

岸壁築造工事におけるICT技術の活用

青木 駿¹

¹みらい建設工業株式会社 技術本部 技術部

ケーソン式岸壁築造工事において、基礎捨石工や本体工等の各施工段階における課題を解決するためにICT技術を活用した。活用したICT技術と得られた効果について報告するとともに、活用に当たっての課題や今後の展望について報告する。

キーワード：ICT，効率化，港湾工事，岸壁築造，ケーソン

1. はじめに

下関港では、平成7年度より、国際コンテナ貨物の増大や船舶の大型に対応するため、関門海峡内に比べ制約の少ない日本海側の新港地区に沖合人口島である長州出島の整備を行っている。長州出島は平成21年3月に一部供用を開始しており、アフリカ向け中古自動車の輸出や外貿コンテナ等の取扱いに利用されている、また、近年はクルーズ船の受入れも行っており、現在では大型クルーズ船の受入れに対応すべく、「新港地区国際クルーズ拠点整備事業」が進められている。

当社は令和元年度に、「新港地区国際クルーズ拠点整備事業」の一環である、クルーズ船用岸壁の築造工事を受注しICT技術を活用しつつ工事を行った（写真-1）。本稿では、当該岸壁築造工事におけるICT技術の活用事例について報告する。



写真-1 施工箇所（完成全景）

2. 工事概要

(1) 発注者

国土交通省 九州地方整備局

(2) 工事名

令和元年度下関港（新港地区）岸壁（-12m）築造工事

(3) 工期

令和元年年9月20日～令和2年6月5日

(4) 施工場所

山口県下関市長州出島1番地先

(5) 主要工種

- ・準備工（事前測量）
- ・海上地盤改良工（床掘，土運船運搬・揚土）
- ・基礎工（基礎捨石，基礎本均し，荒均し）
- ・本体工（ケーソン据付，中詰，蓋コンクリート）
- ・裏込・裏埋工（裏込雑石，防砂目地板）

3. 基礎捨石工におけるICT技術の活用

(1) 課題

海上地盤改良工として、現地盤の軟弱層をグラブ浚渫船で床掘し取り除く計画であった。通常、床掘工は定められた断面形状が一般的であるが、本工事においては、断面形状が定められておらず、「支持層まで」床掘を行うという条件であった。これは、支持層まで掘削しその結果によって、基礎マウンドの形状を決定するためである。

支持層の確認方法は、グラブ浚渫船のバケット内にある土砂を現地にて確認・判断することとなる。そのため、どの断面においても床掘面が凹凸のある仕上がりとなり、床掘完了後にガット船で投入する基礎捨石の正確な数量の把握が困難であった。そのため、基礎捨石の正確な数量の算出および投入精度の確保が基礎捨石工における重要な課題であった。

(2) 課題の対応策

以下のICT技術を活用することにより、基礎捨石工の課題に対応した。

a) ナローマルチビーム

基礎捨石の正確な数量を算出するため、床掘完了後、ナローマルチビームによる深淺測量を実施した。このナローマルチビームによる測量データを基に、床掘形状を可視化し（図-1）、断面および5.0mメッシュ毎に基礎捨石の正確な土量計算を行い（図-2）、基礎捨石マウンドの3Dシミュレーションを行った。

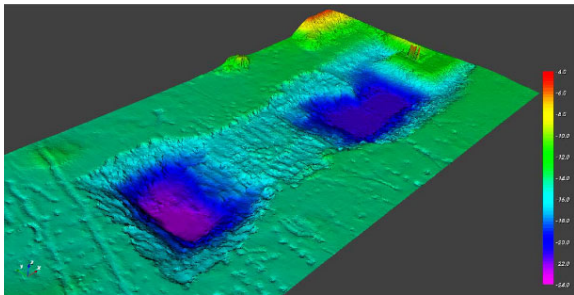


図-1 鳥瞰図（床掘後）

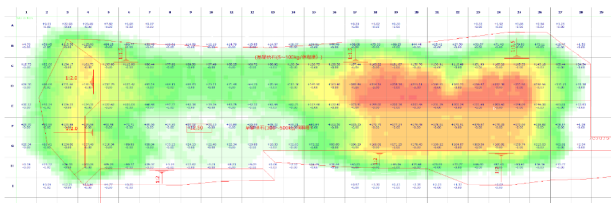


図-2 メッシュ土量

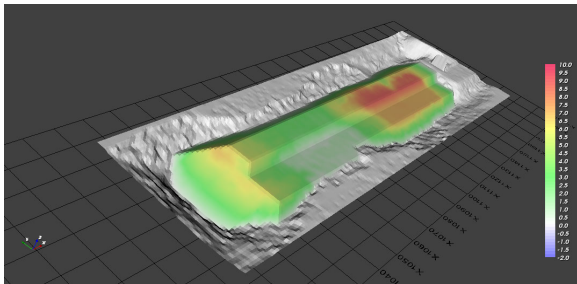


図-3 基礎捨石マウンド3Dシミュレーション

b) 捨石投入管理システム

投入精度を確保するため、「捨石投入管理システム」を用い、基礎捨石の投入管理を行った（写真-2）。

「捨石投入管理システム」は、当社の保有の技術である。これは、ガット船ブームの先端に取付けたGNSSにより、「目標投入位置への作業船の効率的な船位（投入位置）誘導」と「捨石投入時のリアルタイムで正確な投入位置の把握」を目的としたシステムである。主な機能は以下の5つである。

- 船位（投入位置）誘導（図-4）

投入位置への船位誘導（位置決め）システムは、作業船位置と現場では目視できない投入管理ブロックとの位置関係をリアルタイムにモニター地図上で確認できる。目印旗の設置を必要とせず、入港（入域）から位置決めまでがスムーズに行え、正確かつ効率的な船位誘導が実施可能である。

- 投入計画策定（図-5）

事前のマルチビーム等の深淺測量結果を読み込み、1m×1mグリッドデータとして反映する。計画形状データを読み込むことで、投入ブロック毎の投入回数をモニターに表示する。

- バケット位置（投入位置）の高精度把握（図-5）

クレーンブーム先端のRTK-GNSSにより、バケット位置を高精度で把握し、クレーン旋回状況をモニターに表示する。投入作業中は、バケット位置の投入ブロック番号等の情報をモニターに表示する。

- 投入位置管理記録（図-5）

1投ごとの投入時刻、投入位置座標値、管理ブロック等を施工履歴データとして記録する。

- 捨石堆積形状予測（図-5）

投入時に捨石堆積形状を予測し、カラー段階彩平面図および縦横断面図をリアルタイムにモニターへ表示する。投入ごとに予測形状データを保存するため、施工履歴データ資料として利用可能である。



写真-2 捨石投入管理システム使用状況

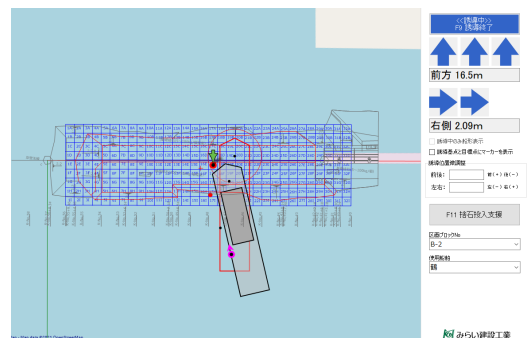


図-4 船位（投入位置）誘導画面

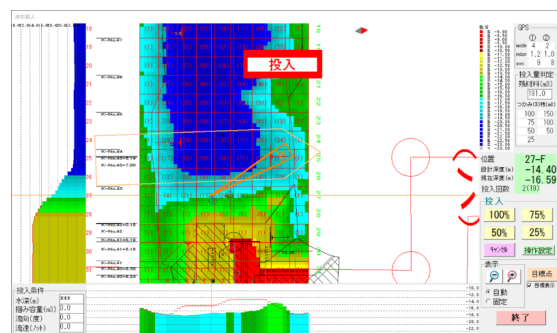


図-5 捨石投入支援画面

(3) 活用効果

ナローマルチビームで得られた深浅測量結果を基に基礎捨石の数量を算出した結果、高精度で数量を算出でき、基礎捨石の割増率は6%に抑えることができた。

基礎捨石の投入管理においては、ナローマルチビームで床掘面を可視化し、捨石投入管理システムで具体的な投入計画を策定できたことにより管理が容易となった。また、捨石投入管理システムの使用により、効率的かつ高精度な投入管理を行うことができ、工程の短縮や、材料ロスの抑制に繋がった。

4. 本土工におけるICT技術の活用

(1) 課題

本工事では、本土工として計6函のケーソン据付を行った(写真-3)。本工事のケーソン据付は、固定式起重機船により陸上製作場所から据付場所まで吊った状態で移動させ、既設側から順次6函を吊り降ろし据付を行っていく計画であった。岸壁としての性能・機能を長期的に確保するためには、法線に対する出入や目地間隔など許容値内の位置へ精度良くケーソンを据え付けることが重要である。また、ケーソンを吊り降ろし基礎マウンドへ着底させる際に基礎マウンドを乱すことがないように、水平に安定した状態で据付を行うことが必要である。そのため、外海からのうねりなどにより刻々と変化する状況の中、いかにこれら要求事項をクリアしケーソン据付を行うかが課題であった。



写真-3 ケーソン据付状況

(2) 課題の対応策

当社保有技術である「ケーソン据付システム」を活用することにより、ケーソン据付についての課題に対応した。このシステムは、次の2つの機能を有する。

a) 注水ポンプ制御システム

ケーソンの各マス内に設置した圧力式水位計により、注水時の各マスの水位計測を行う。また、ケーソン上に設置した傾斜計により、ケーソン傾きの計測を行う。これにより、注水状況およびケーソンの水平性を、コンピュータおよびタブレット端末にて遠隔地からリアルタイムで把握することができる。また、各マスの水位差が大

きくなると、自動で注水ポンプを停止することができ、マス内の水位差による隔壁の損傷を防止することができる(図-6)。

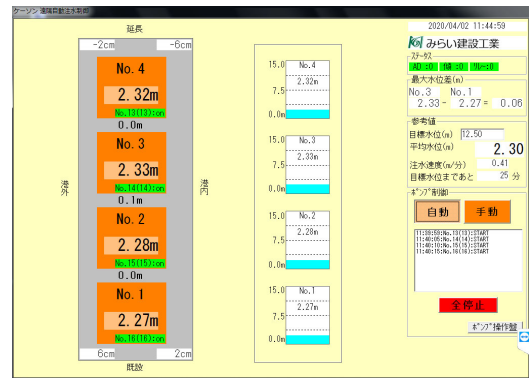


図-6 注水ポンプ制御システム画面

b) ケーソン据付位置誘導システム

据付ケーソン上に設置した360°プリズムおよび、既設岸壁上に設置した自動追尾式トータルステーションにより、ケーソンの3次元位置をリアルタイムで取得し、ケーソンの位置管理、据付位置への誘導支援を行うことができるシステムである。注水ポンプ制御システムと同じく、コンピュータおよびタブレット端末にて遠隔地から把握することができる。ケーソンの現在位置と目標据付位置、ケーソン着底までの距離(高さ)の把握ができるだけでなく、ケーソン位置が据付目標位置から平面位置で10cm以上、着底までの距離が20cm以上の場合、赤色で表示されるなど、視覚的にもわかりやすいシステムとなっている(図-7)。

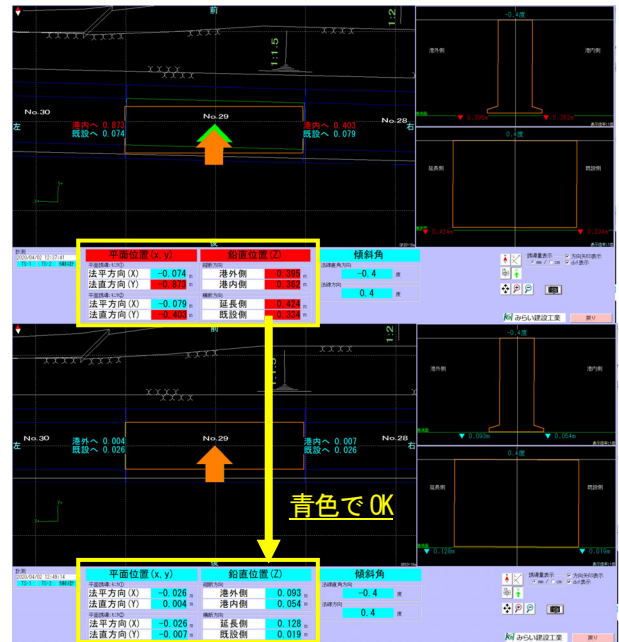


図-7 据付位置誘導システム画面

(3) 活用効果

ケーソン据付システムを活用することにより、効率的にケーソン水平性の保持、注水、位置誘導を行うことが

できた。また、法線に対する出入を4cm以内（許容値±10cm以内）、目地間隔を2cm以内（許容値10cm以内）と、精度の良い据付を行うができた。

5. その他技術の活用

本工事では、上記のICT技術以外にも様々な技術・ツールを活用することにより施工の効率化を図った。以下にその例を示す。

(1) 3次元モデルの活用

本工事では、各工種の3次元モデルを作成し、工事説明や打合せに使用した（図-8）。3次元モデルを用いることで、円滑かつ効果的な打合せを進めることができ、手戻り防止や打合せ時間の削減に繋がった。

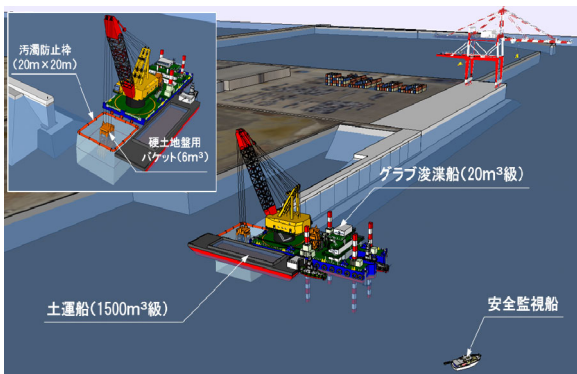


図-8 3次元モデル例（床掘）

(2) ライブカメラ・風速計の利用

本工事では、荒天等による作業可否判断のツールのひとつとして、ライブカメラおよび風速計を導入し、現地に設置した（写真-4）。ライブカメラ映像（図-9）や風速計のデータ（図-10）は、事務所のコンピュータやスマートフォン等からリアルタイムで確認することができる。気象・海象予測と現場状況（映像および風速）によって正確な作業可否判断をすることでリスクを回避することができ事故防止に繋がった。

また、映像はネットワークを通して遠隔からでも確認できるため、安全パトロール等にも活用することができ、安全性の向上に繋がった。さらに、映像は録画されており、遡って確認することが可能なため、実作業の進捗状況を客観的に振り返ることができ、施工効率が向上した。

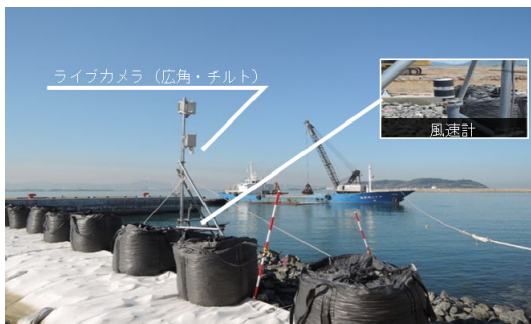


写真-4 ライブカメラ・風速計



図-9 ライブカメラ映像



図-10 風速データ

6. おわりに

ICT技術等の新技術の活用や、技術の更なる発展は生産性向上に繋がり、今後ますます顕著になるであろう少子高齢化・担い手不足に対する有効な手段であると考えられている。そのため、令和に入り、多くの国土交通省発注工事においてICT技術が積極的に活用されるようになっており、たとえば、令和3年現在では、ケーソン据付における注排水ポンプの自動制御等は標準的なものとなってきている。

本工事においても、多岐にわたりICT技術やツールを積極的に活用することで施工時の課題解決に取組み、施工の効率化や精度の向上を図った。結果としては、期待していた効果を得ることができた。しかし、これらICT技術等の新技術の導入にあたり、現場サイドでは、従来は無かった、新技術やシステムに対する理解や運用面での負担が増えているように感じた。よって、今後は、新技術を積極的に活用するとともに、会社が一体となり現場に対するバックアップ体制を整え、ICT技術やシステム面に長けた技術者の育成に取組み必要があると考える。

謝辞：本工事において、多大なご指導を頂いた九州地方整備局並びに関係各位に心より感謝申し上げます。