

東海第二発電所

防潮堤（鋼製防護壁）において 確認された事象と対応について

2024年5月27日
日本原子力発電株式会社
東海事業本部

本資料中の  は、営業秘密又は防護上の観点で公開できません。

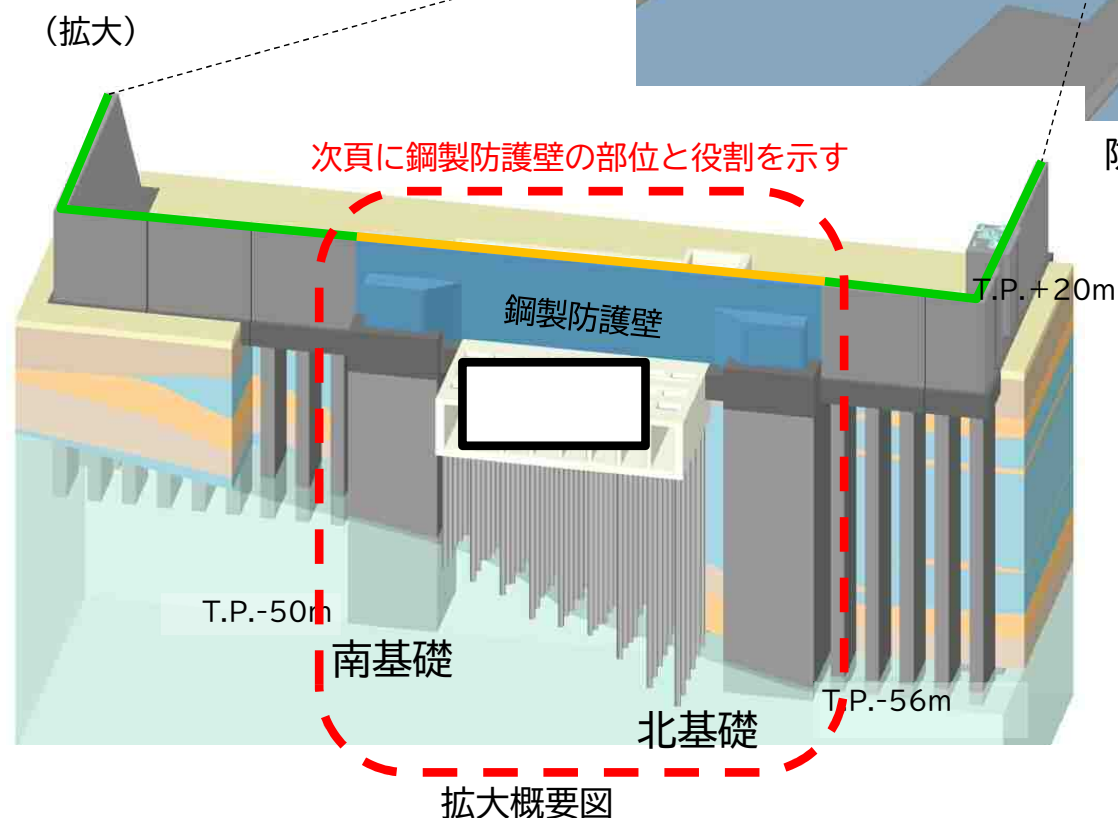
1. 防潮堤（鋼製防護壁）の概要（1／2）

防潮堤（鋼製防護壁）は、取水構造物を横断して設置する構造であり、取水構造物の南北に鉄筋コンクリート造の基礎を設置し、鋼製の上部工と接続し一体化する門型の防潮堤である。



防潮堤位置図

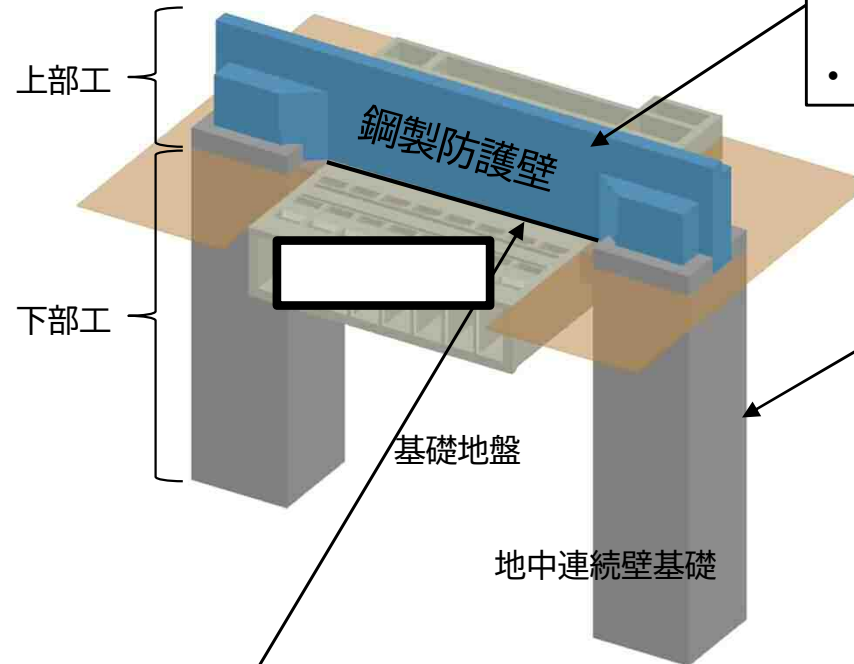
防潮堤	
—	: 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
—	: 鉄筋コンクリート防潮壁
—	: 鋼製防護壁



1. 防潮堤（鋼製防護壁）の概要（2/2）

■ 防潮堤（鋼製防護壁）の部位とその役割

津波防護施設として防潮堤に求められる要求機能は、繰返しの来襲を想定した津波に対して浸水を防止すること、基準地震動 S_s 及び津波の外力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十分な構造強度と変形能力を有することである。



【鋼製防護壁】

- ・ 津波や地震の外力等に対し、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】

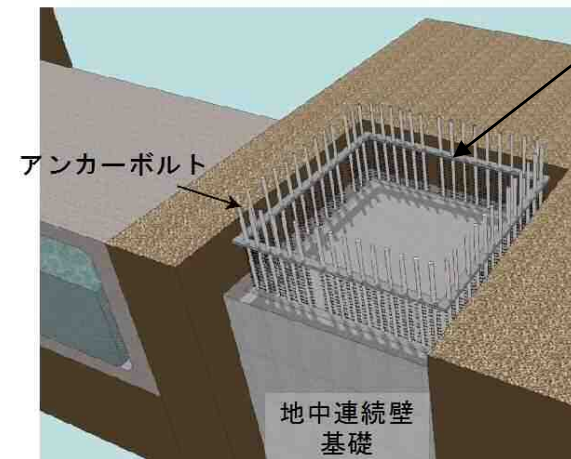
- ・ 津波や地震の外力等に対して構造躯体として耐える。
- ・ 基礎地盤としての支持性能を確保。

【鋼製防護壁アンカー】

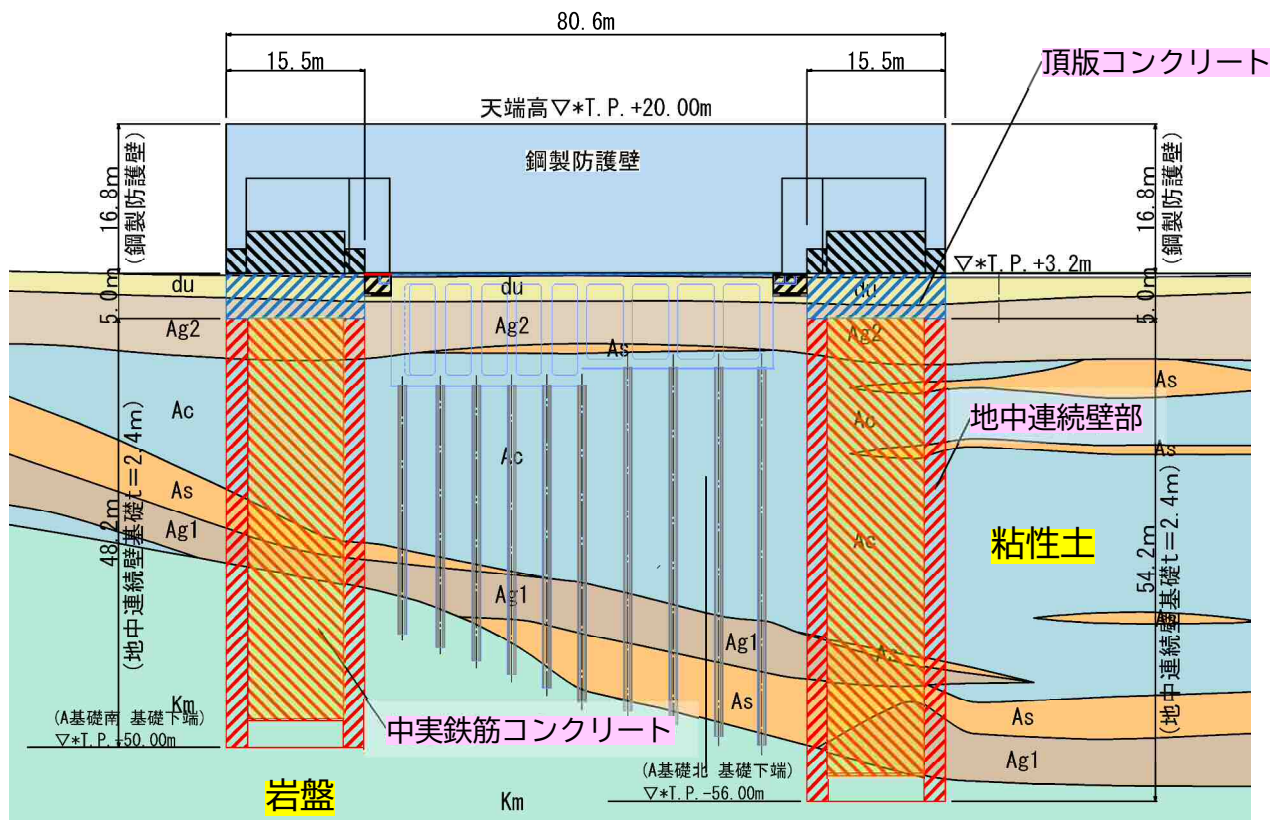
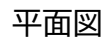
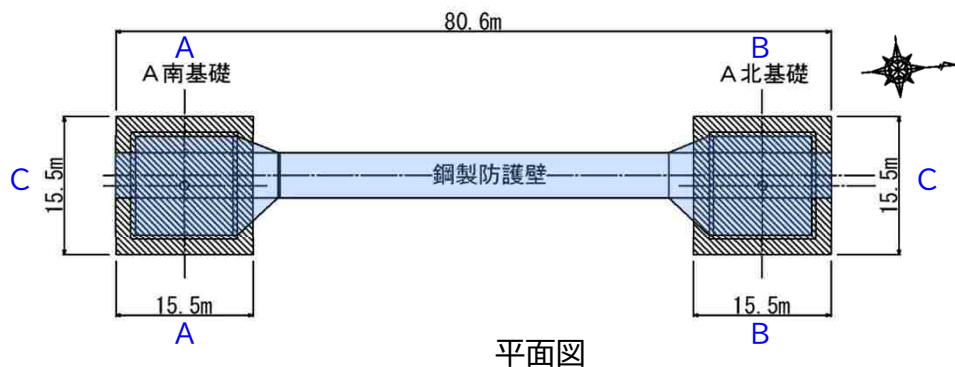
- ・ 鋼製防護壁本体の自重や、津波や地震の外力等を確実に地中連続壁基礎へ伝達する。

【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、鋼製防護壁と取水構造物（異種構造物）間の浸水を防止する。



2. 防潮堤（鋼製防護壁）の構築手順（1／2）



鉛直断面図 (堤正面: C-C断面)

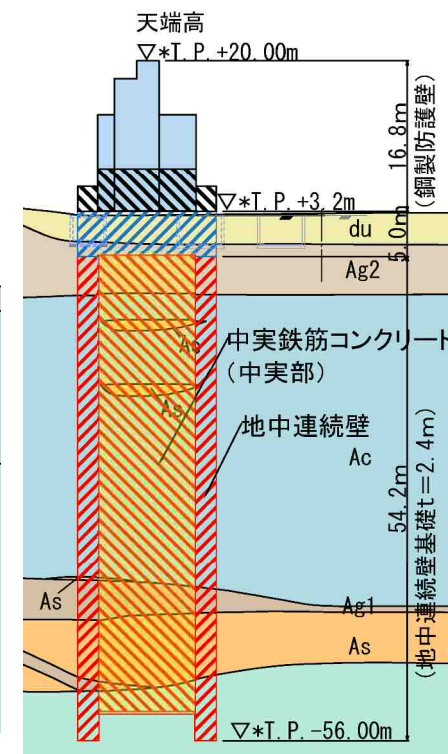
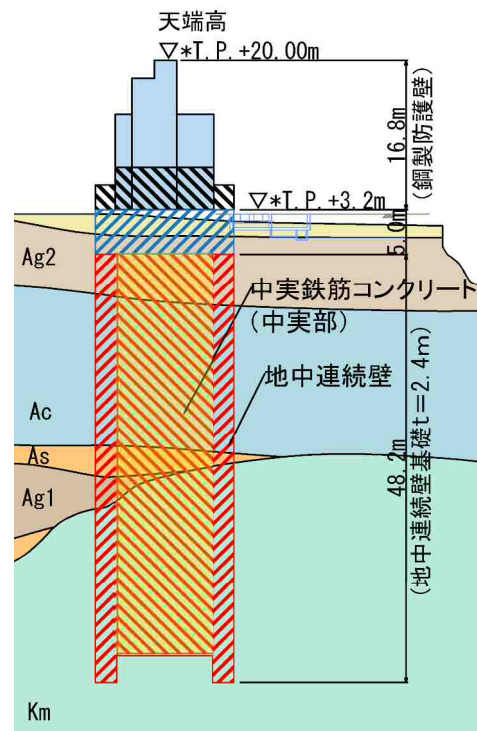
鋼製防護壁の基礎の構築は以下の手順で実施

1. 地中連続壁部を地上より構築
2. 地中連続壁部を土留めとして中実部を掘削
3. 掘削後下端より鉄筋コンクリートを地中連続壁部と一体化するよう構築
4. 同上部に頂版コンクリートを構築

A-A断面

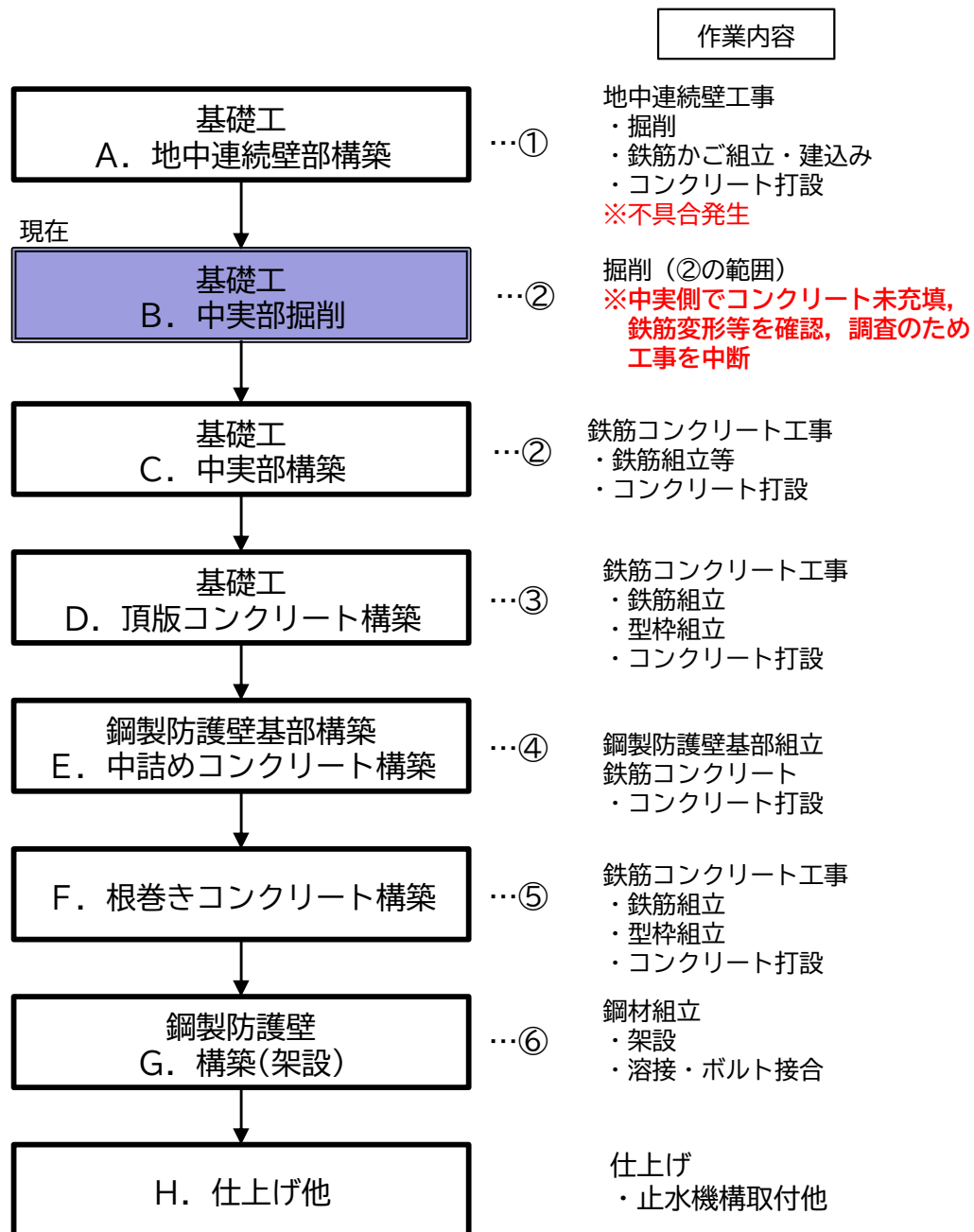
B-B断面

西 $\longleftrightarrow$ 東



鉛直断面図（堤側面）

2. 防潮堤（鋼製防護壁）の構築手順（2／2）



3. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合（経緯）

○2023年

- ・ 4月17日 防潮堤（鋼製防護壁）北基礎の鉄筋の高止まりについてCR（不適合）を起票
- ・ 4月18日 防潮堤（鋼製防護壁）北基礎の鉄筋の高止まり不適合をCAP会議へ報告（状況，対策案）
- ・ ~27日 防潮堤（鋼製防護壁）北基礎の鉄筋の高止まり箇所の調査，強度評価を実施
- ・ 4月29日 防潮堤（鋼製防護壁）北基礎の鉄筋の高止まりの原因，対策を確定させ工事を再開
- ・ 6月 9日 防潮堤（鋼製防護壁）南基礎（地中連続壁部）のコンクリート未充填及び鉄筋の変形等についてCRを起票（南基礎の掘削完了時点で調査が必要と判断）
- ・ 8月18日 防潮堤（鋼製防護壁）北基礎（地中連続壁部）のコンクリート未充填及び鉄筋の変形等についてCRを起票（北基礎の約1/4を掘削した時点で南基礎と同様と判断）
- ・ 9月12日 茨城県にCR管理表の内容を説明
- ・ 9月20日 東海村にCR管理表の内容を説明
- ・ 10月16日 NRA（本庁）に鋼製防護壁工事の状況等を説明
- ・ 10月16日 当社は鋼製防護壁で確認された事象について公表
- ・ 11月 8日 東海村議会全員協議会にて説明
- ・ 11月17日 日立市、ひたちなか市、那珂市、常陸太田市、水戸市にCR管理表の内容を説明
- ・ ~29日
- ・ 11月20日 東海第二発電所安全対策首長会議にて説明
- ・ 11月24日 那珂市議会原子力安全対策常任委員会にて説明
- ・ 12月 1日 東海村原子力安全対策懇談会にて説明
- ・ 12月15日 防潮堤（鋼製防護壁）南基礎（地中連続壁部）のコンクリート未充填及び鉄筋の変形等への調査が終了したため，CR（不適合）を起票しCAP会議へ報告

○2024年

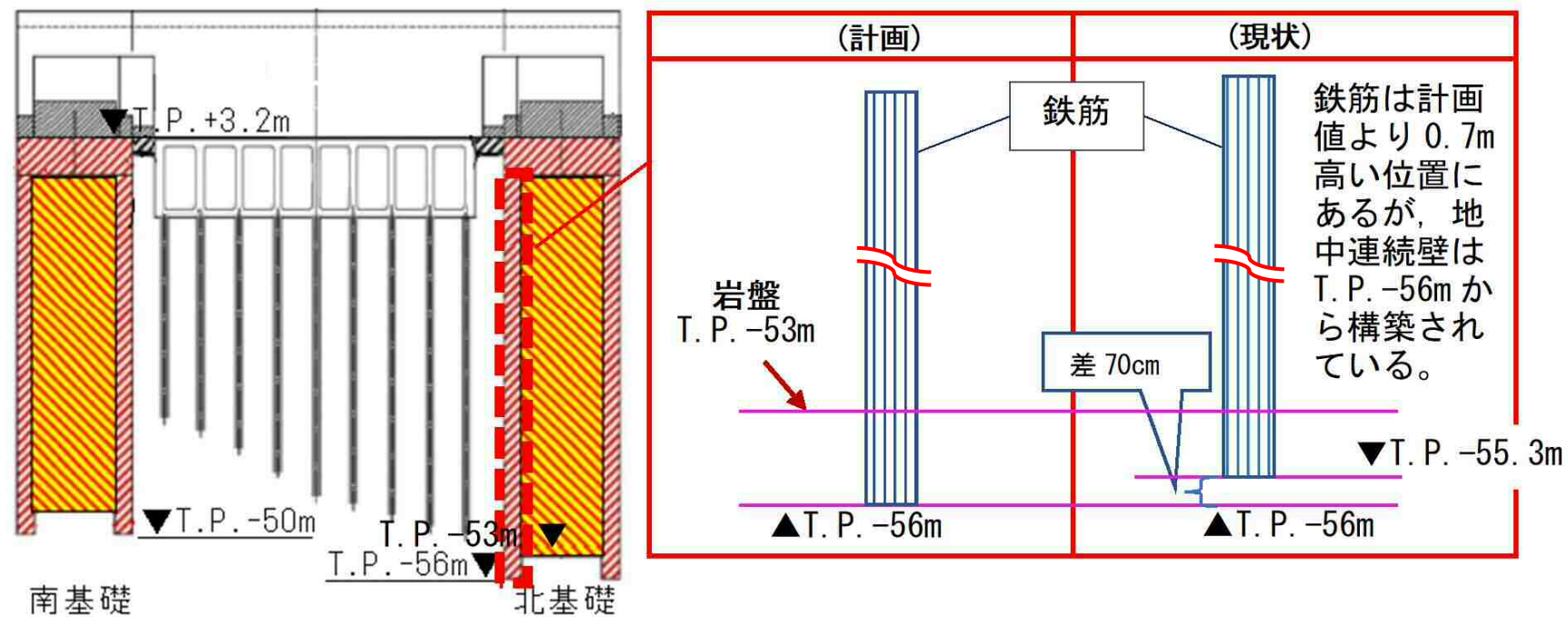
- ・ 1月12日 当社は鋼製防護壁南基礎調査結果に基づく対策について公表
- ・ 1月26日 防潮堤（鋼製防護壁）北基礎（地中連続壁部）のコンクリート未充填及び鉄筋の変形等への調査が終了（Ac層）したため，CR（不適合）を起票しCAP会議へ報告
- ・ 2月 7日 設計及び工事計画認可申請の補正書を原子力規制委員会に提出（公表）

4. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合①

北基礎鉄筋の高止まり

- 2023年4月、北基礎地中連続壁を構築中、鉄筋が設計の深さから70cm高い位置に止まる事象(高止まり)が確認されたため、当該工事を中断し影響評価を行った。
- その結果、鉄筋の高止まりした箇所については、鉄筋は岩盤(T.P. -53m)に到達していること及び掘削溝はT.P. -56mまで施工されていること、また、鉄筋が高止まった状態でも、T.P. -53mからT.P. -56mまでの鉄筋コンクリート強度は、必要な強度を上回ることを確認した。
- このため、北基礎地中連続壁の施工を再開した。

岩盤内根入れ拡大図

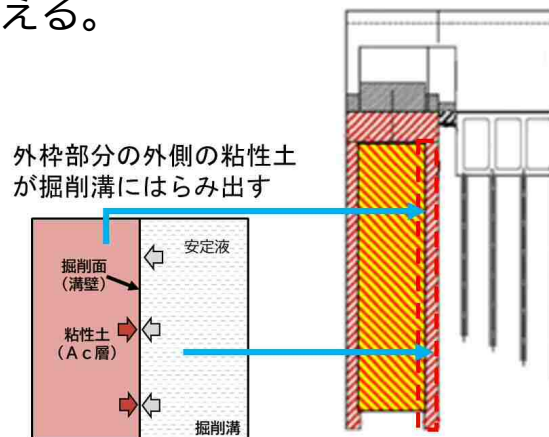


鉄筋の高止まりのイメージ

4. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合②

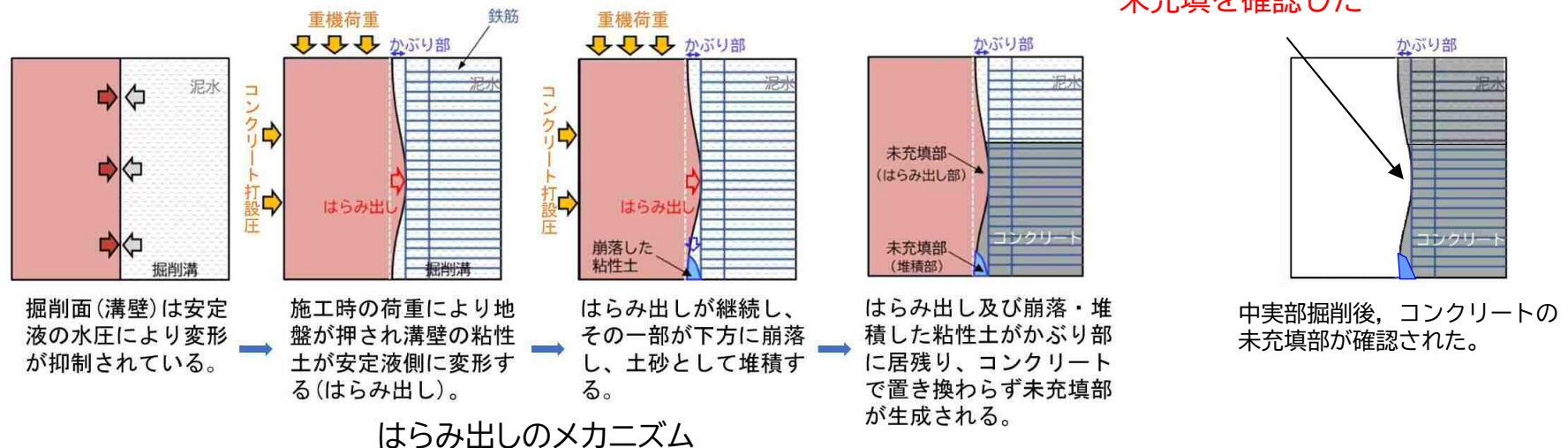
中実部側コンクリートの未充填

- 2023年6月、南基礎中実部の掘削を実施したところ地中連続壁部にコンクリートの未充填が発生していることを確認した。また、2023年8月、北基礎中実部の掘削を実施していたところ南基礎と同様な事象が発生していることを確認した。このため、工事を中断し南基礎及び北基礎地中連続壁の調査を開始した。
- コンクリートの未充填は、粘性土のはらみ出し（及び同土砂の崩落）による打設箇所の閉塞等により発生したと考える。



○粘性土のはらみ出しの原因

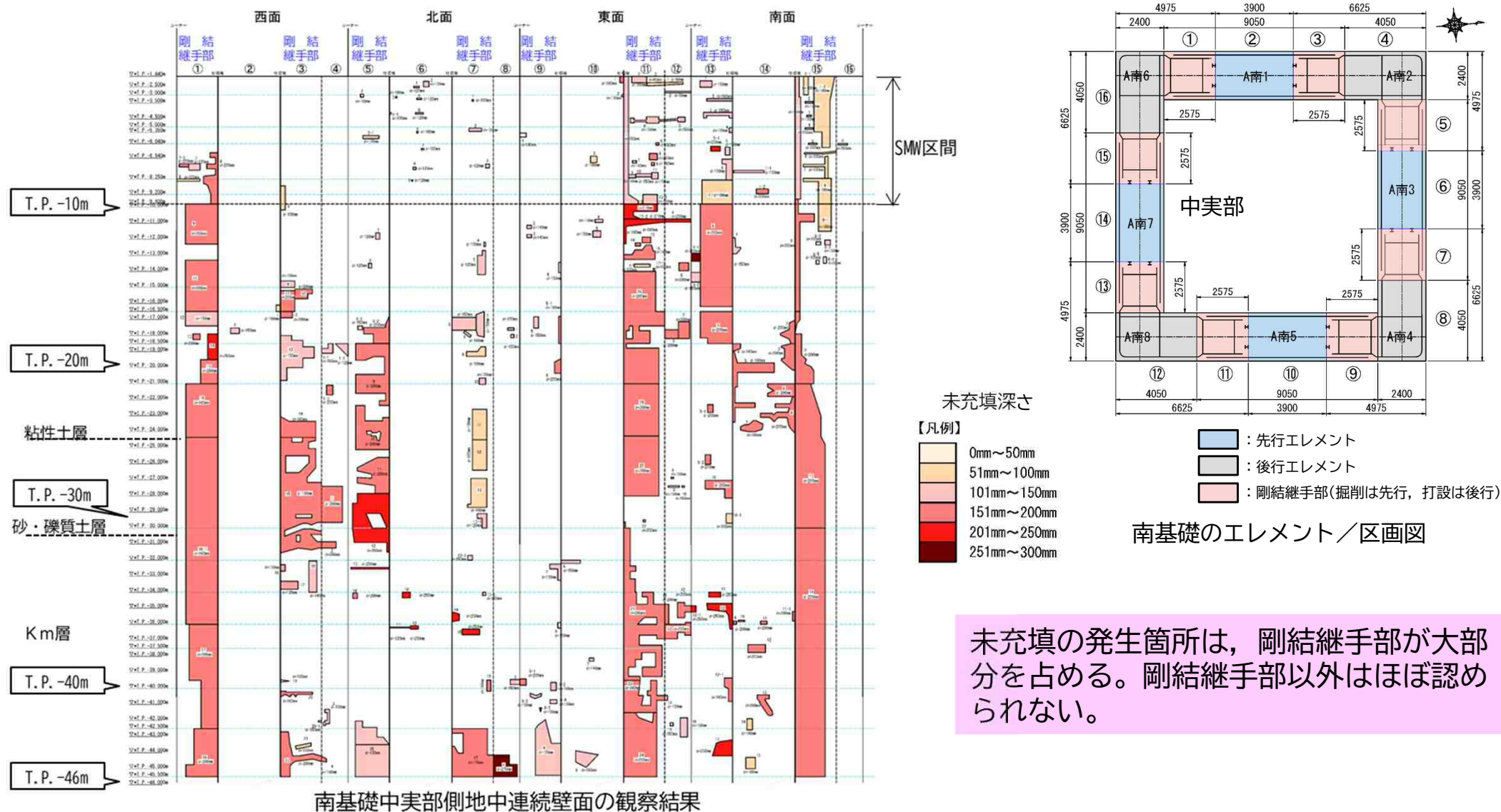
- ・重機による荷重
- ・掘削溝の据え置き期間
- ・安定液と地下水の水位差



4. 防潮堤（鋼製防護壁）基礎構築中に確認された不具合②（南基礎の調査結果）

南基礎の調査結果

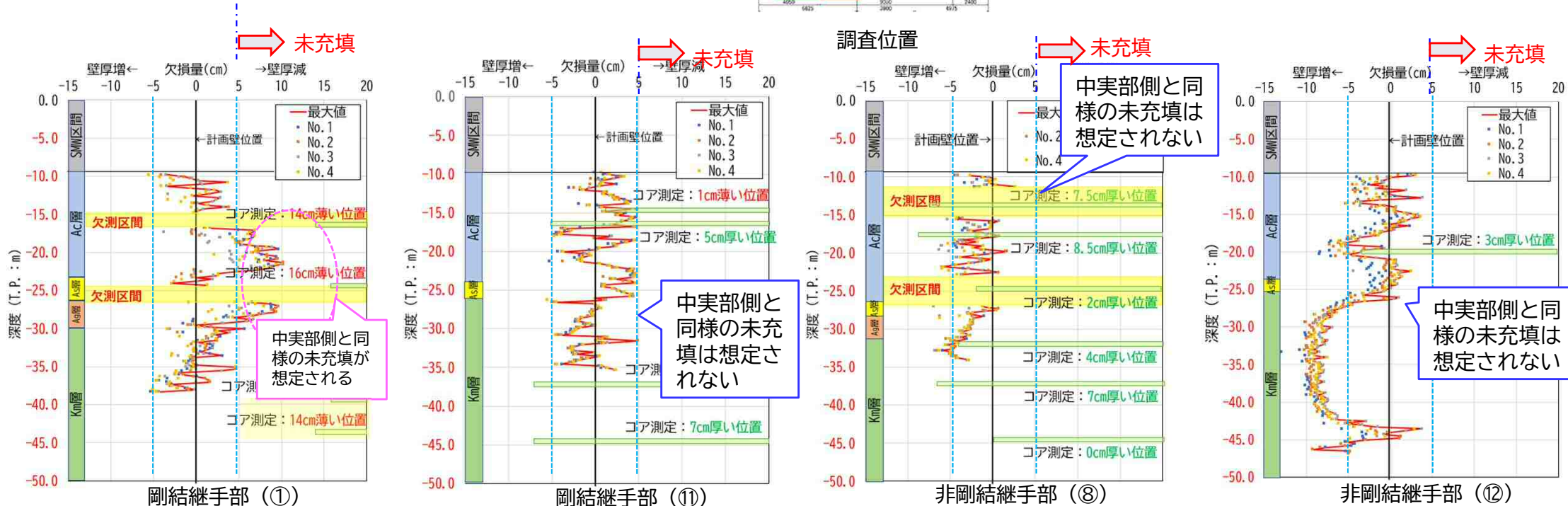
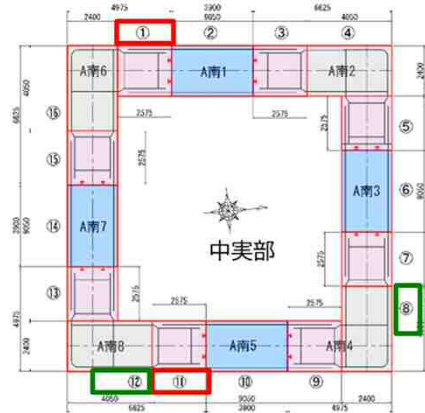
南基礎の中実部にて地中連続壁部にコンクリートの未充填（未充填の状況によっては鉄筋の露出）が発生していることを確認した。また、地山側は音響探査により16cmのコンクリート未充填を確認した。



4. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合②（南基礎の調査結果）

南基礎部コンクリートの未充填 地山側の調査(例)

地中連続壁の施工計画値は±5cmであるため、5cm以上の欠損を未充填とする。

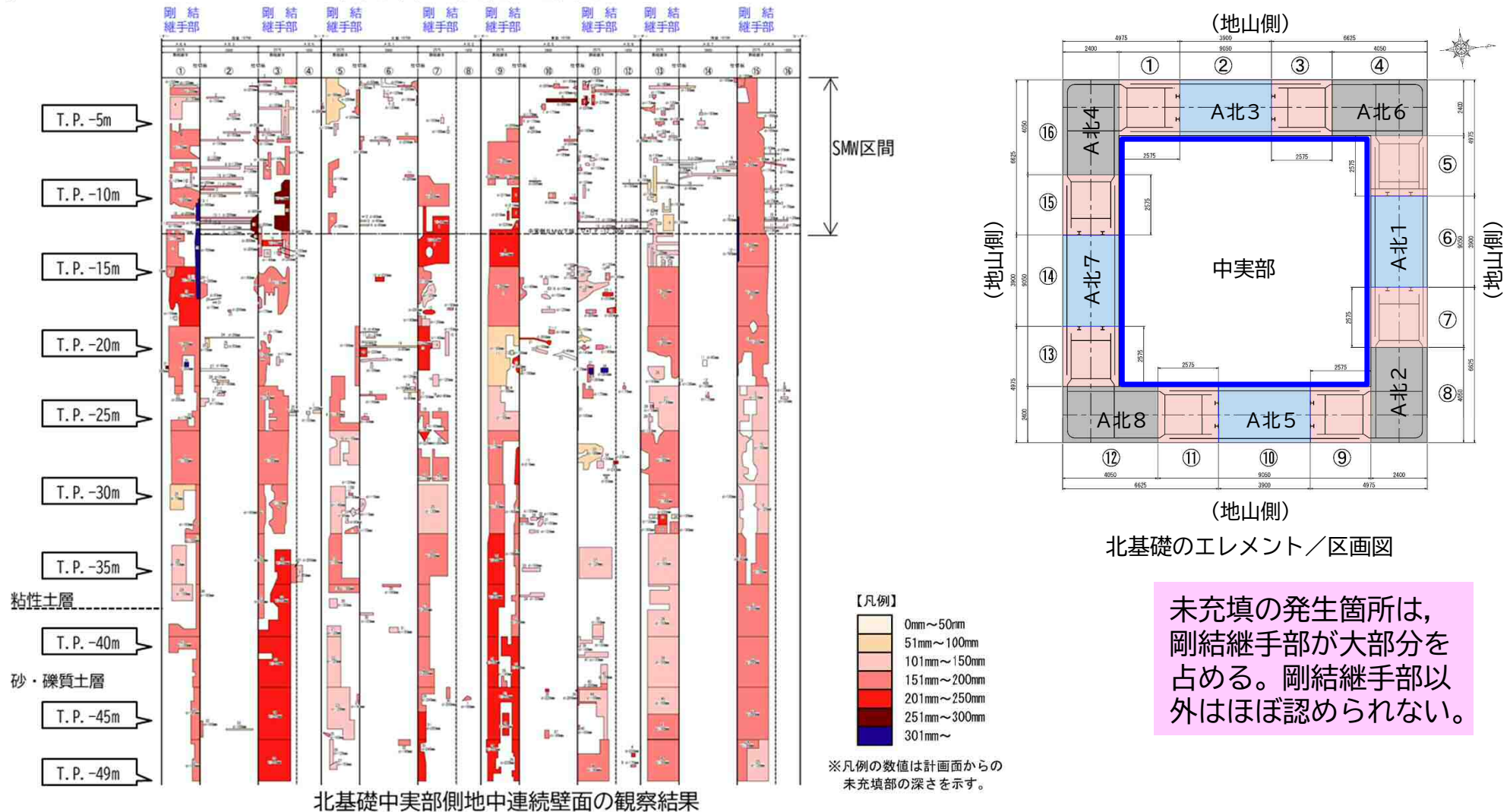


- 探査の結果、地山側の剛結継手部においてコンクリートの未充填の発生(20cm以下)を確認した。
- 水平コア及び音響探査の結果は整合しており、音響探査の精度(誤差数cm以下)は確保されていることを確認した。

4. 防潮堤（鋼製防護壁）基礎構築中に確認された不具合②（北基礎の調査結果）

北基礎の調査結果

北基礎の中実部にて地中連続壁部にコンクリートの未充填（未充填の状況によっては鉄筋の露出）が発生していることを確認した。また、地山側は音響探査によりコンクリート未充填の状況を確認した。



4. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合③

鉄筋の変形等

- 2023年6月、南基礎中実部の掘削を実施したところ地中連続壁部鉄筋の変形等が発生していることを確認した。また、2023年8月、北基礎中実部の掘削を実施していたところ南基礎と同様な事象が発生していることを確認した。このため、工事を中断し南基礎及び北基礎地中連続壁鉄筋の調査を開始した。
- ハンマグラブを使用した箇所鉄筋の変形等が確認されている。

⑭のコンクリート打設時に中実部側地山が崩れ、土砂等が⑮に流入、堆積。



同土砂等の撤去にハンマグラブを利用。ハンマグラブが設置済鉄筋に接触し、同鉄筋を変形。

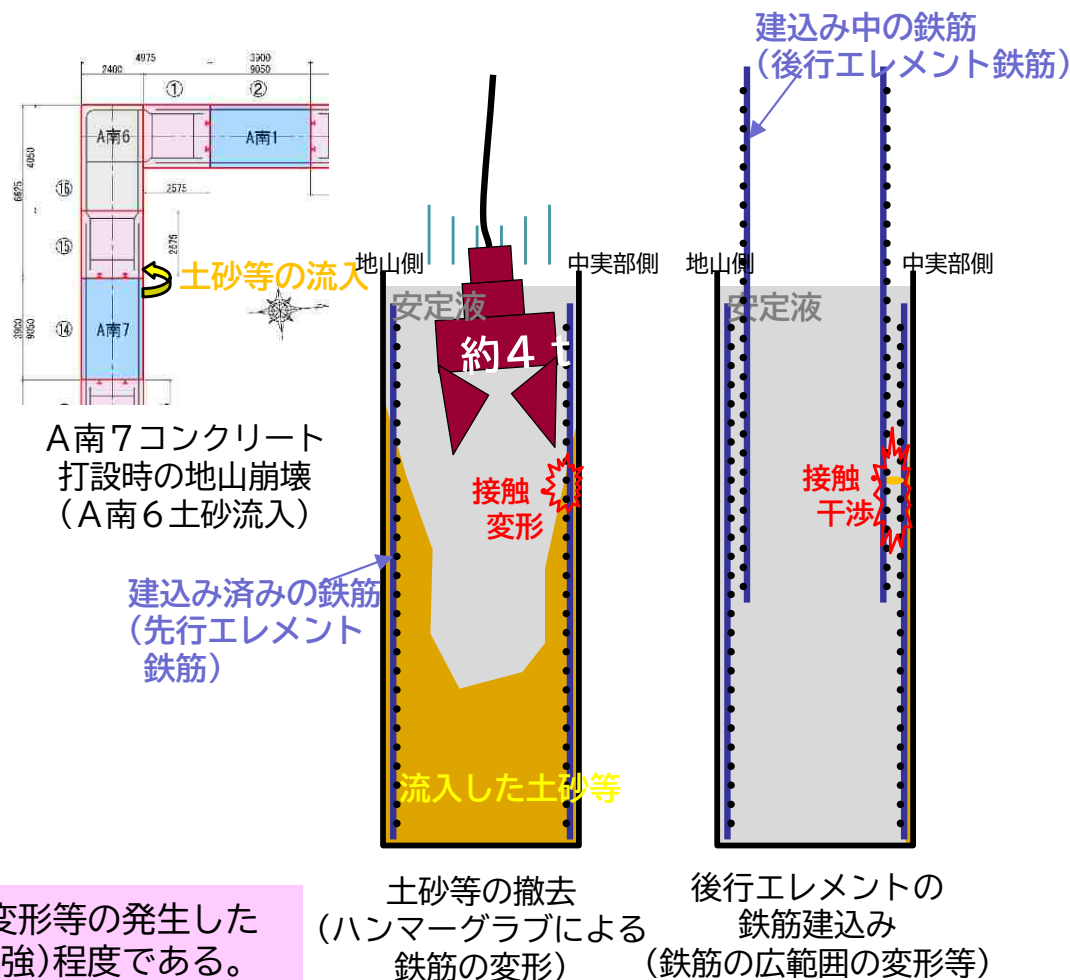


後行エレメントの鉄筋建込みにて設置済鉄筋の損傷部に接触・干渉し、先行・後行の鉄筋かごの広範囲に変形等が発生。



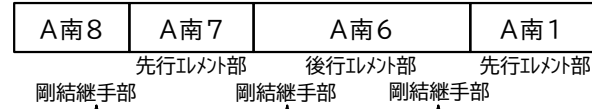
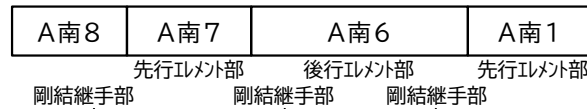
A南6南面で発生した先行・後行の鉄筋かごの接触・干渉により、後行の鉄筋かごが西側に移動し、西面(中実部側)の鉄筋にも変形が発生。

中実部側の観察結果や発生メカニズムから確認・想定される変形等の発生した鉄筋は、地中連続壁の鉄筋の3%程度(基礎の計画数量全体の1%強)程度である。

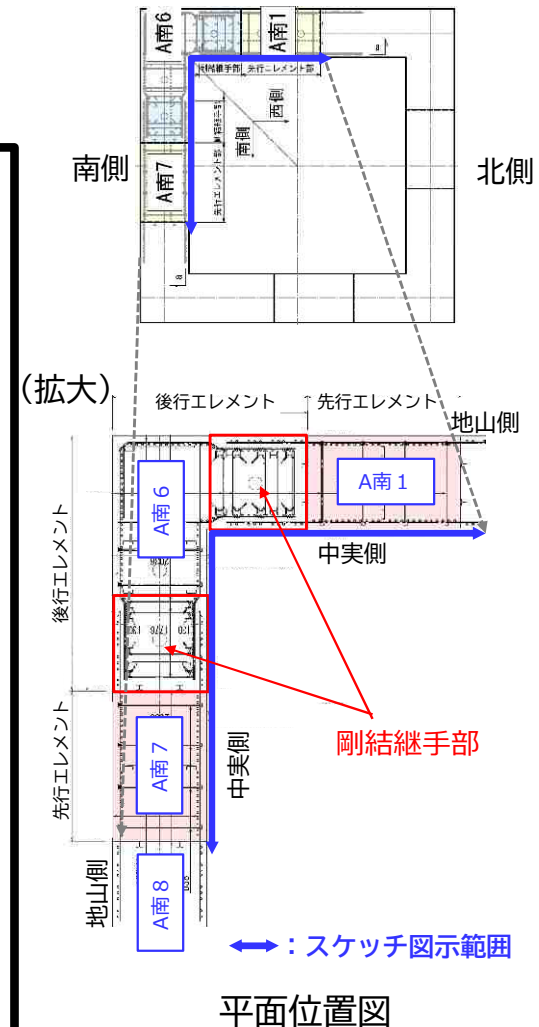


4. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合③（南基礎の調査結果）

南基礎調査結果 鉄筋の変形等については、A南6中実側のみで水平鉄筋の変形等が発生していることを確認した。



左図から



南側←→西側

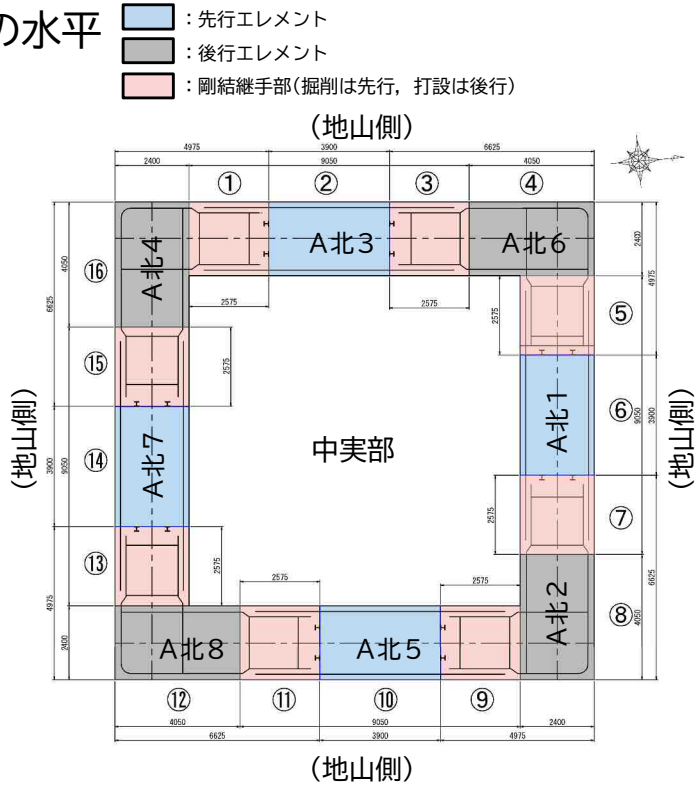
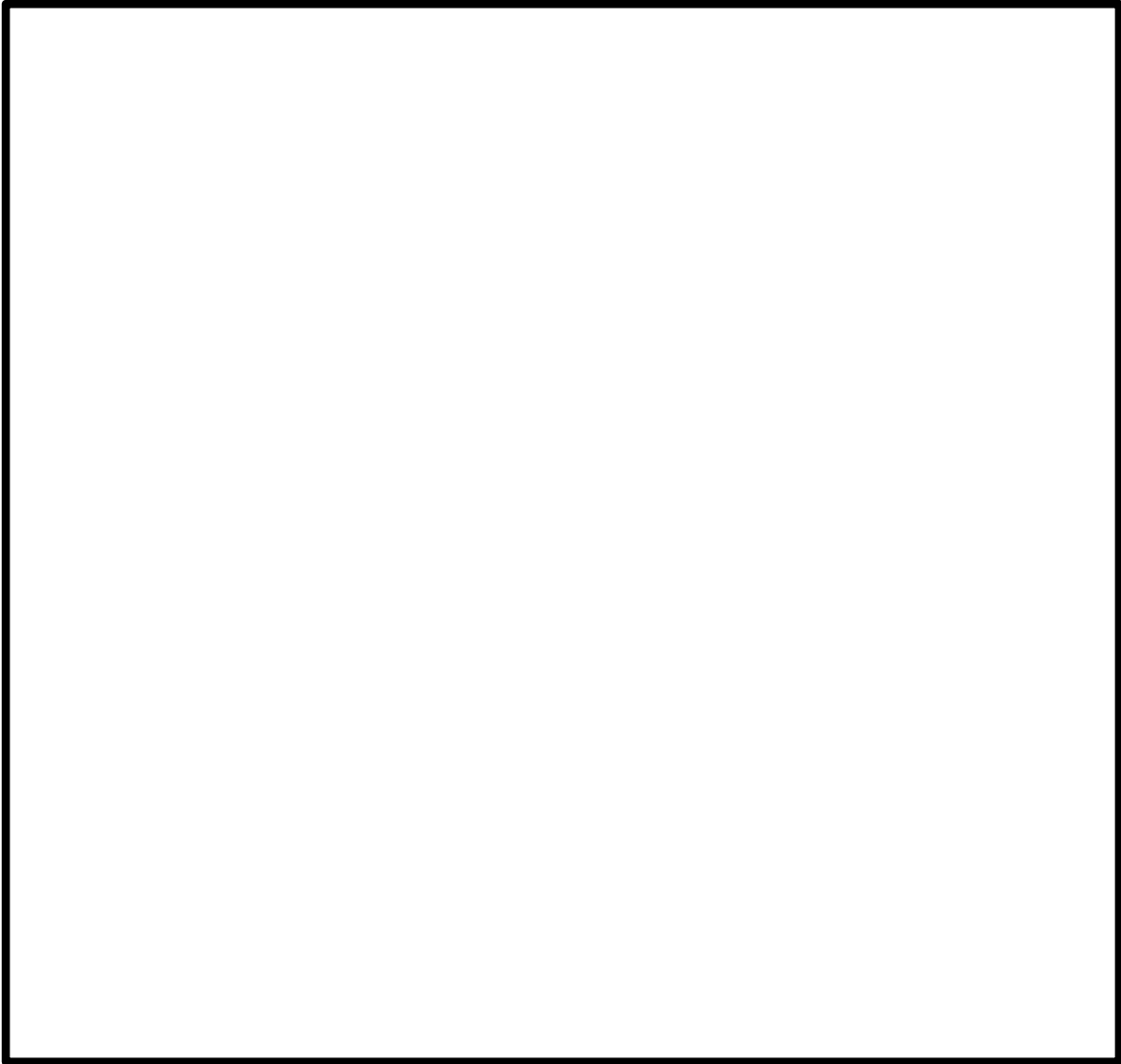
右図に続く

- 先行エレメント鉄筋 変形箇所 (現況確認によるもの)
- - - 先行エレメント鉄筋 変形箇所 (現況 (実線部) からの推定)
- 後行エレメント鉄筋 変形箇所 (現況確認によるもの)
- 設計の鉄筋位置
- 鉄筋現況確認箇所 (変形なし)
- FB変形箇所
- × 鉄筋欠損箇所

4. 鋼製防護壁 基礎構築中に確認された不具合③（北基礎の調査結果）

北基礎調査結果

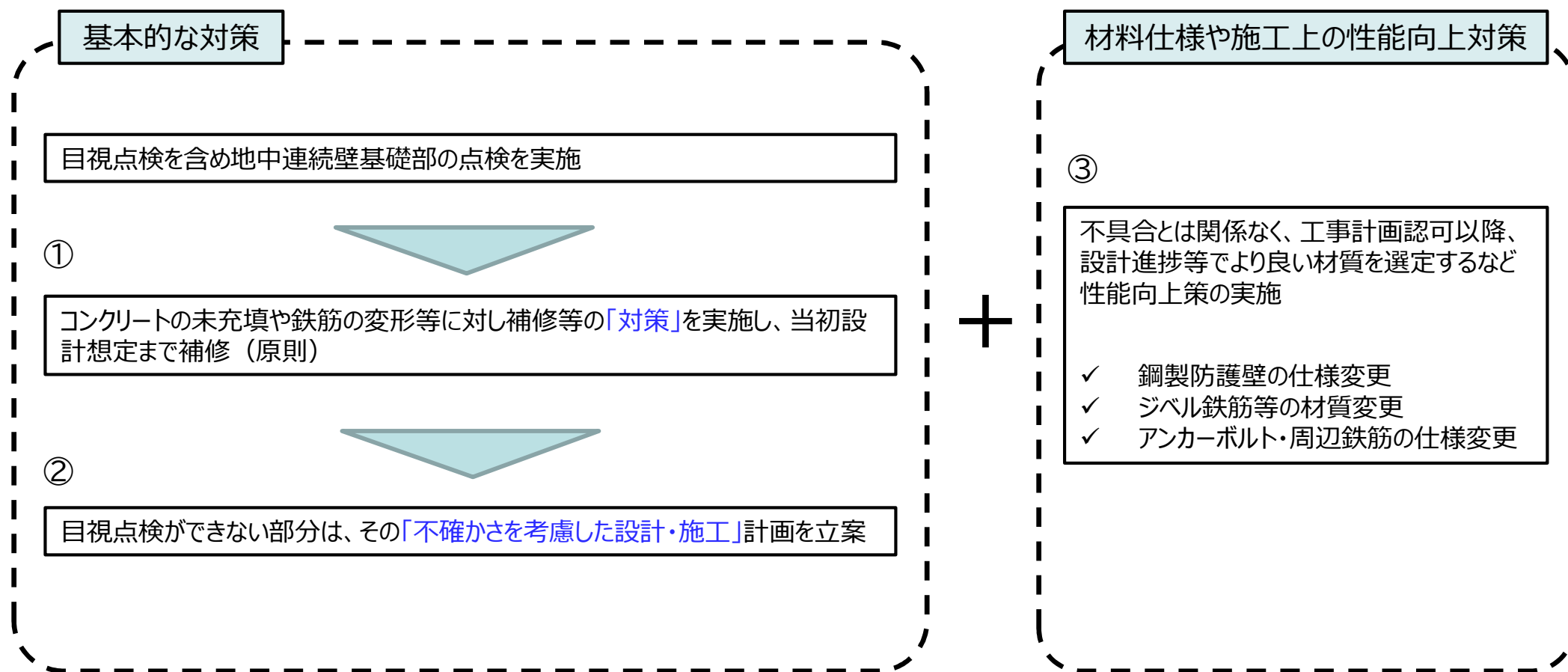
北基礎の鉄筋の変形等の状況を確認した。A北4（①，⑮，⑯）エリアの水平鉄筋（地山側の一部含む）に大きな変形等が発生している。



北基礎のエレメント／区画図

- : 設計位置の鉄筋
- : 確認出来た鉄筋（変形なし）
- : 先行エレメント鉄筋変形箇所
- : 後行エレメント鉄筋変形箇所
- : フラットバー変形箇所
- : 先行エレメント
- : 剛結継手部
- ⊗ : 鉄筋欠損箇所

5. 対策方針（北基礎・南基礎共通）



当社としては、上記 ① ② ③ を踏まえた具体的な対策を含めて、2024年2月7日に設計及び工事計画認可申請の補正書を原子力規制委員会に提出し、現在、審査を受けているところである。

5. 対策方針（北基礎・南基礎共通）

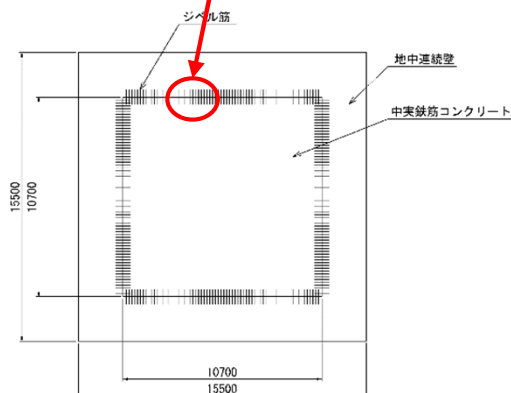
確認された事象等	①対策	②不確かさを考慮した設計・施工
コンクリートの未充填	【中実部側】 未充填部のコンクリート充填	地山側音響探査の結果，一部区画/一部の位置（高さ）において未充填部を確認したことから中実部の補強方針は以下の通りとする。 ● 全区画/全位置について一律に20cm未充填として設計し中実部における補強を実施 ● 地山側全ての剛結継手部のコンクリート未充填を一律50cmとした場合でも既工認の最大照査値程度となるように計画
鉄筋の変形等	【中実部側】 変形の確認された鉄筋の補修	以下の条件で中実部における補強を設計 ● 中実部側で変形等を確認した鉄筋は補修するが，構造強度評価上は考慮しない
鉄筋露出による錆進行の懸念	【中実部側】 露出している鉄筋（補修部も含む）の防錆処理	地山側音響探査の結果，一部区画/一部の位置（高さ）において未充填部を確認したことから地山側の錆進行抑制措置は以下の通りとする。 ● 露出が想定される区画に対して全位置（高さ）の地盤改良を施し地下水等の浸入による錆進行の抑制を実施

〈参考〉③材料仕様や施工上の性能向上対策

地中連続壁部の不具合事象を考慮した設計変更箇所に加え、既工事計画の認可後、施工設計段階に検討していた以下の防潮堤（鋼製防護壁）の各部位における品質向上対策について、今回の不具合事象に伴う設計変更に合わせて取り入れる。

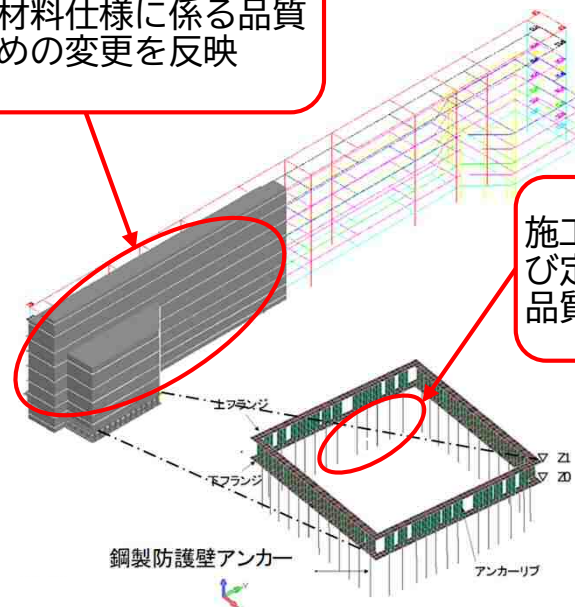
- 下部工（ジベル鉄筋）の配置や本数、材料仕様の見直し【設置作業上の安全性確保を考慮した施工品質の向上】
- 上部工（鋼製防護壁）の板厚や材料仕様の見直し【工場製作時の高強度の材料仕様範囲の拡大（溶接個所の低減）による施工品質の向上】
- 接合部（アンカーボルト）の配置や本数の見直し【施工品質の向上】

施工設計時のジベル鉄筋の配置、本数、材料仕様に係る品質向上のための変更を反映



（ジベル鉄筋）

施工設計時の鋼製材料の一部板厚及び材料仕様に係る品質向上のための変更を反映



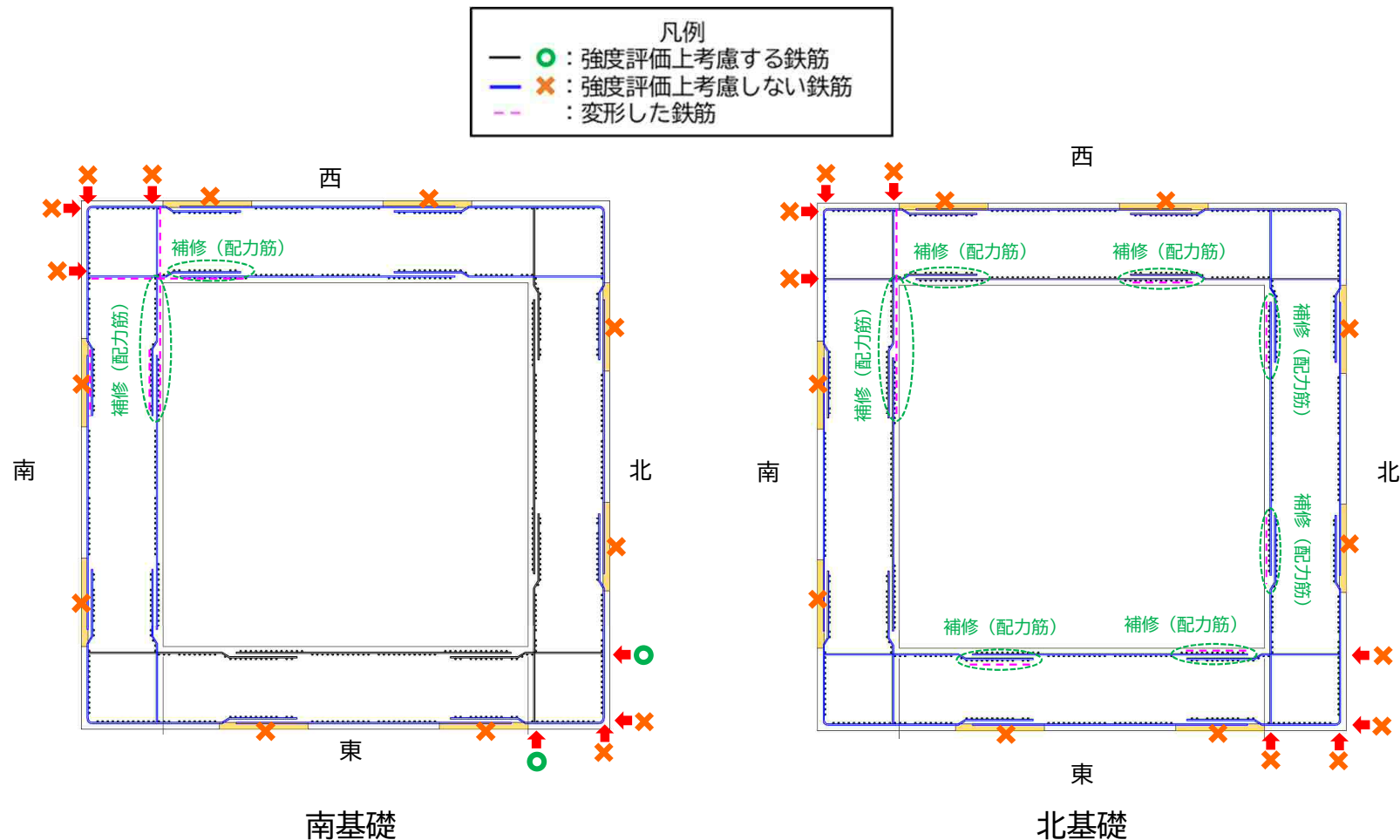
（上部構造及び接合部）

施工設計時のアンカーボルト及び定着鉄筋の配置、本数に係る品質向上のための変更を反映

施工設計時の品質向上箇所を反映した設計変更

5. 対策方針（南基礎，北基礎）

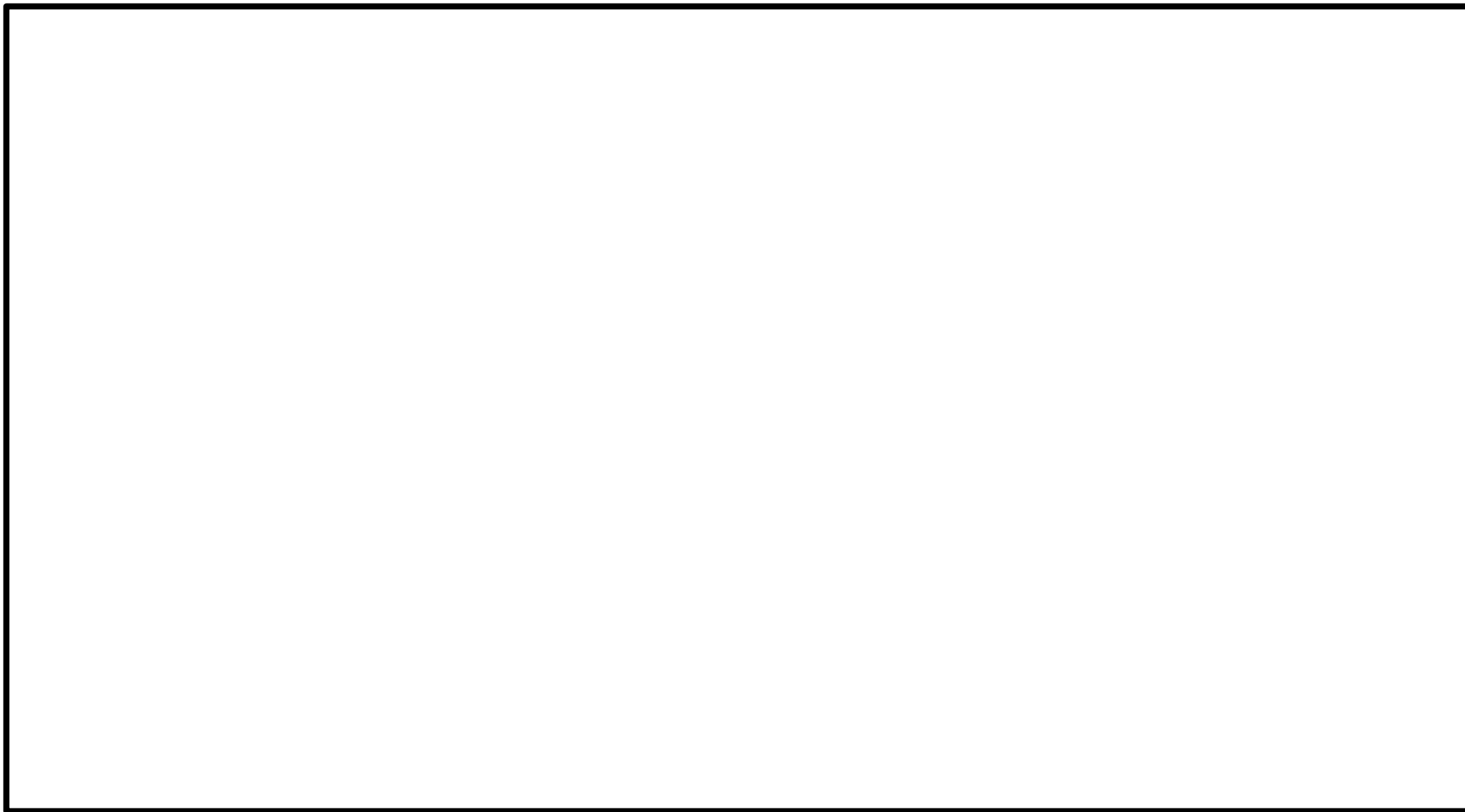
- 構造計算においては，地山側の全ての剛結継手部区間にコンクリートの未充填部（調査結果に保守性を持たせ，厚さ20cmの欠損を地中連続壁部の天端から下端に一律に設定）を想定したことから，この未充填部の鉛直鉄筋と地山側の全ての水平鉄筋（せん断補強筋）は構造強度として考慮しない。
- また，中実部側で変形等を確認した鉄筋は補修しても，構造強度（せん断補強筋）としては考慮しない。



6. 具体的な対策と評価 (1/2)

中実部での補強鉄筋対策

地山側のコンクリート未充填部および中実部側の鉄筋の変形等を考慮し、中実部で鉄筋を補強する。



6. 具体的な対策と評価 (2/2)

設計変更を考慮した耐震耐津波評価の結果

今回の設計変更を考慮した耐震耐津波評価の結果、防潮堤（鋼製防護壁）の各構造部材について、基準地震動又は基準津波等による荷重に対し、原設計と比較しても安全裕度が向上していることを確認している。

評価項目		対策後の最大照査値 ※	既工認における 最大照査値 ※
地中連続壁基礎 に対する照査	コンクリート及び鉄筋の 曲げ軸力照査	0.82	0.93
	鉄筋コンクリートの せん断力照査	0.77	0.90

※照査値は1以下でかつ数値がより小さくなるほど安全裕度は向上する。