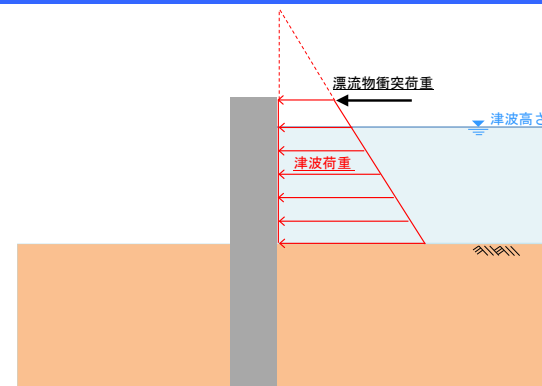
余震による地震力+津波荷重に対して短期許容応力度以下であることを確認する。

(4) T.P.+24m津波荷重+漂流物衝突荷重

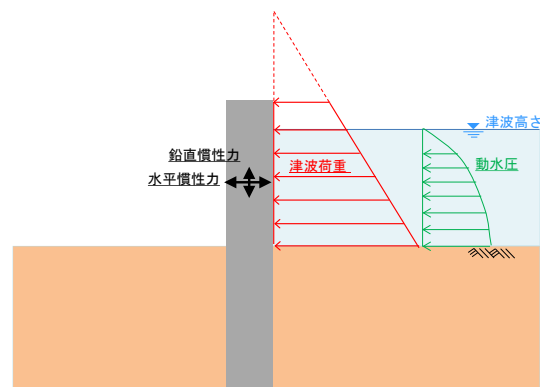
津波荷重+漂流物衝突荷重を考慮した設計荷重に対して、降伏応力度以下であることを確認する。

(5) 余震+T.P.+24m津波荷重

余震による地震力+津波荷重に対して降伏応力度以下であることを確認する。



基準津波荷重+漂流物衝突荷重

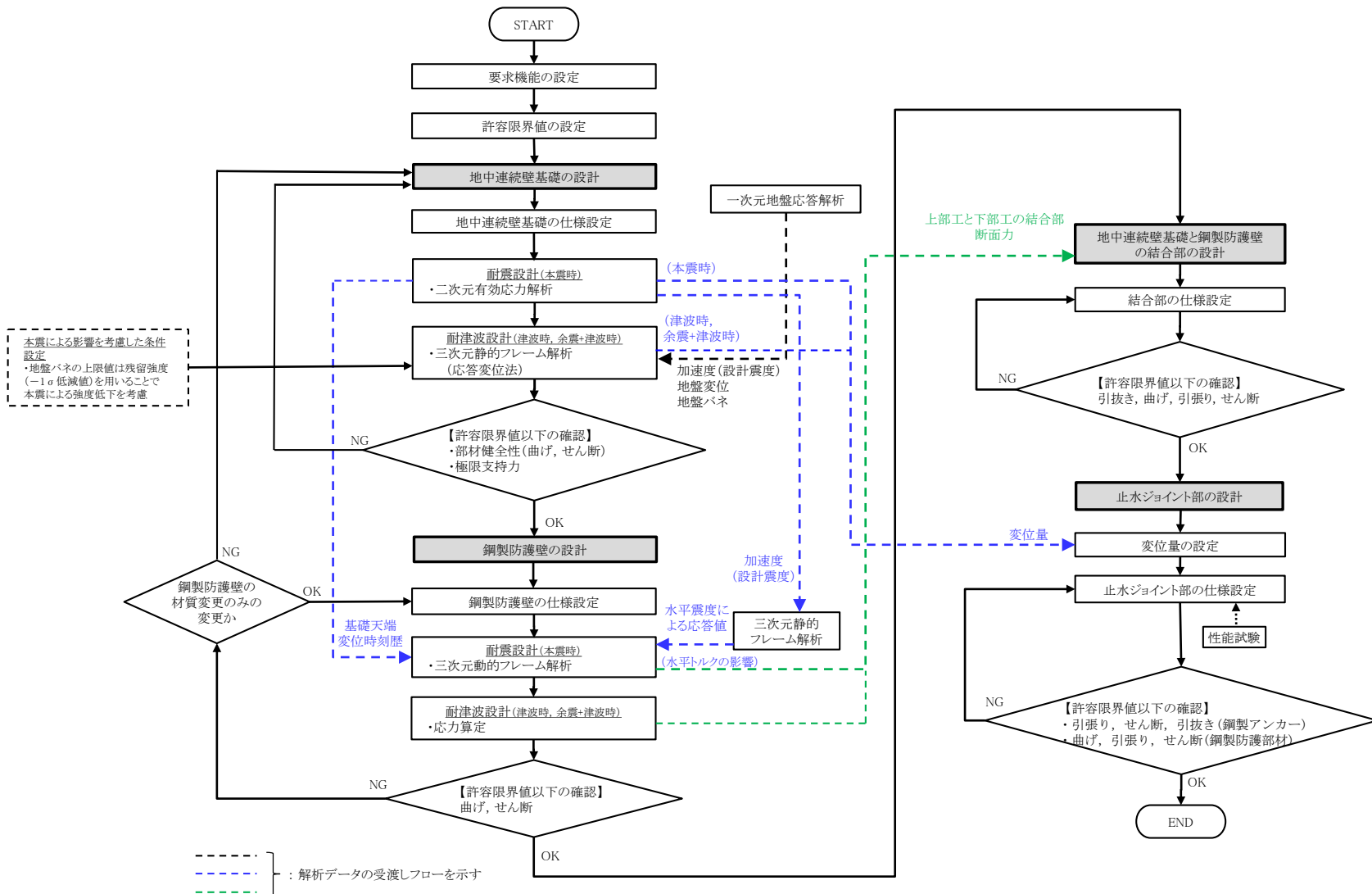


余震+基準津波荷重

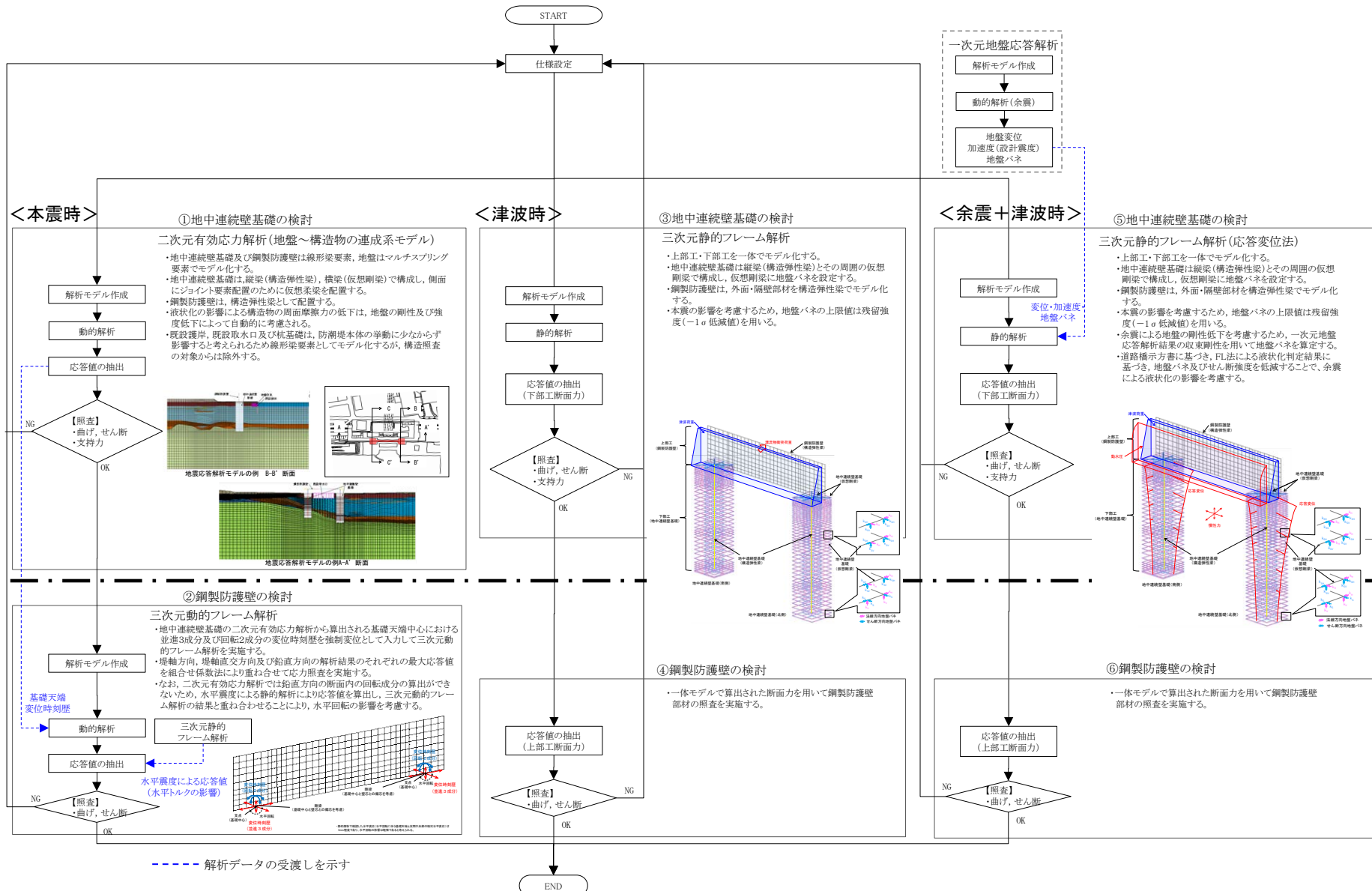
対象	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼製防護壁	曲げ, せん断	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T.P.+24m津波に対して】 降伏応力度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・V 耐震設計編)
鋼製防護壁アンカー (直接定着式アンカーボルト)	引張, せん断, 引抜き	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T.P.+24m津波に対して】 降伏応力度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・V 耐震設計編) 鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)

設計手順

■ 設計検討フロー



設計手順



鋼製防護壁の検討モデルと評価フロー

下部工(地中連続壁基礎)

上部工(鋼製防護壁)

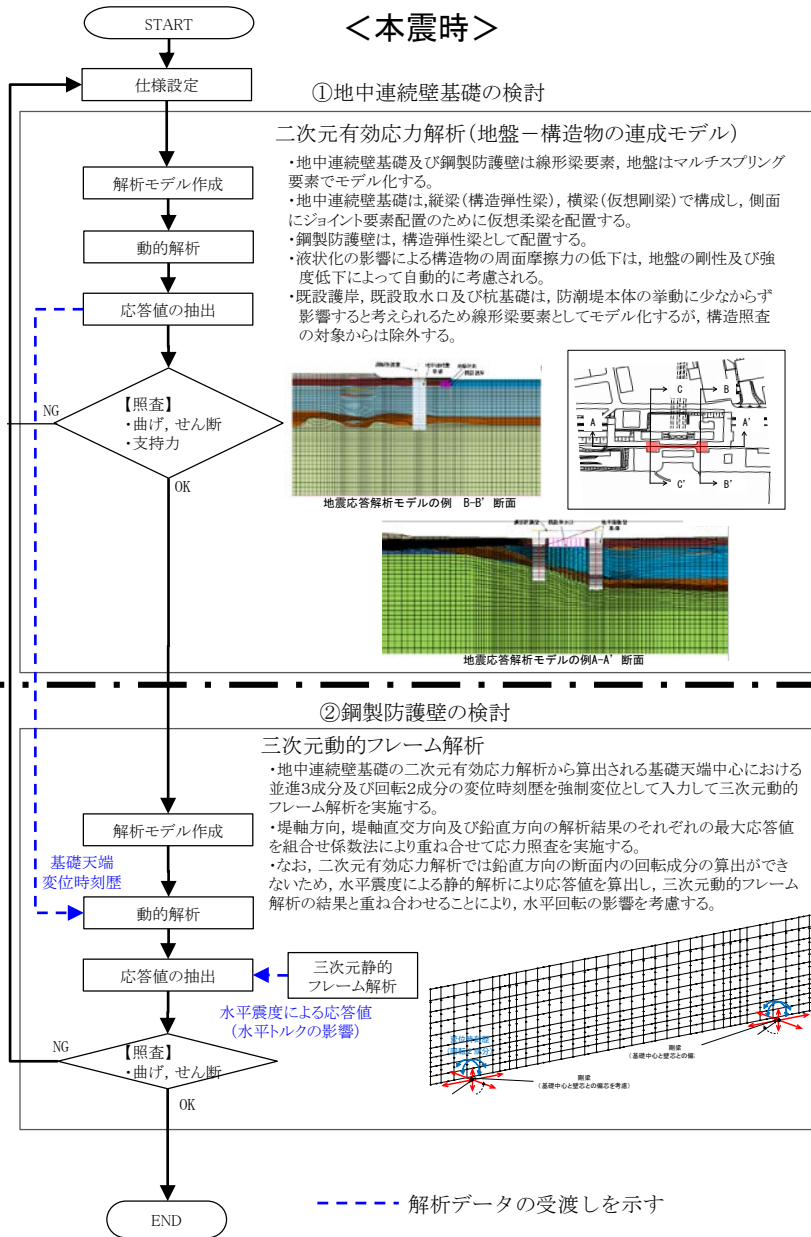
解析手法

解析手法	プログラム	対象荷重	目的	データ利用
二次元動的有効応力法	FLIP	本震時	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の動的挙動評価 ・地層の不陸を反映 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎, 基礎地盤の照査 ・基礎天端の変位時刻歴 (上部工の動的解析に入力) ・鋼製防護壁の最大水平加速度 (上部工の静的解析に入力)
三次元動的フレーム解析	TDAP	本震時	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・鋼製防護壁の動的挙動評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁の照査
三次元静的フレーム解析	Engineer's Studio	津波時	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元挙動評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査
	Engineer's Studio	余震+津波時	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震の影響を受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元挙動評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査

解析手法(本震時)

下部工 (地中連続壁基礎)

上部工 (鋼製防護壁)



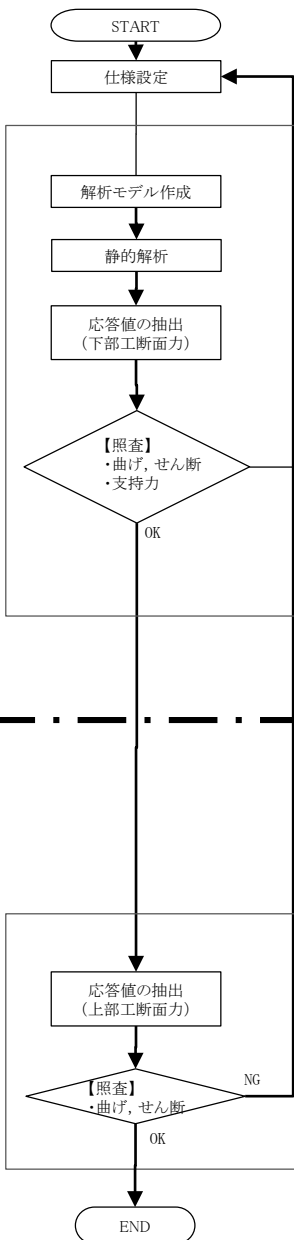
解析手法	二次元動的有効応力解析
プログラム	FLIP
対象荷重	本震時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の動的挙動評価 ・地層の不陸を反映
データ利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎、基礎地盤の照査 ・基礎天端の変位時刻歴 (上部工の動的解析に入力) ・鋼製防護壁の最大水平加速度 (上部工の静的解析に入力)

解析手法	三次元動的フレーム解析
プログラム	TDAP
対象荷重	本震時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・鋼製防護壁の動的挙動評価
データ利用	・鋼製防護壁の照査

解析手法(津波時)

下部工 (地中連続壁基礎)

上部工 (鋼製防護壁)

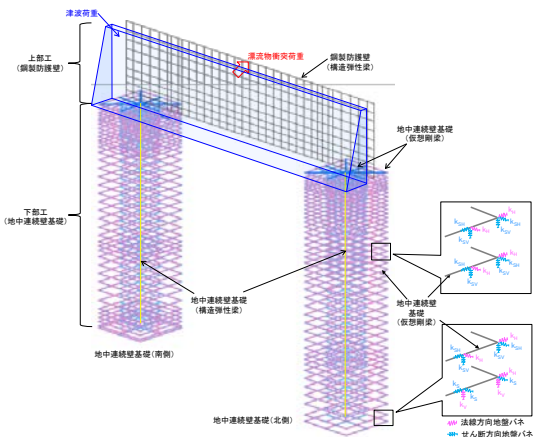


<津波時>

③地中連続壁基礎の検討

三次元静的フレーム解析

- ・上部工・下部工を一体でモデル化する。
- ・地中連続壁基礎は縦梁 (構造弾性梁) とその周囲の仮想剛梁で構成し, 仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は, 外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震の影響を考慮するため, 地盤バネの上限値は残留強度 (-1σ 低減値) を用いる。

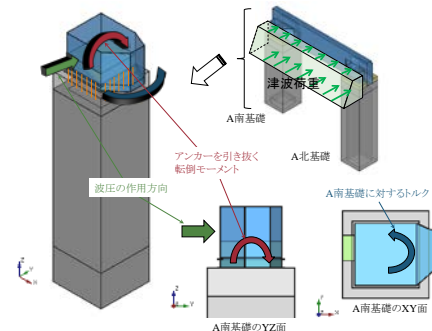
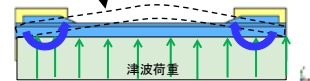


④鋼製防護壁の検討

- ・一体モデルで算出された断面力を用いて鋼製防護壁部材の照査を実施する。

解析手法	三次元静的フレーム解析
プログラム	Engineer's Studio
対象荷重	津波時
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元挙動評価
データ利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査

鉛直軸回りねじりモーメント (水平トルク)

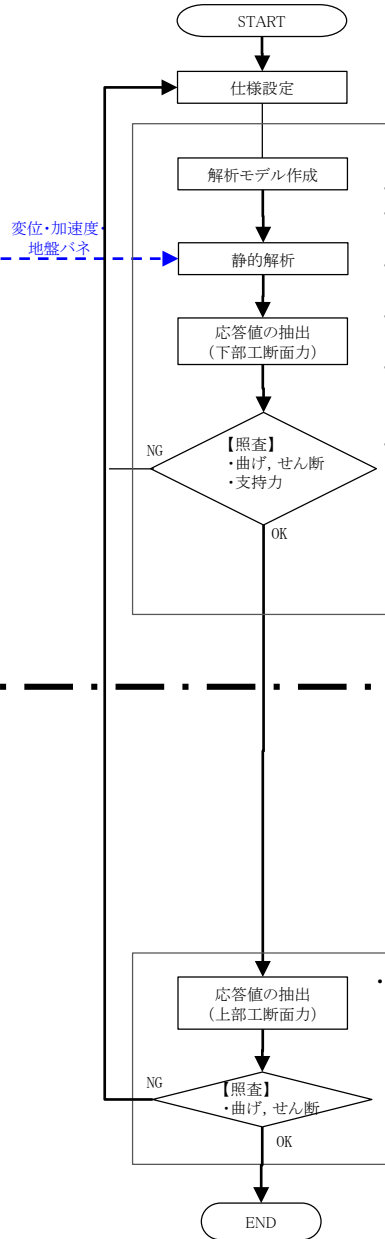
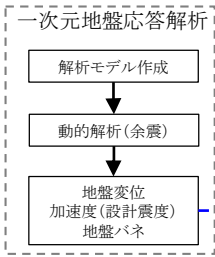


- ・津波荷重により地中連続壁基礎及び鋼製防護壁に作用する鉛直軸回りモーメント (水平トルク) を評価するため三次元解析を実施する。

解析手法(余震+津波時)

下部工 (地中連続壁基礎)

上部工 (鋼製防護壁)

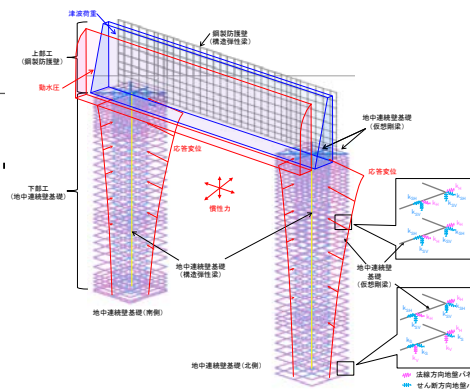


<余震+津波時>

⑤地中連続壁基礎の検討

三次元静的フレーム解析(応答変位法)

- 上部工・下部工を一体でモデル化する。
- 地中連続壁基礎は縦梁(構造弾性梁)とその周囲の仮想剛梁で構成し、仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- 鋼製防護壁は、外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- 本震の影響を考慮するため、地盤バネの上限値は残留強度(-1σ低減値)を用いる。
- 余震による地盤の剛性低下を考慮するため、一次元地盤応答解析結果の収束剛性を用いて地盤バネを算定する。
- 道路橋示方書に準拠して、FL法による液状化判定結果に基づき、地盤バネ及びせん断強度を低減することで、余震による液状化の影響を考慮する。



⑥鋼製防護壁の検討

- 一体モデルで算出された断面力を用いて鋼製防護壁部材の照査を実施する。

解析手法	三次元静的フレーム解析
プログラム	Engineer's Studio
対象荷重	余震+津波時
目的	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製防護壁モデルの精緻化 津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震の影響を受ける地中連続壁基礎の三次元挙動評価
データ利用	<ul style="list-style-type: none"> 地中連続壁基礎の照査 鋼製防護壁の照査

--- 解析データの受渡しを示す

①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)

解析の目的

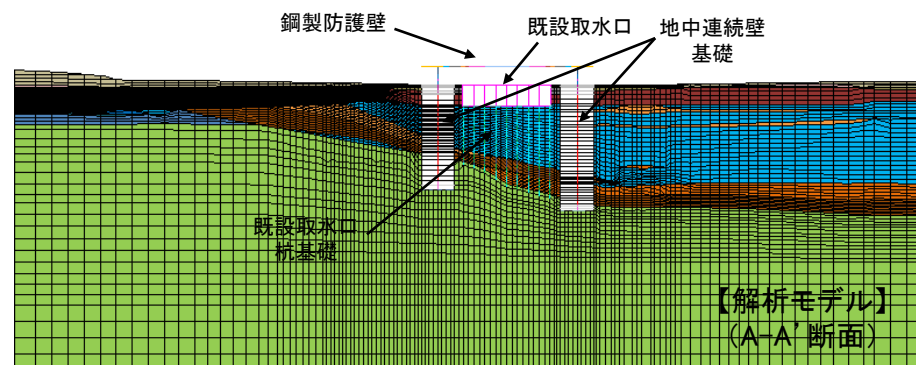
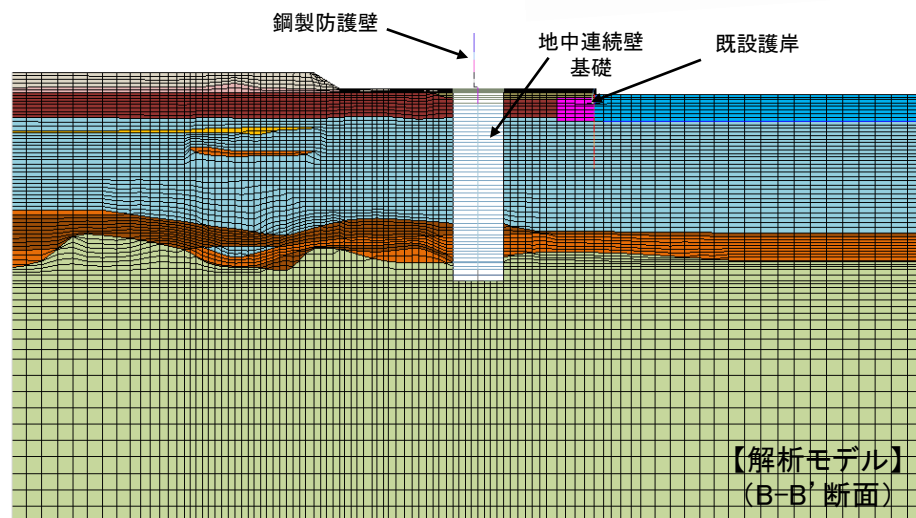
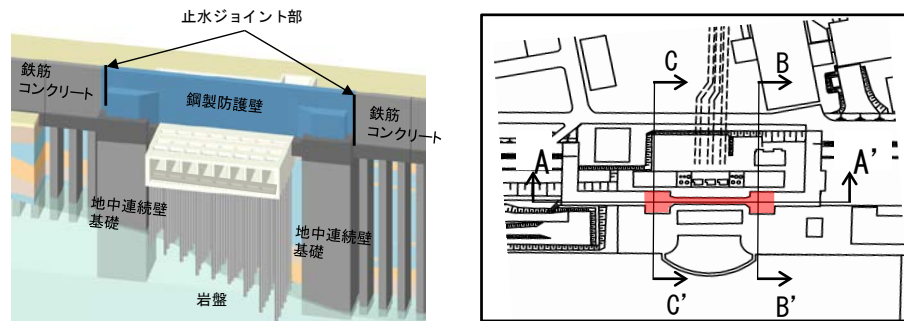
- ・地層の不陸を反映した本震時の地中連続壁基礎の挙動を動的に評価する。
- ・地盤の液状化の影響を厳密に反映するため地盤-構造物の連成モデルに対して二次元動的有効応力法を適用する。

結果の利用

- ・地中連続壁基礎の応力照査, 基礎の支持性能の評価
- ・上部工の動的解析に入力する基礎天端の変位時刻歴

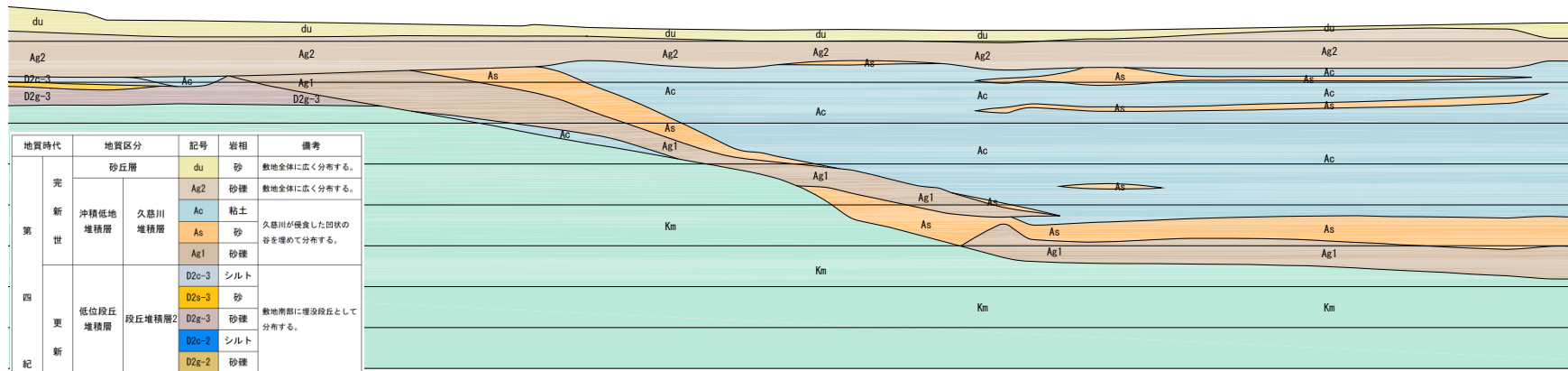
モデル化方針

- ・地中連続壁基礎及び鋼製防護壁は線形梁要素, 地盤はマルチスプリング要素でモデル化する。
- ・地中連続壁基礎は, 縦梁(構造弾性梁), 横梁(仮想剛梁)で構成し, 側面にジョイント要素配置のために仮想柔梁を配置する。
- ・鋼製防護壁は構造弾性梁として配置する。
- ・液状化の影響による構造物の周面摩擦力の低下は, 地盤の剛性及び強度低下によって自動的に考慮される。
- ・既設護岸, 既設取水口及び杭基礎は, 防潮堤本体の挙動に少なからず影響すると考えられるため線形梁要素としてモデル化するが, 構造照査の対象からは除外する。



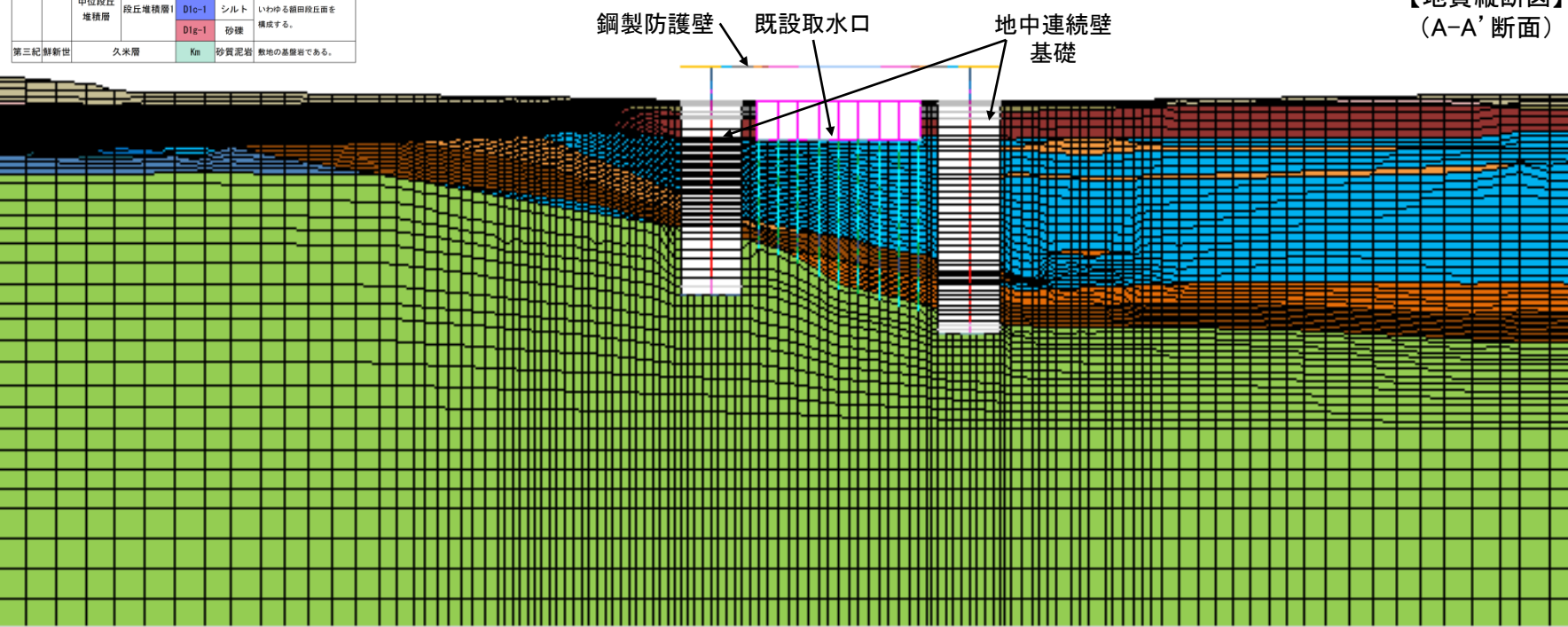
9. 設計方針

①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)



地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
完 新 世	砂丘層	du	砂	敷地全体に広く分布する。
		Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
	沖積低地 堆積層	Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
		As	砂	
		Ag1	砂礫	
四 更 新 世	低位段丘 堆積層	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
		D2s-3	砂	
		D2c-2	シルト	
		D2s-2	砂礫	
	中位段丘 堆積層	Im	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる餅田段丘面を構成する。
		D1c-1	シルト	
		D1s-1	砂礫	
第三紀 鮮新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基礎岩である。

【地質縦断面】
(A-A'断面)

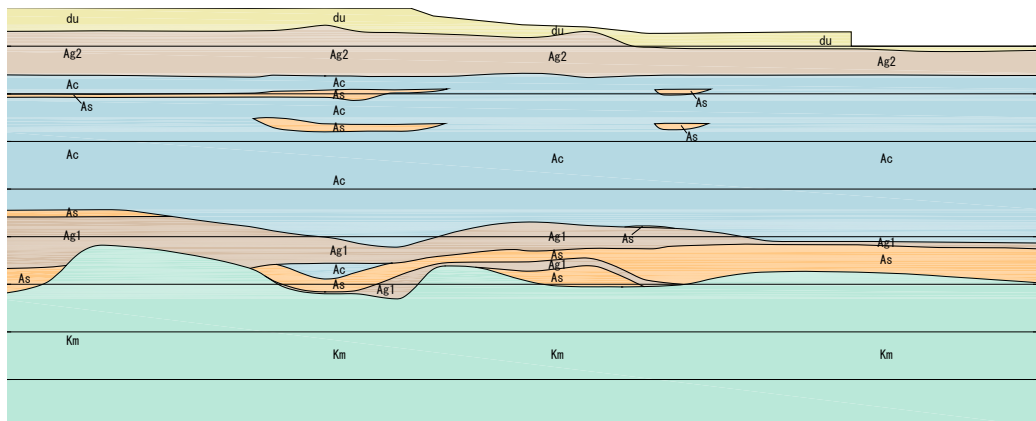


鋼製防護壁 既設取水口 地中連続壁
基礎

【解析モデル】
(A-A'断面)

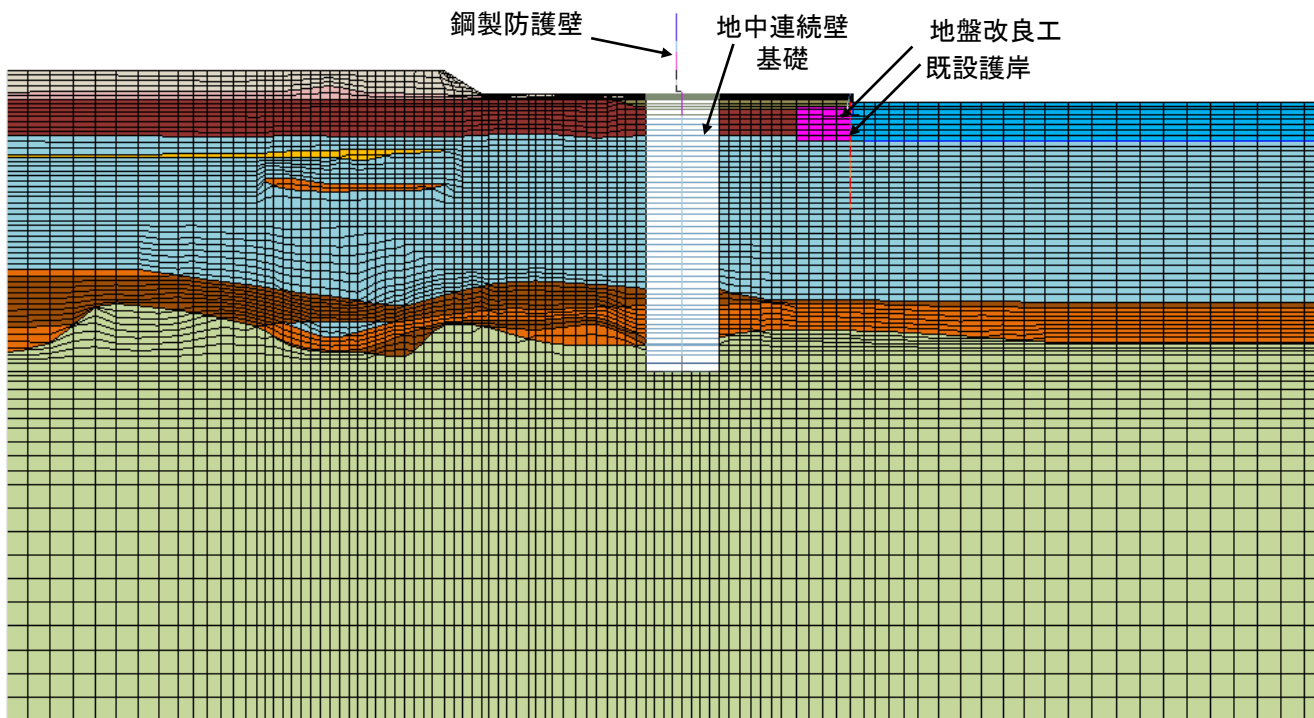
9. 設計方針

①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)



【地質断面図】
(B-B'断面)

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
完新世	砂丘層	du	砂	敷地全体に広く分布する。
	沖積低地堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
		Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
		As	砂	
	Ag1	砂礫		
第四紀	低位段丘堆積層	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
		D2s-3	砂	
		D2g-3	砂礫	
		D2e-2	シルト	
	中位段丘堆積層	D2g-2	砂礫	
		lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる顔田段丘面を構成する。
		D1c-1	シルト	
D1g-1	砂礫			
第三紀 鮮新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。



【解析モデル】
(B-B'断面)

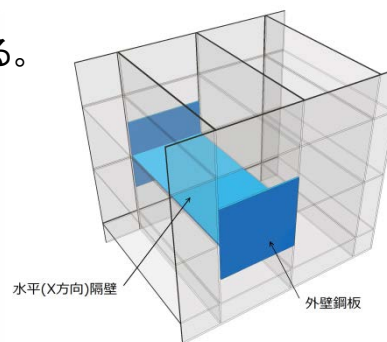
鋼製防護壁のモデル化(本震時, 津波時, 余震+津波時共通)

モデル化方針

- ・鋼製防護壁を, 梁で構成される格子にモデル化する。
- ・水平(X方向)隔壁及び鉛直(Z方向)隔壁の交差位置を格点とした格子モデルとする。
- ・格子モデルは鋼部材のみをモデル化する。

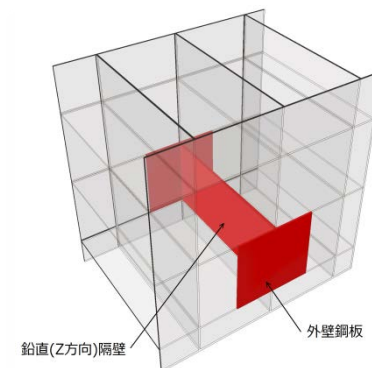
i) 主桁部材(水平方向)

外壁鋼板をフランジ, 水平(X方向)隔壁をウェブとみなした I 断面とする。



ii) 横桁部材(鉛直方向)

外壁鋼板をフランジ, 鉛直(Z方向)隔壁をウェブとみなした I 断面とする。



iii) ねじれ剛性は, 外面鋼板が連続していることから, 箱断面として算出したねじれ剛性を両部材に考慮する。

②鋼製防護壁の検討 本震時(三次元動的フレーム解析)

解析の目的

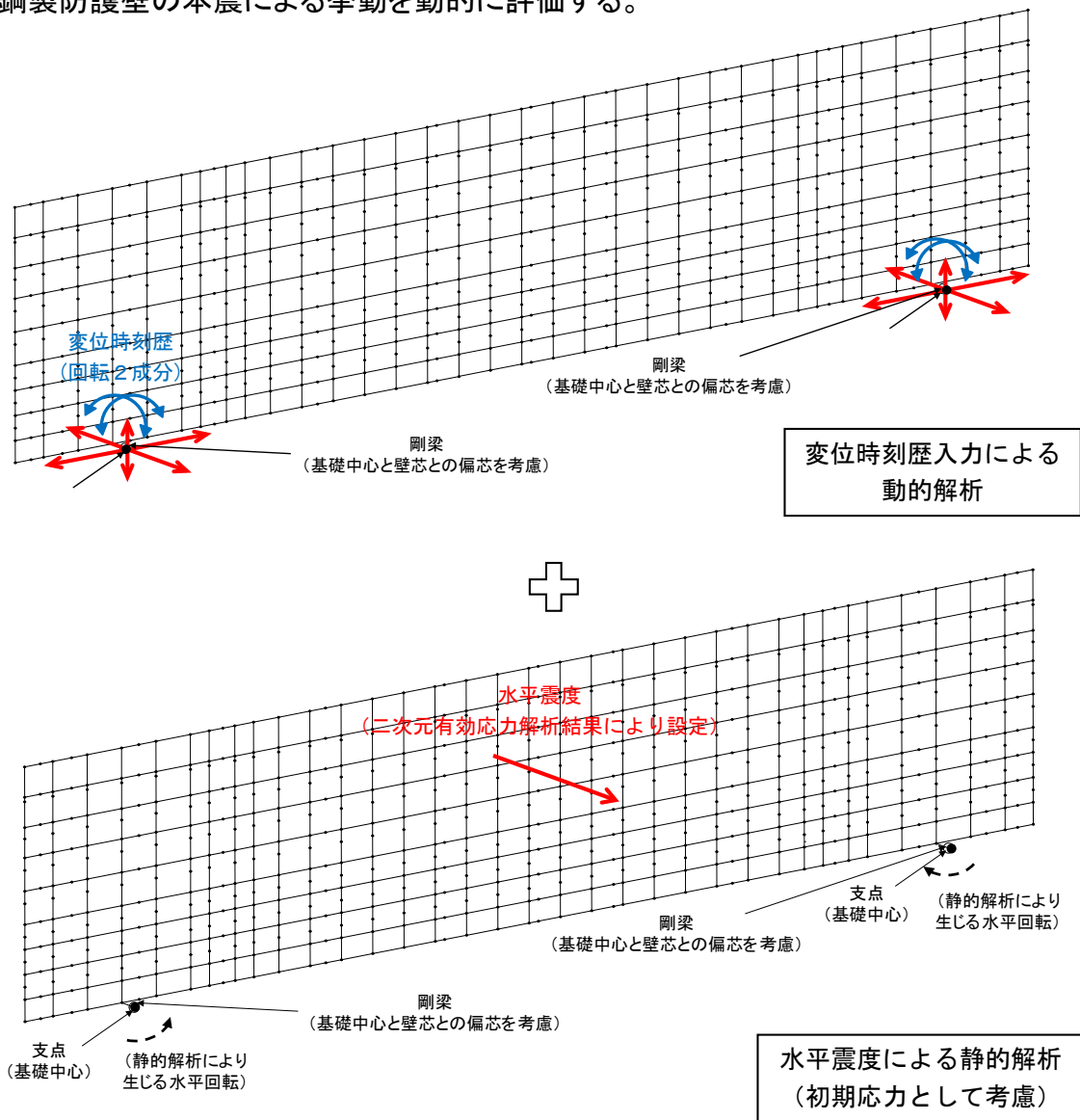
- ・主桁、横桁部材ごとの要素で精緻にモデル化した鋼製防護壁の本震による挙動を動的に評価する。

結果の利用

- ・鋼製防護壁の部材応力照査

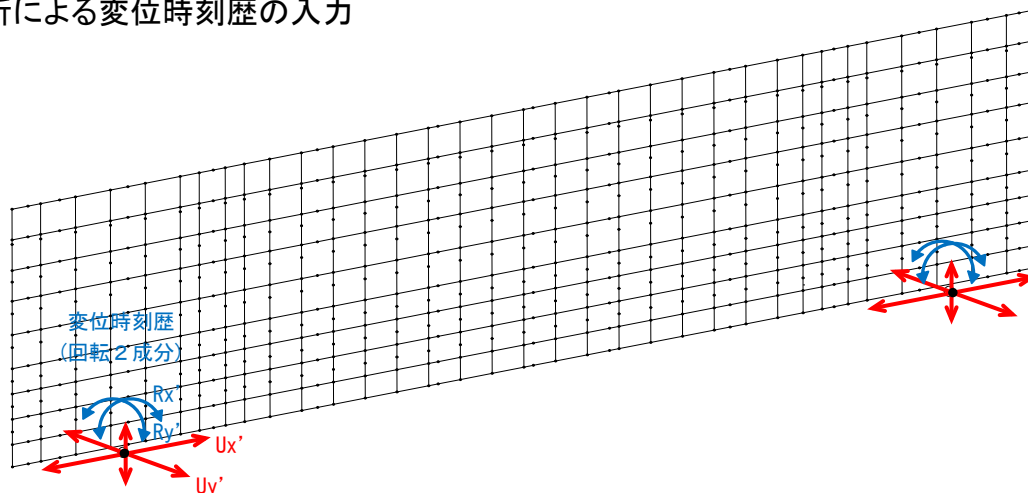
変位時刻歴入力による動的解析

- ・地中連続壁基礎の二次元有効応力解析から算出される基礎天端中心における並進3成分及び回転2成分の変位時刻歴を強制変位として入力して三次元動的フレーム解析を実施する。
- ・①堤軸方向、②堤軸直交方向及び③鉛直方向の解析結果それぞれの最大応答値を組合せ係数法により重ね合わせて応力照査を実施する。
- ・なお、二次元有効応力解析では水平回転成分の算出ができないため、水平震度による静的解析により応答値を算出し、三次元動的フレーム解析の結果と重ね合わせることにより、水平回転の影響を考慮する。



②鋼製防護壁の検討 本震時(三次元動的フレーム解析)

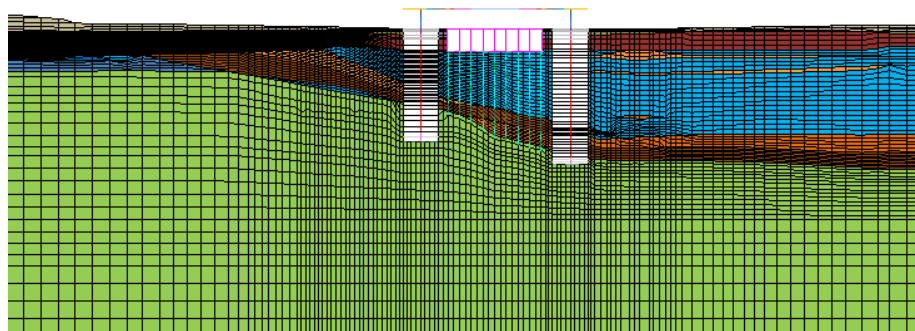
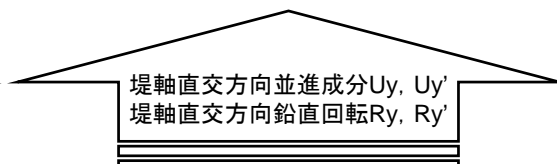
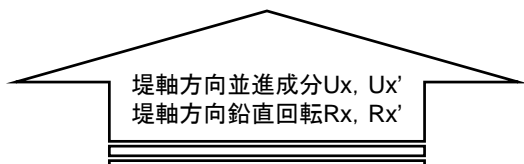
■二次元有効応力解析による変位時刻歴の入力



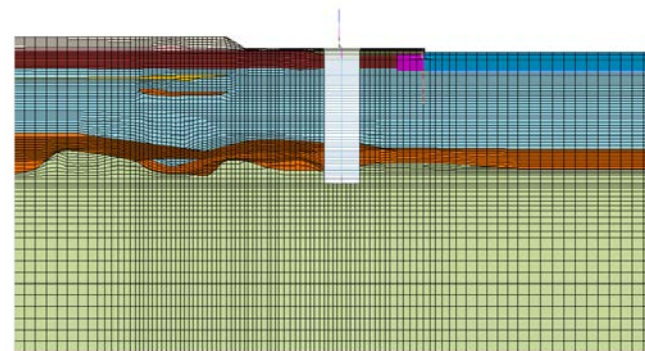
※軸直交方向の変位時刻歴は南北基礎それぞれの軸直交断面の解析結果から設定する。

- ・A北基礎: B-B' 断面
- ・A南基礎: C-C' 断面

※鉛直成分は軸方向・軸直方向の入力のうち、応力が大きくなる方を選定する。



【二次元有効応力解析モデル】
堤軸方向(A-A' 断面)



【二次元有効応力解析モデル】
堤軸直交方向(B-B' 断面)

③地中連続壁基礎, ④鋼製防護壁の検討 津波時(三次元静的フレーム解析)

解析の目的

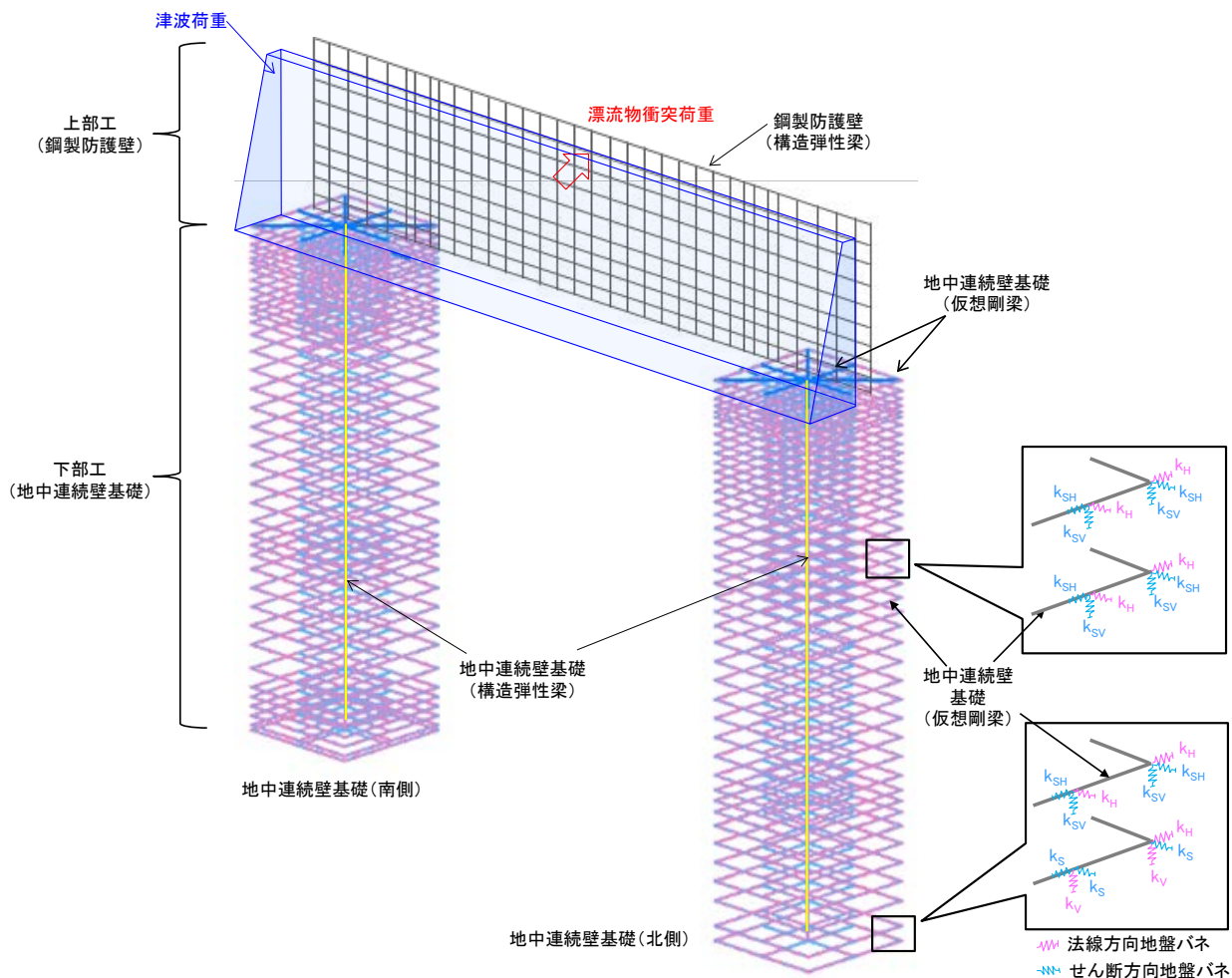
- ・津波荷重による水平トルクを受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元的な挙動を評価する。

結果の利用

- ・地中連続壁基礎の応力照査
- ・鋼製防護壁の応力照査

モデル化方針

- ・上部工・下部工を一体でモデル化する。
- ・地中連続壁基礎は縦梁(構造弾性梁)とその周囲の仮想剛梁で構成し, 仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は, 外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震の影響を考慮するため, 地盤バネの上限値は残留強度(-1σ 低減値)を用いる。



⑤地中連続壁基礎, ⑥鋼製防護壁の検討 余震+津波時(三次元静的フレーム解析, 応答変位法)

解析の目的

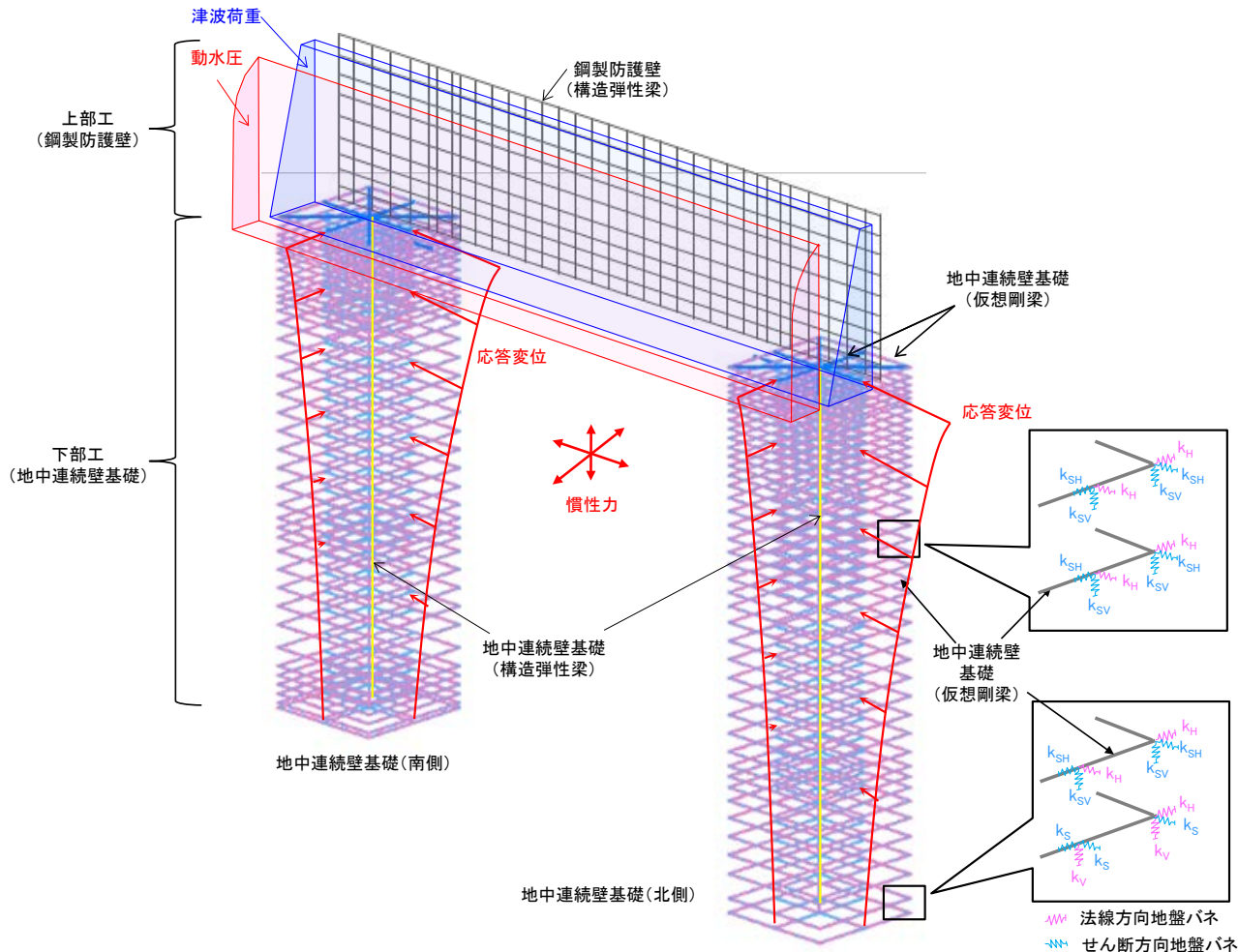
- ・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震の影響を受ける地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の三次元的な挙動を評価する。

結果の利用

- ・地中連続壁基礎の応力照査
- ・鋼製防護壁の応力照査

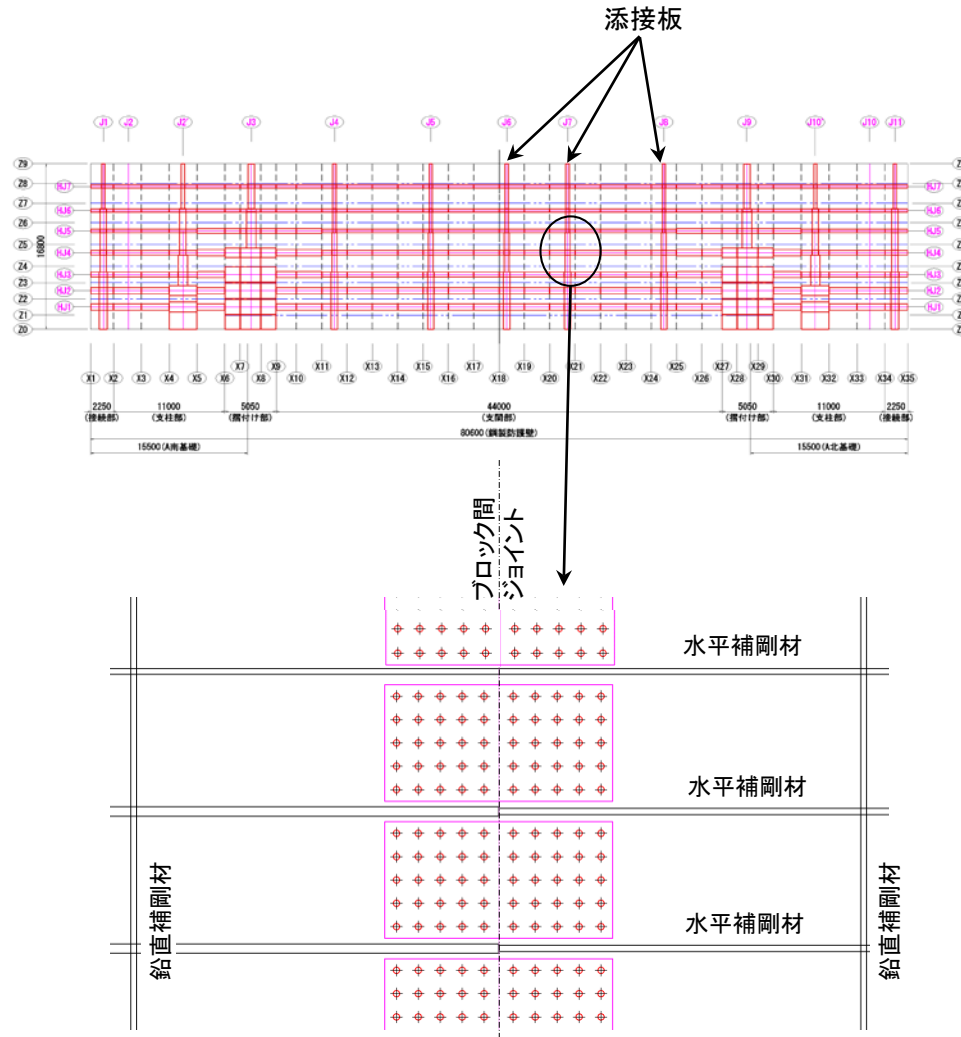
モデル化方針

- ・上部工・下部工を一体でモデル化する。
- ・地中連続壁基礎は縦梁(構造弾性梁)とその周囲の仮想剛梁で構成し, 仮想剛梁に地盤バネを設定する。
- ・鋼製防護壁は, 外面・隔壁部材を構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震の影響を考慮するため, 地盤バネの上限値は残留強度(-1σ低減値)を用いる。
- ・余震による地盤の剛性低下を考慮するため, 一次元地盤応答解析結果の収束剛性を用いて地盤バネを算定する。
- ・道路橋示方書に準拠して, FL法による液状化判定結果に基づき, 地盤バネ及びせん断強度を低減することで, 余震による液状化の影響を考慮する。



補剛材・添接板継手部の設計

- 鋼殻ブロックの添接板継手部は、高力ボルト摩擦接合方式とする(「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編7.3」)。
- 母材に作用するせん断力及び曲げモーメントに対して、継手部の孔引き後の母材、添接板及び高力ボルトの安全性を照査する。せん断力と曲げモーメントが同時に作用するため、合成した力に対する安全性も照査する。

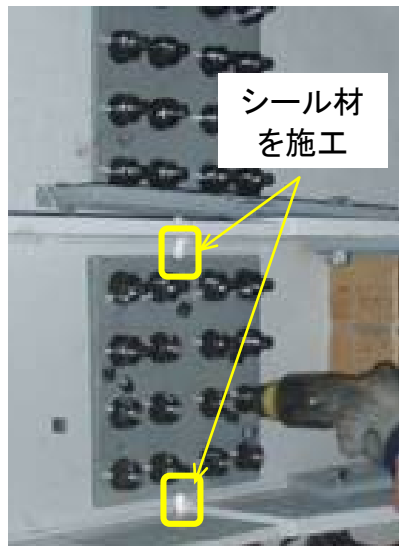


※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

補剛材・添接板継手部の設計

- ブロック間ジョイントにはシール材を施工し、止水性を確保する。シール材の止水性能について、所定の水圧をかけた状態での止水試験を実施して確認する。
- 止水試験は、試験水圧が最大津波波圧より大きいことを確認し、複数のシール材を選定し試験を実施し、その中から最適なシール材を決定する。

シール材(案)



シール材	種類	名称	選定理由
	シリコン系	トスシール361 (防火戸用ヒドロキシルアミン型シリコンシーリング材)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐久性、耐候性に優れ、モジュラスが低く伸びが大きい。 ・ 温度変化による特性変化がほとんどなく、耐オゾン、耐紫外線性に優れ、経年によって硬くなることなく、繰り返し応力を受けてもほとんど疲労しないため、ジョイント部への施工に適している。
	樹脂系	アルファテック435 (金属接着用高強度エポキシ樹脂接着剤)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属とコンクリートの双方に優れた接着性を示す。 ・ 硬化後は-10℃～80℃において高い接着力を持続できるため、止水性に優れると推測される。 ・ ペースト状でダレがなく、鉛直面の施工に適している。
	金属系	デブコンA (鉄粉入り一般金属用補修材)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水漏れや油漏れの補修に使用される材料であり、硬化後の機械的強度が高い。 ・ 密着性が高いため、止水性に優れると推測される。 ・ 施工面への下地処理が必要となる。

※シール材の選定については現在検討中

シール材の塗装仕様と耐用年数

箇所	外面部	内面部
本体	C-5(30年)	D-5(永久)
添接部非接触面 (シール部、添接板外面)	F-11(30年) ※C-5の現場塗装仕様	F-12(永久) ※D-5の現場塗装仕様
添接部接触面	無機ジンクリッチペイント75 μ m ※外気への暴露無し	

※金属溶射+C-5塗装の場合、耐用年数90年

■ 止水試験概要(案)

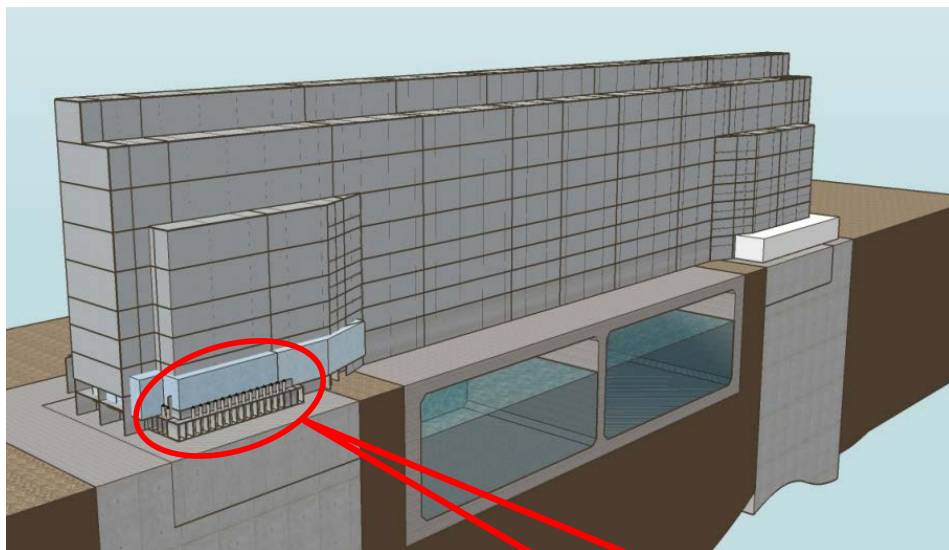
- ・ 試験水圧 0.5MPa
- ・ 水圧保持 60分間

確認事項

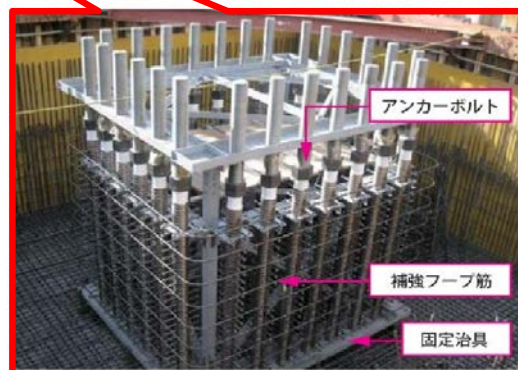
- ・ 漏水量

接合部の設計

- 接合部に要求される性能は、鋼製防護壁本体の死荷重や、津波や地震などの外力により大きな荷重が作用するため、本体荷重を確実に基礎へ伝達させることである。
- アンカーボルトの定着方法は直接定着式とし、「名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編 7章」に基づき計算する。

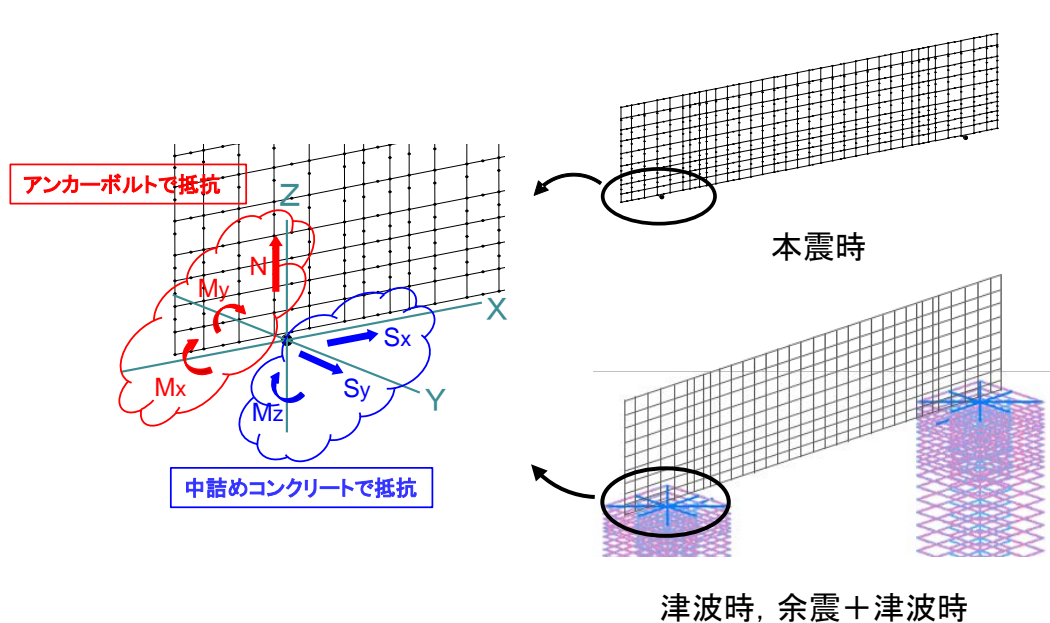


直接定着式アンカーボルト

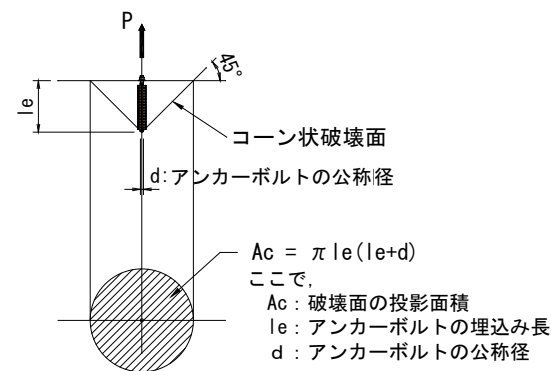
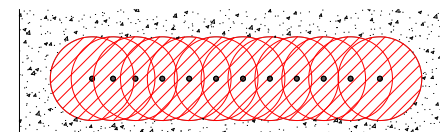
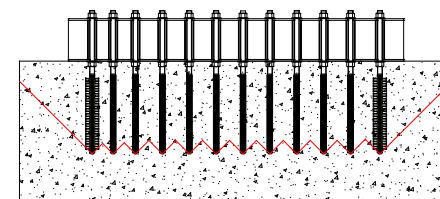


接合部の設計

- アンカーボルトは、2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面として設計する。
- 鋼製防護壁の解析結果から軸力の最大・最小ならびに堤軸・堤軸直交方向の各曲げモーメントが最大となる荷重組合せを抽出後、最大の引張応力が生じる荷重組合せを設計断面力として照査を行なう。
- アンカーボルトは鉛直軸力と堤軸・堤軸直交方向の曲げモーメントに対して抵抗するものとし、せん断力と水平回転モーメントについては、基礎と一体の中詰めコンクリートで負担する。



接合部の荷重分担



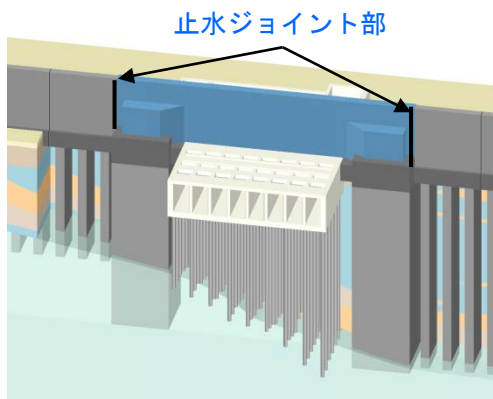
定着部コーン破壊照査における有効水平投影面積

止水ジョイント部

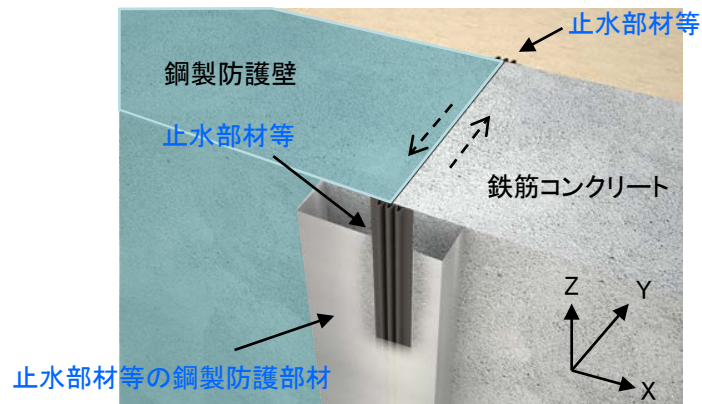
止水ジョイント部の目的

地震時や津波時の変形量に追随し、鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁(異種構造物)間の浸水を防止する。

対象	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
止水ゴム、 止水シート	ゴム等止水材の引張、変形量	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験設計から設定した許容変形量、許容引張強度	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験
鋼製アンカー	曲げ、せん断、引張り	短期許容応力度以下	各種合成構設計指針・同解説
止水ゴム等の鋼製防護部材	漂流物が衝突した際の鋼材の圧縮、引張り及びせん断	許容圧縮応力度、許容引張応力度及び許容せん断応力度	鋼構造設計基準



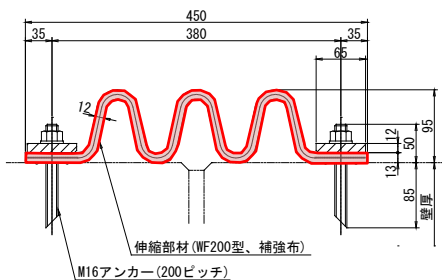
止水ジョイント部



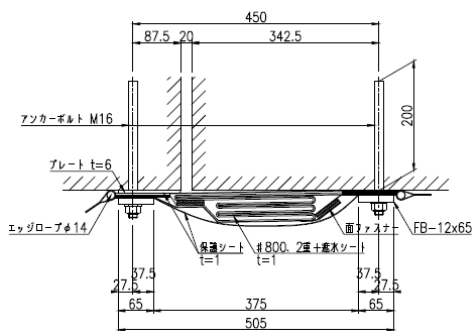
異種構造物間構造図(イメージ図)

止水ジョイントの変形量評価方針

- 鋼製防護壁と鉄筋コンクリート，異種構造物間の境界にも止水ジョイントを設置する。
- 止水構造は，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と基本的には同様の設計で，シートジョイントまたはゴムジョイント等で止水する。
- 漂流物衝突荷重に抵抗するための鋼製防護部材を設置する。



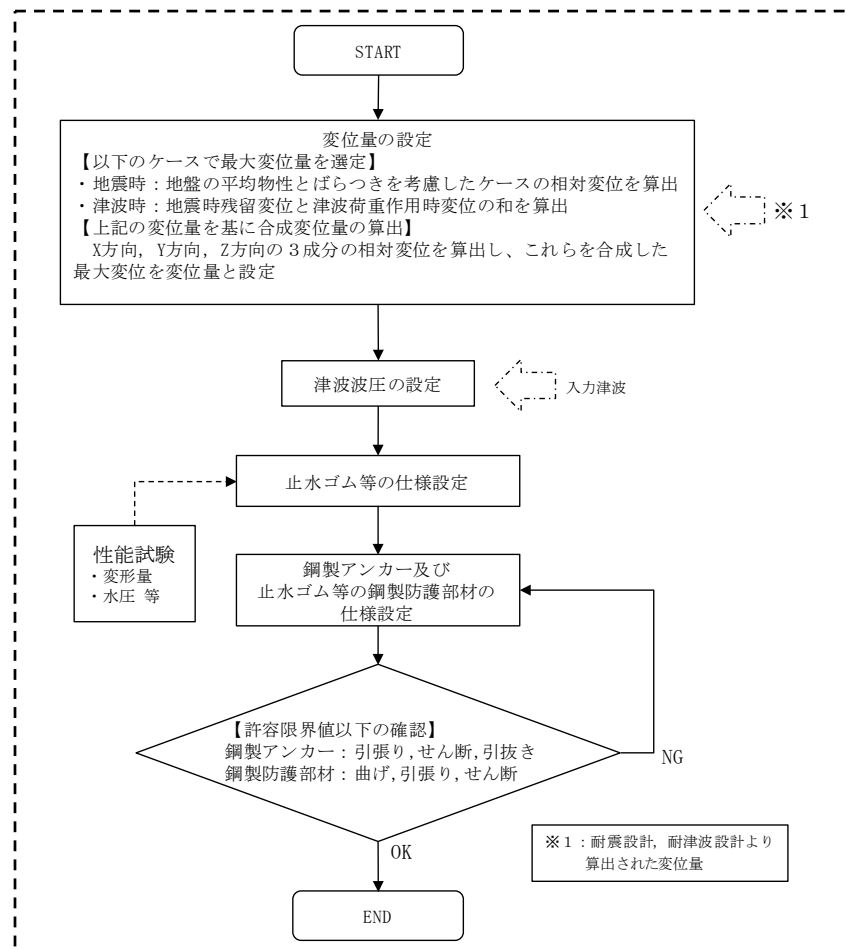
(ゴムジョイント)



(シートジョイント)

止水ジョイント部の構造図(例)

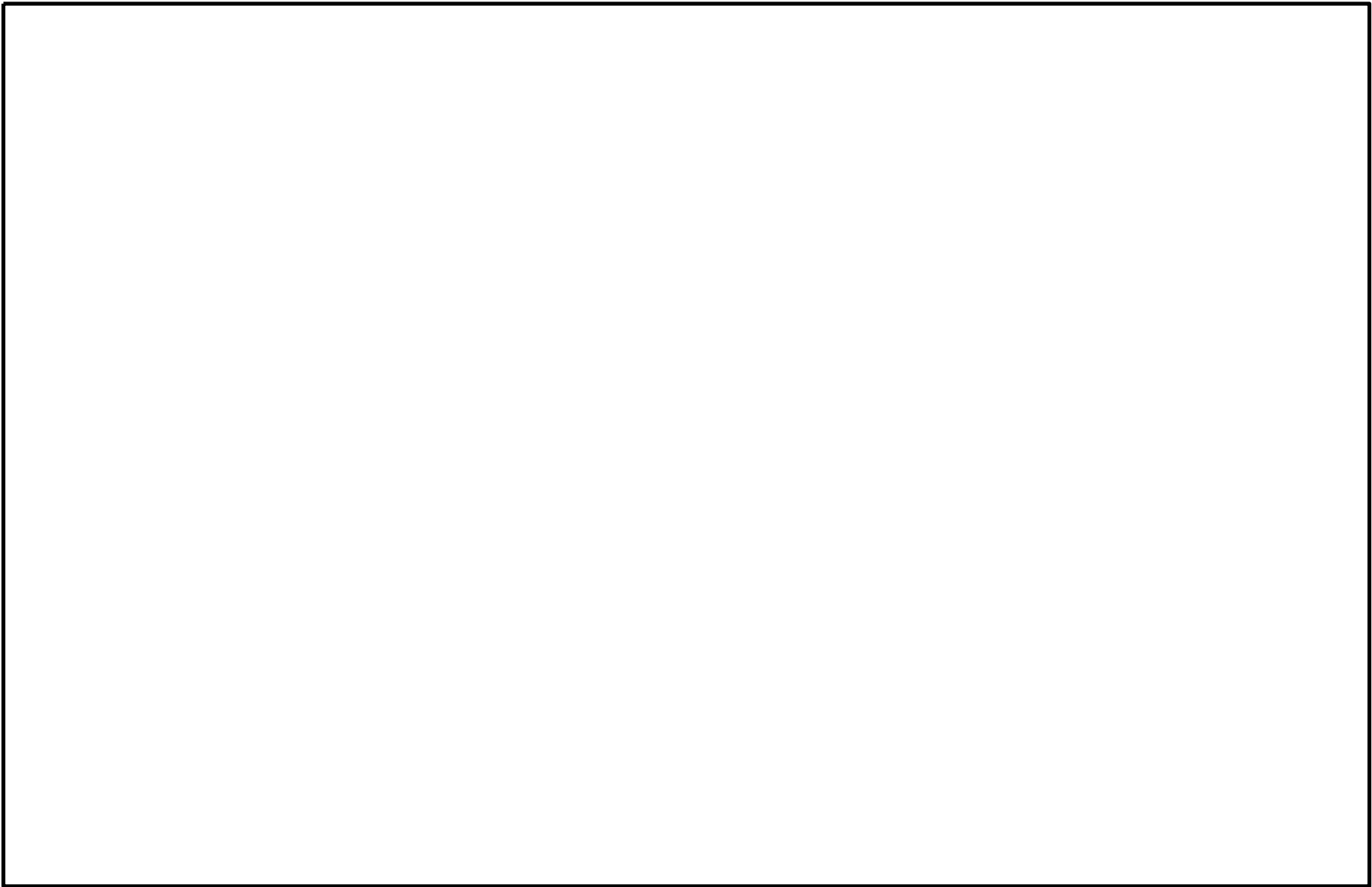
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と同様な設計



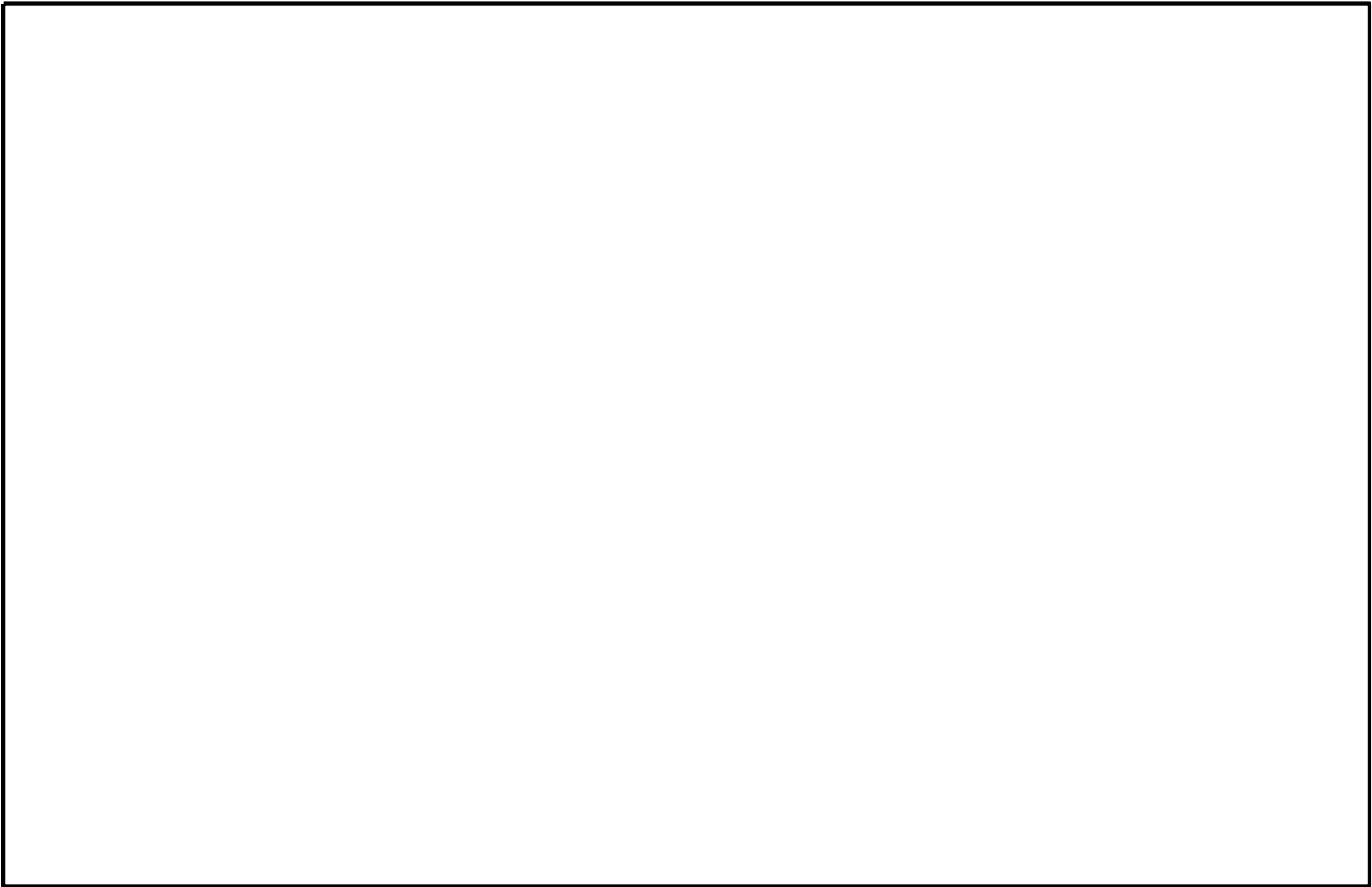
止水ジョイント部の検討フロー

※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

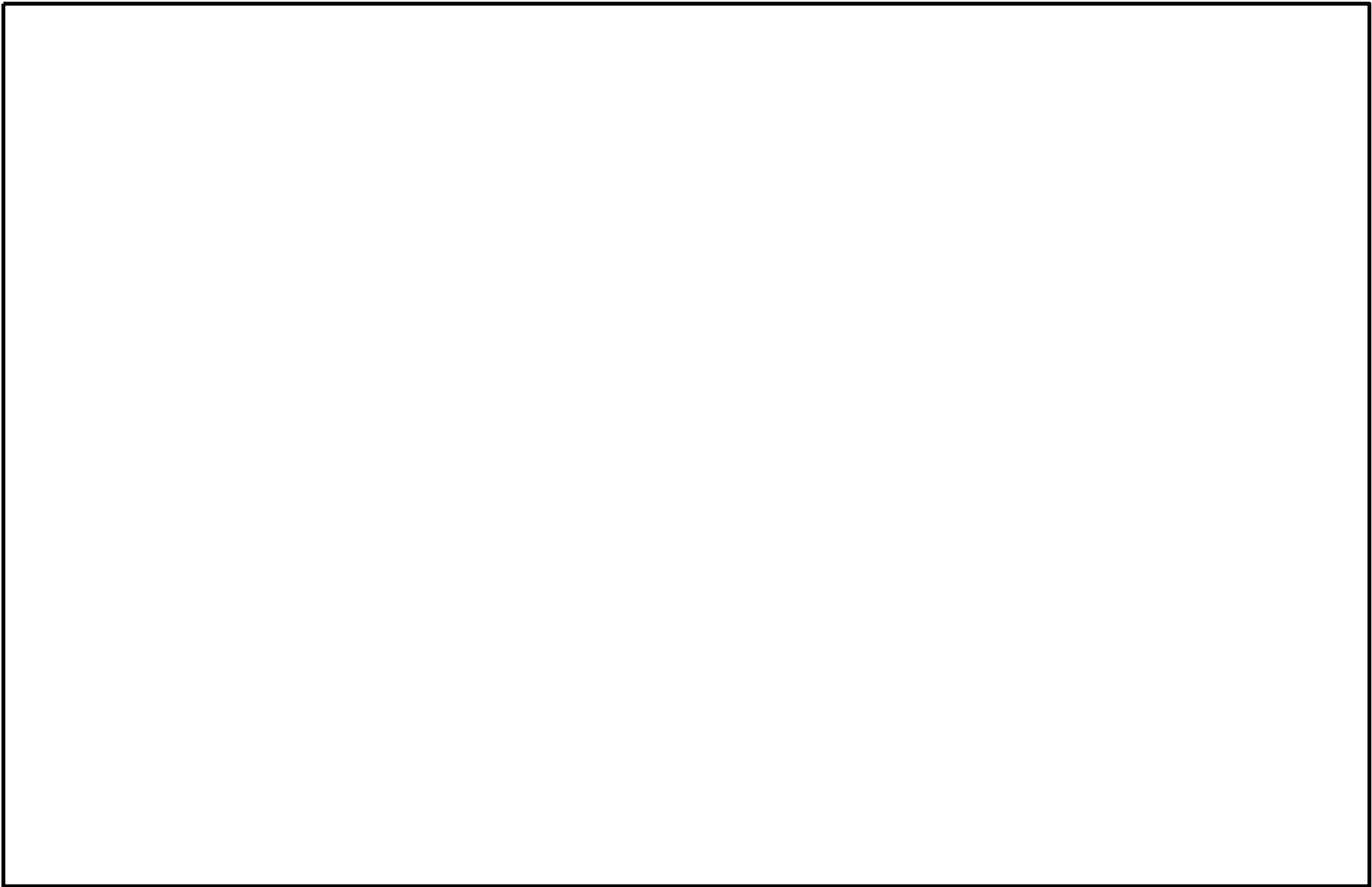
10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)



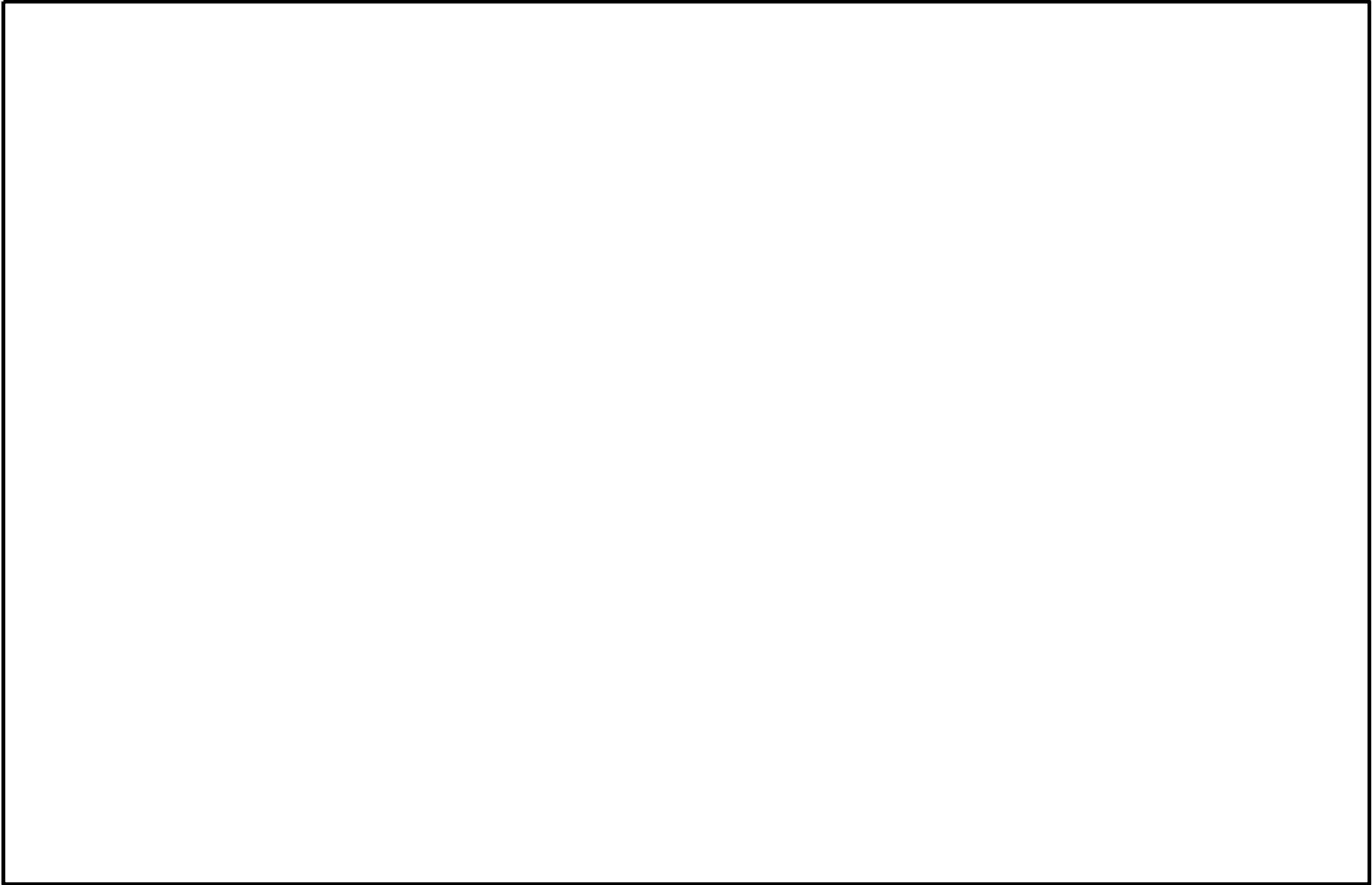
10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)



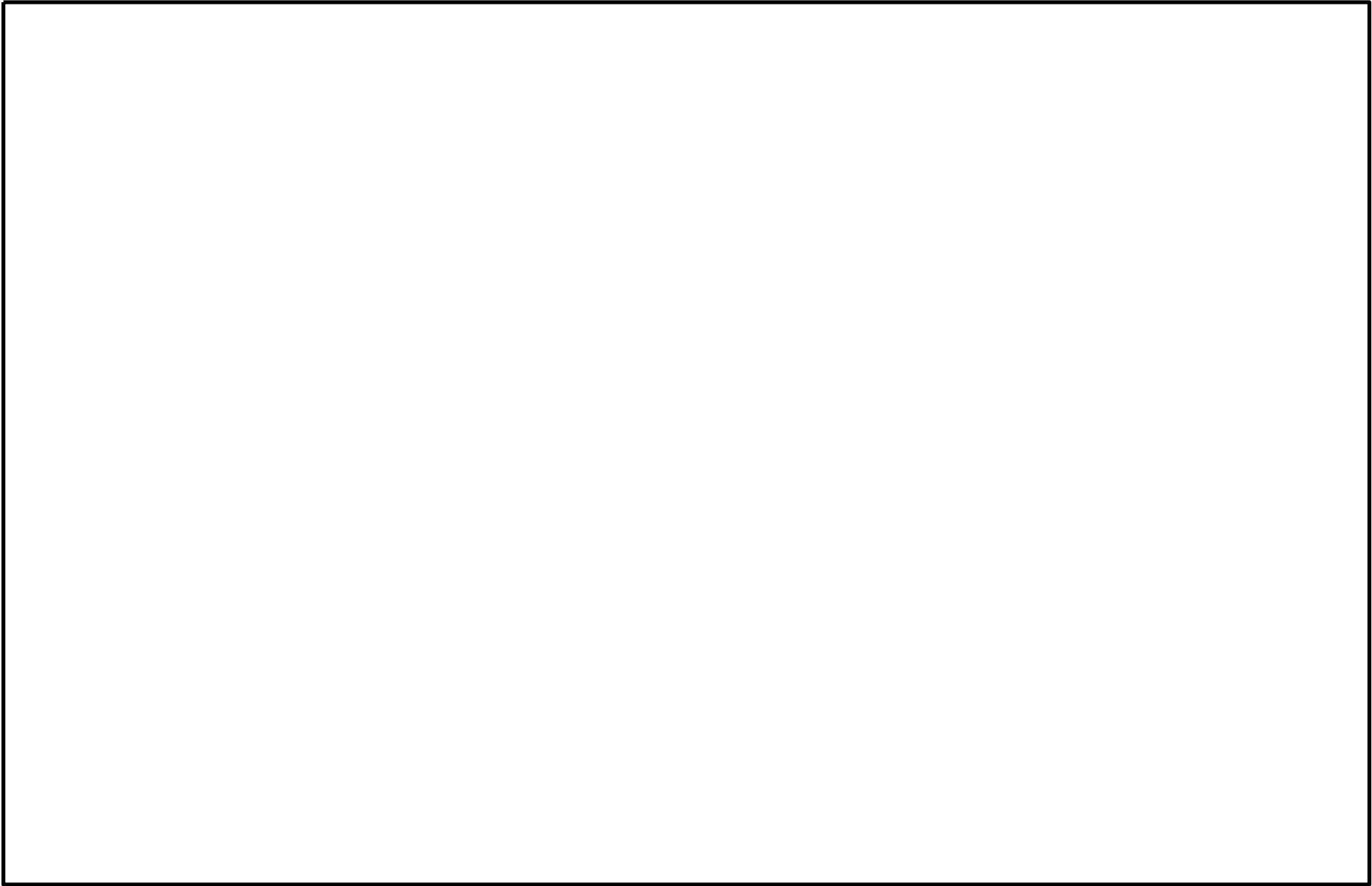
10. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)



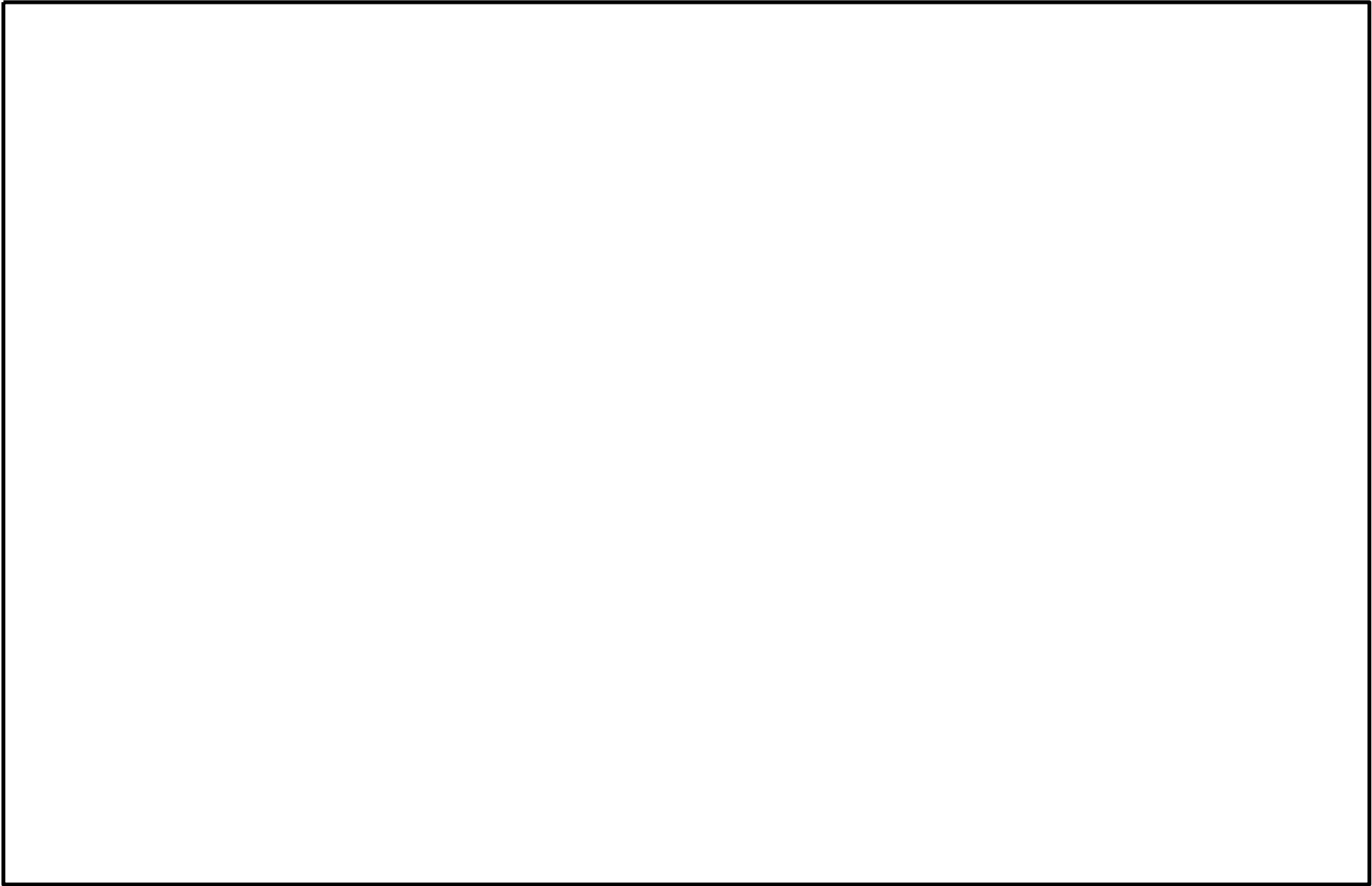
10. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



10. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



10. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



11. 直接定着式アンカーボルトの適用性について

■ 直接定着式アンカーボルトの適用性について

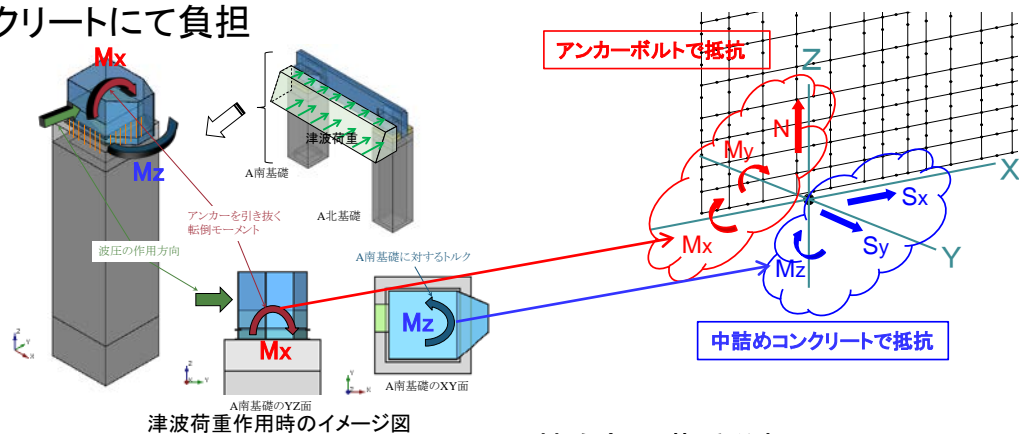
- ・直接定着式アンカーボルトは、名古屋工業大学、名古屋高速道路公社、住友金属工業株式会社(現:新日鐵住金株式会社)の産学官3者による共同開発製品である。
- ・橋梁の橋脚と基礎とを結合する目的で開発された製品であるが、上部からの軸力ならびに水平軸周りの回転モーメントを基礎に伝達するという機能は鋼製防護壁でも同じである。
- ・設計手法の妥当性、付着特性の設定及び震度法レベル、地震時保有水平耐力法レベルの設計荷重に対して十分な定着耐力を有することが、以下の各種試験で確認・報告されている。

■ 直接定着式アンカーボルトの適用基準

- ・直接定着式アンカーボルトの適用基準は、各種試験結果に基づいて名古屋高速道路公社にて策定。
- ・国交省、公団公社、自治体、各高速道路会社においても採用している。

■ 直接定着式アンカーボルトの適用範囲

- ・直接定着式アンカーボルトの各種試験で確認されているアンカー径の適用範囲はφ100～180である。
- ・軸力ならびに水平軸周りの回転モーメント押込み・引抜き力
 - ⇒ 直接定着式アンカーボルトで負担
- ・せん断力ならびに回転モーメント(水平トルク)
 - ⇒ 頂版コンクリートと結合する中詰めコンクリートにて負担



接合部の荷重分担

11. 直接定着式アンカーボルトの適用性について

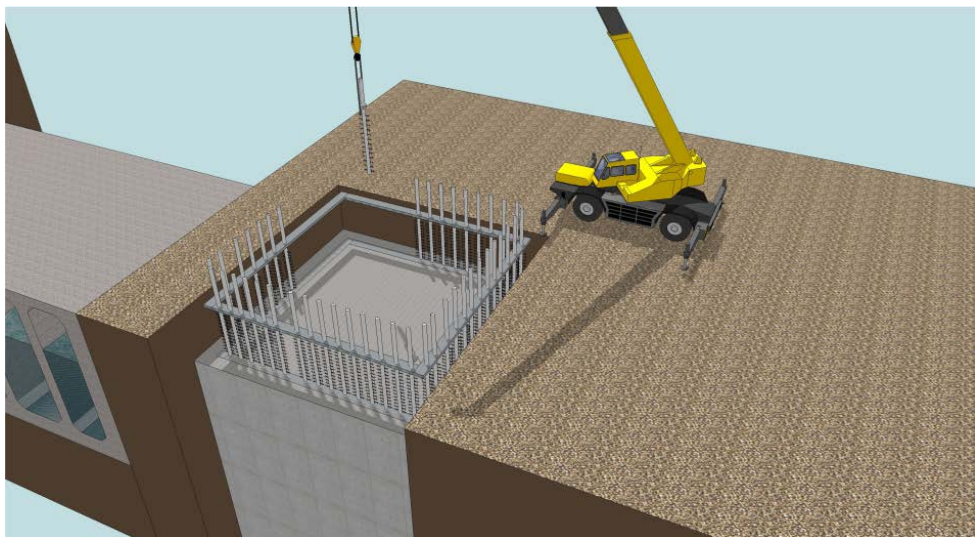
直接定着式アンカーボルトの適用性に関する発表論文と試験内容

発表論文	試験内容
前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顯, 小畑誠, 松浦聖(以上, 名工大 社会開発工学科), 小林洋一(住友金属株) 「鋼製橋脚の新しい定着方法について」 第2回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 1989.9	異形棒鋼ならびにスタッドを用いたアンカーボルトの付着強度に関する試験
前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顯, 小畑誠, 松浦聖(以上, 名工大 社会開発工学科) 「スタッドを取り付けた太径異形棒鋼の付着特性」, 土木学会論文集, 1992.1	
小畑誠, 後藤芳顯, 松浦聖(以上, 名工大 社会開発工学科), 前野裕文(名古屋高速道路公社) 「太径異形棒鋼による実大付着型アンカーボルトの力学性状と現場付着試験」, 鋼構造年次論文報告集, 1993.7	実構造における力学特性試験
前野裕文, 森成顯, 川津禎男(以上, 名古屋高速道路公社), 永岡弘(松尾橋梁株), 小林洋一(住友金属工業株), 「付着型アンカーボルトを用いた鋼製橋脚定着部の設計および現場試験」, 橋梁と基礎, 1994.5	太径化による付着強度低下に関する試験
山本卓也, 前野裕文, 鈴木信勝, 深田清明(以上, 名古屋高速道路公社) 「鋼製橋脚定着部に用いる付着型アンカーボルトの室内付着試験および現場引抜き試験」, 橋梁と基礎, 1998.5	実構造における付着強度試験
前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顯(名工大 社会開発工学科), 上條崇, 小林洋一(以上, 住友金属工業株) 「鋼製橋脚に用いる実大付着型アンカーボルトの力学特性と定着部の挙動評価モデル」, 構造工学論文集Vol.46A, 2000.3	製造限界とされる太径アンカーボルトによる付着性能, 定着耐力に関する試験

※所属は論文投稿時

【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

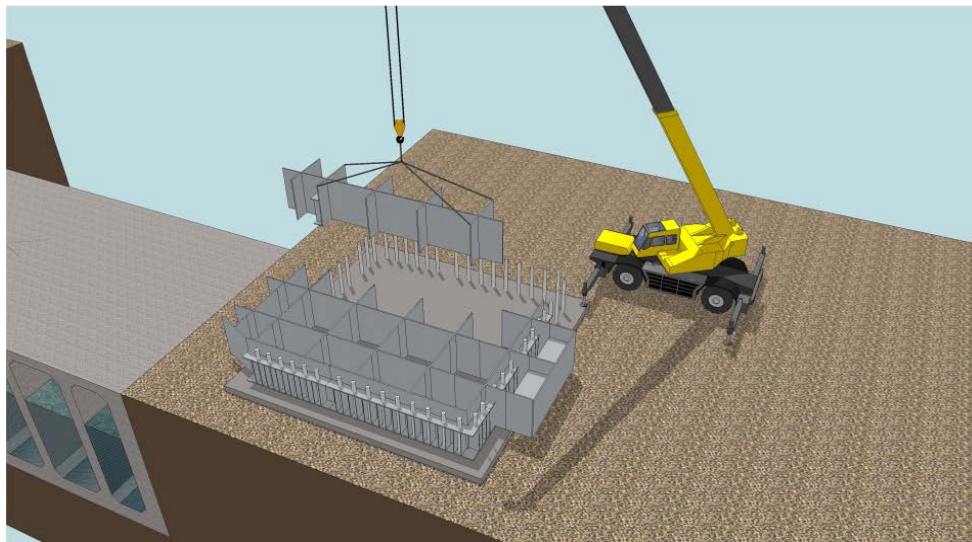
■ステップ1



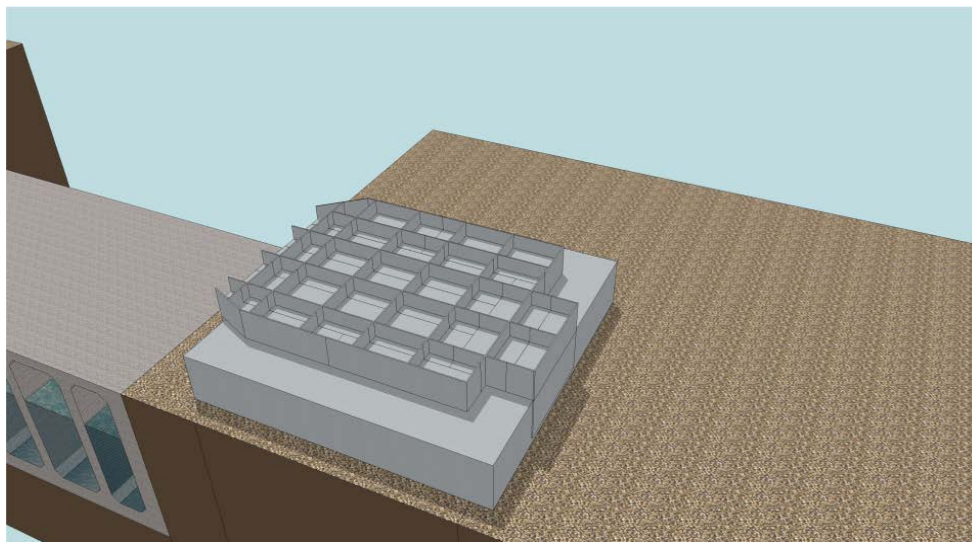
- ・ 地中壁連続壁基礎上部にアンカーボルトを設置する。
- ・ 所定位置に設置する必要があるため、基礎上部にはフレーム架台を設置し、据付精度を確保する。



■ステップ2 支柱部ブロック設置・中詰めコンクリート工

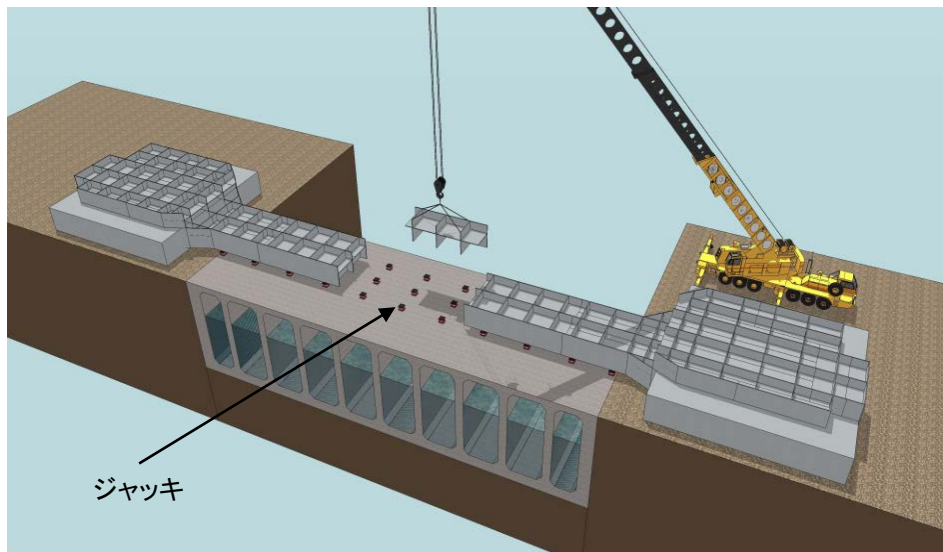


- ・ 頂版部配筋及びコンクリート施工後に、1段目及び2段目の支柱部ブロックを架設する。

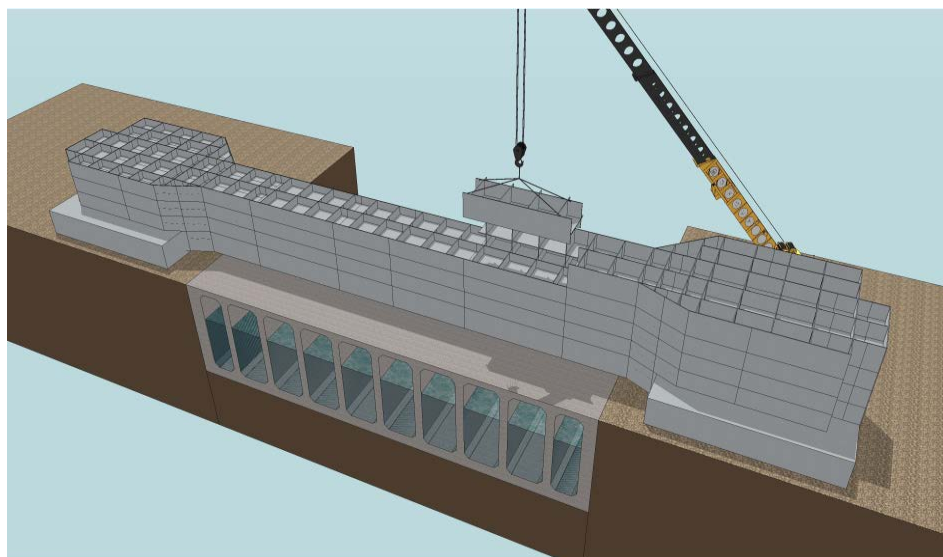


- ・ 支柱部中詰めコンクリートを施工する。

■ステップ3 ブロック架設工



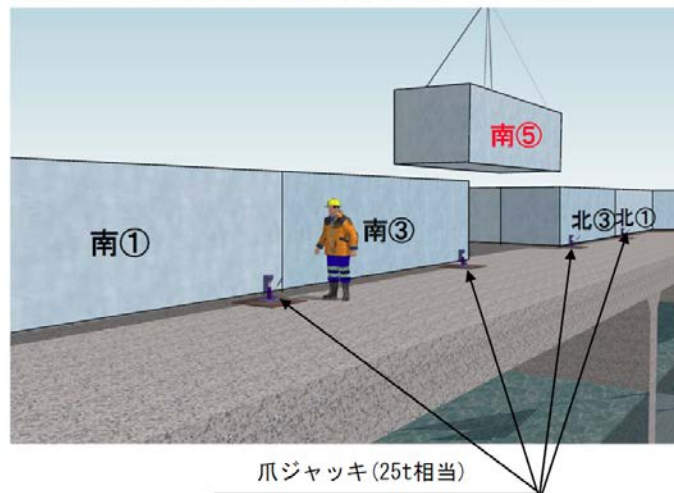
- ・ 取水口隔壁上など上載荷重による影響を最小限にできる箇所にジャッキを配置し1段目の支間部ブロックを架設する。
- ・ 架設時には、1段目死荷重によるたわみ量及び2段目以降の構造系の変化を考慮した逐次剛性と死荷重によるたわみ量をあらかじめ上げ越しする。
- ・ 各段の架設完了後に全体の出来形・反りが所定の寸法内に収まるよう、事前に綿密な架設計画を立案しておく。



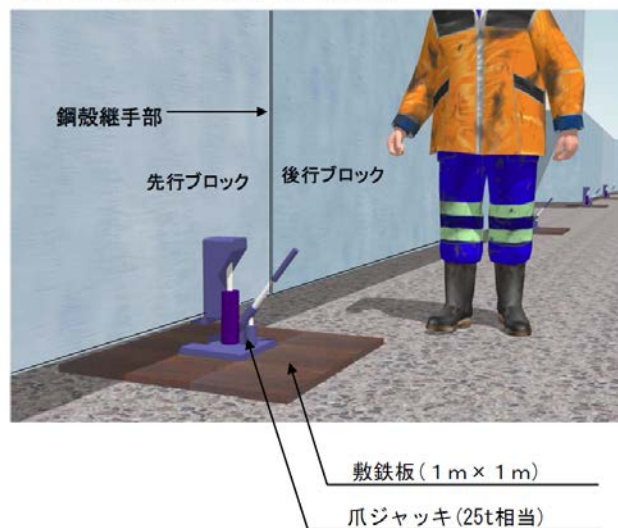
- ・ 各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- ・ 管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

■ ジャッキによる仮受け状況(イメージ)



※ 取水口頂版スラブの耐荷重は、別途、鋼殻の仮受けが可能であることを確認済みである。



【油圧式爪ジャッキ】

株式会社 **タイキ**



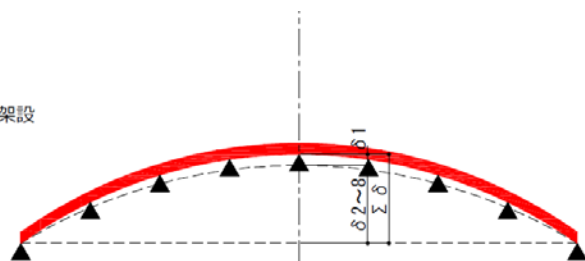
DH-25S-150
運搬キャリア付 25 ton

【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

■ 上げ越し管理 (イメージ)

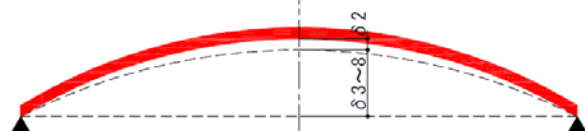
STEP1

Block1を多点支持(無応力状態/ジャッキによる支持)で架設



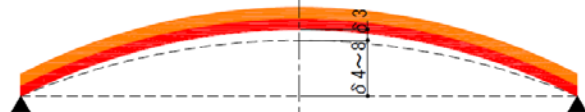
STEP2

ジャッキを取りはずしBlock1を両端支持状態とする。
Block1の自重によるたわみ(δ1)分、桁が変形する。



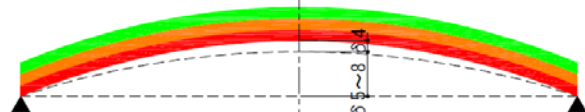
STEP3

Block2を架設する。
Block2の自重によるたわみ(δ2)分、桁が変形する。



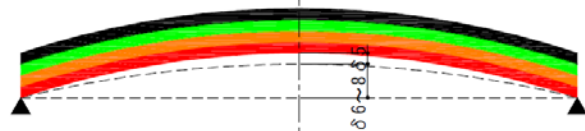
STEP4

Block3を架設する。
Block3の自重によるたわみ(δ3)分、桁が変形する。



STEP5

Block4を架設する。
Block4の自重によるたわみ(δ4)分、桁が変形する。



自重による変形時の断面剛性
(ブロックが積み重なるにつれて剛性が高くなっていく/変形しにくくなっていく)

■
最下段のみ

■
最下段のみ

■
最下段のみ

■
最下段+2段目

■
最下段+2段目+3段目

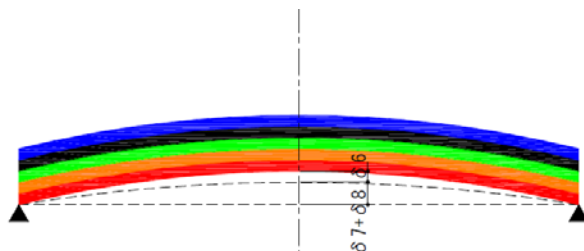
- 各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- 管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

■ 上げ越し管理 (イメージ)

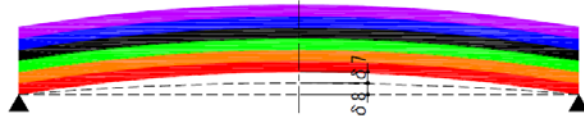
STEP6

Block5を架設する。
Block5の自重によるたわみ(δ5)分、桁が変形する。



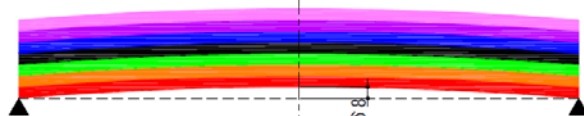
STEP7

Block6を架設する。
Block6の自重によるたわみ(δ6)分、桁が変形する。



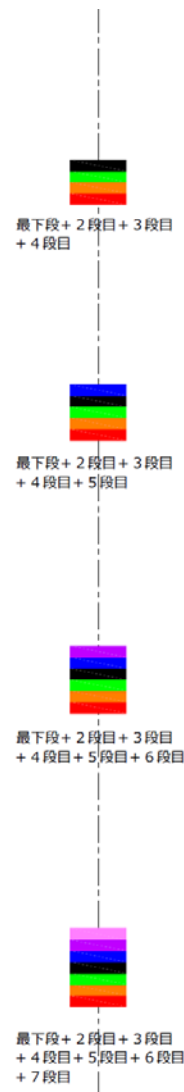
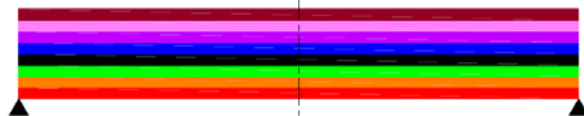
STEP8

Block7を架設する。
Block7の自重によるたわみ(δ7)分、桁が変形する。



STEP9

Block8を架設する。
Block8の自重によるたわみ(δ8)分、桁が変形し、
完成形状となる。



- 各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- 管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

■ステップ4 完成

