

東海第二発電所

鋼製防護壁の設計方針に係る補足事項について

平成30年3月8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。

目次 鋼製防護壁の設計方針について

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. 防潮堤の概要
4. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要
5. 鋼製防護壁の構造選定
6. 防潮堤の評価対象部位
7. 鋼製防護壁高さの設定方針
8. 設計方針
9. 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)
10. 参考文献

【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、構造体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

第513回審査会合
資料1-2-2再掲

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)

第五条(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。

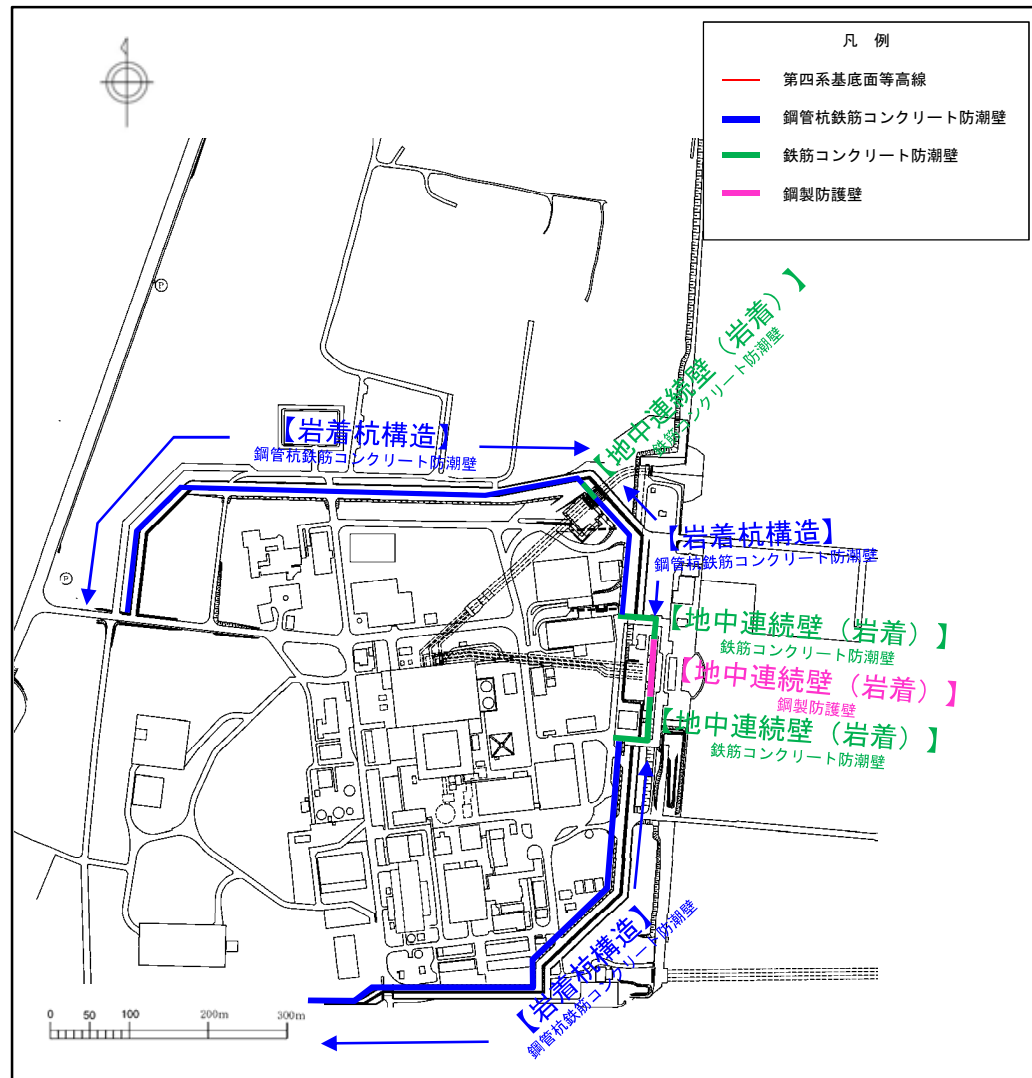
5.4.2 漂流物による波及的影響の検討事項

【規制基準における要求事項等】

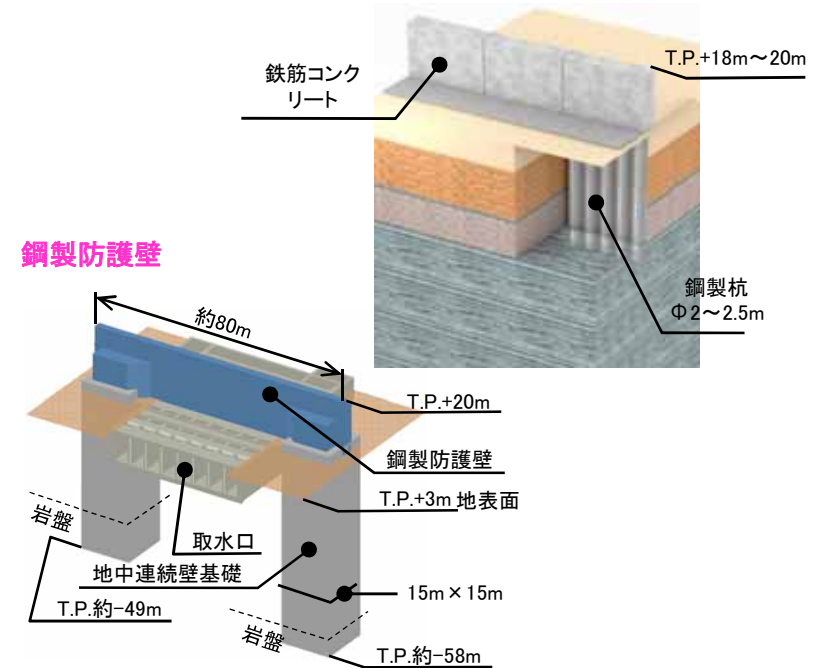
津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において**建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性**について検討すること。

3. 防潮堤の概要

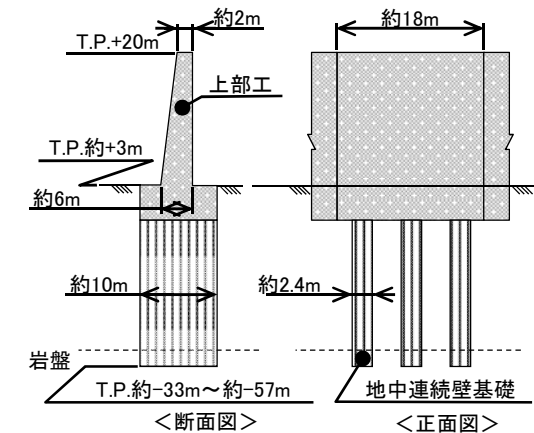
■ 防潮堤は、その構造形式から3つ(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁、鋼製防護壁、鉄筋コンクリート防潮壁)に種別される。



鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁



鉄筋コンクリート防潮壁

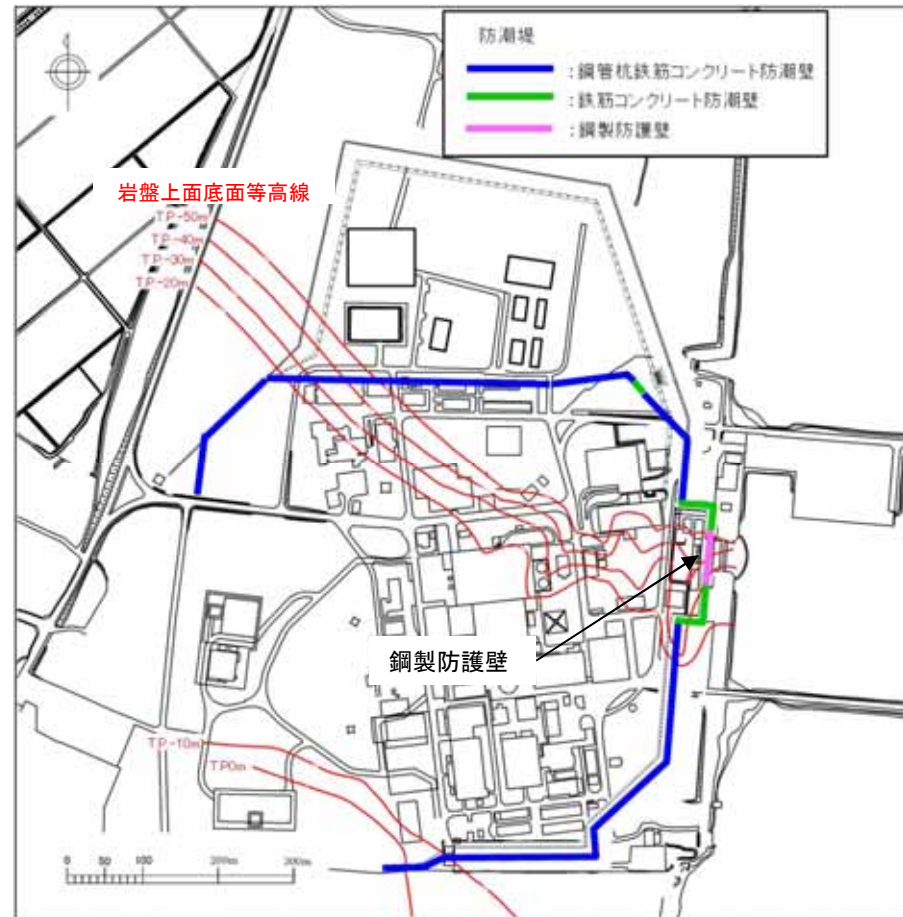
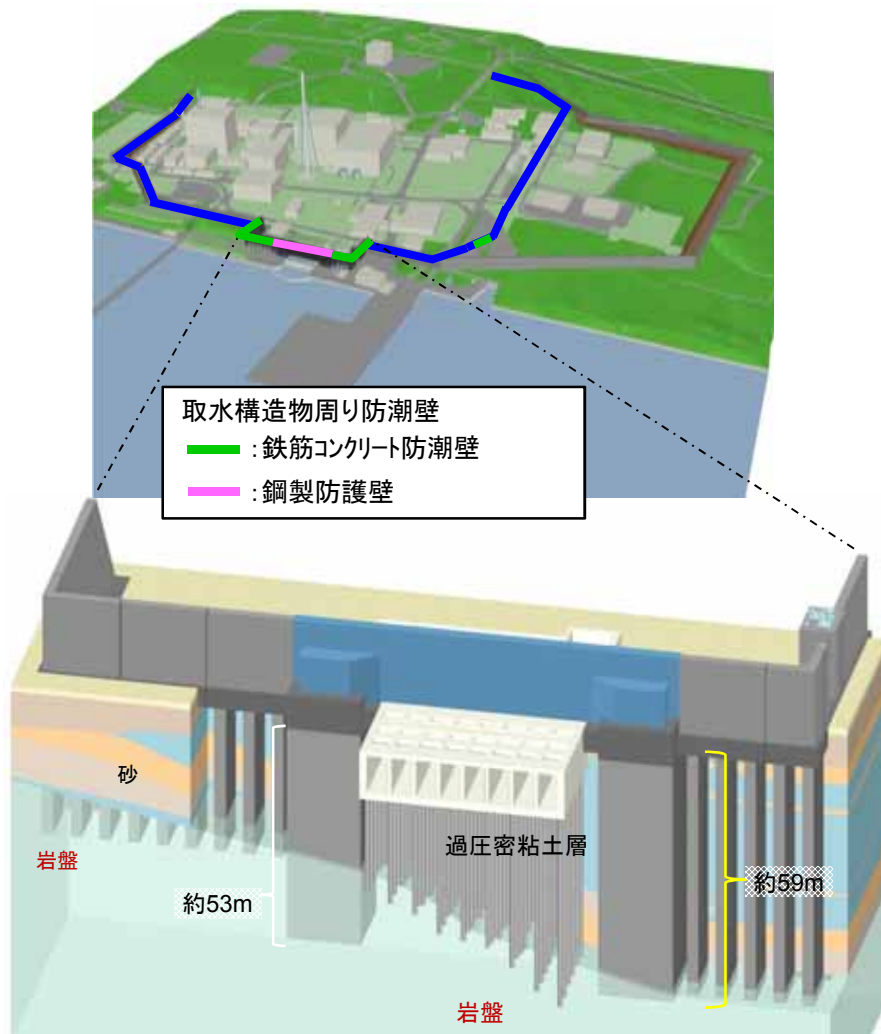


4. 海水ポンプ室周り防潮堤の概要

第513回審査会合
資料1-2-2再掲

- 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

■ 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。
- ケーソン基礎とする場合は、厚く分布する沖積粘性土層(Ac層)により施工中にケーソンが自沈し、所定の精度での施工が困難なことが推定されるが、地中連続壁基礎とすればそのような問題は解消される。



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

■ 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、許容変位量を約70cm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

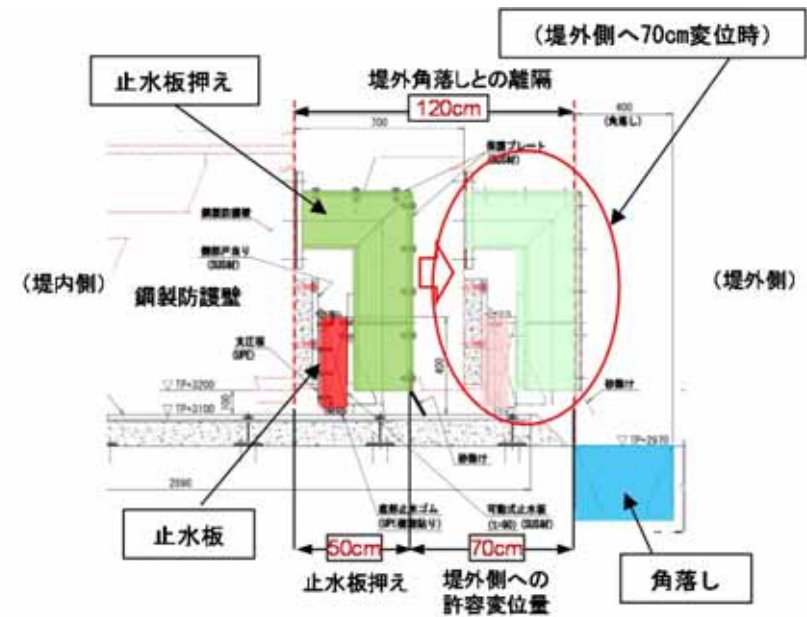
5. 鋼製防護壁の構造選定

第513回審査会合
資料1-2-2再掲

取水路周辺平面図



A-A断面

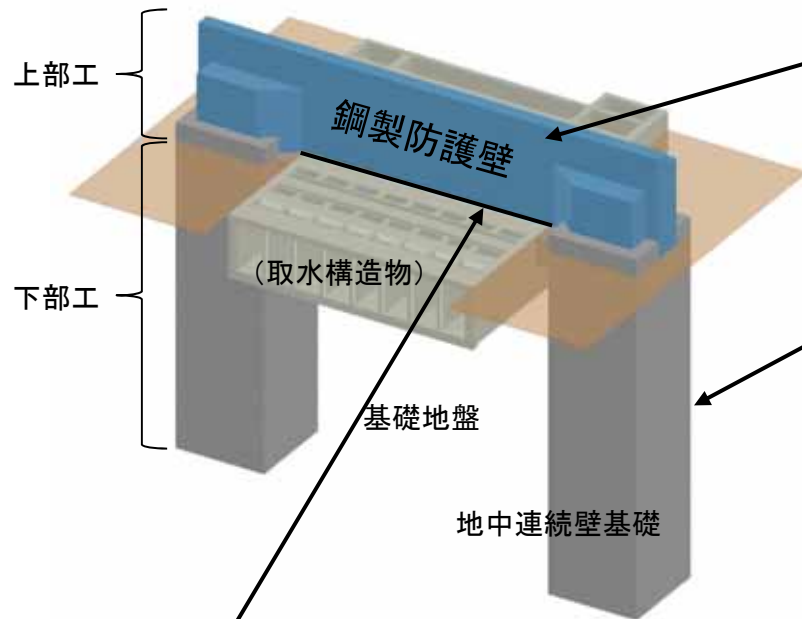


※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

6. 防潮堤の評価対象部位

第513回審査会合
資料1-2-2再掲

■ 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。

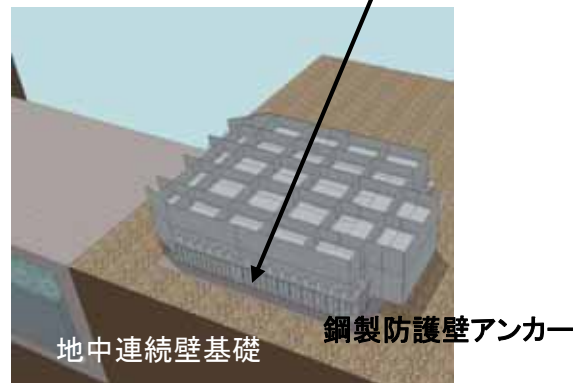
【止水ジョイント部】

(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。

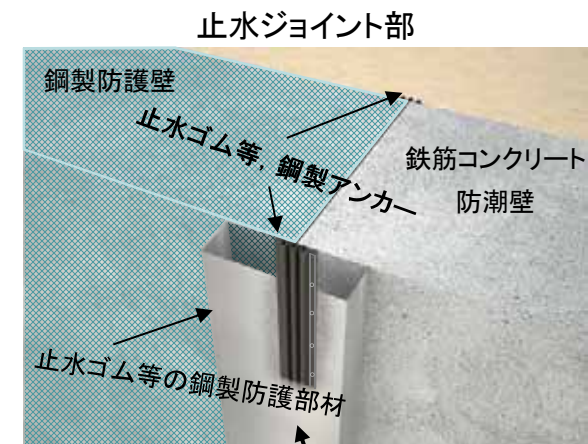
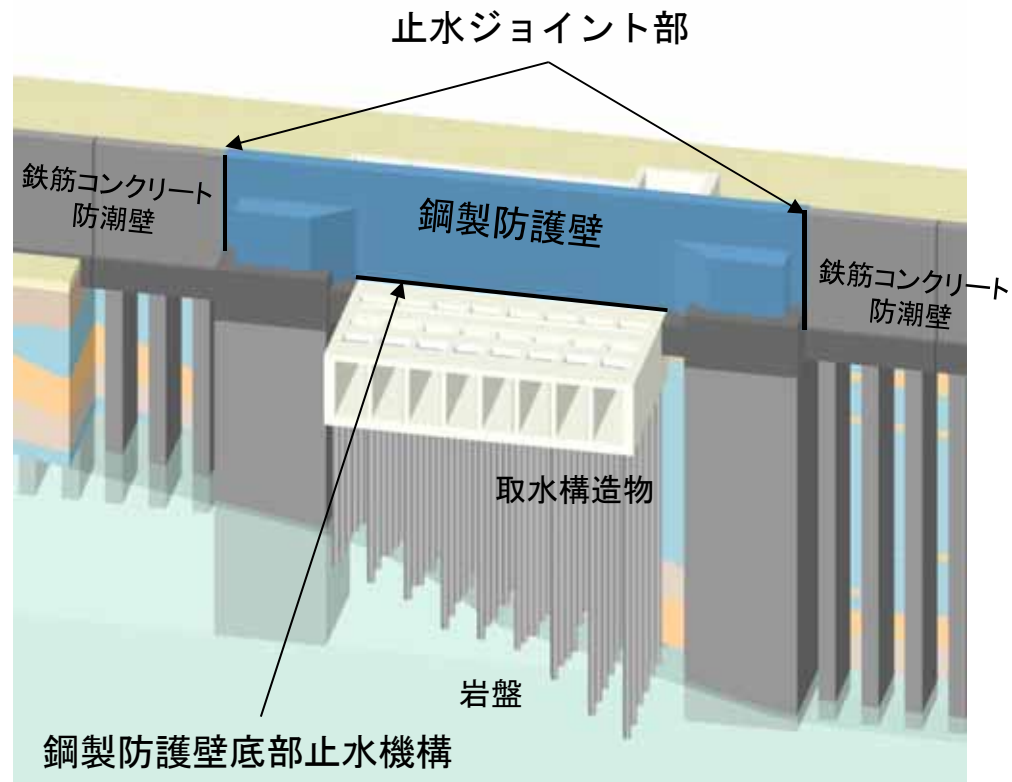
【鋼製防護壁アンカー】

- ・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。



6. 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。

6. 防潮堤の評価対象部位

鋼製防護壁に関する要求機能と設計評価方針

第513回審査会合
資料1-2-2再掲

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。

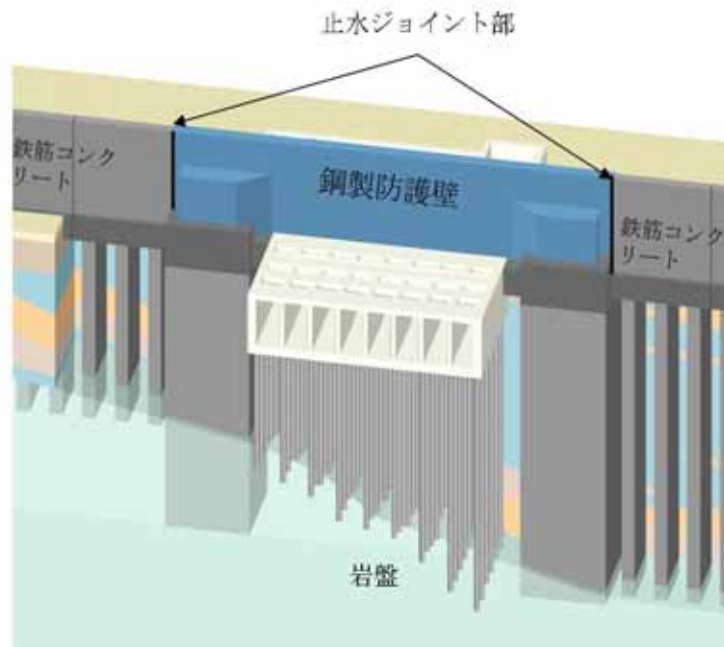
赤字：荷重条件
緑字：要求機能
青字：対応方針

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 津波防護施設の設計 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 する抵抗性を確保し、その構造に耐 える安定性を評価し、越流時の特性 にも配慮した上で、十分な支持性能 を有する地盤に支持される設計とす るため、地中連続壁基礎が陥没に至 らないことを確認する。 (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) 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） ② 荷重の設定 a) 津波による荷重（波圧、衝撃力 等）の想定に關して、考慮する知見 （例えば、国交省の暫定設計等）及 びそれらの適用性。 b) 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。 c) 地震により周辺地盤に液化が 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。 ③ 許容限界 a) 津波防護機能に対する機能保持 限界として、当該構造物全体の変形 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 ける津波監視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とともに、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 返しの襲来 を想定した 入力津波に 対して、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 、想定され る津波高に 余裕を有し た天端高さ 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 繋がる区間 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上部構造を 、頂版コン クリート・ フーチング コンクリー トを介して 地中連続壁 基礎に連結 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、圧 入による変 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 水処置を講 ずる設計と 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、 地震後の繰 返しの襲来 を想定した 入力津波に 対して、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 、想定され る津波高に 余裕を有し た天端高さ 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 繋がる区間 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上部構造を 、頂版コン クリート・ フーチング コンクリー トを介して 地中連続壁 基礎に連結 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、圧 入による変 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 水処置を講 ずる設計と 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、地震 後の繰返しの 襲来を想定し た津波高さに 余裕を有した 天端高さT.P. +17.9mに余 裕を考慮した 天端高さ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 る設計とし、 十分な支持性 能を有する地 盤に設置する 設計とすると ともに、主要 な構造部材の 構造健全性を 保持する設計 とし、十分な 支持性能を有 する地盤に設 置する設計と する。 ③取水口横断 部の南北に繋 がる区間は、 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上部構造を 、頂版コンク リート・フー チングコンク リートを介し て地中連続壁 基礎に連結し 、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 、圧入による 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 止水処置を講 ずる設計とす る。 ・ポンプ室周 り防 護壁は、基準 地震動S ₀ に 対し、鉄筋コ ンクリート製 の地中連続壁 基礎、鉄筋コ ンクリート及 び鋼製の上部 構造を構成し 、津波時に おいても主要 な構造部材の 構造健全性を 保持する設計 とするととも に、主要な構 造部材の境界 部には止水ゴ ム等を設置し 、有意な漏え いを生じない 設計とするこ とを構造強度 設計上の性能 目標とする。	基準地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波高さに余裕を有した天端高さT.P.+17.9mに余裕を有した天端高さ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。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、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支持される設計とするため、地中連続壁基礎が陥没に至らないことを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波高さに余裕を有した天端高さT.P.+17.9mに余裕を有した天端高さ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。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、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支持される設計とするため、地中連続壁基礎が陥没に至らないことを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波高さに余裕を有した天端高さT.P.+17.9mに余裕を有した天端高さ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。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波高さに余裕を有した天端高さT.P.+17.9mに余裕を有した天端高さ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。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、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支持される設計とするため、地中連続壁基礎が陥没に至らないことを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼材が、おおむね弾性状態に留まることを確認する。 基準地震動S ₀ による地震時荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、鋼製防護壁と地中連続壁基礎を連結するアンカー部が構造物の健全性を保持する設計とするため、構造部材					

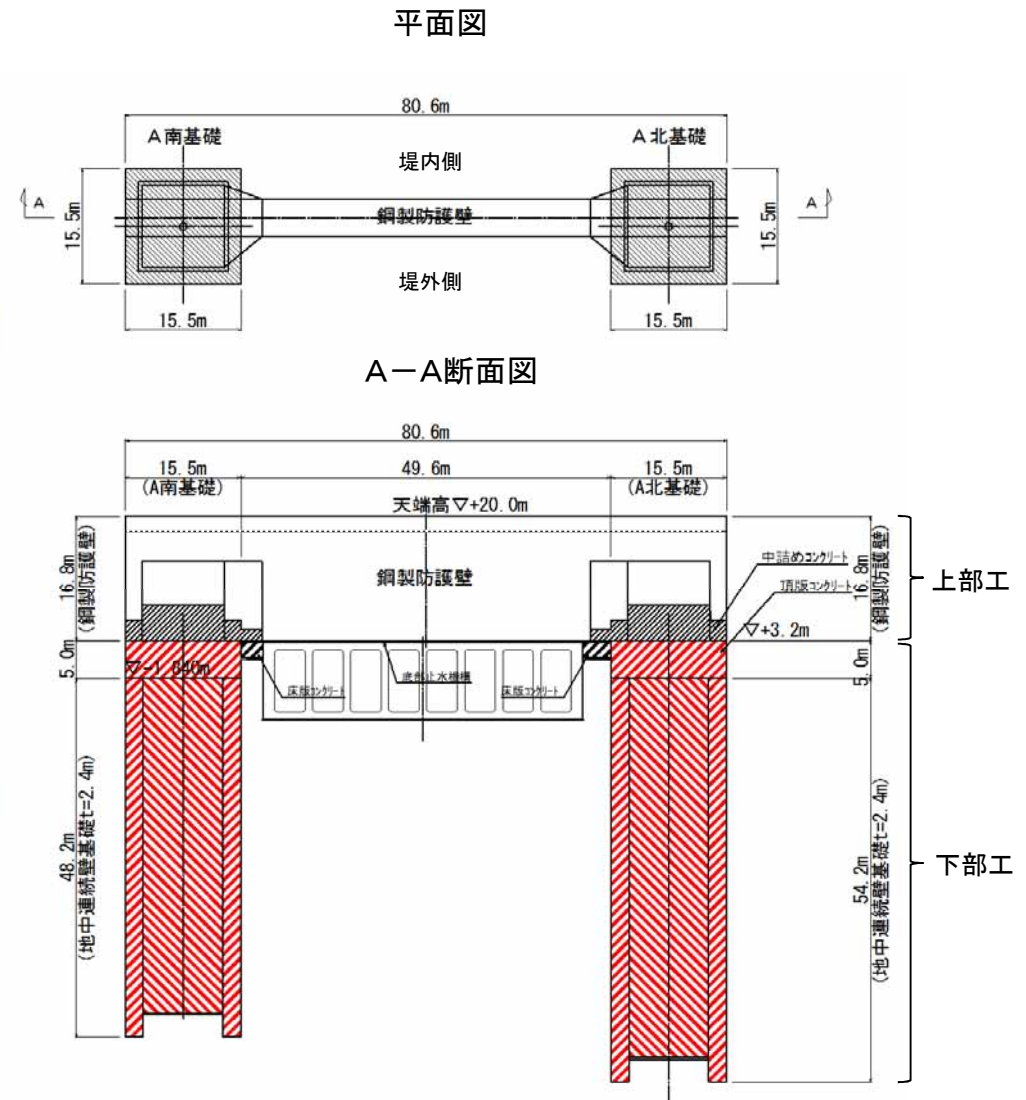
7. 鋼製防護壁高さの設定方針

- 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



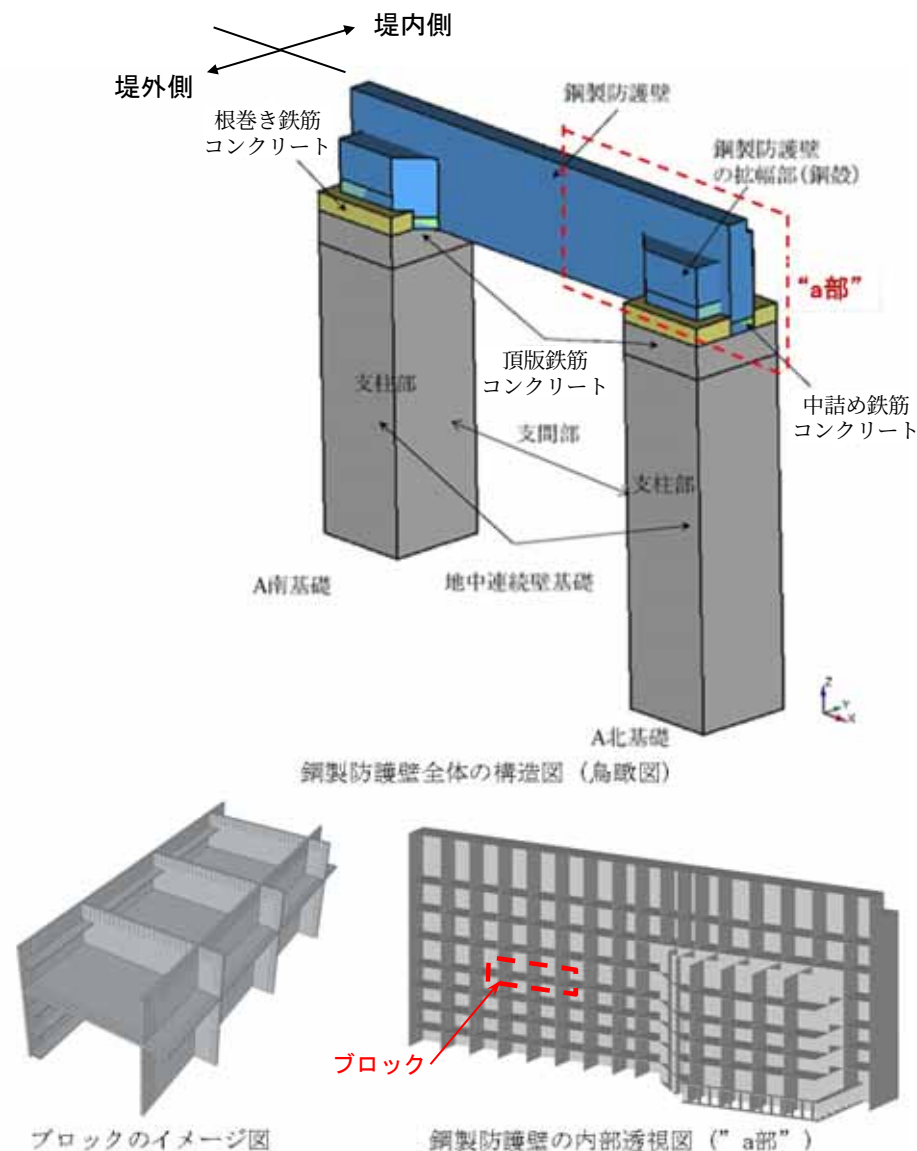
構造概要図(イメージ図)



※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

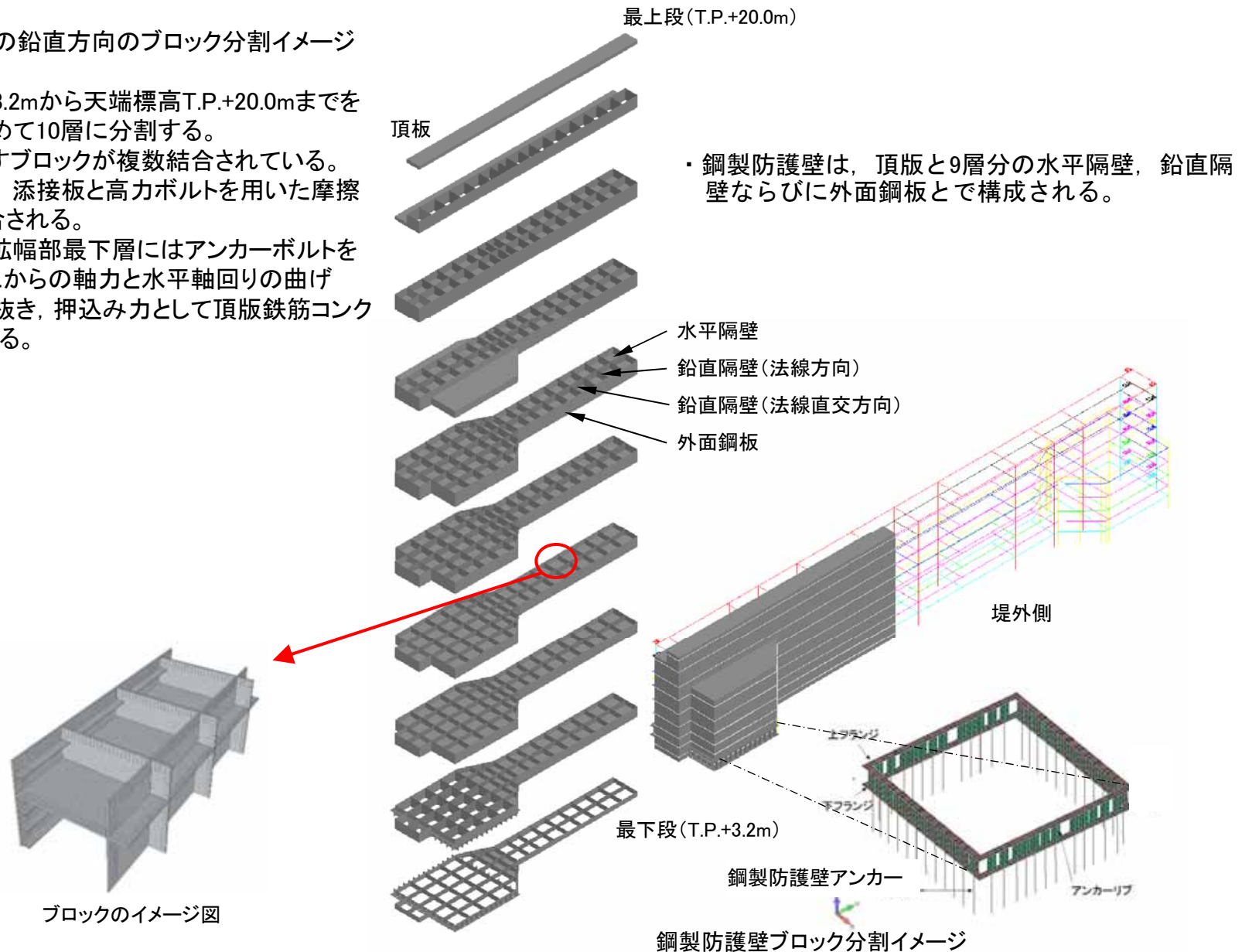
■ 鋼製防護壁の構成部位と役割

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鉄筋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鉄筋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	根巻き鉄筋コンクリート	—	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。

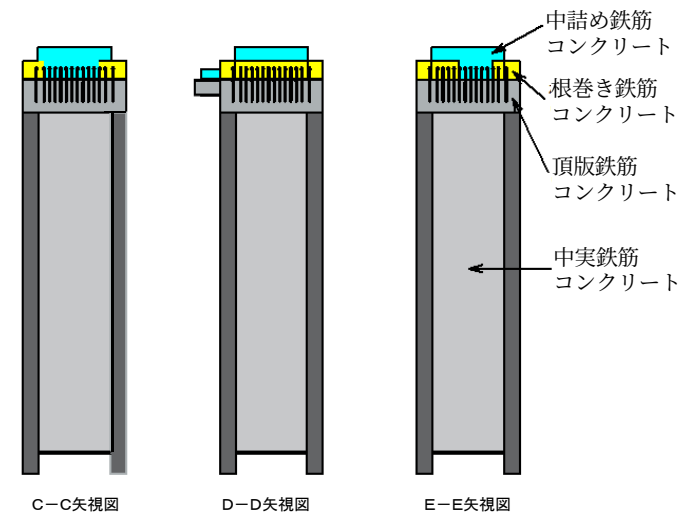
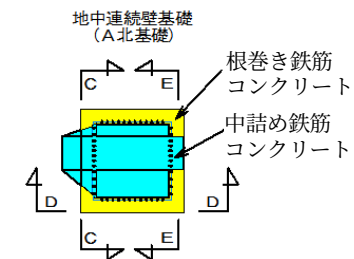
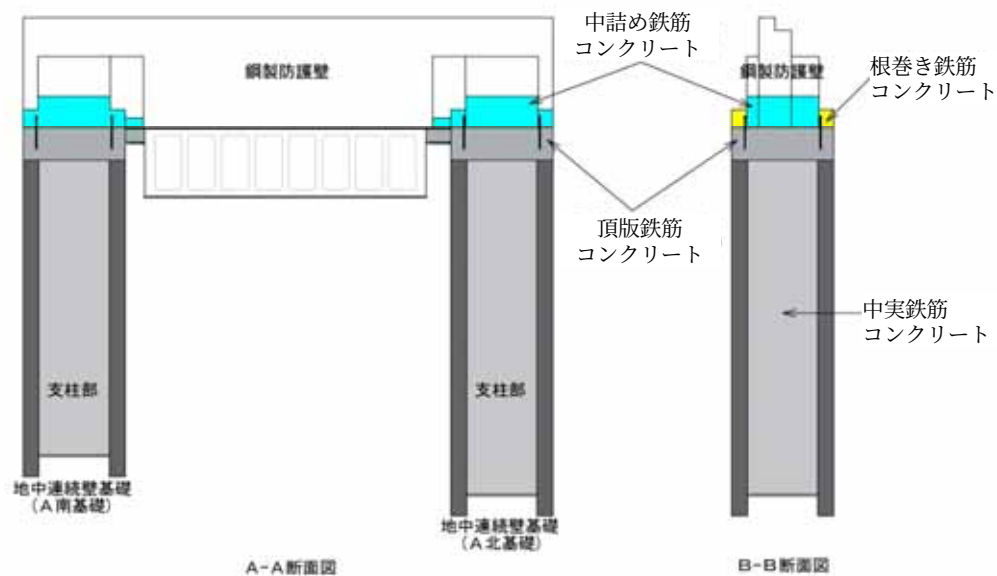


■ 鋼製防護壁の鉛直方向のブロック分割イメージ

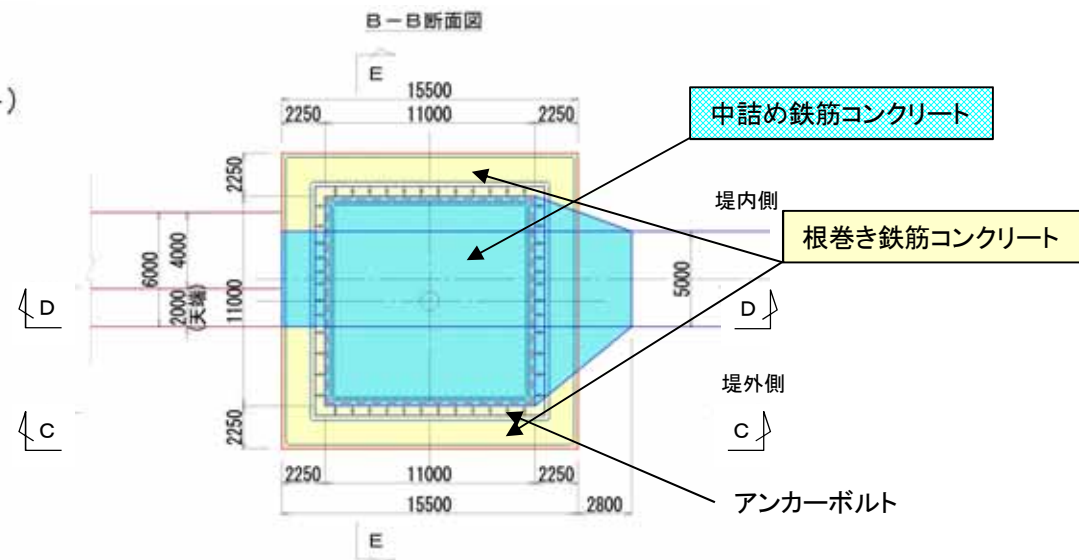
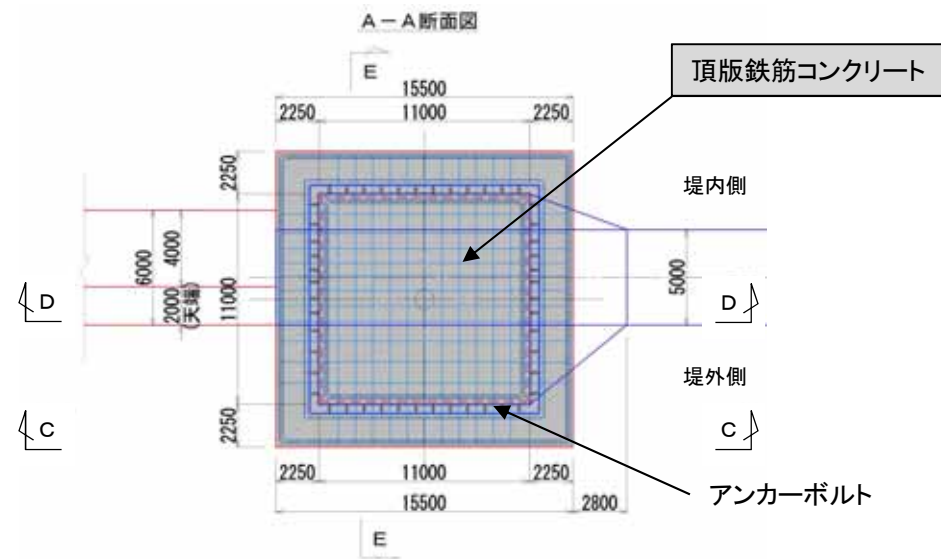
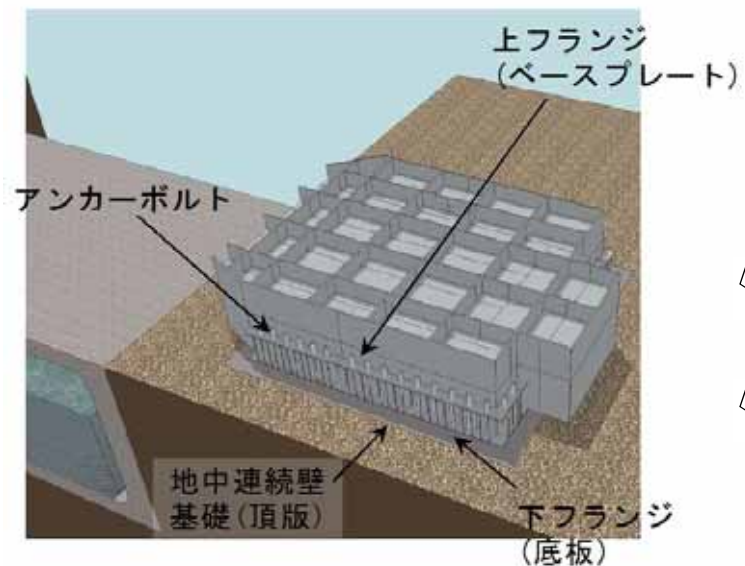
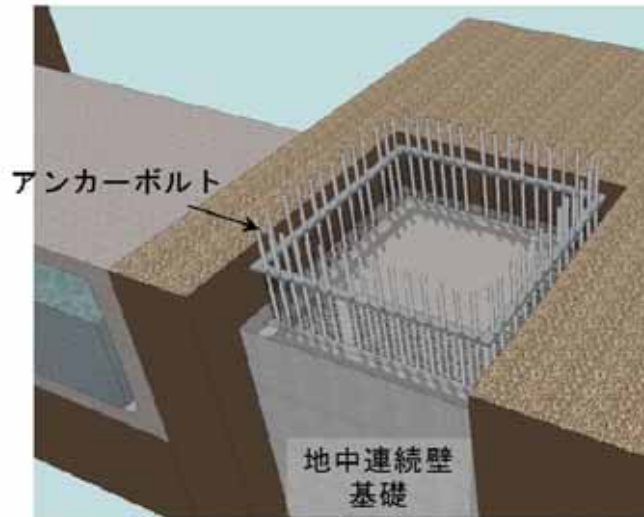
- ・下端標高T.P.+3.2mから天端標高T.P.+20.0mまでを頂部鋼板を含めて10層に分割する。
- ・各層は下に示すブロックが複数結合されている。
- ・ブロック同士は、添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により結合される。
- ・鋼製防護壁の拡幅部最下層にはアンカーボルトを設置し、上部工からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き、押込み力として頂版鉄筋コンクリートに伝達する。



- 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鉄筋コンクリート
 - 2) 地中連続壁基礎上部に打設する頂版鉄筋コンクリート
 - 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鉄筋コンクリート
 - 4) 鋼製防護壁アンカーを巻き込んで打設する根巻き鉄筋コンクリート
- の4種類の鉄筋コンクリートがある。

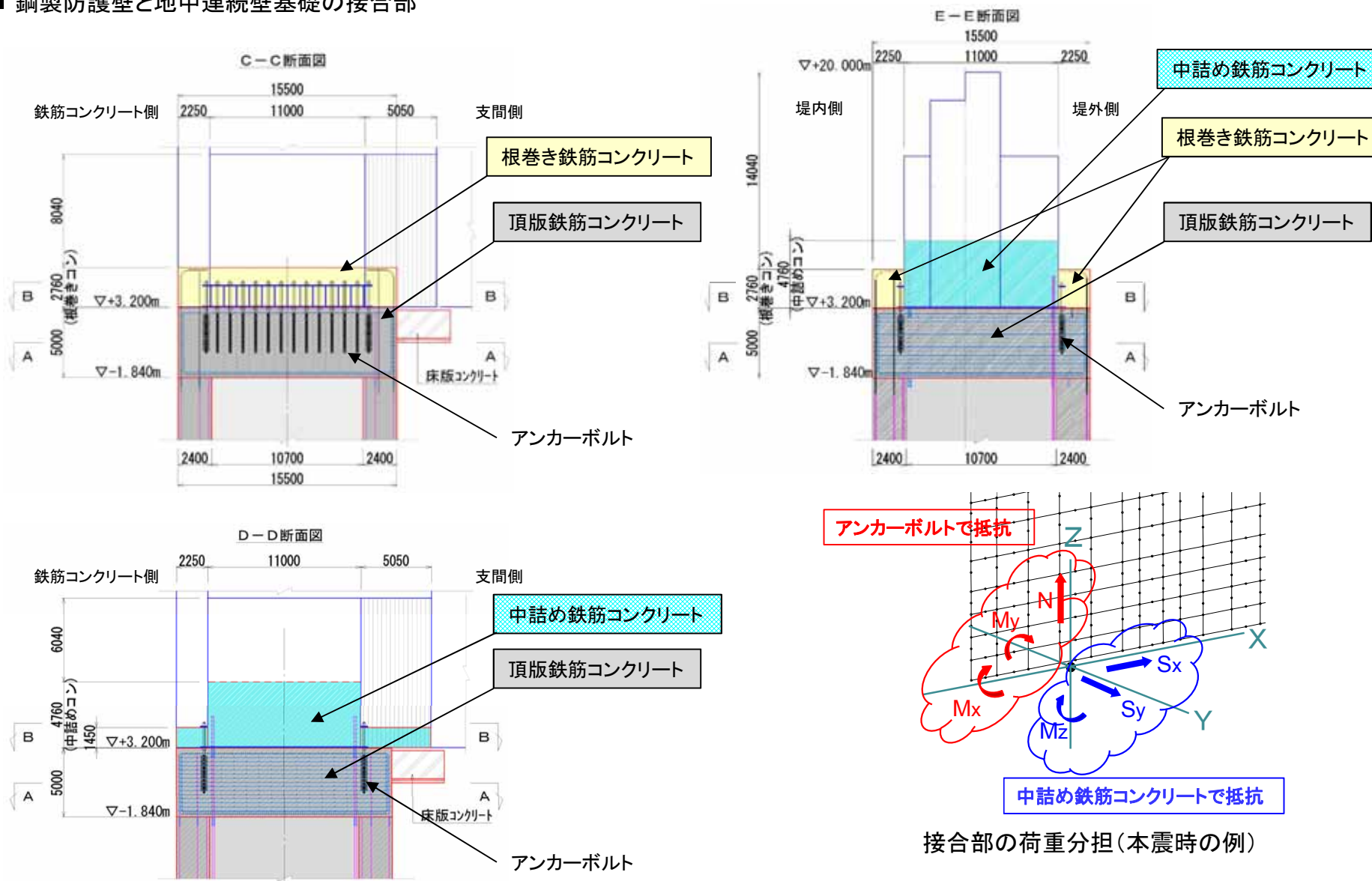


■ 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の接合部

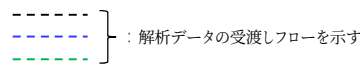


※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

■ 鋼製防護壁と地中連続壁基礎の接合部



設計検討フロー



8. 設計方針

各部材の許容限界

- 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。
	鋼製防護壁アンカー	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。

■ 地中連続壁基礎及び鋼製防護壁の設計

(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

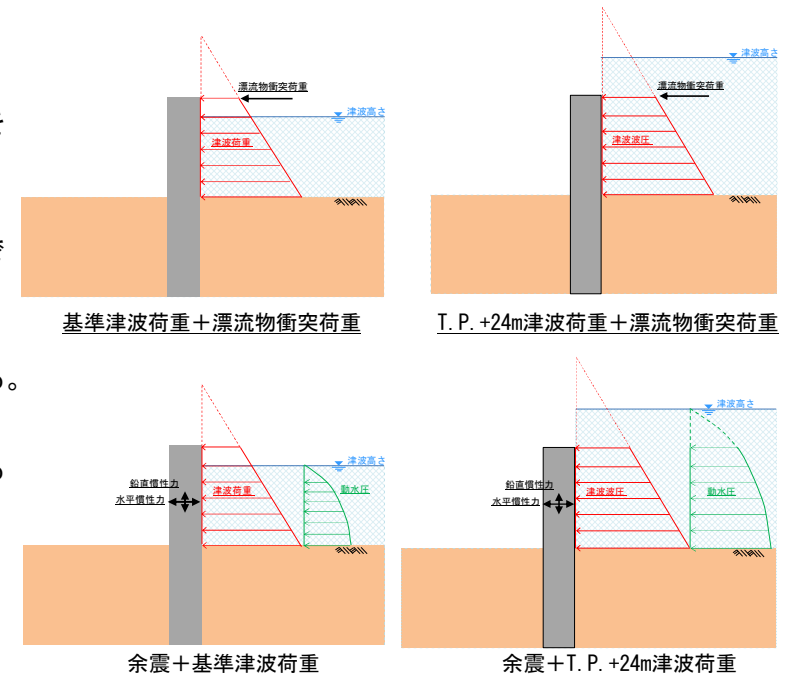
余震による地震力＋津波荷重に対して短期許容応力度以下であることを確認する。

(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。



※T. P. +24m津波は第四十三条対応事項であるが、上部工の耐津波設計における影響が大きいため本資料に記述する。

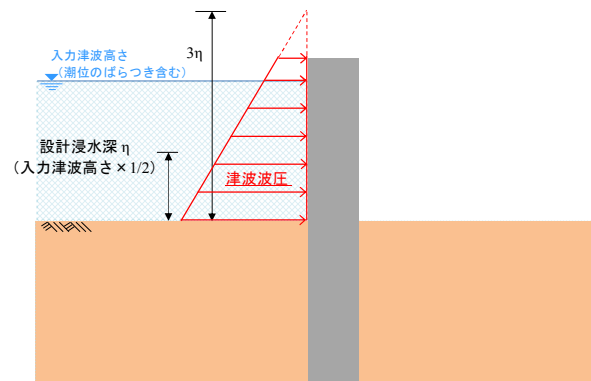
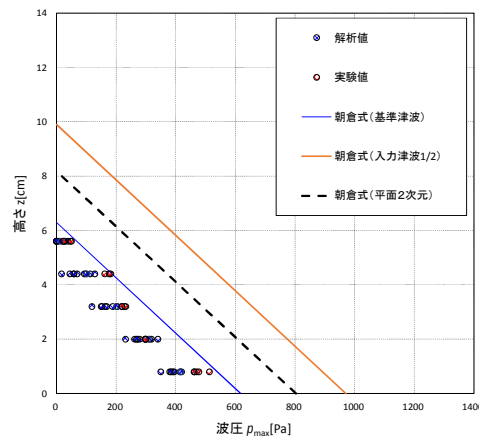
対象	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
基礎地盤	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説(IV下部構造編)
地中連続壁基礎	曲げ, せん断	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T. P. +24m津波に対して】 降伏応力度・ せん断強度以下	【基準津波に対して】 道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV下部構造編・V耐震設計編) 【T. P. +24m津波に対して】 道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV下部構造編・V耐震設計編) コンクリート標準示方書
鋼製防護壁	曲げ, せん断	【基準津波に対して】 短期許容応力度以下 【T. P. +24m津波に対して】 降伏応力度以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

津波荷重の考え方

■ 浸水深の設定

設計用浸水深は、津波の最大遡上高さと設置地盤高さの差の1/2とする。設定理由は以下のとおり。

- 津波の最大遡上高さと設置地盤高さの差の1/2を浸水深とし朝倉式から算定した津波荷重は、非線形長波理論に基づく津波シミュレーション解析で得られた浸水深を用いて朝倉式により算定した津波荷重よりも大きい。
- 水理模型実験により確認した浸水深を用いて朝倉式から算定した津波荷重は、上記から算定した津波荷重よりも更に小さいことを確認した。
- 津波シミュレーション解析及び水理模型実験で確認したフルード数は、いずれも1.5以下であり、朝倉式の適用が可能である。

設計浸水深算出概要図 (入力津波 $\times 1/2$)

津波波圧の比較

- ・解析値
分散波理論に基づいた数値シミュレーション解析で得られた波圧
- ・実験値
水理模型実験で得られた波圧
- ・朝倉式（基準津波）
分散波理論に基づいた数値シミュレーションでの浸水深を用いて朝倉式により算出した波圧
- ・朝倉式（入力津波 $1/2$ ）
浸水深を（入力津波高さ - 地盤高さ） $\times 1/2$ として朝倉式により算出した波圧
- ・朝倉式（平面二次元）
非線形長波理論に基づいた津波シミュレーションで得られた浸水深を用いて朝倉式により算出した波圧

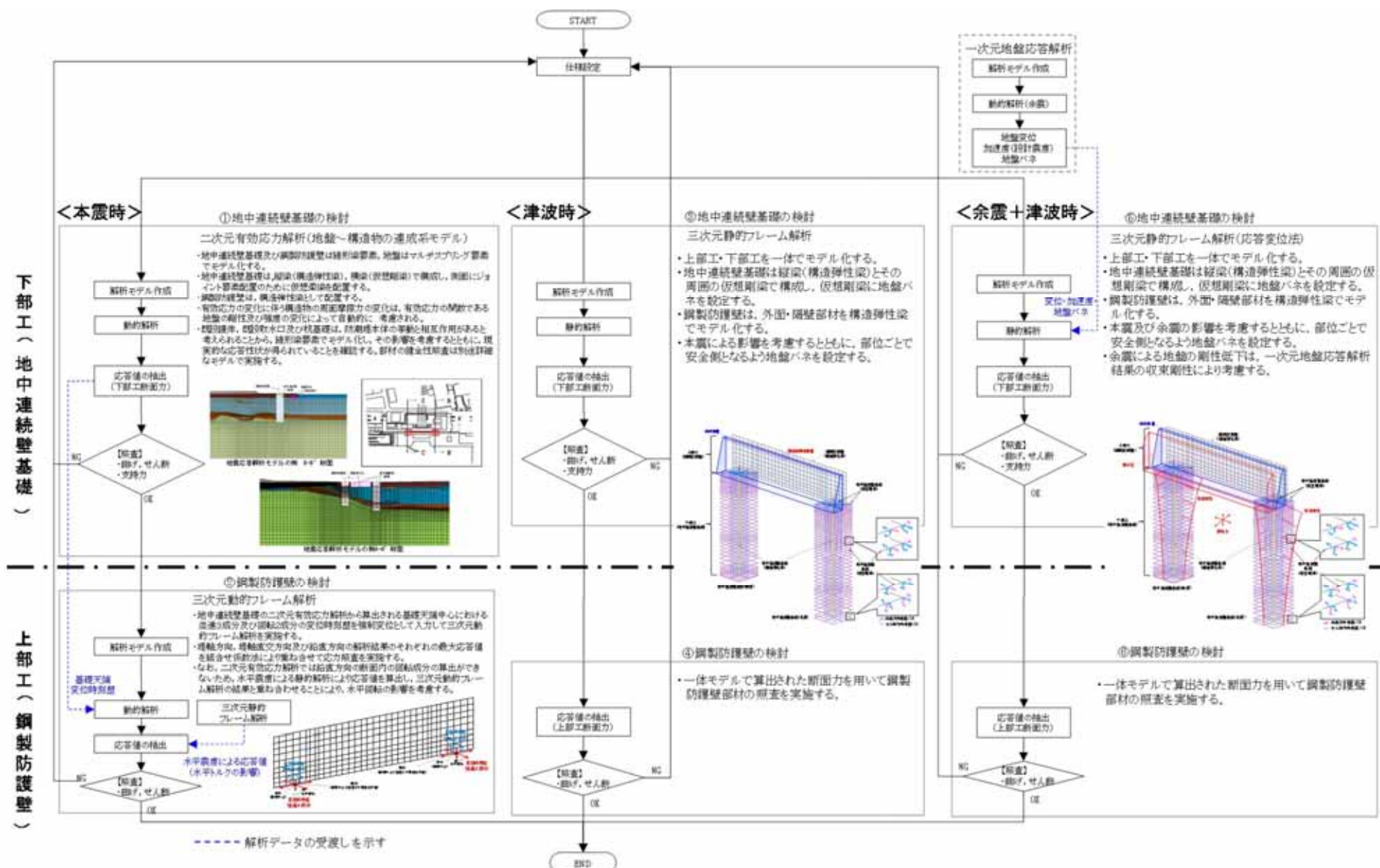
津波シミュレーションモデル (非線形長波理論)
T.P.+3.0mフラット地形モデル

水理模型実験のフルード数

	フルード数 (最大浸水深時)
1回目	0.9
2回目	0.9
3回目	0.6
4回目	0.8
5回目	0.7
6回目	0.9
平均値	0.8

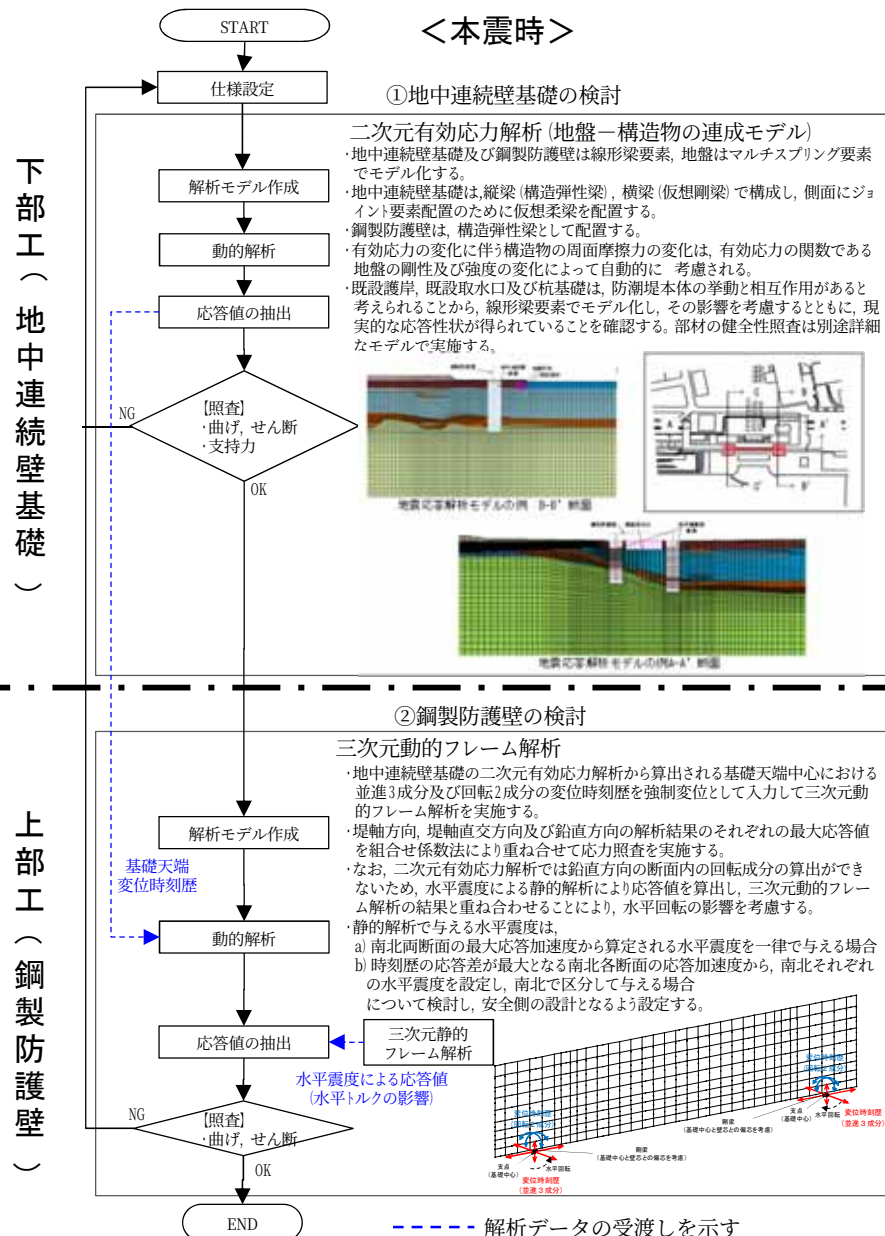
津波シミュレーション (非線形長波理論)
のフルード数

	最大浸水深	フルード数 (最大浸水深時)
1	5.206	0.60
2	5.027	0.49
3	4.671	0.45
4	5.057	0.66
5	5.276	0.59
6	5.188	0.60



鋼製防護壁の検討モデルと評価フロー

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 有効応力解 析	FLIP	本震時	・地中連続壁基礎の動的挙動評価 ・地層の不陸を反映	・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	・鋼製防護壁モデルの精緻化 ・鋼製防護壁の動的挙動評価	・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	・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	・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	・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	・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査



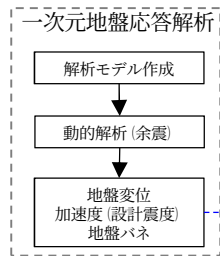
解析手法	二次元動的有効応力解析
プログラム	FLIP
対象荷重	本震時
目的	・地中連続壁基礎の動的挙動評価 ・地層の不陸を反映
データ利用	・地中連続壁基礎、基礎地盤の照査 ・基礎天端の変位時刻歴 (上部工の動的解析に入力) ・鋼製防護壁の最大水平加速度 (上部工の静的解析に入力)

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	・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(余震+津波時)

下部工(地中連続壁基礎)

上部工(鋼製防護壁)

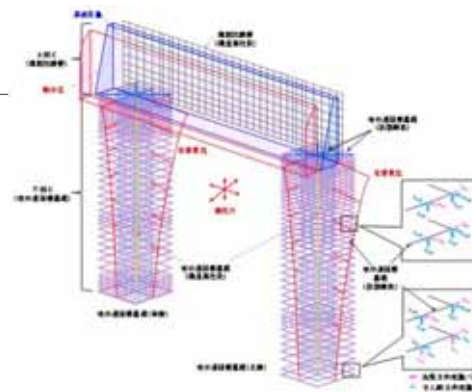
変位・加速度
地盤バネ

<余震+津波時>

⑤地中連続壁基礎の検討

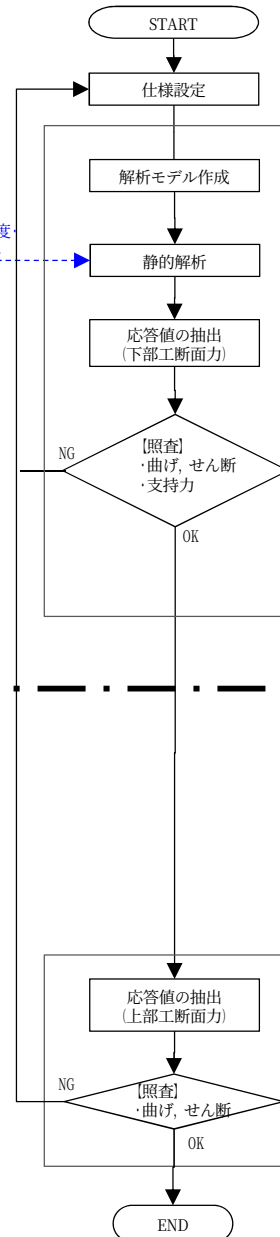
三次元静的フレーム解析(応答変位法)

- ・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。
- ・本震及び余震の影響を考慮するとともに、部位ごとで安全側となるよう地盤バネを設定する。
- ・余震による地盤の剛性低下は、一次元地盤応答解析結果の収束剛性により考慮する。



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。



----- 解析データの受渡しを示す

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	・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	・地中連続壁基礎の照査 ・鋼製防護壁の照査

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

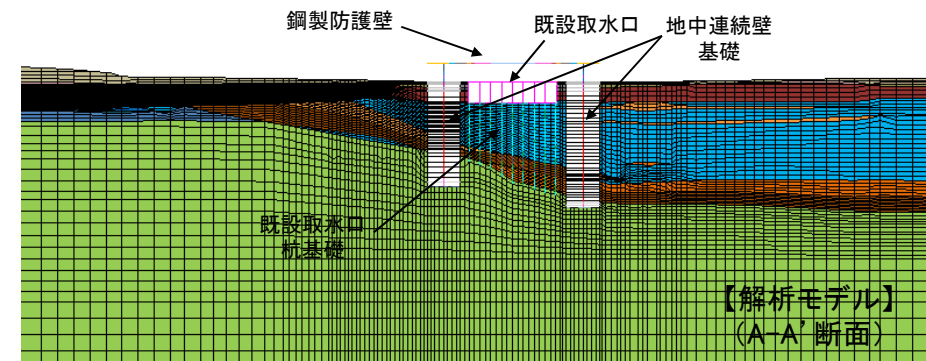
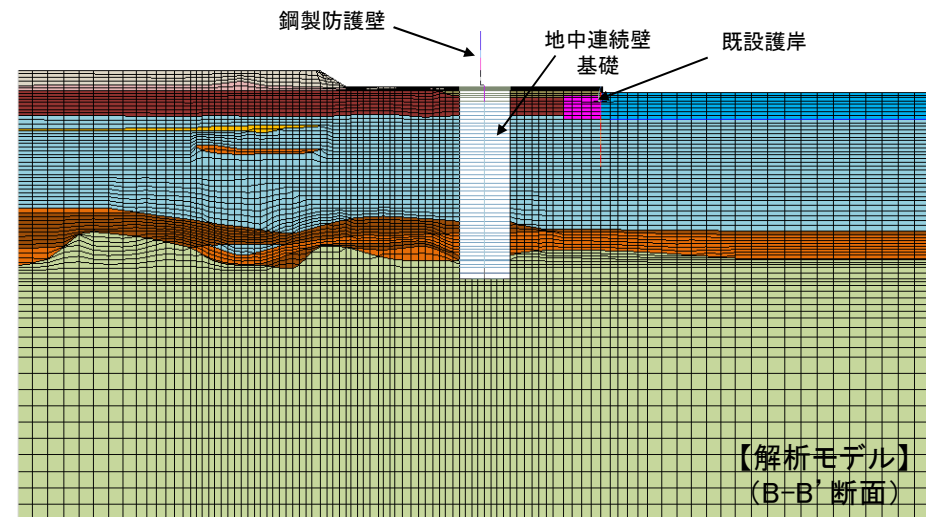
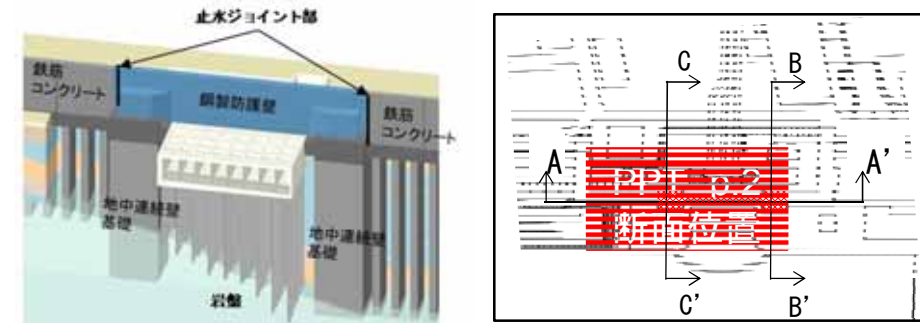
- ・地層の不陸を反映した本震時の地中連続壁基礎の挙動を動的に評価する。
- ・地盤の液状化の影響を厳密に反映するため地盤-構造物の連成モデルに対して二次元動的有効応力解析法を適用する。

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

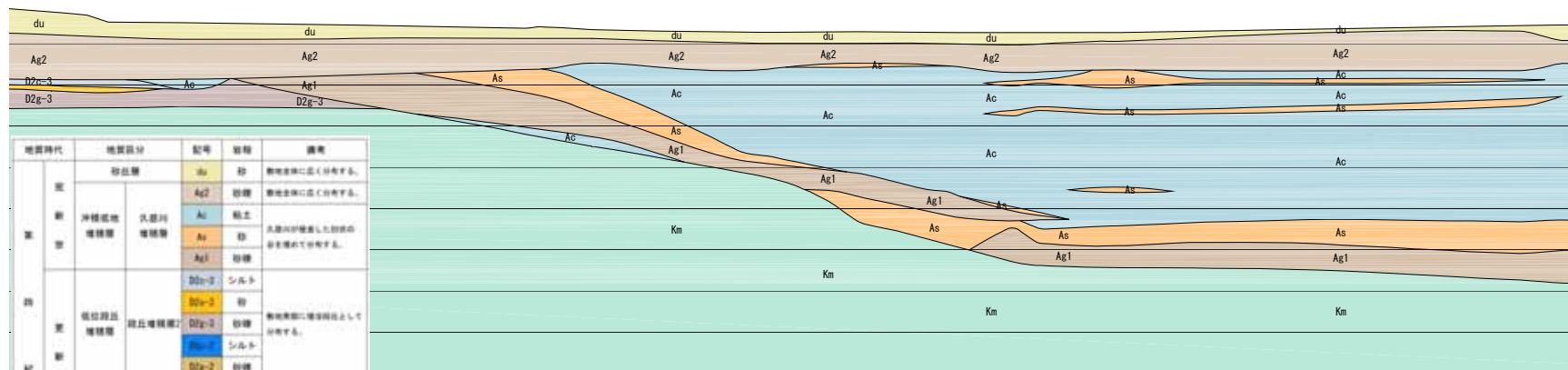
- ・地中連続壁基礎及び鋼製防護壁は線形梁要素, 地盤はマルチスプリング要素及び間隙水要素でモデル化する。
- ・地中連続壁基礎は, 縦梁(構造弾性梁), 横梁(仮想剛梁)で構成し, 側面にジョイント要素配置のために仮想柔梁を配置する。
- ・鋼製防護壁は構造弾性梁として配置する。
- ・有効応力の変化に伴う構造物の周面摩擦力の変化は, 有効応力の関数である地盤の剛性及び強度の変化によって自動的に考慮される。
- ・既設護岸, 既設取水口及び杭基礎は, 防潮堤本体の挙動と相互作用があると考えられることから, 線形梁要素でモデル化し, その影響を考慮するとともに, 現実的な応答性状が得られていることを確認する。部材の健全性照査は別途詳細なモデルで実施する。



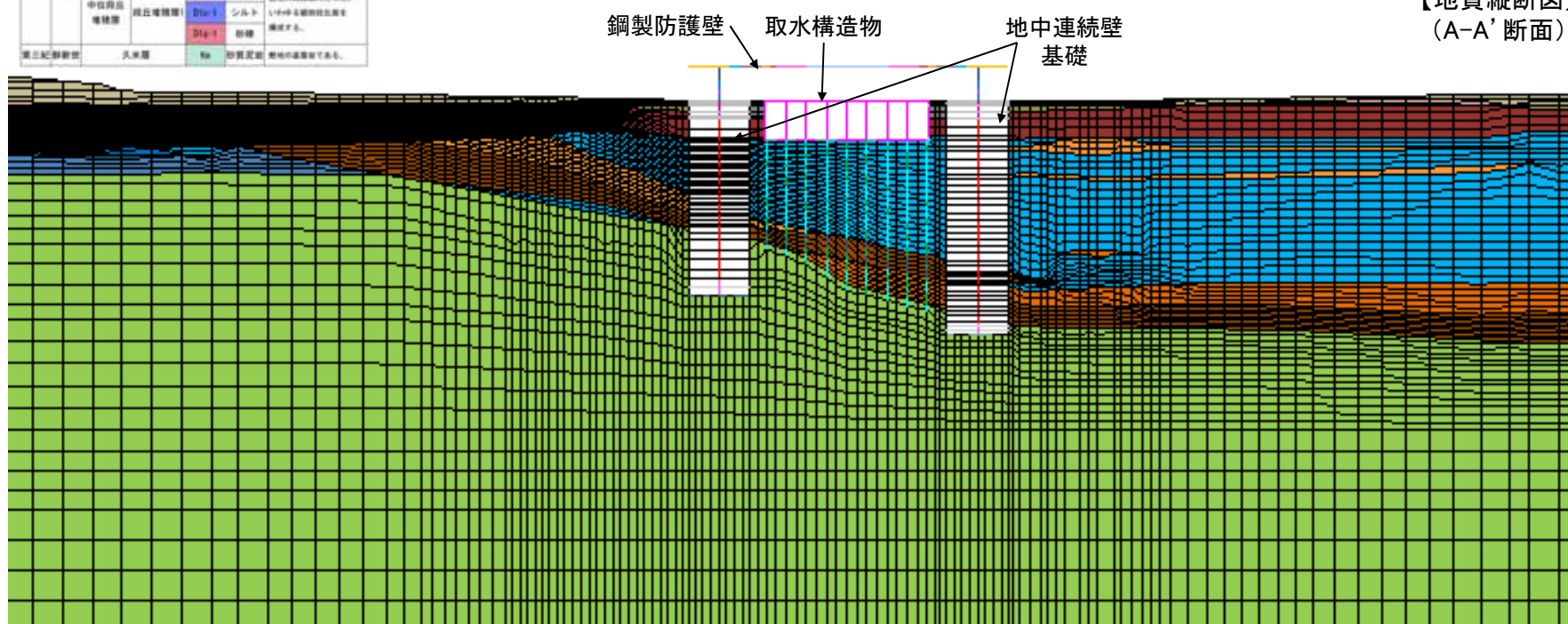
8. 設計方針

①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)

第513回審査会合
資料1-2-2再掲



【地質縦断面図】
(A-A'断面)

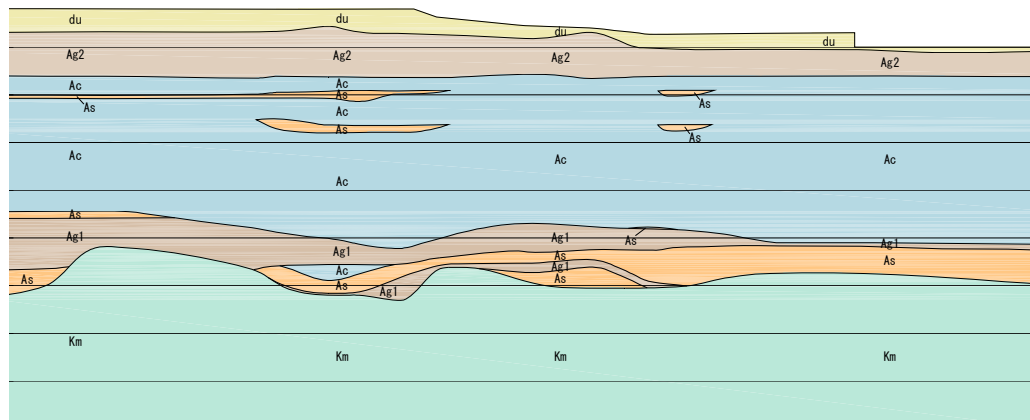


【解析モデル】
(A-A'断面)

8. 設計方針

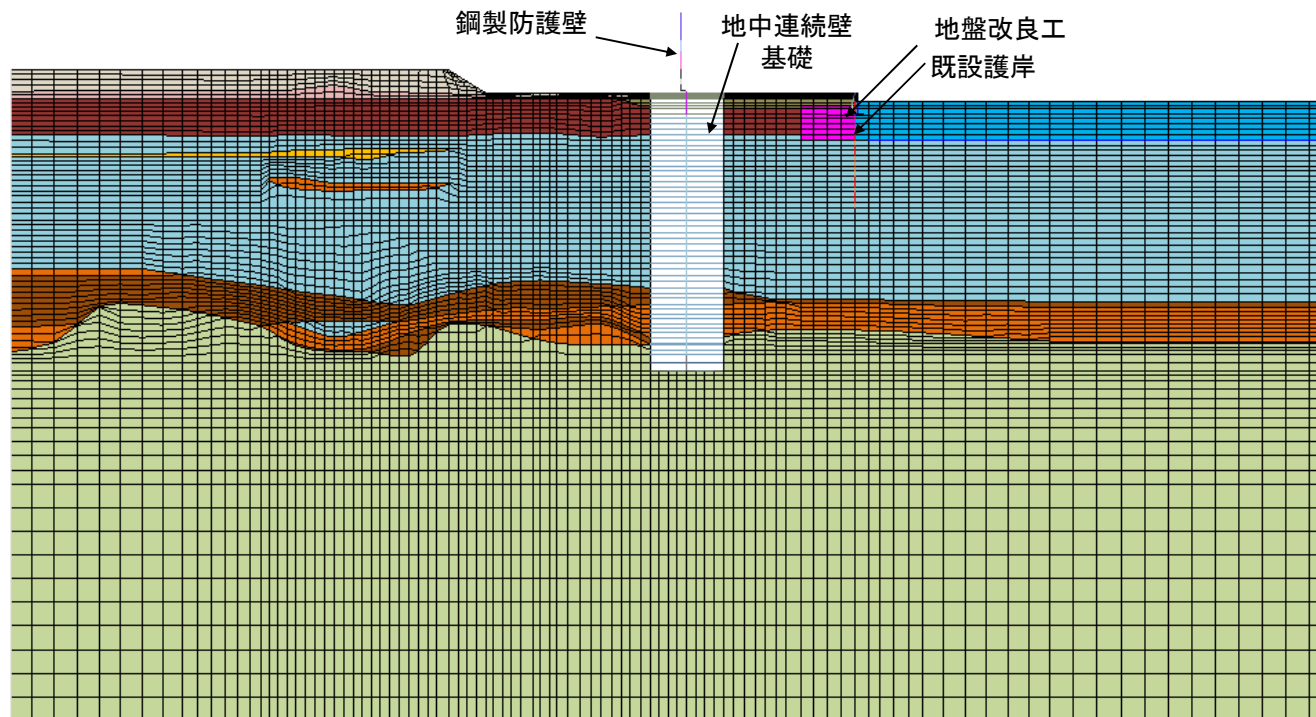
①地中連続壁基礎の検討 本震時(二次元有効応力解析)

第513回審査会合
資料1-2-2再掲



【地質断面図】
(B-B'断面)

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
新 世	沖積低地 堆積層	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。
		Ag	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
		As	砂	
四 紀	低段丘陵 堆積層	D2c-3	シルト	敷地西部に埋没段丘として分布する。
		D2c-3	砂	
		D2c-3	砂礫	
		D2c-3	シルト	
	中段丘陵 堆積層	D2a-2	砂礫	敷地の東西部に分布し、 いりゆる埋没段丘面を 構成する。
		im	ローム	
		D1g-1	シルト	
		D1g-1	砂礫	
第三紀・第四紀	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

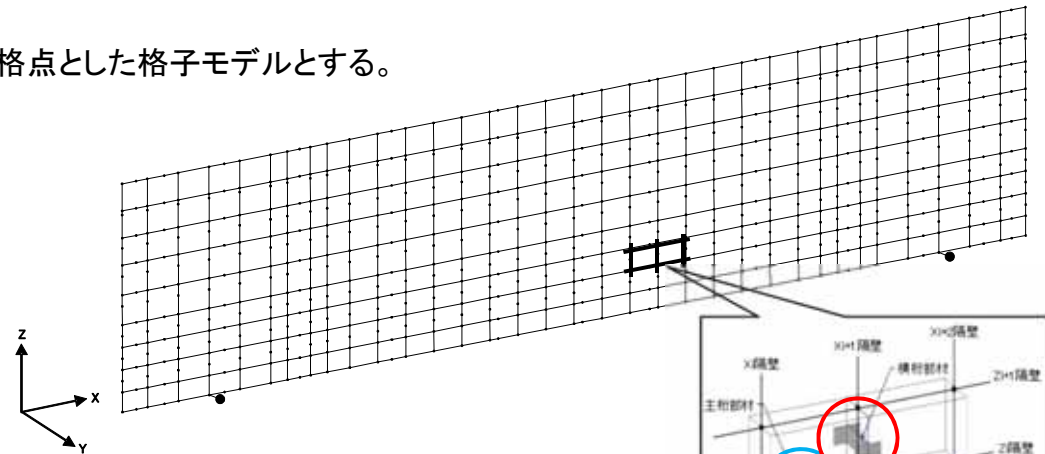


【解析モデル】
(B-B'断面)

鋼製防護壁のモデル化(本震時, 津波時, 余震+津波時共通)

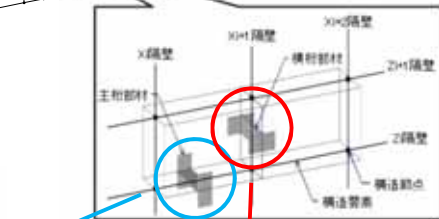
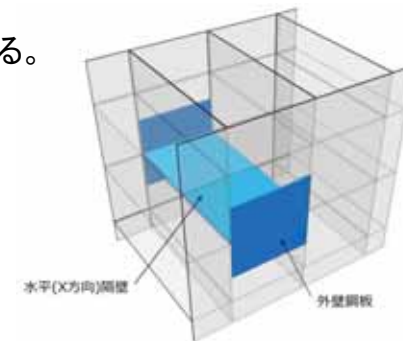
モデル化方針

- ・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。



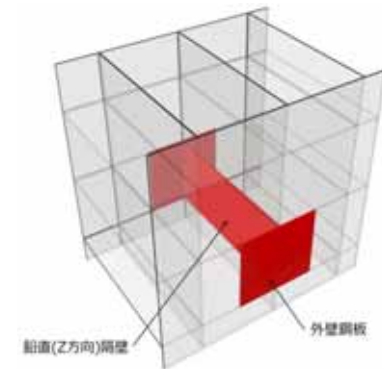
i) 主桁部材(水平方向)

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

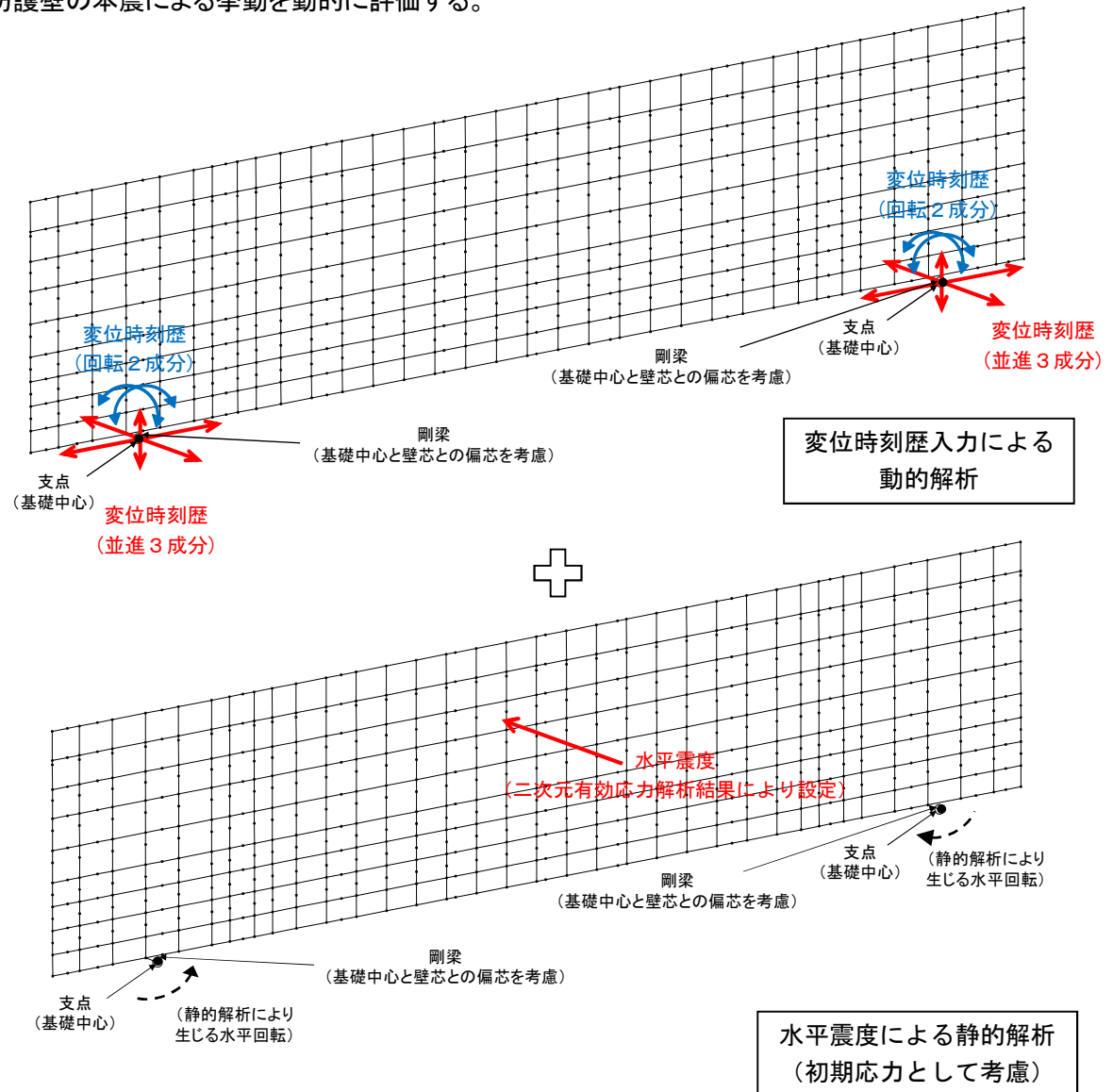
- ・主桁、横桁部材ごとの要素で精緻にモデル化した鋼製防護壁の本震による挙動を動的に評価する。

結果の利用

- ・鋼製防護壁の部材応力照査

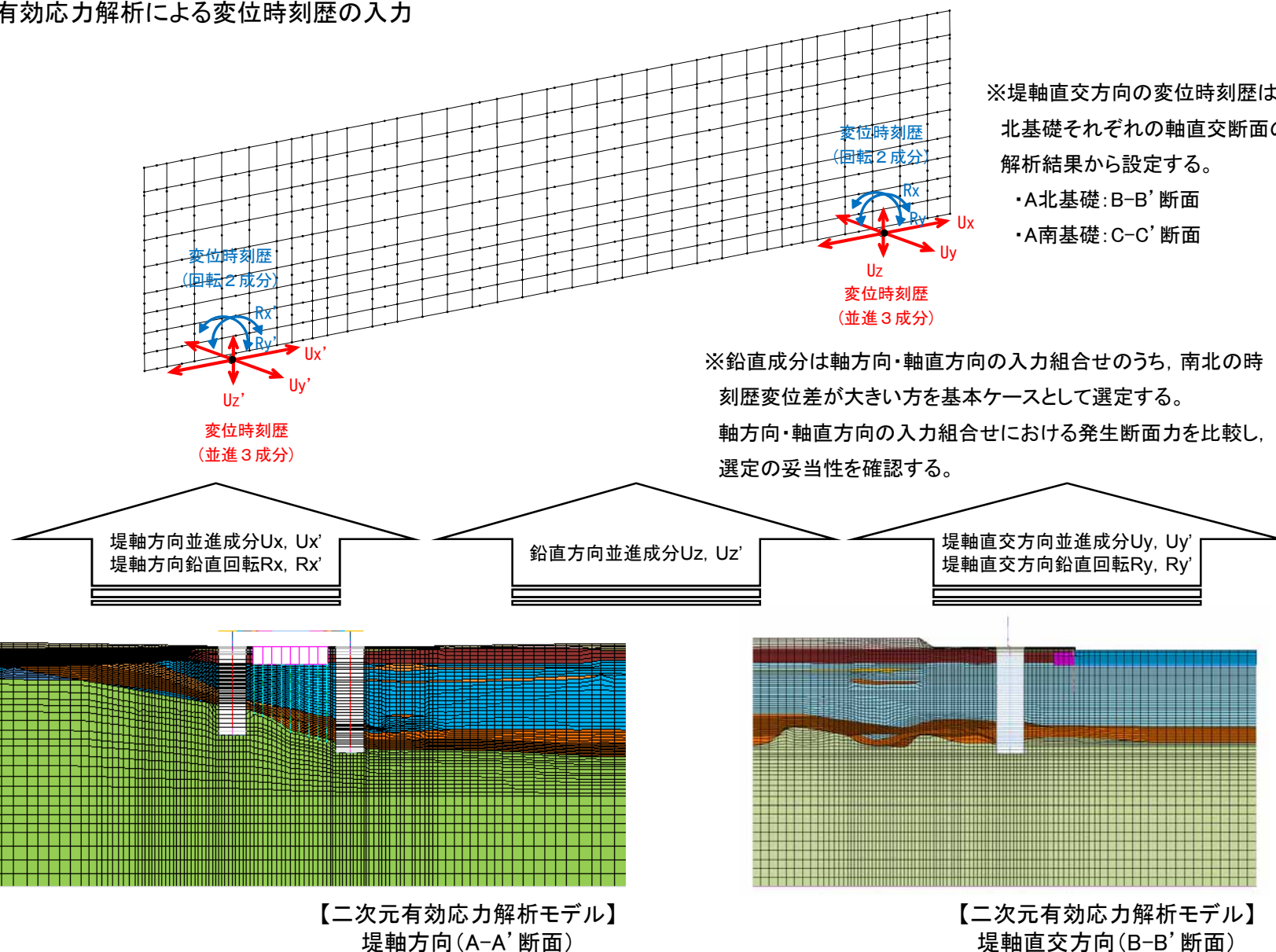
変位時刻歴入力による動的解析

- ・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。
- ・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で、水平回転の影響を考慮する。
- ・静的解析で与える水平震度は、
 - a) 南北両断面の最大応答加速度から算定される水平震度を一律で与える場合
 - b) 時刻歴の応答差が最大となる南北各断面の応答加速度から、南北それぞれの水平震度を設定し、南北で区分して与える場合について検討し、安全側の設計となるよう設定する。



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



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

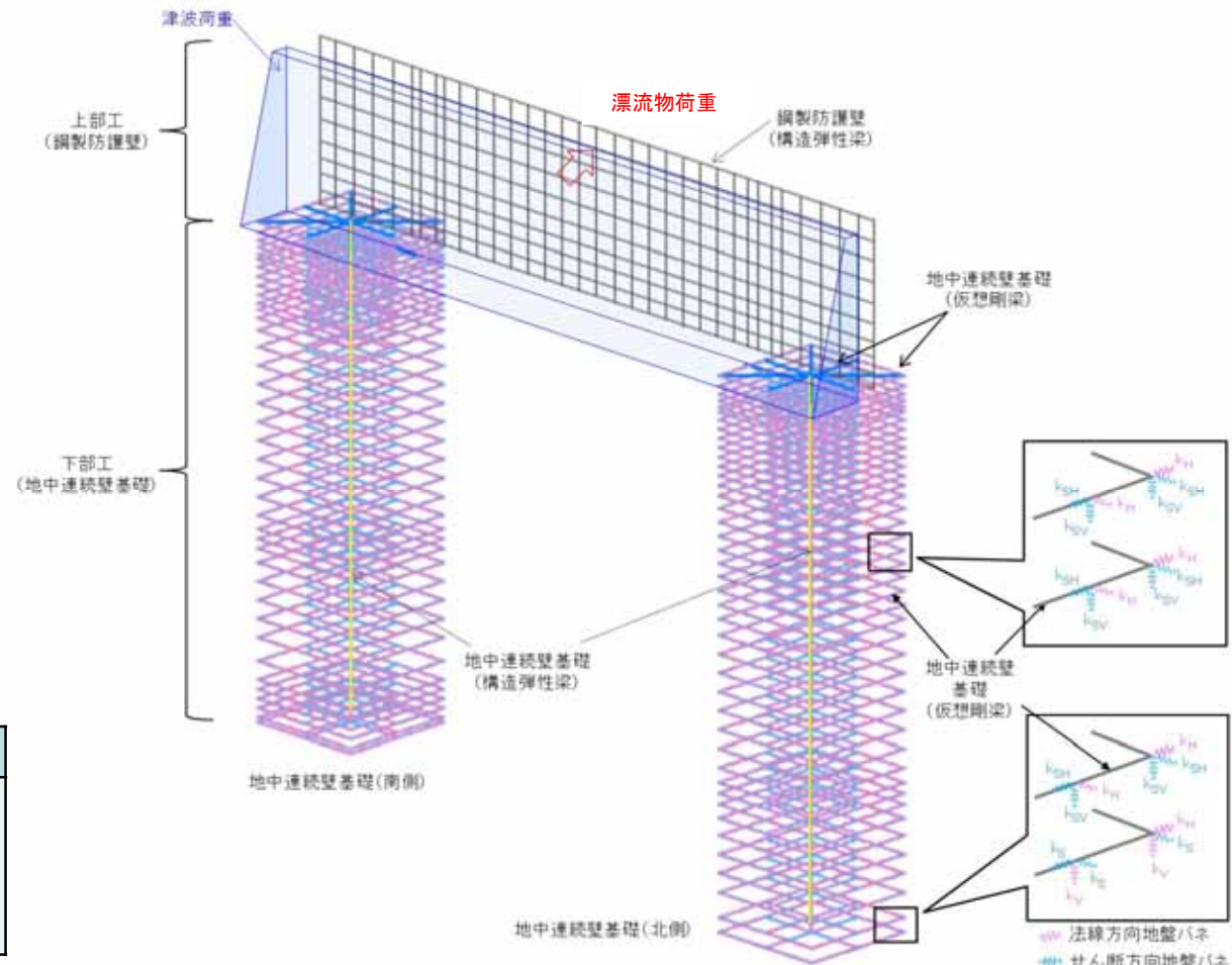
モデル化方針

- ・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。
- ・本震による影響を考慮するとともに、部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。

地盤バネの設定

地盤バネ定数	地盤バネ上限値
初期剛性	ピーク強度(平均)
余震時の収束剛性	ピーク強度(-1 σ 低減) 残留強度(平均)
静弾性係数	残留強度(-1 σ 低減)

※地盤バネ定数3種類と地盤バネの上限値の4種類を用いて、地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いて、各部位で安全側となる設計を行う。



8. 設計方針

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

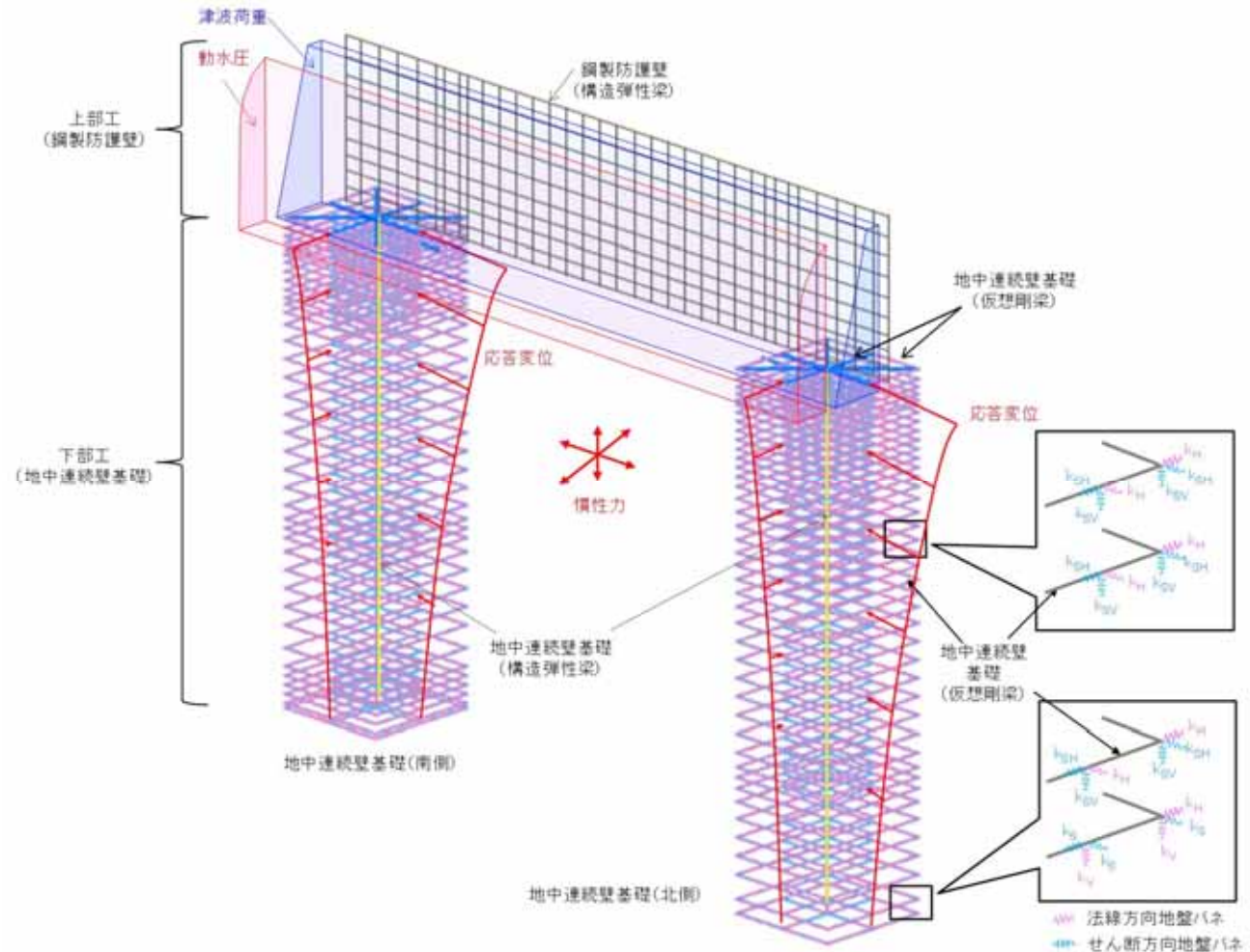
モデル化方針

- ・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。
- ・本震及び余震の影響を考慮するとともに, 部位ごとに安全側となるよう地盤バネを設定する。
- ・余震による地盤の剛性低下は, 一次元地盤応答解析結果の収束剛性により考慮する。

地盤バネの設定

地盤バネ定数	地盤バネ上限値
初期剛性	ピーク強度(平均)
余震時の収束剛性	ピーク強度(-1 σ 低減) 残留強度(平均)
静弾性係数	残留強度(-1 σ 低減)

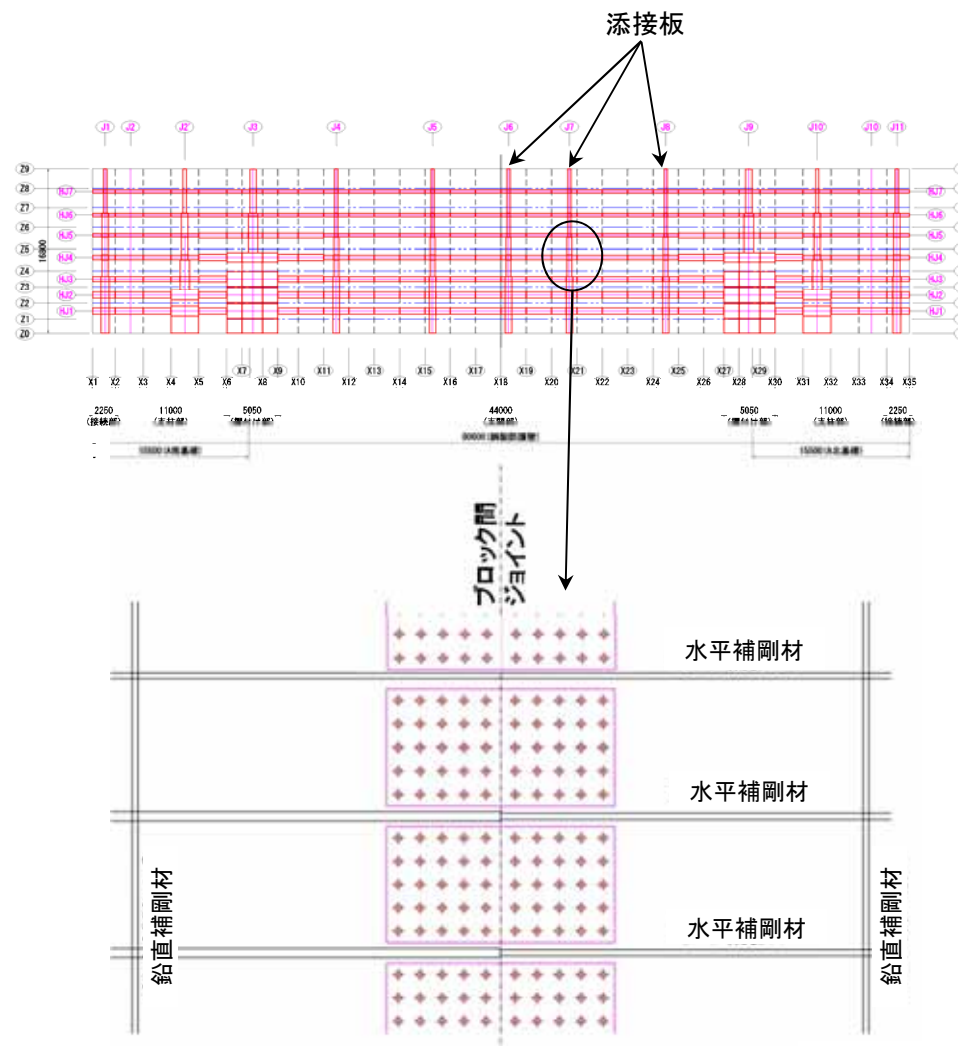
※地盤バネ定数3種類と地盤バネの上限値の4種類を用いて, 地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せによる構成式を地盤バネの設定で用いて, 各部位で安全側となる設計を行う。



第513回審査会合
資料1-2-2再掲

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	（防火戸用ヒドロキシルアミン型シリコンシーリング材）	・ 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	（金属接着用高強度エポキシ樹脂接着剤）	・ 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	（鉄粉入り一般金属用補修材）	・ 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	無機ジंक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

9. 設計方針

接合部の設計(基本方針)

- 設計荷重に対し、弾性範囲の許容限界以内で受け持てる弾性設計を実施する。
- 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。
- 直接定着式アンカーボルトの設計は、「鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)」に準拠する。
- それ以外の中詰鉄筋コンクリート等の設計は、「道路橋示方書(日本道路協会)」に準拠する。

荷重分担の考え方

- ・引き抜き力に対しては、直接定着式アンカーボルトのみで抵抗可能とする
- ・水平力及び水平回転モーメントに対しては、中詰め及び頂版鉄筋コンクリートのみで抵抗可能とする。

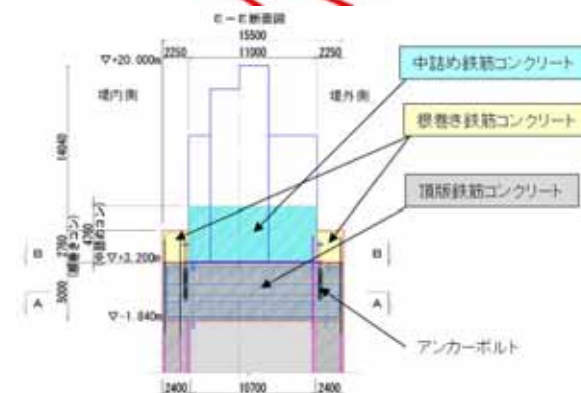
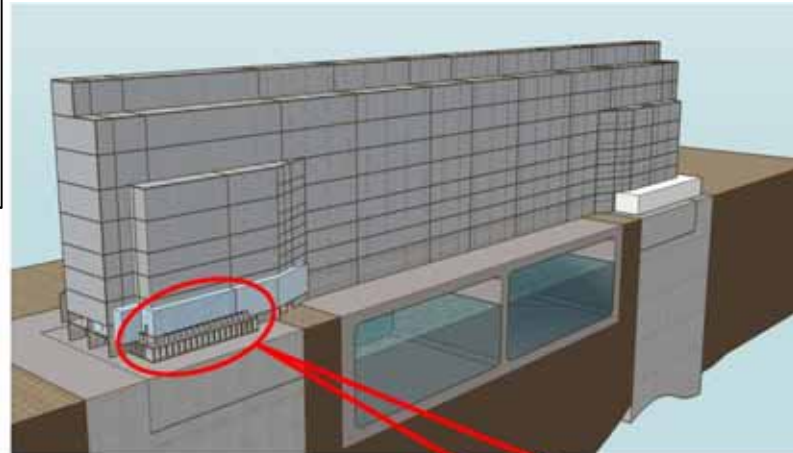


各荷重分担に応じた技術指針類の適用

- ・引き抜き力への対応・・・直接定着式アンカーボルトを設計(鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社))
- ・水平力及び水平回転モーメントへの対応・・・中詰め及び頂版鉄筋コンクリートを設計(道路橋示方書(日本道路協会))



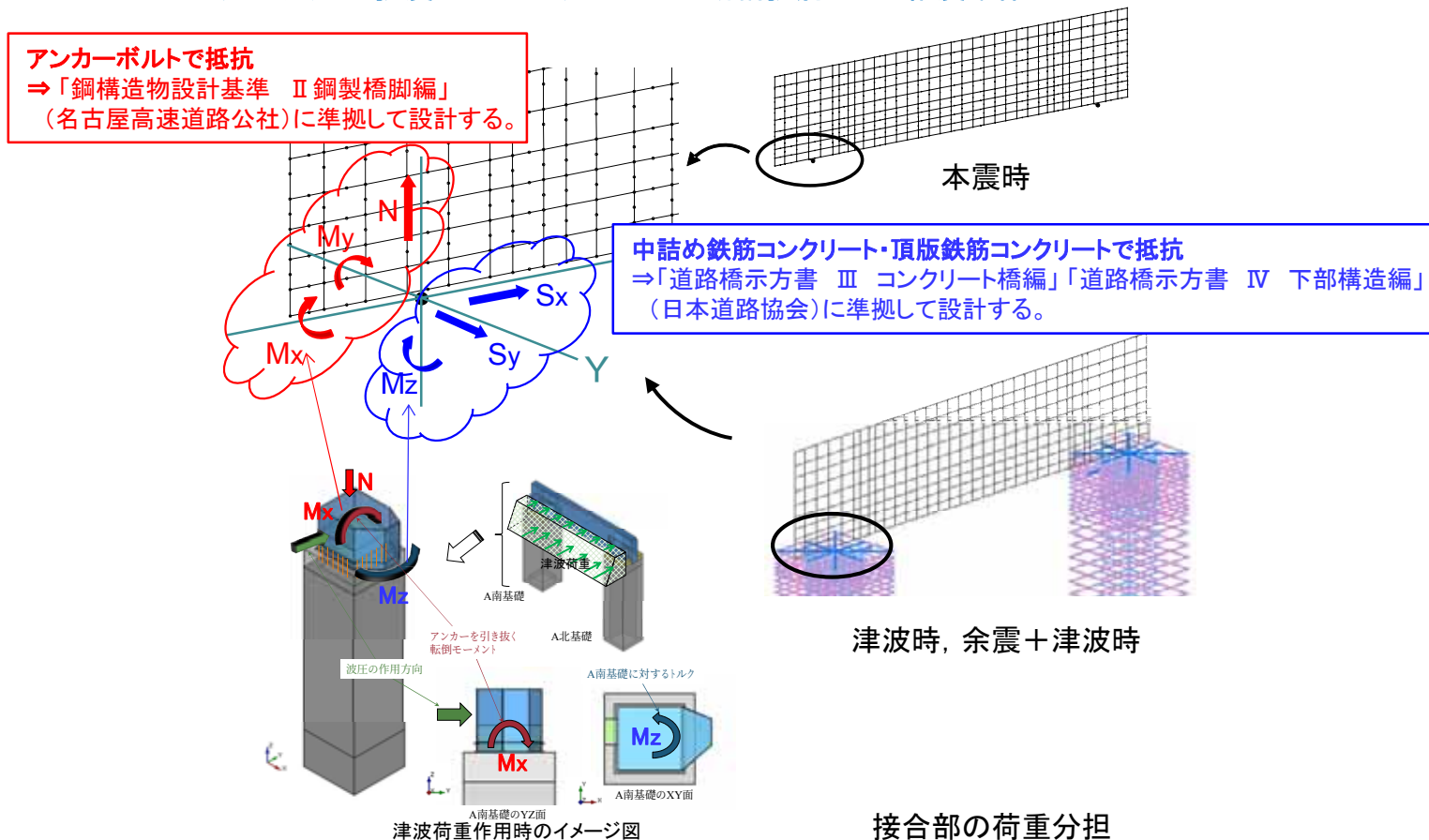
- ・接合部の各部材は、荷重分担に応じて、それぞれの技術基準類に準拠した保守的な条件の設計を実施するが、それらが一体となった構造の三次元解析(COM3)により安全性を確認する。



8. 設計方針

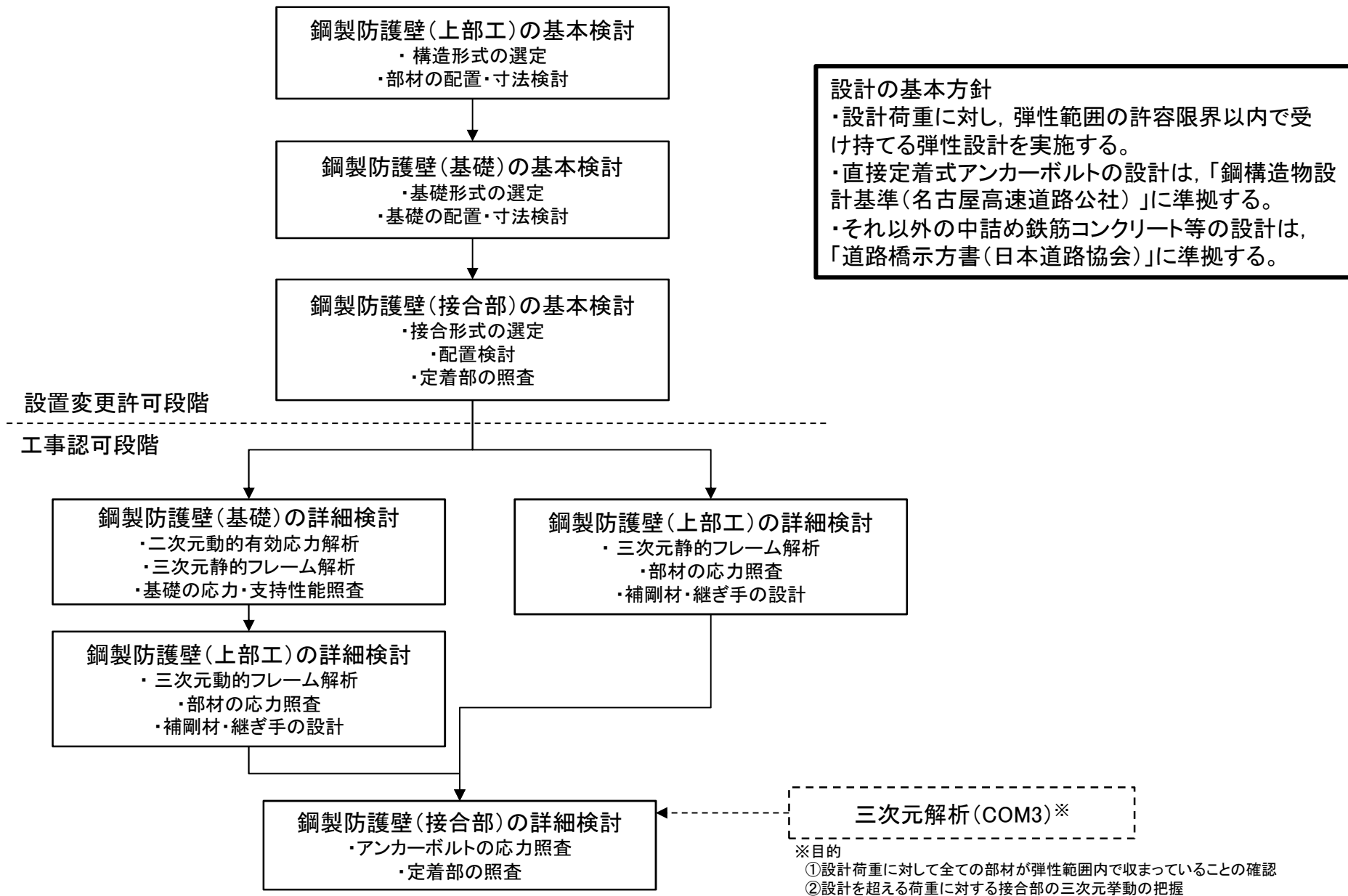
接合部の設計(設計方針)

- 接合部は、アンカーボルトを鉄筋として見立てた2軸複鉄筋コンクリート断面として弾性設計を行う。
- 鋼製防護壁の解析結果から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実施する。
- 接合部の荷重分担
 - ・アンカーボルト・・・鉛直軸力と堤軸・堤軸直交方向の曲げモーメントによる引抜き力・付着・コーン破壊に対する照査
⇒「鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編」(名古屋高速道路公社)に準拠した弾性設計
(コンクリート強度 27N/mm^2)
 - ・中詰め鉄筋コンクリート・頂版鉄筋コンクリート・・・水平力と水平回転モーメントによるせん断力
⇒「道路橋示方書 III コンクリート橋編」「道路橋示方書 IV 下部構造編」に基づく弾性設計
(コンクリート強度 50N/mm^2) ⇒ せん断補強筋による裕度確保



9. 設計方針

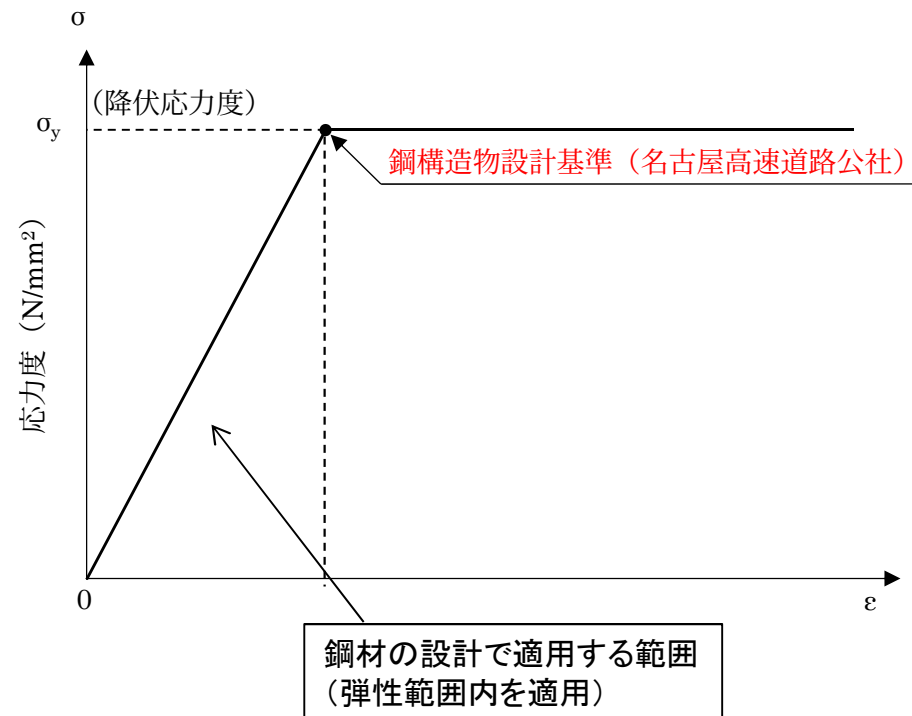
接合部の検討フロー



9. 設計方針

接合部における鋼材及びコンクリートの設計で適用する範囲

○鋼材について



○コンクリートについて

接合部におけるコンクリート設計強度基準は 50N/mm^2 を用いることとしているが、直接定着式アンカーボルトの定着及びコーンせん断の照査には、保守的な配慮として、鋼構造物設計基準(名古屋高速道路公社)に準拠したコンクリート設計基準強度 27N/mm^2 を適用する。

8. 設計方針

接合部の設計(「鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編」(名古屋高速道路公社))

3.1 使用鋼材

アンカーボルトに使用する材料に関する基準

3.1 使用鋼材

- (1) 鋼材は「I.3.1」、「I.表 3.1-1」に適合するものを標準とする。
- (2) 鋼種は板厚により「I.3.2」、「I.表 3.2-1」に基づいて選定するのを原則とする。

- (2) アンカーボルトの使用材料については表 3.1-1 に示すとおり、定着方式ならびに強度により分類ができる。なお、ワッシャーについては溶接性を考慮して SM400 材を使用するものとし、ナットについては SS400 材を使用するものとする。

表 3.1-1 アンカーボルトの材料

定着方式	直接定着方式		アンカーフレーム方式			
鋼 種	SM490A 相当	SM520B 相当	SS400	S30CN	S35CN	S45CN
降伏点	315 N/mm ²	355 N/mm ²	235 N/mm ²	285 N/mm ²	305 N/mm ²	345 N/mm ²
または耐力	以上	以上	以上	以上	以上	以上
JIS (注1)	(G3106) (注2)	(G3106) (注2)	G3101	G4051 (注3)	G4051 (注3)	G4051 (注3)

注 1) アンカーボルトの鋼種表示は鉄鋼記号による。

注 2) JIS G 3106「溶接構造用圧延鋼材」には、鋼板、鋼帯、形鋼および平鋼が規定されており、直接定着方式のアンカーボルトに用いる棒鋼はこれらには含まれないが、スタッドの溶接性を確保するため、この化学成分を参考にし、表 3.1-2、表 3.1-3、表 3.1-4 を満足させるものとした。本基準では、直接定着方式のアンカーボルトの材質を、「SM490A 相当」、「SM520B 相当」と表記することとした。

注 3) 機械構造用鋼 S30CN、S35CN、S45CN は JIS G 4051 に示される材質 S30C、S35C、S45C に熱処理として焼きならしを施し、その規格の解説付表に示される機械的性質を満足する材料とする。

表 3.1-2 直接定着方式アンカーボルトに用いる鋼材の化学成分

記 号	化 学 成 分 (%)				
	C	Si	Mn	P	S
SM490A 相当	0.22 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
SM520B 相当	0.22 以下 (注1)	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下

注 1) JIS G 3106 には、厚さ 100mm を超える場合の C 数値が記載されていないが、機械的性質を考慮して決定した。

表 3.1-3 直接定着方式アンカーボルトに用いる鋼材の機械的性質

記 号	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
SM490A 相当	315 以上	490 以上	23 以上
SM520B 相当	355 以上	520 以上	21 以上

表 3.1-4 直接定着方式アンカーボルトに用いる鋼材のシャルピー吸収エネルギー

記 号	試験温度	シャルピー吸収エネルギー	試験片
SM520B 相当	0 ℃	27J 以上	V ノッチ試験片

注 1) 試験片形状：JIS Z 2202 (金属材料衝撃試験片) による。

注 2) 試験方法：JIS Z 2242 (金属材料衝撃方法) による。

8. 設計方針

接合部の設計(「鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編」(名古屋高速道路公社))

3.3 許容応力度

アンカー部に使用する鋼材・コンクリートの許容応力度に関する基準

3.3 許容応力度

3.3.1 鋼材

(1) 鋼材の許容応力度

- 1) 鋼材の許容応力度は道示Ⅱ「3.2 鋼材の許容応力度」および道示Ⅱ「14.3 鋼管の許容応力度」によるものとする。
- 2) 柱基部およびアンカー部の鋼材の許容応力度は表 3.3.1-1 に示す値とする。ただし、荷重の組合せによる許容応力度の割増しは、表 2.14-1 によらなければならない。

表 3.3.1-1 柱基部およびアンカー部の鋼材の許容応力度 (N/mm²)

分類	鋼種	引張応力度 σ_y	せん断応力度 τ_y
鋼板	SS400	140	80
	SM490Y	210	120
	SM520	210	120
	SM570	255	145
	SM490A 相当	185	80
直接定着方式のアンカーボルト	SM520B 相当	210	80
	SS400	140	60
	S30CN	165	60
	S35CN	185	80
	S45CN	210	80
アンカーフレーム方式のアンカーボルト	SS400	140	60
	S30CN	165	60
	S35CN	185	80
	S45CN	210	80

(2) レベル 2 地震動に対する耐震設計に用いる鋼材の照査応力度

アンカー部の耐震設計における柱基部およびアンカー部の鋼材の照査応力度は、表 3.3.1-2 に示す値とする。

表 3.3.1-2 柱基部およびアンカー部の鋼材の照査応力度(アンカー部の耐震設計) (N/mm²)

分類	鋼種	引張応力度 σ_y	せん断応力度 τ_y
鋼板	SS400	235	135
	SM490Y	355	205
	SM520	355	205
	SM570	450	260
	SM490A 相当	315	120
直接定着方式のアンカーボルト	SM520B 相当	355	120
	SS400	235	90
	S30CN	285	90
	S35CN	305	120
	S45CN	345	120
アンカーフレーム方式のアンカーボルト	SS400	235	90
	S30CN	285	90
	S35CN	305	120
	S45CN	345	120

- (3) 現場溶接部の許容応力度については、道示Ⅱ「3.2.3 溶接部および接合用鋼材の許容応力度」にしたがい、工場溶接と同等の値とする。

3.3.2 コンクリート

橋脚アンカー部に使用するコンクリートの許容応力度は表 3.3.2-1 に示す値とする。ただし、荷重の組合せによる許容応力度の割増しは表 2.14-1 によらなければならない。

表 3.3.2-1 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

定着方式	応力度の種類		コンクリート設計基準強度		
			21	24	27
直接定着方式	付着応力度	τ_a	2.6	2.8	3.0
	コア破壊応力度	σ_{con1}	0.48	0.52	0.55
		σ_{con2}	1.06	1.14	1.21
アンカーフレーム方式	押抜きせん断	τ_{a2}	1.6	1.7	1.8
	応力度	τ_{a3}	0.85	0.90	0.95
	支圧応力度 (アンカー部)	σ_{ba}	10.5	12.0	13.5

σ_{con1} : コンクリートそのものの強度で決まるコア破壊強度

σ_{con2} : 鉄筋補強をする場合のコア破壊強度

τ_{a2} : 斜め引張鉄筋と協同して負担する場合の許容せん断応力度

τ_{a3} : 押抜きせん断の場合の許容せん断応力度

許容応力度

照査応力度
弾性設計(降伏応力度)

8. 設計方針

接合部の設計(「鋼構造物設計基準 Ⅱ 鋼製橋脚編」(名古屋高速道路公社))

7.3.1 アンカーボルト

直接定着式アンカーボルトの規格・寸法に関する基準

7.3 直接定着方式のアンカー部

7.3.1 アンカーボルト

- (1) アンカーボルトの材質、ボルト径の選定は、その作用応力度と同時に、橋脚としての剛度の確保を考慮して行うものとする。
- (2) アンカーボルトは、軸応力度、せん断応力度、および軸応力度とせん断応力度の合成応力度により設計するものとする。
- (3) アンカーボルト公称径D(=定着部の節底径)の上限は180mmとし、材質の上限はSM520B相当とする。
- (4) アンカーボルト間隔は2D以上を標準とする。
- (5) アンカーボルト径、スタッド径、スタッドピッチおよびスタッド長は、表7.3.1-1の仕様を標準とする。

表7.3.1-1 アンカーボルトの仕様 (mm)

公称径 D	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
ねじ部の呼び M	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
スタッド径	13	16	16	16	19	19	22	22	22	22	22
スタッドピッチ	70	90	80	75	95	90	110	105	100	95	90
スタッド長さ	100	120	120	120	130	130	150	150	150	150	150
平坦面	28	32	32	32	37	37	40	40	40	40	40

8. 設計方針

接合部の設計(「鋼構造物設計基準 Ⅱ 鋼製橋脚編」(名古屋高速道路公社))

2.14 荷重の組合せおよび許容応力度の割増し

照査に用いる荷重の組合せおよび許容応力度の割増しに関する基準

2.14 荷重の組合せおよび許容応力度の割増し

(1) 荷重の組合せ

鋼製橋脚の設計は、2.1(1)に示す荷重の種類に対して表 2.14-1 の組合せを考慮し、その許容応力度は 3.3 に規定する許容応力度に表 2.14-1 に示す割増し係数を乗じた値とする。

表 2.14-1 荷重の組合せおよび許容応力度の割増し係数

荷重の組み合わせ		割増し係数
1) 主荷重(P) + 主荷重に相当する特殊荷重(PP)		1.00
2) 主荷重(P) + 主荷重に相当する特殊荷重(PP) + 温度変化の影響(T)		1.15
3) 主荷重(P) + 主荷重に相当する特殊荷重(PP) + 風荷重(W)		1.25
4) 主荷重(P) + 主荷重に相当する特殊荷重(PP) + 温度変化の影響(T) + 風荷重(W)		1.35
5) 主荷重(P) + 主荷重に相当する特殊荷重(PP) + 衝突荷重(CO)		1.70
6) 活荷重および衝撃以外の主荷重 + 地震の影響(EQ)		1.50
7) 施工時荷重(ER)の組合せ	完成後の応力度がいちじるしく低くなる場合	1.50
	完成後の応力度が許容応力度と同程度となる場合	1.25



許容応力度

(2) レベル2地震動に対する耐震設計に用いる荷重の組合せ

レベル2地震動に対する鋼製橋脚の設計は、2.1(2)に示す荷重の種類に対して表 2.14-2 の組合せを考慮するものとする。

表 2.14-2 レベル2地震動に対する耐震設計に用いる荷重の組合せ

荷重の組合せ
活荷重および衝撃以外の主荷重 + 地震の影響(EQ)



照査応力度
弾性設計(降伏応力度)

道示IV「4.1 一般」および道示V「3.1 耐震設計上考慮すべき荷重とその組合せ」に準じた。

8. 設計方針

接合部の設計(「鋼構造物設計基準 II 鋼製橋脚編」(名古屋高速道路公社))

7.2.2 照査応力度

アンカー部の照査に用いる応力度に関する基準

7.2.2 照査応力度

(1) 脚柱基部およびアンカー部の発生応力度が表7.2.2-1に示す許容応力度を満足するように設計する。ただし、荷重の組合せによる許容応力度の割増しは表2.14-1によらなければならない。

表7.2.2-1 脚柱基部およびアンカー部の照査に用いる許容応力度

項 目			許容応力度
鋼 板	圧縮・引張		σ_s
	せん断		τ_s
アンカーボルト	圧縮・引張		σ_s
	せん断		τ_s
コンクリート	直接定着方式アンカーボルトの付着		τ_s
	コーン破壊	鉄筋補強なし	σ_{cs1}
		鉄筋補強あり	σ_{cs2}
	支 圧		$0.5\sigma_{ck}$
	せん断	押抜き ^{*)}	τ_{s3}
		斜め引張鉄筋と協同して負担	τ_{s2}

*) τ_{s3} は、荷重の組合せによる許容応力度の割増しを行ってはいならない。

許容応力度

(2) アンカー部の耐震設計では、脚柱基部およびアンカー部の発生応力度が表7.2.2-2に示す照査応力度を満足するように設計する。

表7.2.2-2 脚柱基部およびアンカー部の照査に用いる照査応力度
(アンカー部の耐震設計)

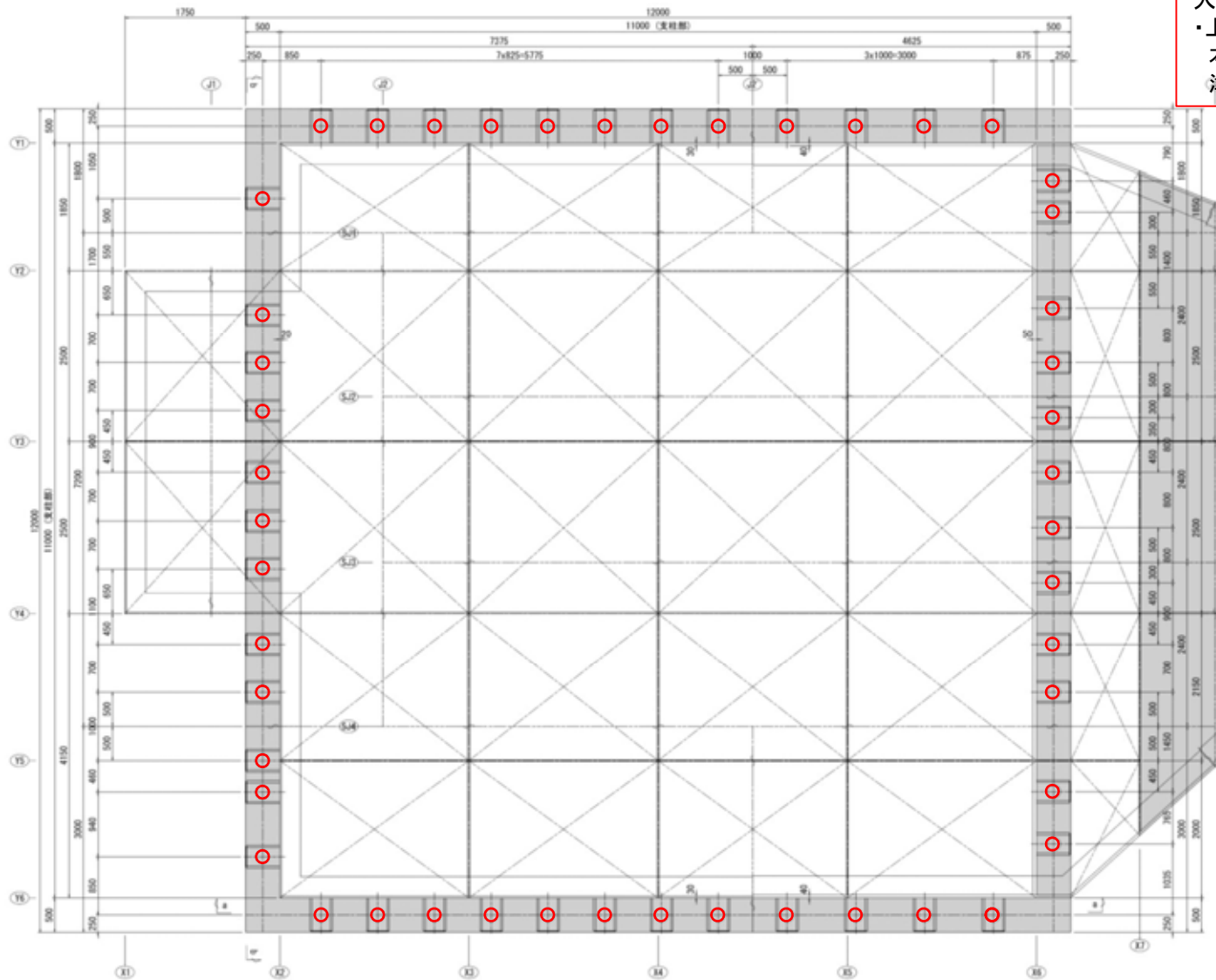
項 目			照査応力度
鋼 板	圧縮・引張		σ_y
	せん断		τ_y
アンカーボルト	圧縮・引張		σ_y
	せん断		τ_y
コンクリート	圧 縮		$0.85\sigma_{ck}$
	直接定着方式アンカーボルトの付着		$2.0\tau_s$
	コーン破壊	鉄筋補強なし	$1.5\sigma_{cs1}$
		鉄筋補強あり	$1.5\sigma_{cs2}$
	せん断	押抜き	$1.5\tau_{s3}$
		斜め引張鉄筋と協同して負担	$1.5\tau_{s2}$

照査応力度
弾性設計(降伏応力度)

8. 設計方針

接合部の設計(アンカーボルトの配置検討)

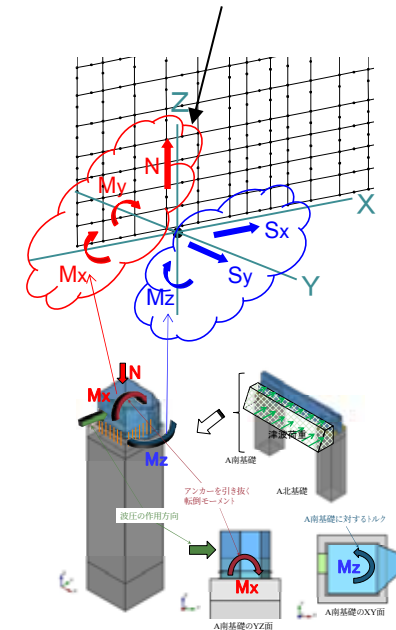
アンカーボルトの配置検討結果(弾性設計)



入力値

- ・上部工の設計より算定される断面力
- 本震時: 三次元動的フレーム解析
- 津波時, 重畳時: 三次元静的フレーム解析

アンカーボルトが負担する荷重



○ : アンカーボルト

※仕様は詳細検討によって変更になることがある。

接合部の設計(アンカーボルトの配置検討)

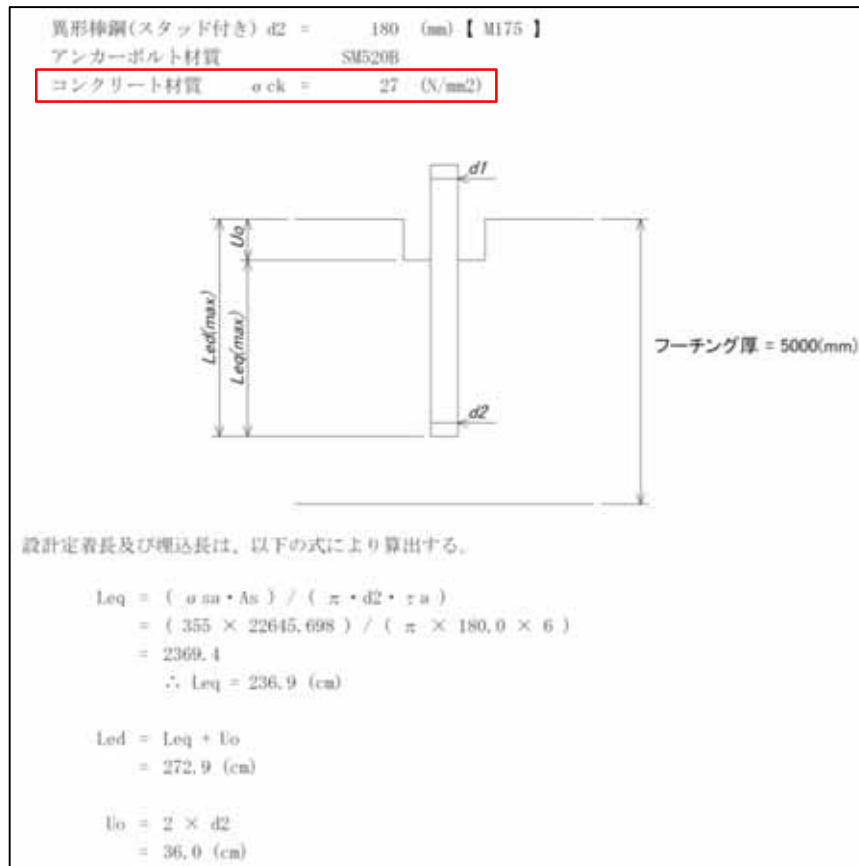
[illegible]

ギンズ

8. 設計方針

接合部の設計(アンカーボルトの定着長に対する検討)

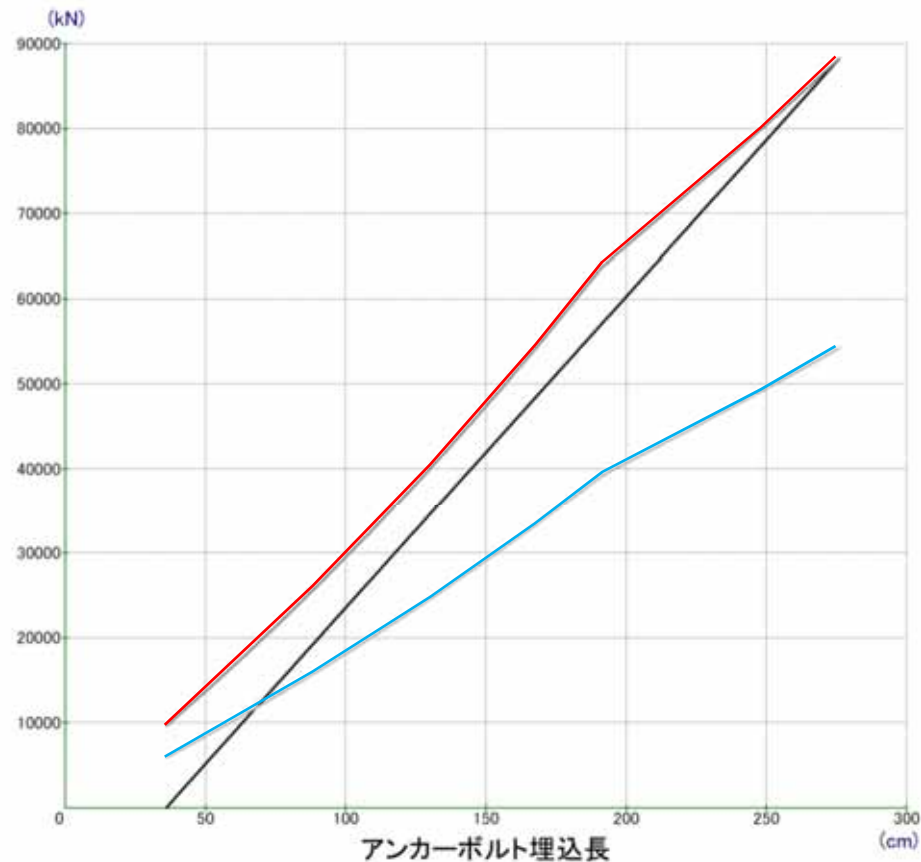
アンカーボルトの定着長に対する検討結果(弾性設計)



8. 設計方針

接合部の設計(アンカーボルトのコーンせん断に対する検討)

アンカーボルトのコーンせん断に対する検討結果(弾性設計)



— アンカーボルトに発生する付着力
— コーンせん断部分の強度(補強鉄筋なし)
— コーンせん断部分の強度(補強鉄筋あり)

補強鉄筋の計算

◆強度の不足分(面外)

$$\begin{aligned}\sigma_{ck} &= 27 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ \sigma_{sy} &= 345 \text{ (N/mm}^2\text{) [SD345]} \\ \sigma_{coa} &= 1.342 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ \sigma_{coal} &= 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ A_c(X_c) &= 65749379 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= \sigma_{coa} - 1/2 \times \sigma_{coal} \\ &= 0.929 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

◆必要鉄筋量

$$\begin{aligned}A_s &= 1.15 \times \Delta\sigma \times A_c / \sigma_{sy} \\ &= 203679.5 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

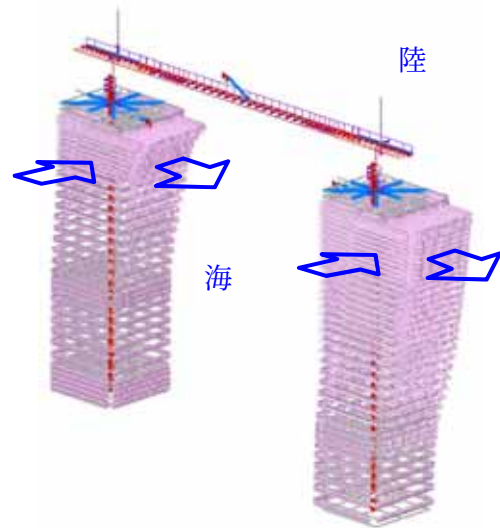
$$\begin{aligned}A_{s, req} &= A_s / A_c(X_c) \\ &= 3097.8 \text{ (mm}^2\text{/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

8. 設計方針

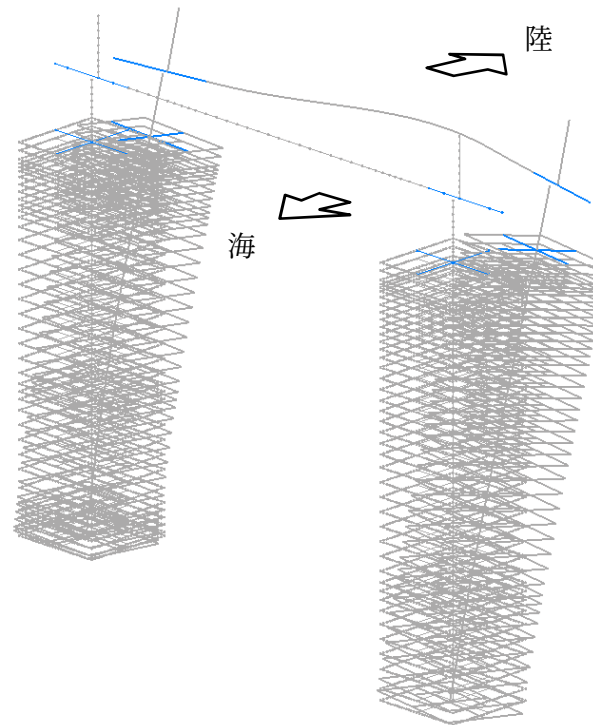
基礎の構造成立性確認

基礎の概略照査結果(弾性設計)

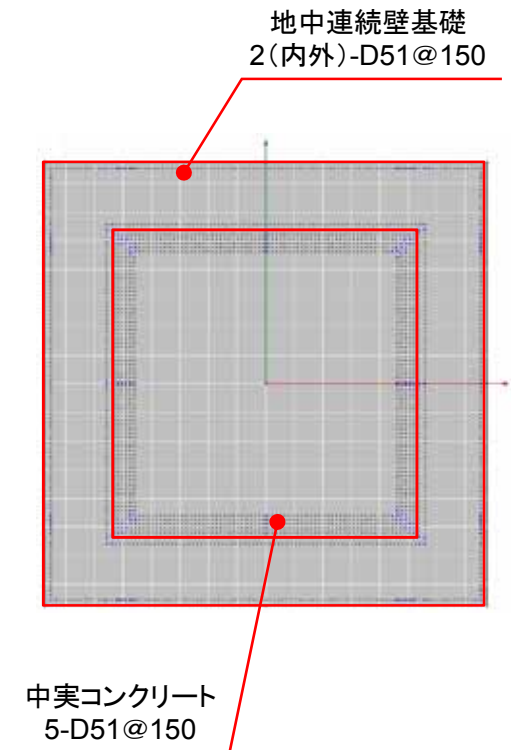
余震+津波時
照査値(鉄筋) 南基礎:0.96、北基礎:0.82
・中実コン鉄筋5-D51@150
・地中連続壁基礎2-D51@150
(水平2方向地震力の影響を荷重で考慮)



荷重図



変形図



配筋情報

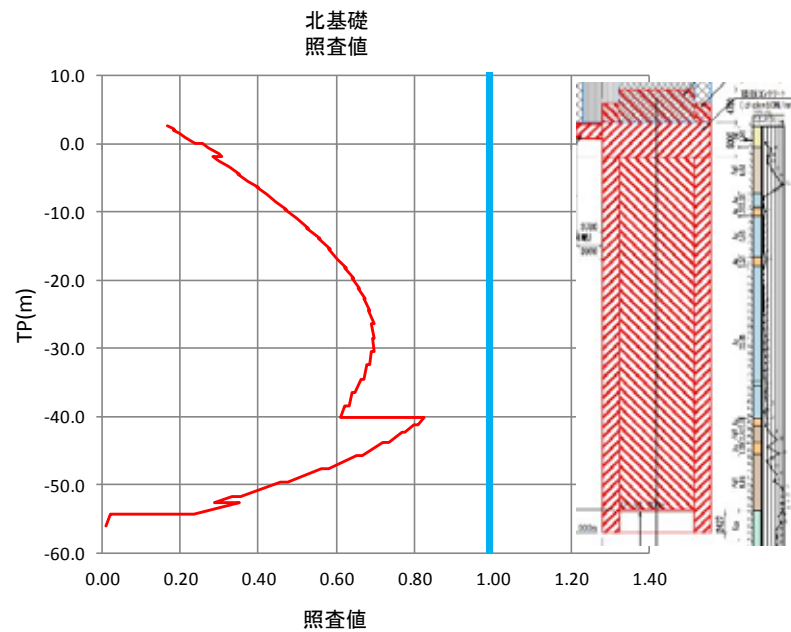
8. 設計方針

基礎の構造成立性確認

基礎の概略照査結果(弾性設計)

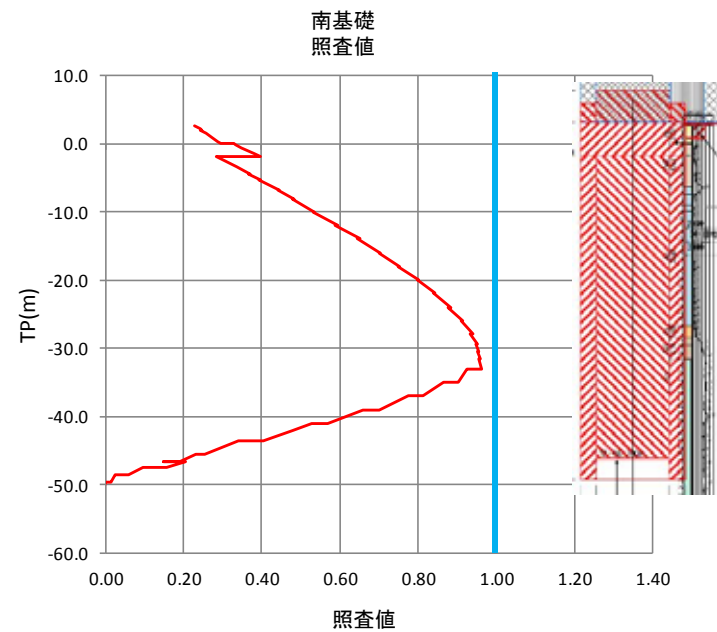
北基礎 照査値(鉄筋)=0.82 ... OK
余震+津波時

- ・中実コン鉄筋5-D51@150
- ・地中連続壁基礎2-D51@150



南基礎 照査値(鉄筋)=0.96 ... OK
余震+津波時

- ・中実コン鉄筋5-D51@150
- ・地中連続壁基礎2-D51@150



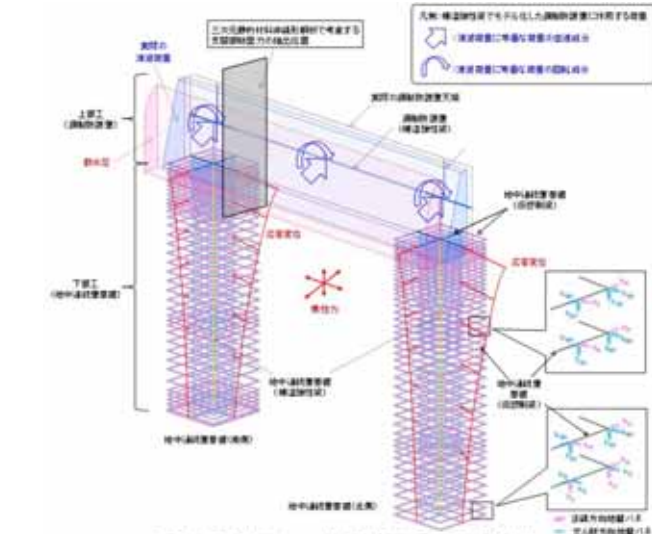
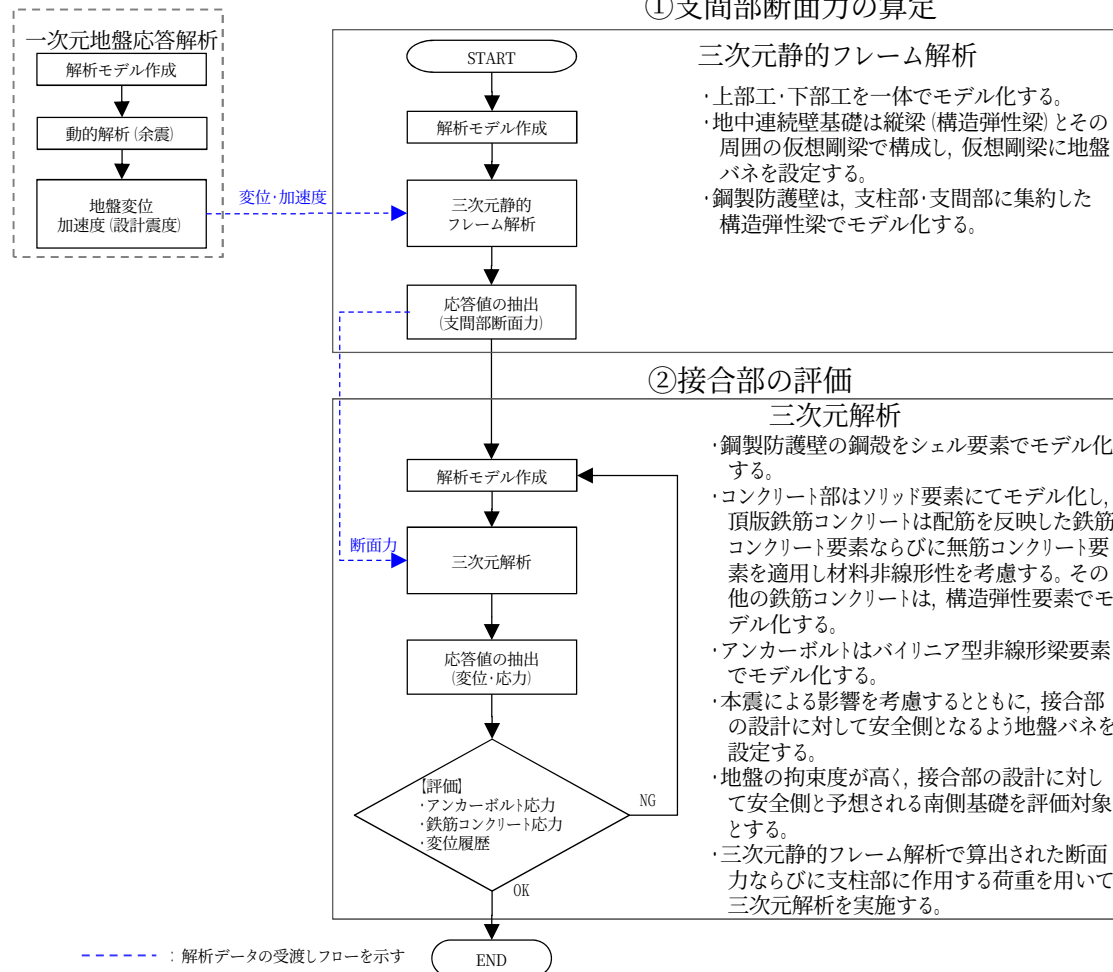
8. 設計方針

三次元解析(COM3)による三次元的挙動の確認

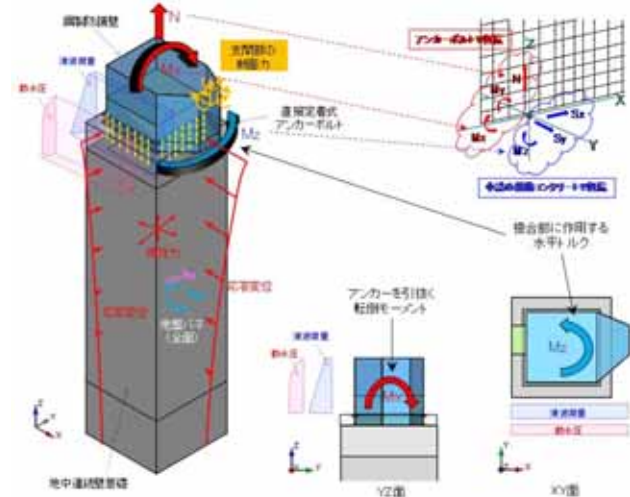
検討目的

- ・ 直接定着式アンカーボルトの適用性ならびに接合部設計の妥当性を確認する。
- ・ 余震＋津波時に対して、直接定着式アンカーボルト及びその定着部、中詰め鉄筋コンクリート、頂版鉄筋コンクリートの挙動がおおむね弾性範囲内に留まることを確認する。
- ・ 接合部に対して最も厳しい荷重条件（余震＋津波時）について検討を行う。

<余震＋津波時>



三次元静的フレーム解析モデルの概念図



三次元解析モデルの概念図

8. 設計方針

三次元解析(COM3)による三次元的挙動の確認

解析の目的

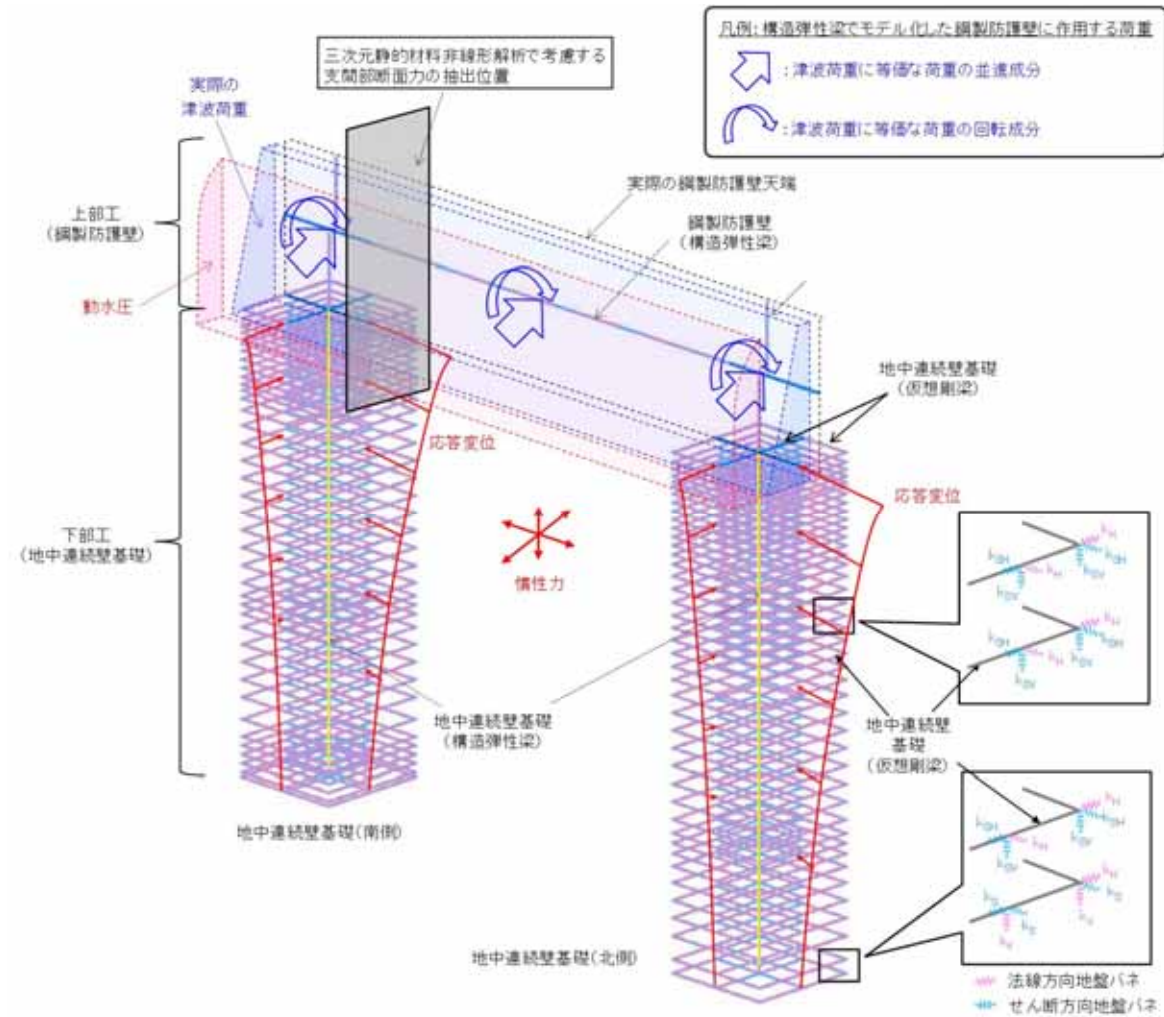
- ・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震影響を含む鋼製防護壁支間部の断面力を算定する。

結果の利用

- ・三次元解析モデルに入力する支間部断面力。

モデル化方針

- ・上部工及び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、支柱部・支間部に集約した構造弾性梁でモデル化する。
- ・本震による影響を考慮するとともに、接合部の設計に対して安全側となるよう地盤バネを設定する。



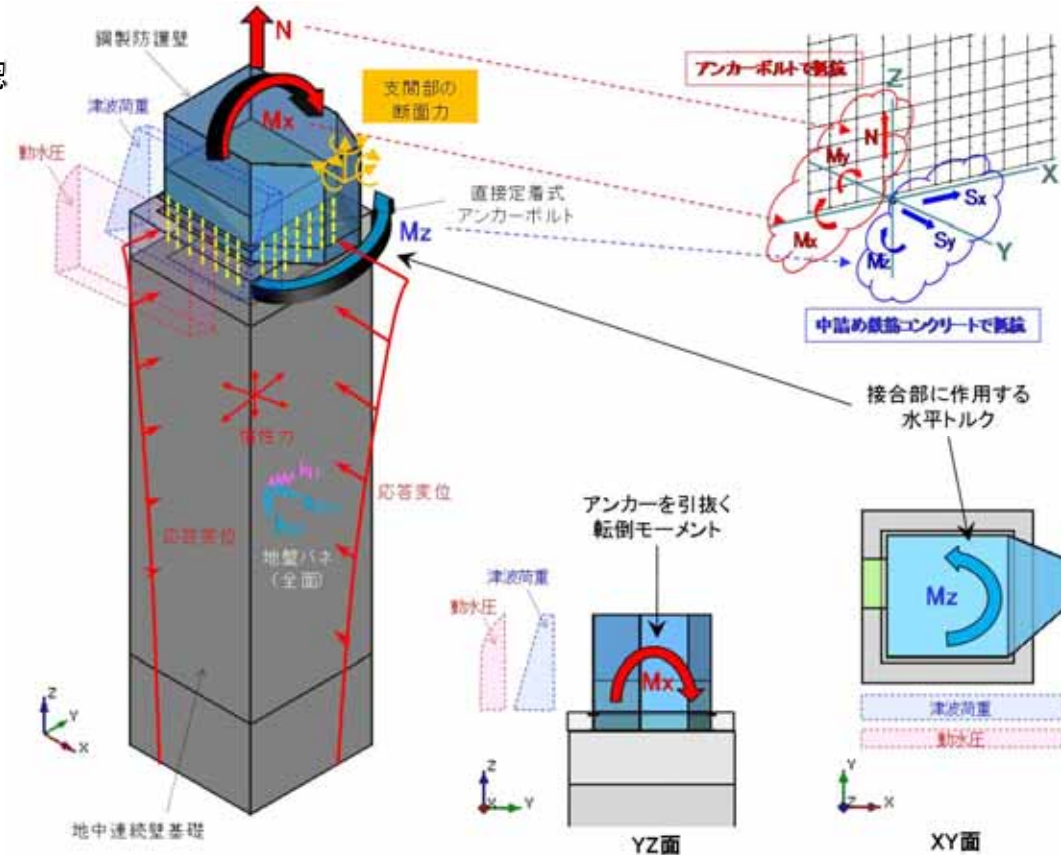
三次元静的フレーム解析モデルの概念図

三次元解析 (COM3) による三次元的挙動の確認

・津波荷重による水平トルクならびに3方向の余震影響を受ける鋼製防護壁接合部の三次元的な挙動を評価し、設計の妥当性ならびに直接定着式アンカーボルトの適用性を確認する。

- ・直接定着式アンカーボルトの応力評価
- ・頂版鉄筋コンクリートの応力・歪み及び剥離状態の確認
- ・鋼製防護壁支柱部の変形状態の確認

- ・鋼製防護壁の鋼殻をシェル要素でモデル化する。
- ・コンクリート部はソリッド要素にてモデル化し、頂版鉄筋コンクリートは配筋を反映した鉄筋コンクリート要素ならびに無筋コンクリート要素を適用し材料非線形性を考慮する。その他の鉄筋コンクリートは、構造弾性要素でモデル化する。
- ・アンカーボルトはバイリニア型非線形梁要素でモデル化する。
- ・本震による影響を考慮するとともに、接合部の設計に対して安全側となるよう地盤バネを設定する。
- ・地盤の拘束度が高く、接合部の設計に対して安全側と予想される南側基礎を評価対象とする。
- ・三次元静的フレーム解析で算出された断面力ならびに支柱部に作用する荷重を用いて三次元解析を実施する。



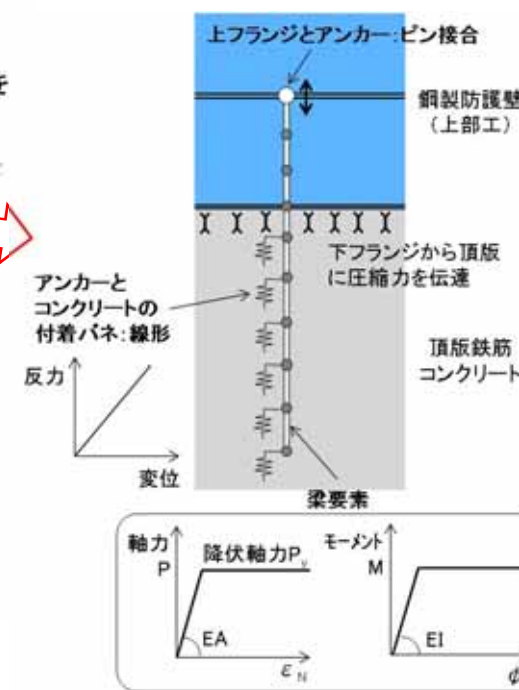
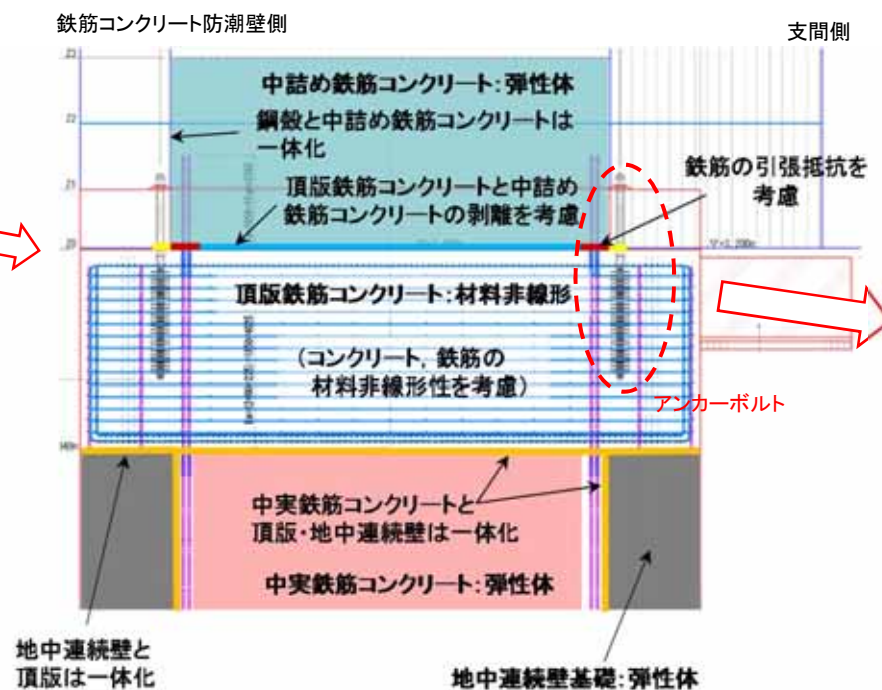
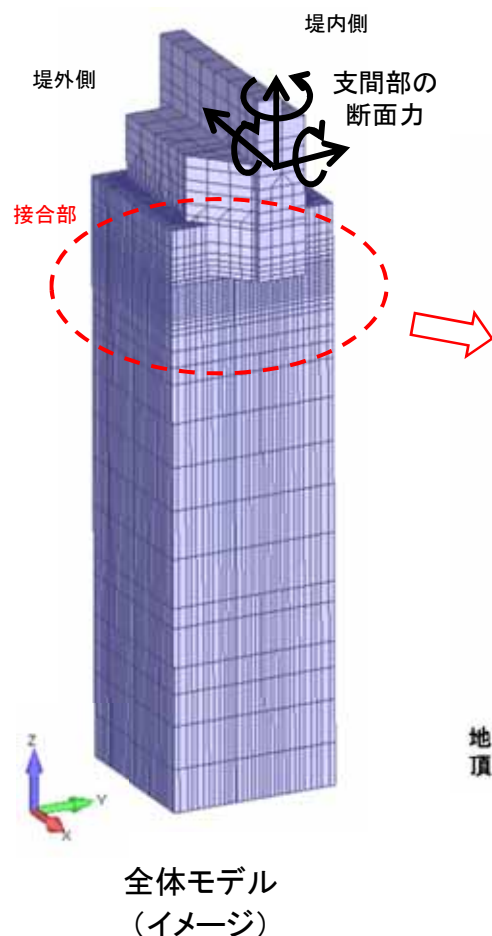
三次元解析モデルの概念図

8. 設計方針

三次元解析 (COM3) による三次元的挙動の確認

■接合部のモデル化方針

解析手法	三次元解析
プログラム	COM3
対象荷重	余震＋津波時
目的	・接合部の設計の妥当性確認 ・鉄筋コンクリートの材料特性を反映した三次元挙動評価
データ利用	・直接定着式アンカーボルト及び頂版鉄筋コンクリート (接合部) の評価



三次元解析 (COM3) による三次元的挙動の確認

■ 計算機プログラム (解析コード) COM3 の検証と妥当性の確認

【検証 (Verification)】

- ・計算に用いる構成則のモデル化が適正であることは、鉄筋コンクリート版に関する載荷実験と応力～ひずみ関係を比較することで確認⁷⁾している。
- ・本解析コードに新たに組み込んだバイリニア型の地盤バネは、応答変位とバネ反力の関係が設定した理論値と一致することを確認している。
- ・鋼製防護壁と基礎を接続する直接定着方式のアンカーボルトは、引抜き時の付着特性が実験結果をとりまとめた論文⁸⁾の結果と COM3 を用いた解析結果が良く一致することを示した。

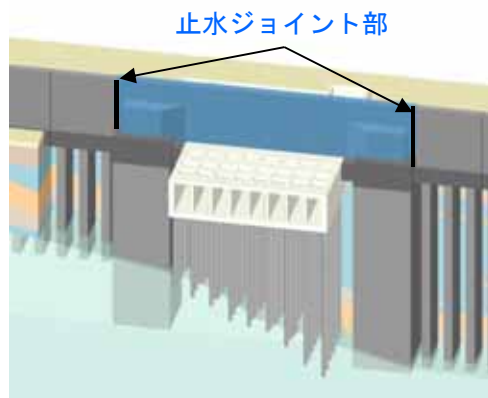
【妥当性確認 (Validation)】

- ・鉄道施設や電力設備については、鉄筋コンクリート構造物の耐震性能や耐力評価に本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。
- ・コンクリート基礎とアンカーボルトの定着に関しては、後述する鋼製タワーの載荷実験^{9), 10)}との比較により確認している。

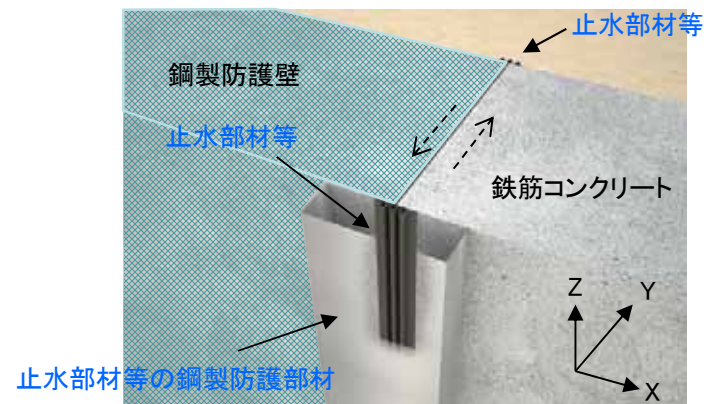
止水ジョイント部の目的

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
止水ジョイント部材	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応じて実施する性能試験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
止水ジョイント部材の鋼製防護部材	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



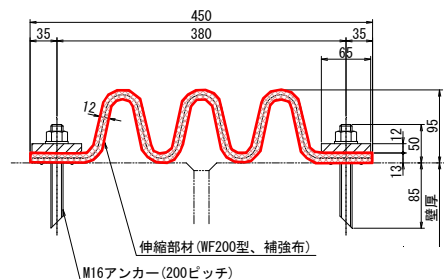
止水ジョイント部



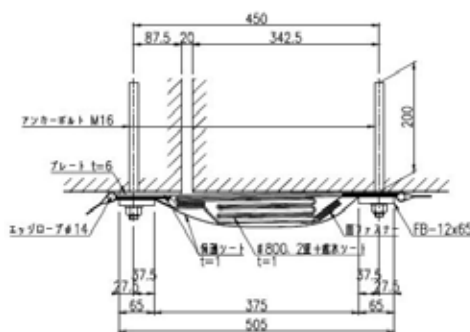
異種構造物間構造図(イメージ図)

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部を設置する。
- 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、止水ジョイント部材で止水する。
- 漂流物荷重に抵抗するための鋼製防護部材を設置する。



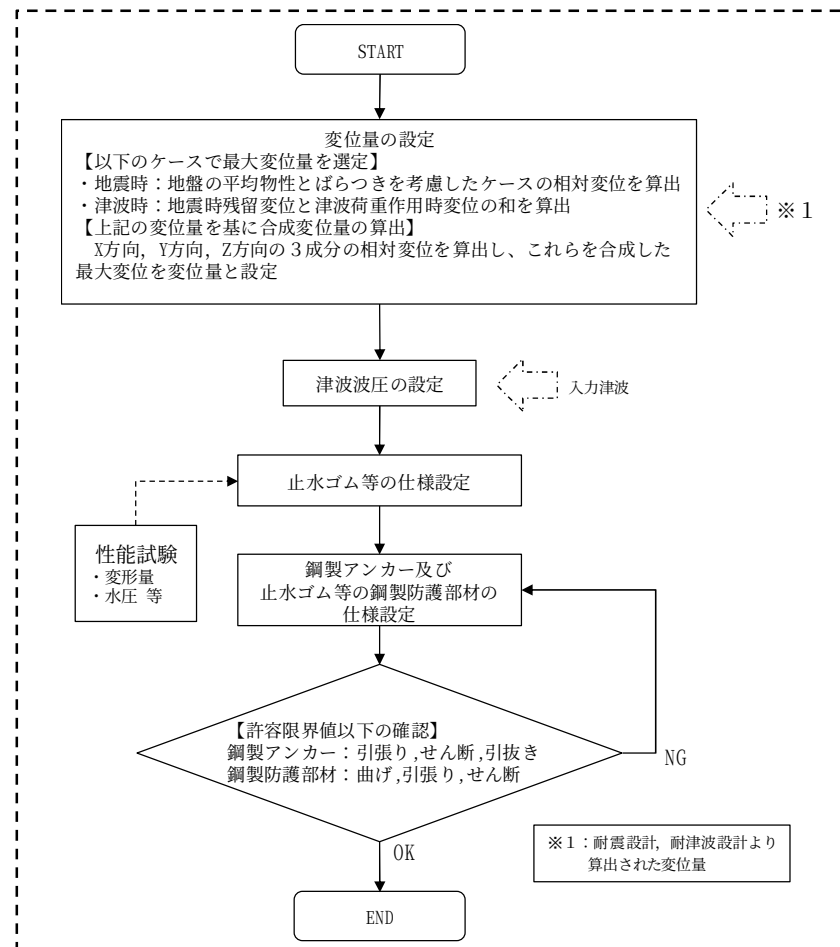
(ゴムジョイント)



(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

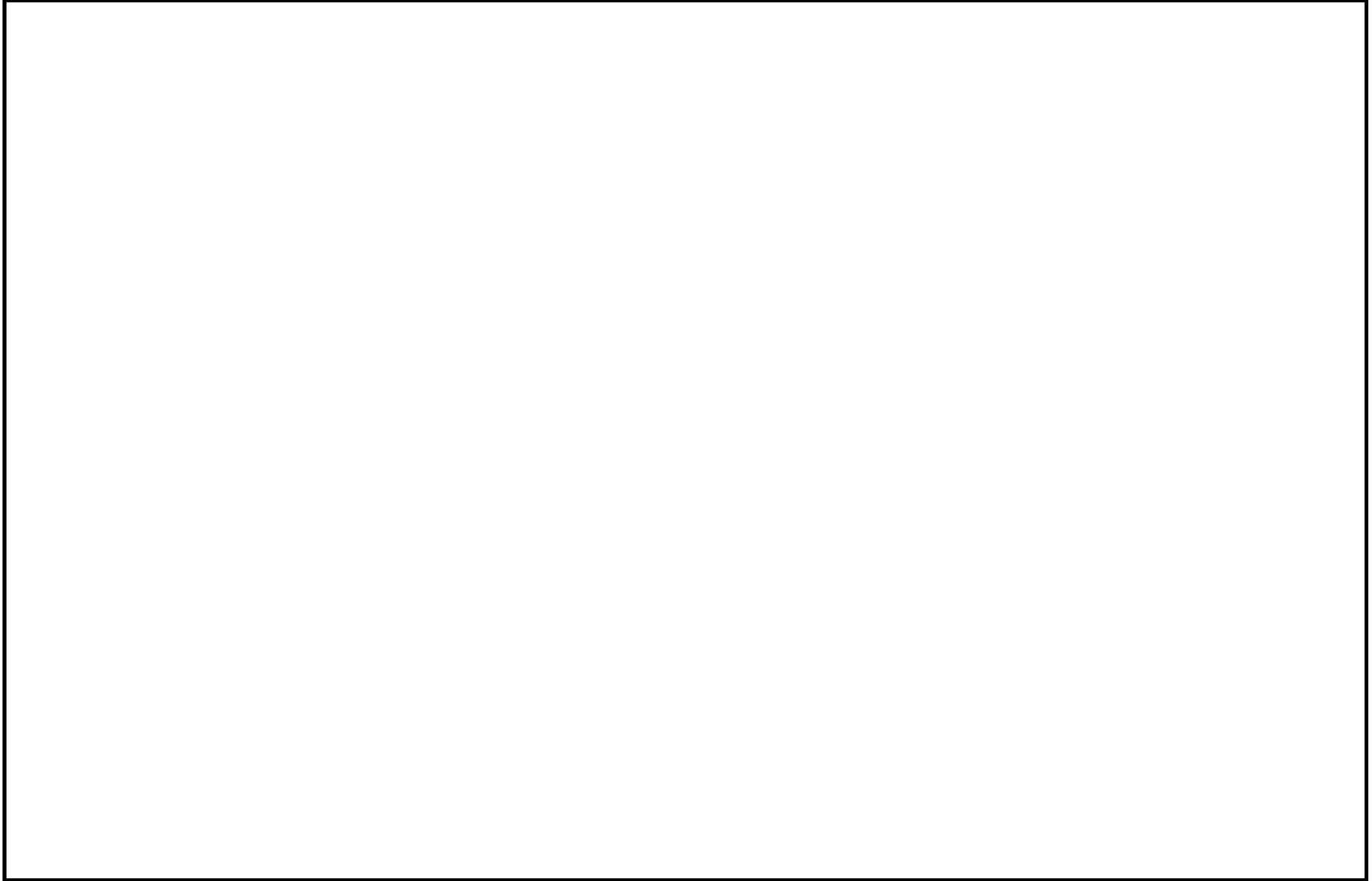


止水ジョイント部の検討フロー

※仕様については今後の検討により変更の可能性がある。

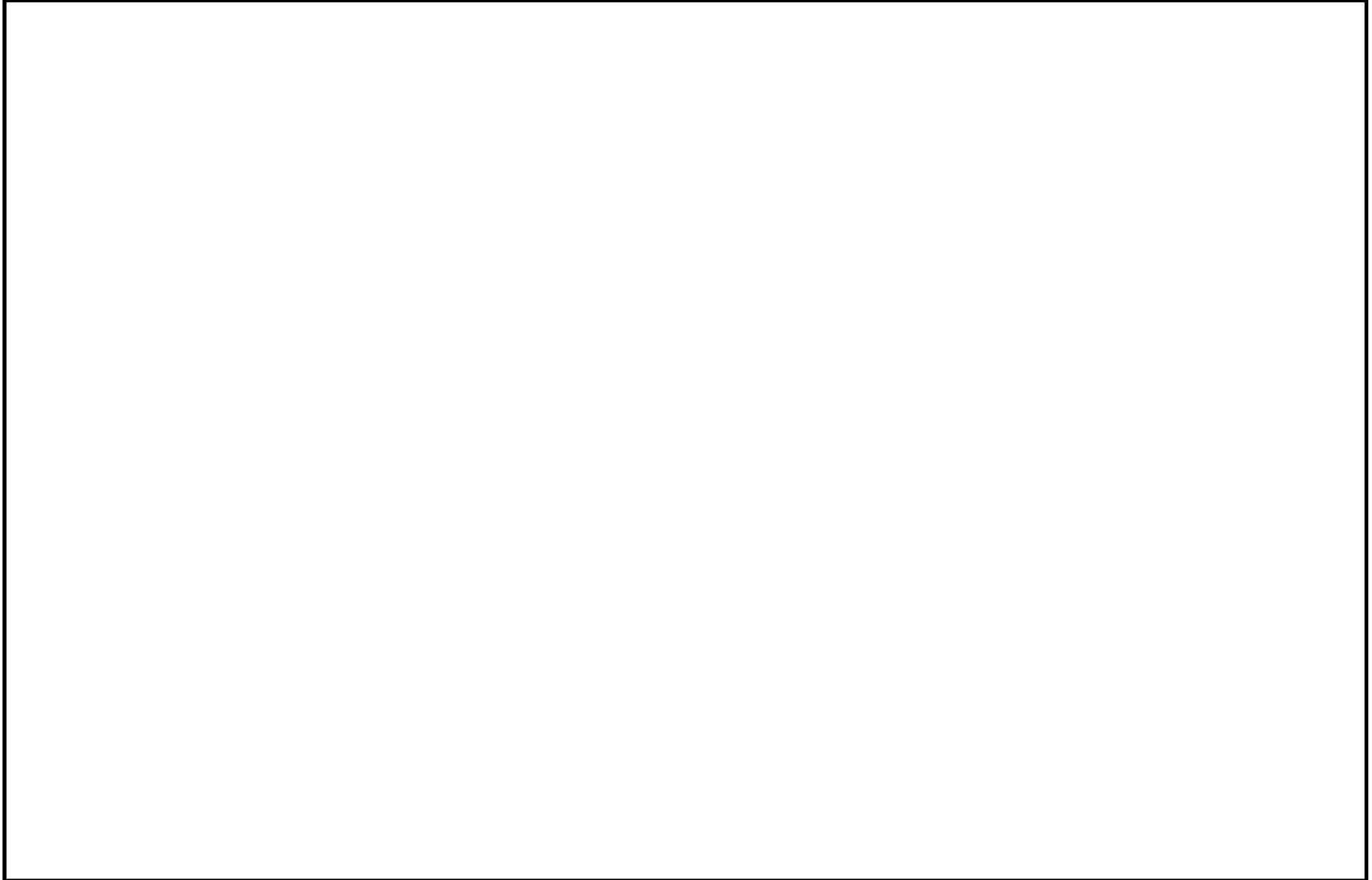
9. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)

第513回審査会合
資料1-2-2再掲



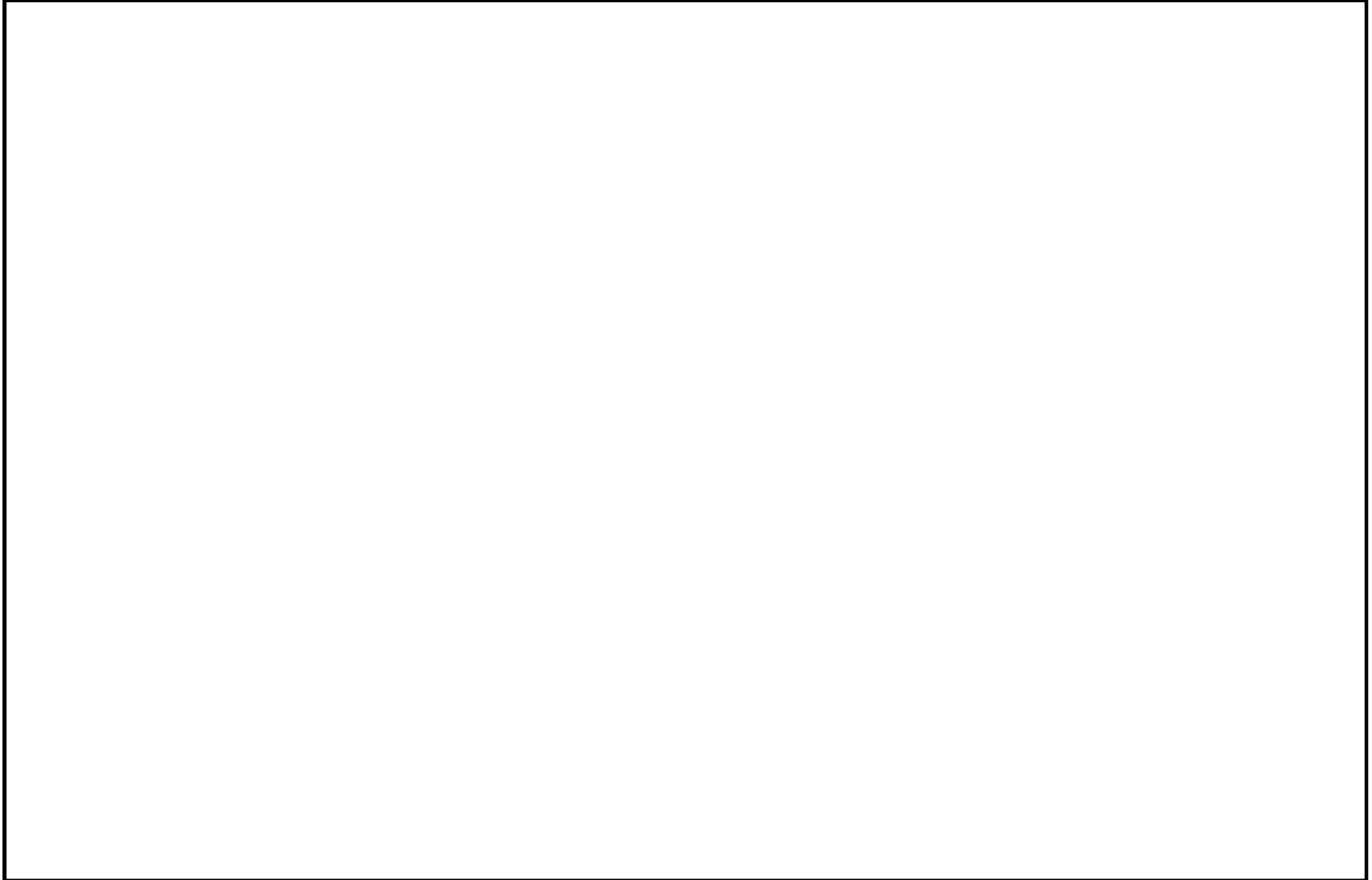
9. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)

第513回審査会合
資料1-2-2再掲



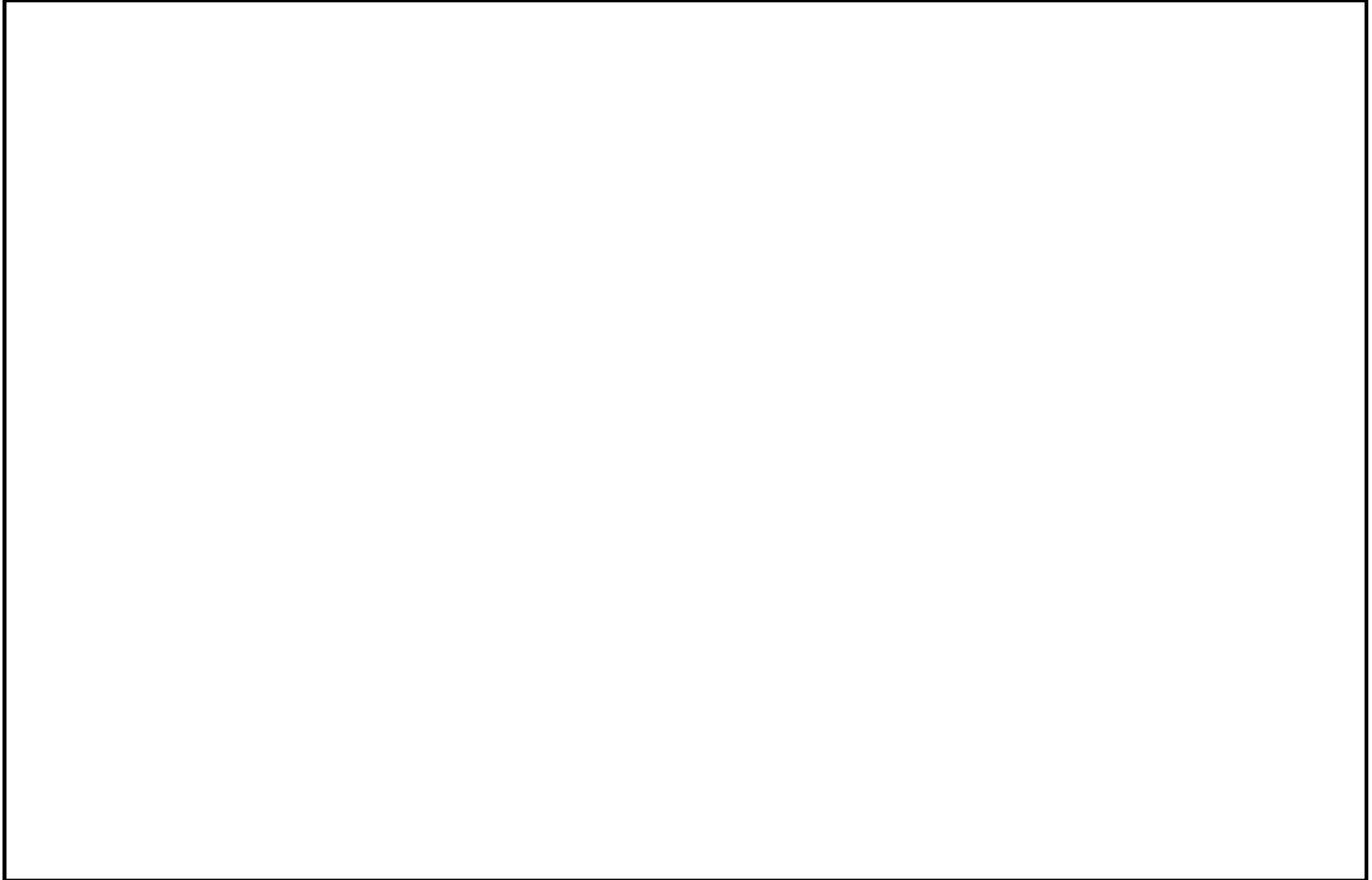
9. 施工実績(鋼製門型ラーメン構造)

第513回審査会合
資料1-2-2再掲

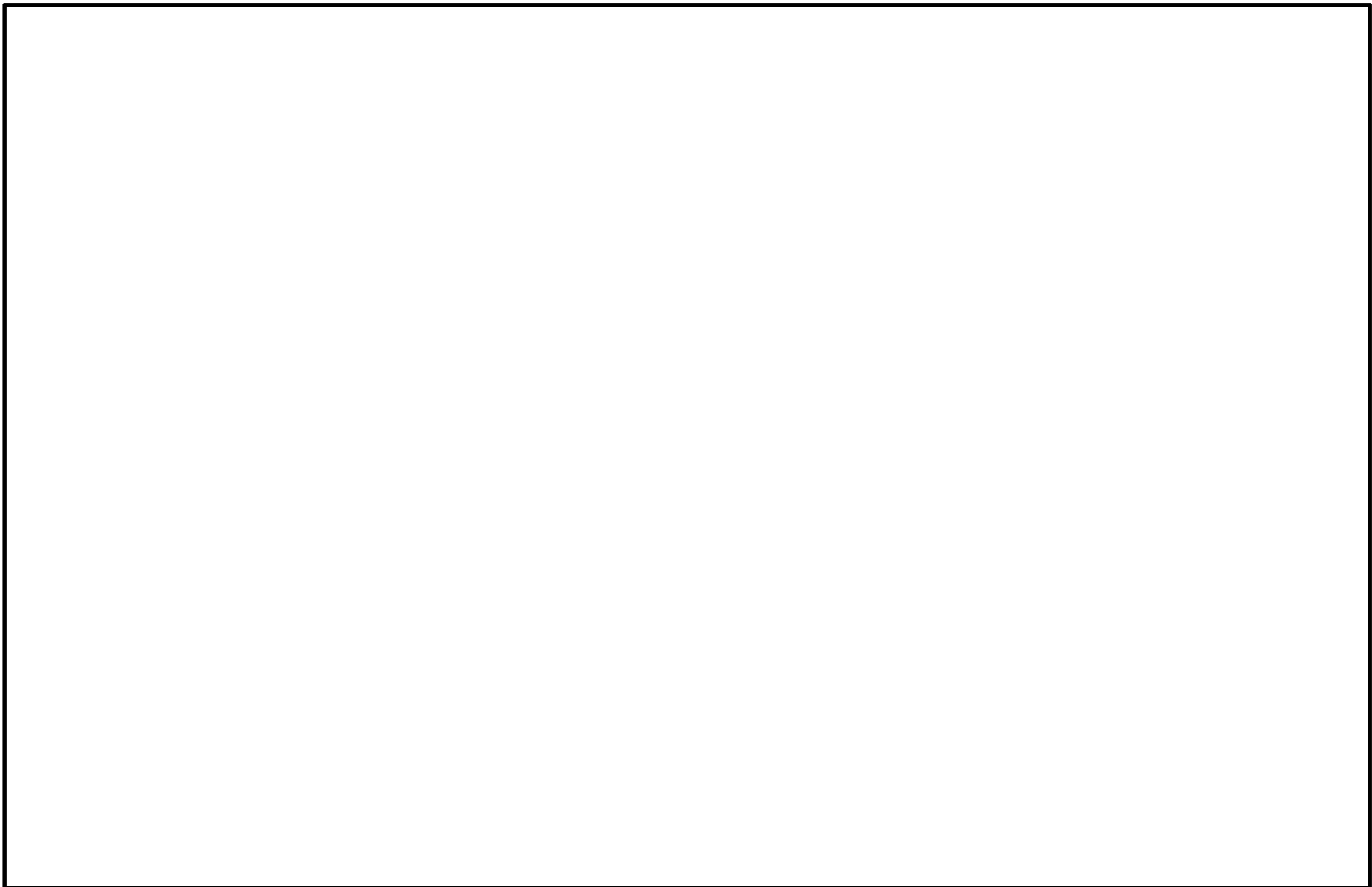


9. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)

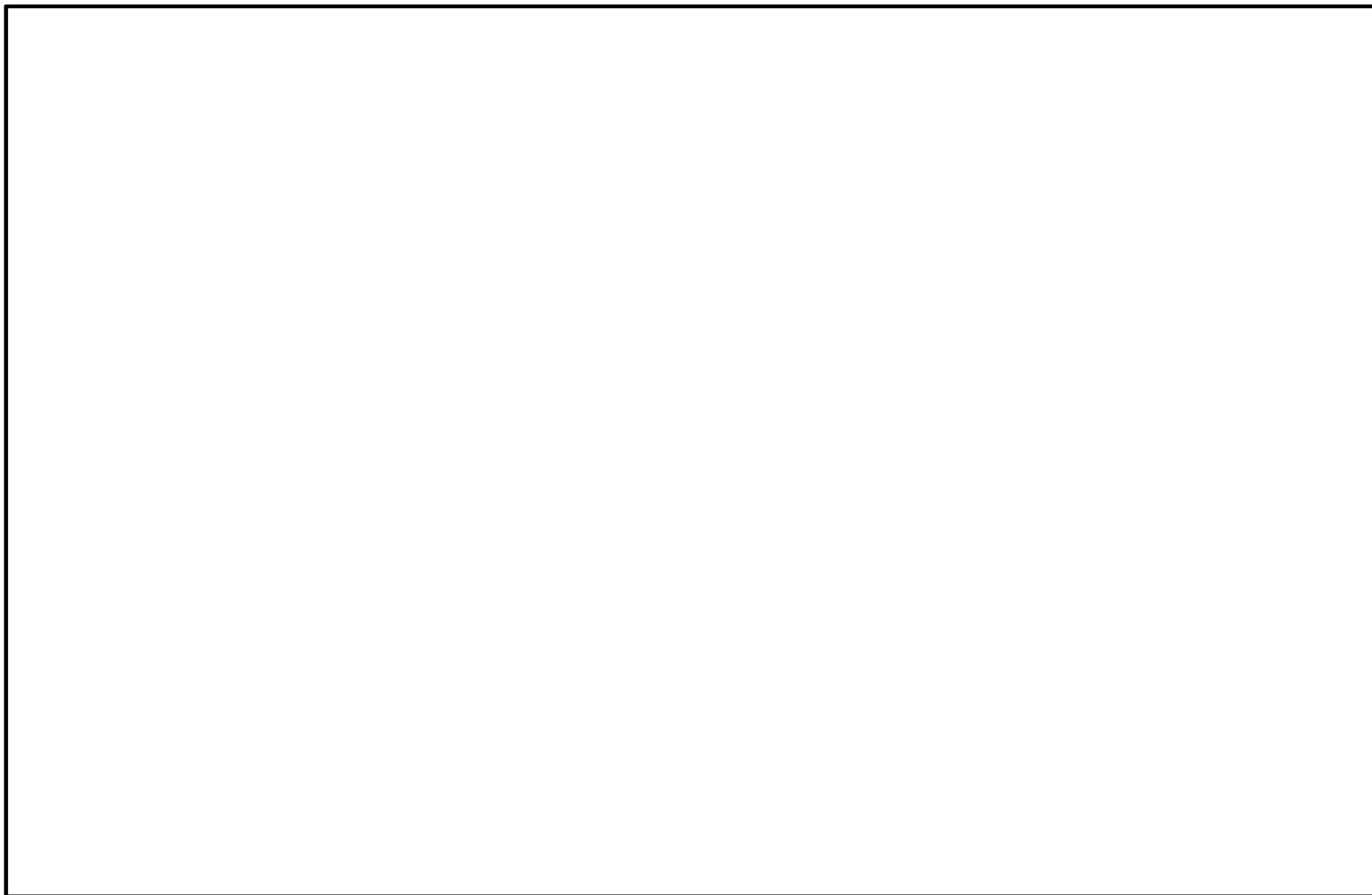
第513回審査会合
資料1-2-2再掲



9. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



9. 施工実績(直接定着式アンカーボルト)



10. 参考文献

- 1)前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顯, 小畑誠, 松浦聖(以上名古屋工業大学 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
- 2)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, 名古屋工業大学 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
- 3)小畑誠, 後藤芳顯, 松浦聖(以上, 名古屋工業大学 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
- 4)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
- 5)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
- 6)前野裕文(名古屋高速道路公社), 後藤芳顯(名古屋工業大学 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
- 7) Maekawa, K., Pimanmas, A. and Okamura, H. nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, Spon Press, London, 2003
- 8)前野裕文, 後藤芳顯, 上條崇, 小林洋一: 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挙動の評価, 構造工学論文集, Vol.46A, pp. 1525 - 1533, 土木学会, 2000年04月
- 9)小松崎勇一, 篠崎裕生, 齋藤修一, 原田光男: 風車基礎ペDESTALの引抜きせん断耐力に関する実験的検討, 土木学会第63回年次学術講演会, pp.1093-1094, 平成20年9月
- 10)齋藤修一, 小松崎勇一, 原田光男: 風車基礎ペDESTALの引抜きせん断耐力に関する解析的検討, 土木学会第63回年次学術講演会, pp.1095-1096, 平成20年9月

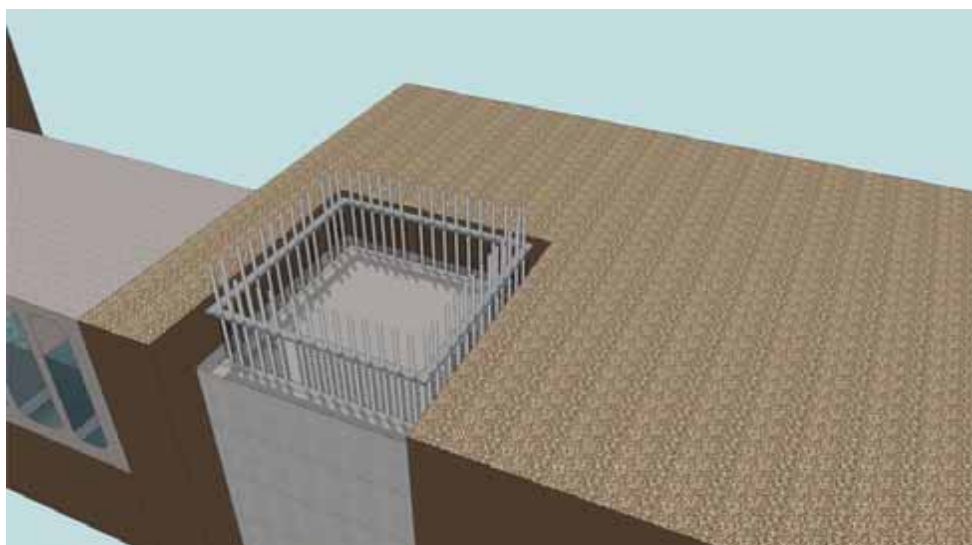
【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

【参考資料】 鋼製防護壁の施工ステップ図

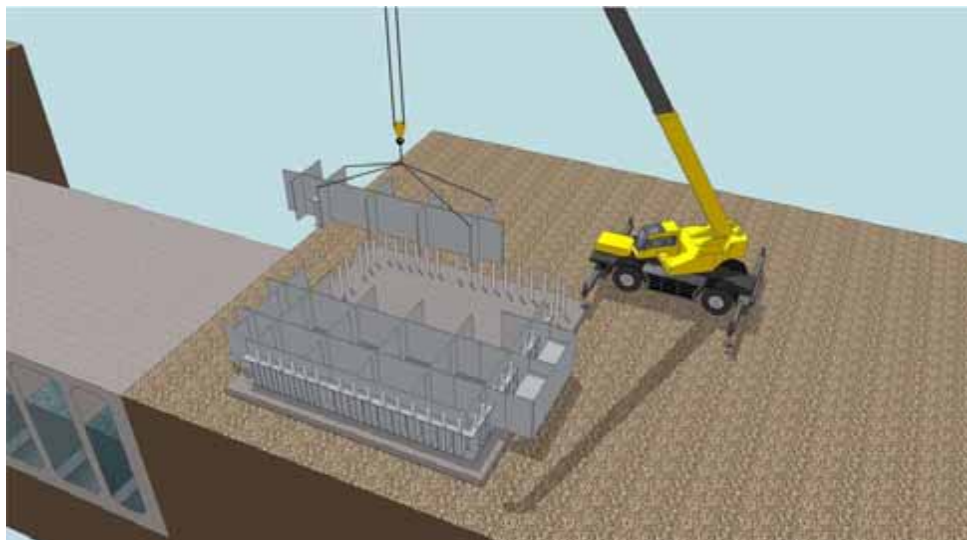
■ステップ1



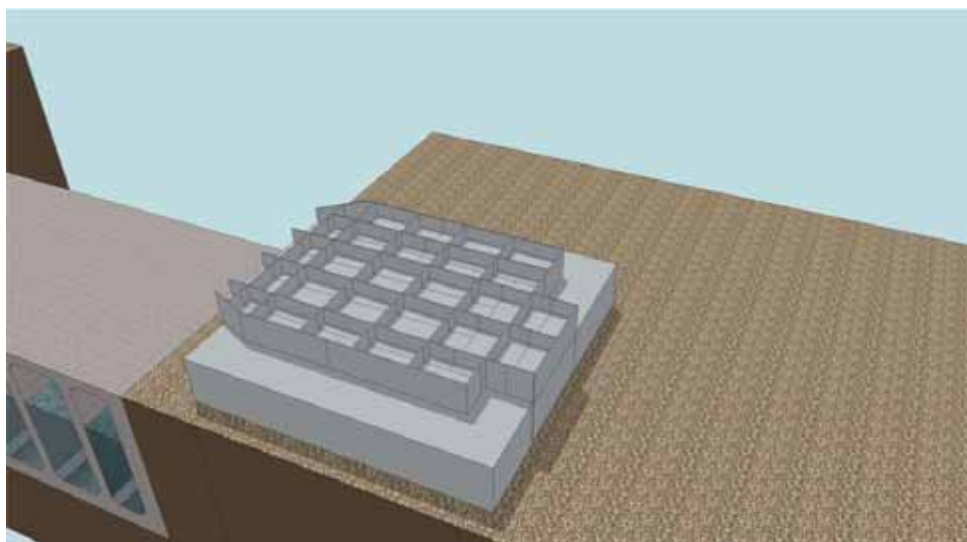
- ・ 地中壁連続壁基礎上部に直接定着式アンカーボルトを設置する。
- ・ 所定位置に設置する必要があるため、基礎上部にはフレーム架台を設置し、据付精度を確保する。



■ステップ2 支柱部ブロック設置・中詰め鉄筋コンクリート工

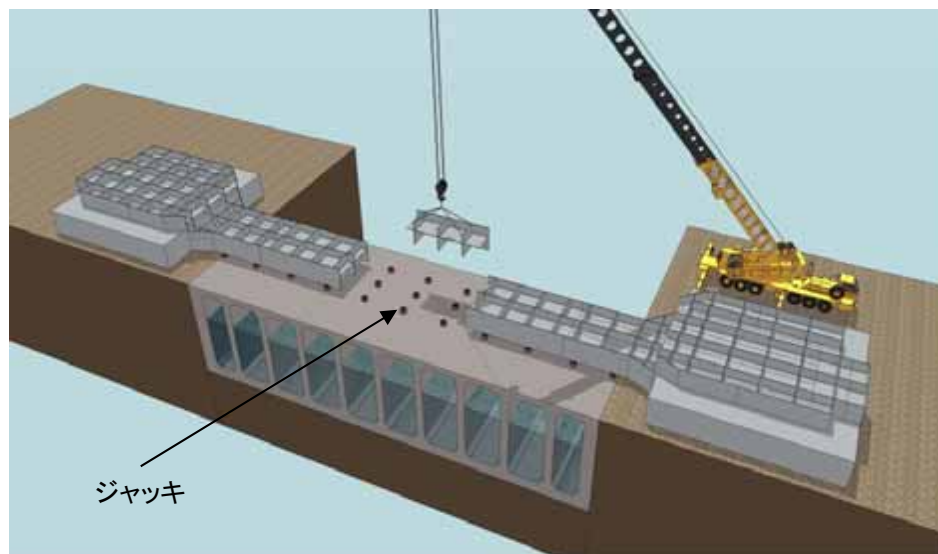


- ・ 頂版部配筋及びコンクリート施工後に、1段目及び2段目の支柱部ブロックを架設する。

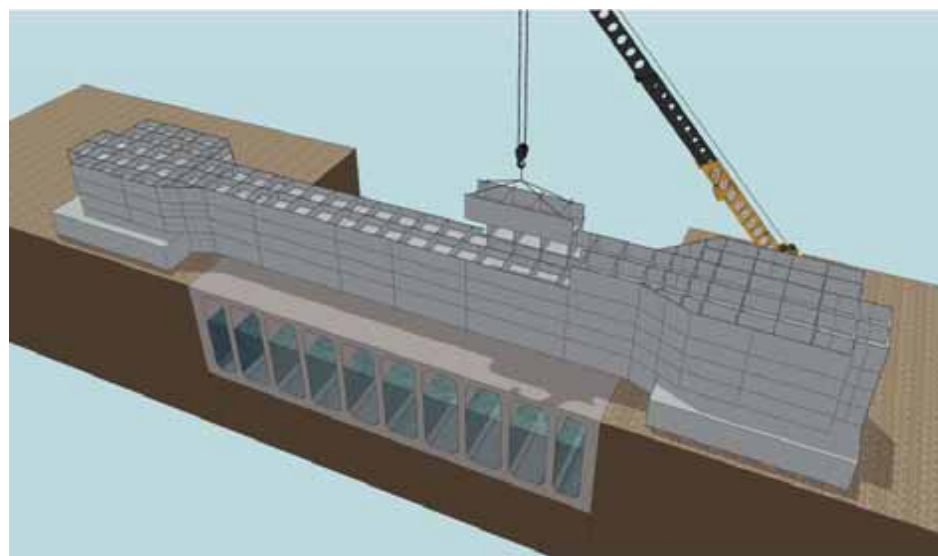


- ・ 支柱部中詰め鉄筋コンクリートを施工する。

■ステップ3 ブロック架設工

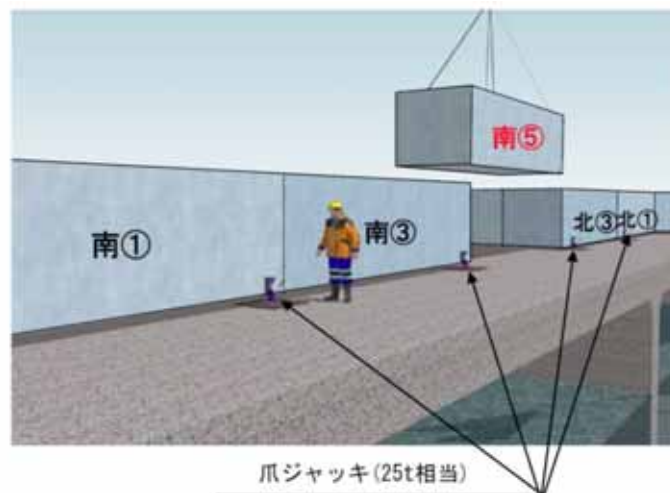


- ・ 取水口隔壁上など上載荷重による影響を最小限にできる箇所にジャッキを配置し1段目の支間部ブロックを架設する。
- ・ 架設時には、1段目死荷重によるたわみ量及び2段目以降の構造系の変化を考慮した逐次剛性と死荷重によるたわみ量をあらかじめ上げ越しする。
- ・ 各段の架設完了後に全体の出来形・反りが所定の寸法内に収まるよう、事前に綿密な架設計画を立案しておく。

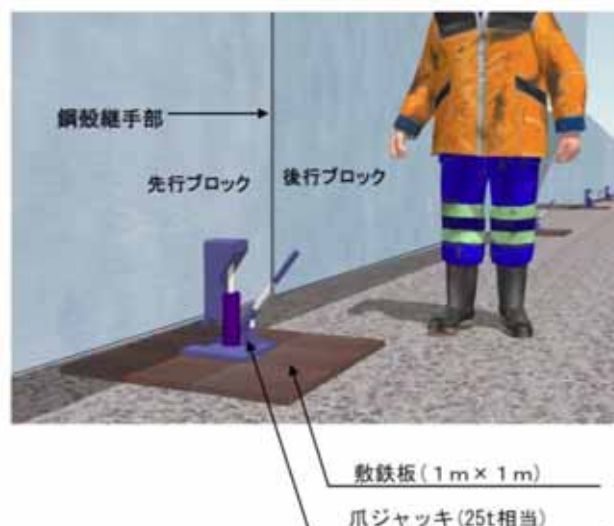


- ・ 各層の架設完了後、支柱部・支間部に予め設けたポイントの座標を計測する。
- ・ 管理値から逸脱した場合は、取水口隔壁上や連壁基礎上端など、必要な地耐力が確保できる箇所に反力受け構を設置し、ジャッキを用いて調整し管理値以内に納める。

■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】

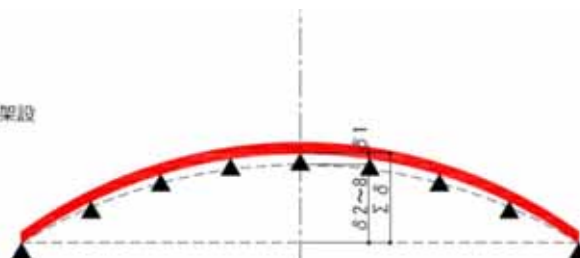
D 株式会社タイキ



■上げ越し管理(イメージ)

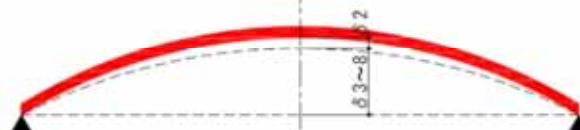
STEP1

Block1を多点支持(無応力状態/ジャッキによる支持)で架設



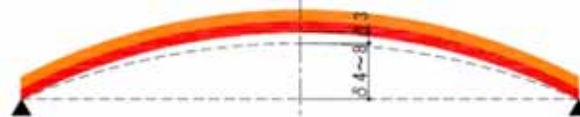
STEP2

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。



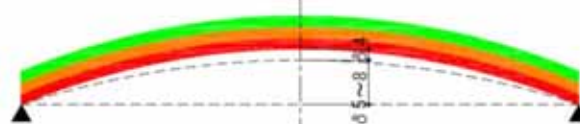
STEP3

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



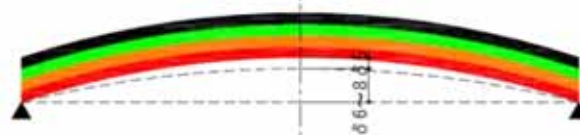
STEP4

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

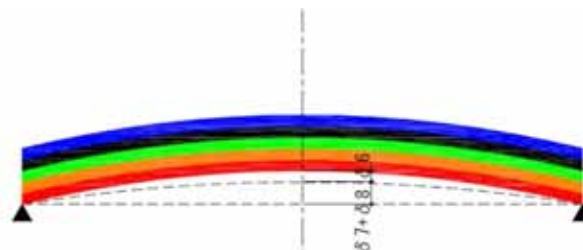
最下段+2段目+3段目

- 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。

■上げ越し管理(イメージ)

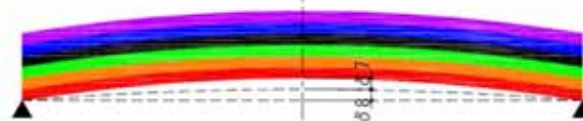
STEP6

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



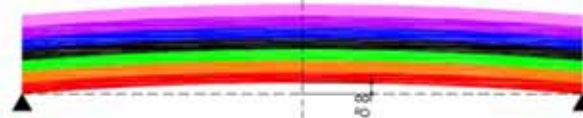
STEP7

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

