

ケーソン式防波堤の予防保全（長寿命化）工事の調査と中詰改良工

西松建設(株)北日本支社 正会員 ○高橋 祐貴 福田 典紀 伊東 孝起

1. はじめに

平成28年1月に発生した低気圧及び同年8月の台風10号によって青森県むつ小川原港防波堤（延長約2km）の一部が被災した（写真-1）。高波浪の影響によりケーソン側壁が損傷し、中詰土が流出する被害が生じた。「むつ小川原港外港地区防波堤（東）（災害復旧）改良外工事」は、このケーソンを復旧し保全・長寿命化する工事である。今後、想定以上の高浪によってケーソンが損傷した場合でも再び中詰材が流失しない対策を施し、被害リスクを低減させるために、構造物撤去工，本體工，上部工，中詰改良工の施工を行った。本稿では被災状況調査工と中詰改良工の施工について報告する。



写真-1 むつ小川原港防波堤

2. 被災状況調査工

(1) 調査方法

ケーソンの外周には大型の消波ブロックが施され、潜水士による外観（目視）確認が困難な状況であった。そのため被災ケーソン内部から調査を行い、中詰土の現況高さ、破損状況を把握することにした。調査方法は、ケーソンの上部コンと蓋コン（厚さ計約3.2m）に調査孔を削孔し、スタッフ・カメラ等を挿入し内部の現況調査を行うこととした。ケーソン内部調査を行うにあたり、隔室寸法が約4m×4.5m、底面までの深さ約18mの構造物のため、以下の課題があった。

- ① ケーソン内部を鮮明に視認する必要があり、水中での撮影にも対応したカメラ・照明の選定。
- ② 隔室内の中詰土が流出している可能性があり、流出した中詰土深さの測定も必要なこと、また隔室内に波による水流がある場合でも折れ曲らない強度のある部材の選定。

内部調査用カメラ装置を写真-2に示す。汎用性の防水仕様パイプカメラ（ビデオ、ライト付）を使用し、ガス管にアングルを取付けてカメラを直角に固定し、上下に追加ライト（LED1,000lm×2台）を設置した。

(2) 調査結果

当初設計では、破損箇所は2箇所であったが、調査結果から5箇所で中詰土が大きく下がっていた。また、当初設計と違いNo.12-1では約1.5m×4.5mと非常に大きな穴が空いており（写真-3）、他箇所では側壁に消波ブロックがささっている箇所があるなどカメラ調査により詳細な現況を確認把握することができた。



写真-2 内部調査用カメラ装置

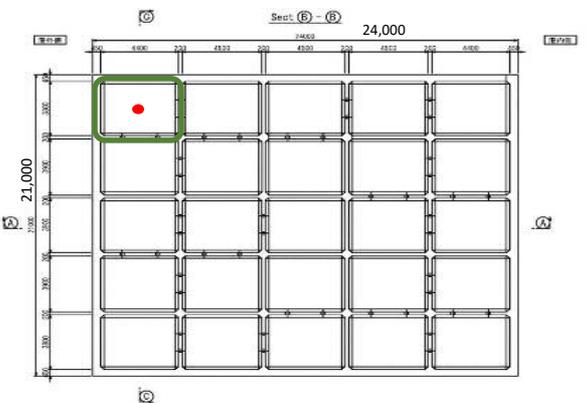


図-1 ケーソン平面図

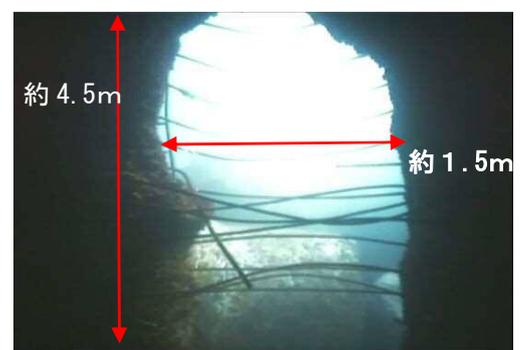


写真-3 側壁破損状況 (No. 12-1)

キーワード ケーソン、長寿命化、調査工、中詰改良工、エンパソル調査、Mega ジェット工法

連絡先 〒980-0804 宮城県仙台市青葉区大町 2-8-33 西松建設(株)北日本支社土木課 TEL 022-261-8953

3. 中詰改良工

ケーソン隔室内の中詰土をセメント改良し、中詰土の流出を防止する。施工に先立ち中詰土の性状調査を行い、陸上工事より稼働率が低下する海上工事の特性を考慮しつつ適切な地盤改良工の施工方法を検討した。

(1) 中詰土調査

隔室内毎の中詰改良工の締り状況をエンパソルにより調査した。

エンパソル測定データと標準貫入試験のデータの相関から推定N値を算出し、工法・改良径の決定を行う。中詰土(砂)のエンパソルの調査結果を図-2に示す。試験結果より砂の中詰土は最大N値30程度、亜鉛鉱滓の中詰土は最大N値50程度であることが判明した。当初想定よりもN値が大きいため、地盤改良工法をJSG工法から噴射圧40MPaを二方向に超高压噴射するMegaジェット工法に変更した。超大口径で改良し施工本数を削減できる。改良径は砂で2.5m、鉱滓で2.0mとした。また、改良強度をMegaジェット専用硬化材(強度発現型)を使用し一軸圧縮強さ(q_u)=3MN/m²とした。

(2) 施工上の課題と対策

実際の中詰土には写真-4に示す礫(約5~15cm程度)が混入していた。そのため高压噴射のロッド周りが閉塞して回転不能やバキュームポンプと吸引ホースが詰まることが懸念された。また、隔室内に排泥が溜まり内圧でケーソンが破損してしまう恐れがある。孔径φ133mmに対して注入ロッド径φ86mmのため、排泥の排出を視認できない。排泥を排出し易くする方法を検討する必要がある。また、当初計画では1日0.75本/台となり施工打継が発生する。改良体の品質を確保する為、1日1本/台を施工目標とした。

(3) 課題に対する工夫・成果

時間の短縮を図る為、ロータリーパーカッション(削孔径φ133mm)で上部コンクリート部の先行削孔を行った。その後、増粘剤(水1,000ℓ当り500cc)を練り混ぜた水を造成1本当たり500ℓ流入し、粘性を持たせることによって礫によるロッドの閉塞を少なくできた。また、排泥処理方法をバキュームポンプで隔室内を直接吸引するだけでなく、造成箇所以外の排泥孔から排泥を自噴させ、人力で礫の除去を行い、泥土分をバキュームポンプで吸わせる事でバキュームポンプの詰まりを解消する事ができた。また、バキュームポンプからベッセルに送泥する際、礫や摩擦熱によりホース内に排泥が詰まる事象が発生した為、バキュームポンプの排出口にエア用の軟管を取り付け、コンプレッサーを使用した空気と排泥を同時に送ることでポンプの詰まりを解消した。更に、当初計画より船舶によるベッセル運搬回数を1往復増やすことで、改良時間の延長が可能となった。改良後、チェックボーリングによりコアを採取し圧縮強度試験により、全箇所目標強度以上を確認した。

4. まとめ

調査工については、カメラ・部材の選定、照明・照度確保への工夫によりケーソン内部を鮮明に撮影することができ、ケーソンの破損状況・中詰土天端高さ・中詰土の状態等を正確に把握できたことにより、中詰改良工やその他工種(本体工他)を確実に施工できた。特に中詰改良工については、Megaジェット工法でのケーソン中詰改良事例がない中で、使用機械の検討、ケーソンからの排泥排出方法、排泥処理方法、ポンプの詰まり解消方法、船団運行スケジュールを確立させることで、改良体の品質を確保し施工目標を達成することができた。

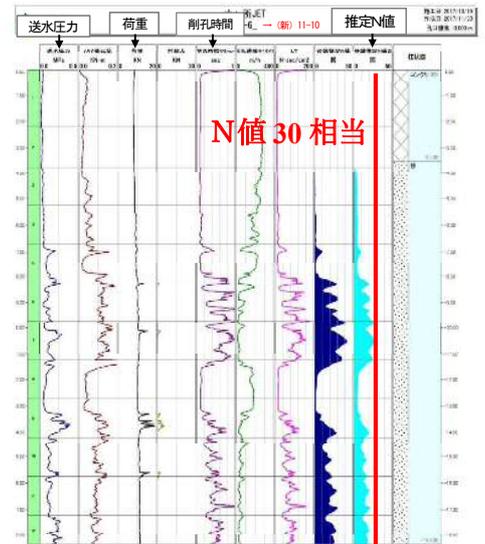


図-2 エンパソルによる中詰土調査結果

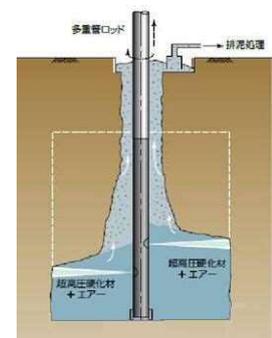


図-3 Mega ジェット工法



写真-4 隔室内混入礫

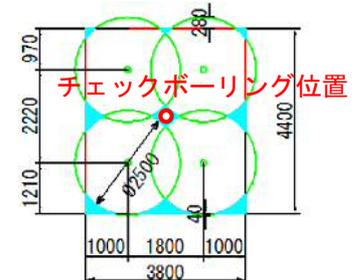


図-4 チェックボーリング位置図