

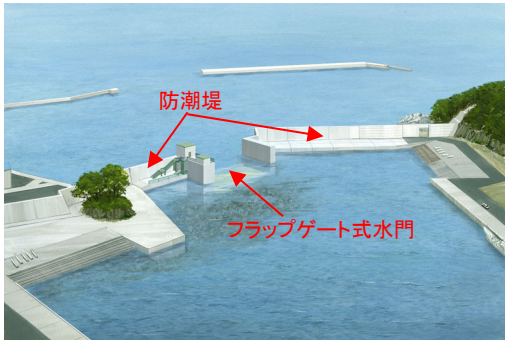
海底設置型フラップゲート式水門と基礎鋼管杭の海底での接合について

戸田建設株式会社 正会員 ○大原 貴之
戸田建設株式会社 正会員 佐佐木 秀行
戸田建設株式会社 正会員 重松 映輝

東日本大震災で被災した岩手県大船渡漁港では、津波、高潮対策工事の一環として、日本初の海底設置型フラップゲート式水門が設置される。この水門は、工場製作した函体を現地に曳航し、海底に打設した 56 本の鋼管杭（φ1000 mm）とさや管方式で接合する構造である。函体の接合孔の内径は構造上 φ1300 mmと定められ、鋼管杭は高い施工精度が要求された。また、鋼管杭打設は、海上のクレーンと海底の潜水土との相判作業である上、接合箇所が海底で精度確保のための測量機器等による視準ができない等、厳しい条件下での作業となる。本稿では鋼管杭の打設精度を向上するために実施した対策について報告する。

1. 工事概要

工事名称：岩手県大船渡漁港海岸高潮対策（細浦地区防潮堤その1）工事
工 期：平成 29 年 3 月 9 日～令和 3 年 2 月 20 日
工事内容：防潮堤 L=124.9m、水門基礎工 1 式、場所打ち擁壁工 1 式
鋼管杭打設（φ1000 mm、L=29.5～48.5m）56 本、
鋼管矢板打設（φ1000 mm、L=8.5～44.5m）159 本

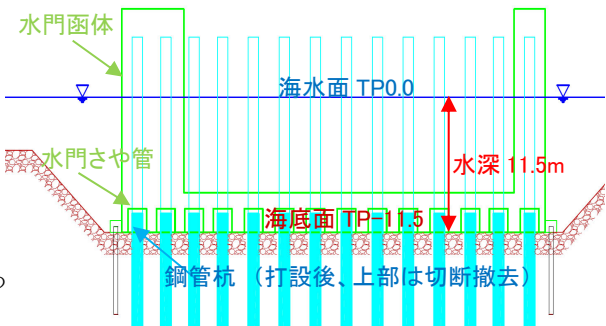


図－1 細浦防潮堤水門 完成予想図

2. 鋼管杭施工上の課題

海底設置型フラップゲート式水門は、港を出入りする船舶が水門上を航行するため、平常時ゲートは海底に格納されているが、津波警報等の発令時等に浮上する構造である。

水門函体は図－2 のように水深 11.5m の海底に設置され、56 本の鋼管杭が函体のさや管で接合される。接合部に充填されるグラウトの設計強度の制約からさや管部と杭の片側の離隔は 150 mm となり、56 本全ての杭を海底接合部で偏芯量 150 mm 以内で施工する必要があった。



図－2 水門、基礎鋼管杭断面図

仕様書に示す杭出来形規格値は、偏芯量±100 mm、傾斜 1.6° である。標準的な管理手法（測量機器による地上からの杭芯誘導）による打設管理を行った場合、海底接合位置での想定偏芯量は、最大 400 mm（＝100 mm + 11500 mm×tan1.6°）と設計上の許容偏芯量 150 mmを大きく上回り、杭と函体が接合できない懸念があった。このため、上述した制約条件下において、厳しい要求基準を満たす鋼管杭の打設が課題となった。

3. 海底における杭芯精度確保のための対策工選定

表－1 の対策工比較表により、水中での確実性を重要視した結果、水中導材＋潜水土による誘導による方法を選定した。また、従来からの方法であるトランシットによる 2 方向からの視準、パイルナビによる陸上での打設管理も併せて行うこととした。

表－1 対策工法比較表

方法	水中導材＋潜水土による誘導	トランシットによる2方向からの視準	杭打設管理システム（パイルナビ）	RTK-GPSによる水中誘導システム
概要	H鋼を井桁に組み合わせた定規材を海底に設置、固定する。打設時、潜水土が杭と定規の離隔を確認する。	杭芯の法線方向、法線直角方向の2方向から、杭をトランシットで視準し、杭芯偏位、傾斜を確認する。	ノンブリータルステーションを用い、外径の上下2点を計測することでリアルタイムで杭芯位置の設計との差、杭の傾斜を算出する。	水中測位装置（RTK-GPS）を使用し、音波情報により据付対象物の位置関係測定、平面図に表示する。
問題点	大型の定規材となるため組立精度確保が必要であり、定規材設置箇所を平滑にする必要がある。	陸上で正確に基準点、法線測量を行う必要がある。	陸上で正確に基準点測量を行う必要があり、キャリブレーションが都度必要となる。	据付対象物である杭に測位装置を取り付けることによるため、振動、衝撃で測定ができない恐れがある。
精度の確実性	定規を介して杭56本の相対的な位置を合わせることができる。潜水土が直接見て確認できる。	○	従来から行われている方法で、陸上の視準可能位置において精度確保は可能であるが、水中部の管理は不可能	△
コスト	定規材の製作費、設置箇所の整地費、据付費、打設時の潜水土作業費がかかる。	△	トランシット2台の損料のみである	○
評価	○	○	△	×

キーワード： 鋼管杭打設、杭芯誘導、水中導材、ICT 浚渫、フラップゲート式水門、東日本大震災
連絡先： 〒980-0811 仙台市青葉区一番町 3-3-6 星和仙台ビル 戸田建設(株)東北支店

4. 対策工の実施について

4-1 ICT 浚渫による水中導材設置箇所の整地

水中導材設置精度の向上のため、ICT 浚渫+潜水土による均しにより設置箇所を±5 cmの精度で整地を行った。これを達成するため、グラブ浚渫船の ICT を利用した機能を以下に挙げる。

- ① 定寸堀装置 ～ 深度設定を行い自動的にグラブバケットが設定深度で停止する。
- ② 水平掘装置 ～ バケット開口中にワイヤーを滑らせることでつかみ残し土量を減らし掘り跡を水平に近づける。
- ③ グラブ浚渫船施工管理システム ～ RTK-GPS、GPS コンパスで浚渫位置誘導、管理を行い、海底地形探知ソナーも併用し、浚渫状況を運転席のモニターでリアルタイムで確認が可能である。(写真-2)

施工完了後、マルチビームによる 3D 深浅測量を行い、測定結果を立体的な画像として表示し、整地状況を確認した。

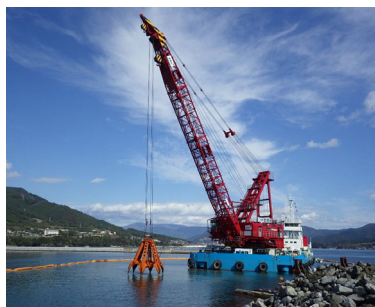


写真-1 グラブ船浚渫状況

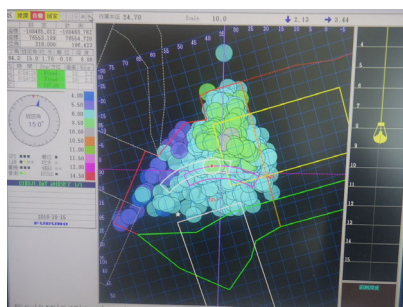


写真-2 運転席モニター画像

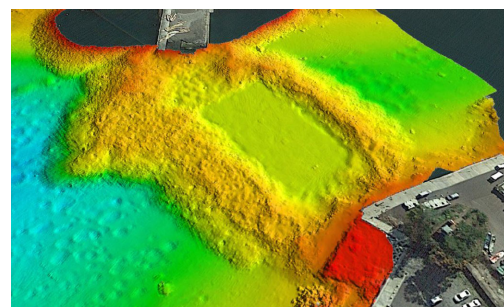


写真-3 3D 測量測定結果画像

4-2 水中導材の設置

導材は H 鋼を井桁に組合わせ、全ての打設箇所に杭と 200 mm 離隔を確保する定規とし、全体で 40m×20m の大きさとした。

予め陸上で製作組立し、寸法検測後、400t 吊起重機船を使用して 3 分割で設置を行った。海底に基礎ブロックを設置、その上に設置した。その後、杭打設時の衝撃でずれないように固定を行った。

4-3 鋼管杭打設管理

杭打設は、拡張ダウンザホールハンマとバイプロフォンサを併用し、φ1000 mm の鋼管杭を岩盤層に貫入させた。打設時に行った管理、実施項目について以下に示す。

① 陸上部の打設管理

2 方向からトランシット視準、パイルナビを併用し、法線、鉛直度管理を行った。40m 以上の長尺杭もあり鉛直度が杭芯のずれに大きく影響するので、傾斜をゼロに近づけるよう打設を進めた。

② 潜水土による打設時確認

打設中、杭と定規との離隔を常時確認を行った。杭着底時 4 方向の離隔を確認した後打設を開始した。打設中杭がずれ始めた場合は中断し、導材に更に鋼材ストッパーを取付け、ずれが大きくなることを防いだ。陸上からの測量とのずれがある程度発生することがあったが、相対的な位置が最終的には重要となるので、導材を正として管理を行った。

③ 杭排土処理

ダウンザホールハンマ削孔による土砂は海中排土の計画であったが、水中導材の埋没、水の濁りにより潜水土の水中視程確保が難しくなることから、土砂台船を配置し、その中に排土、運搬処理を行った。

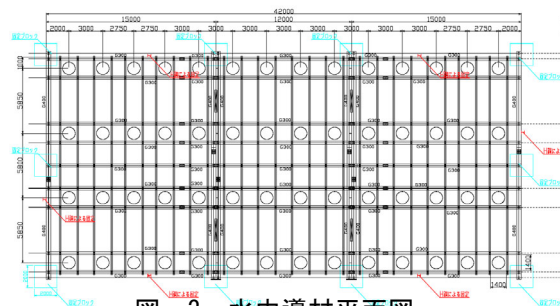


図-3 水中導材平面図



写真-4 導材と杭の離隔確認

表-2 杭芯出来形集計表

杭芯偏位量 (mm)	数量 (箇所)
100～75	3
75～50	10
50～25	30
25～0	13
計	56

5. 対策工の実施結果、今後の課題について

杭接合箇所での偏芯量は、必要条件±150 mmに対し、目標値+100 mmで杭芯精度の管理を行った。結果として、ずれの最大値が 100 mm、目標値以内で打設を行うことができた。表-2 に杭偏芯量出来形の結果を示す。

今後の課題として、水門鋼殻が万が一入らないというリスクを防ぐため杭との結合部の隙間の許容範囲を大きくするような技術の開発、潜水土により直接確認することは確実だが危険を伴う作業なので、杭芯誘導を、遠隔で行う方法、水中で精度を確保できる RTK-GPS 等の更なる技術開発が求められる。

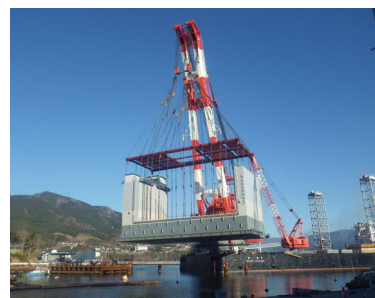


写真-5 水門函体据付状況