

八代港地盤改良工事（SCP）の ICTシステムを使用した施工について

光武 優心¹・西坂 博文²・奥村 靖浩³・黒田 豊和³

¹九州地方整備局 熊本港湾・空港整備事務所 第二工務課 (〒866-0033 熊本県八代市港町139)

²九州地方整備局 熊本港湾・空港整備事務所 第一工務課 (〒862-4415 熊本県熊本市南区川尻2-8-61)

³九州地方整備局 熊本港湾・空港整備事務所 航路管理課 (〒866-0033 熊本県八代市港町139)

2021年の八代港の貿易額は、八代税関支署の統計資料によると熊本県の貿易総額1,673億円のうち822億円と全体の約49%を占めており、熊本県最大の貿易拠点港となっている。背後には多数の企業が立地しており、合理的な運営や物資の低廉な供給等国益性の高い港湾活動を行っている。現在、「八代港外港地区国際物流ターミナル改良事業」において、航路増深に伴い発生する浚渫土砂の受け入れのため、大築島（南）に土砂処分場を整備している。

本工事では、大築島（南）の土砂処分場護岸整備において、SCPによる海上地盤改良工事をを行う際に工事受注者が構築中のICTシステムを試験導入して施工を行った。

キーワード ICT、SCP、見える化、遠隔監視、作業効率化

1. はじめに

八代港は、九州中央部に位置し、中九州地域の海上輸送拠点であり、経済・産業活動にとって重要な役割を果たしているとともに、九州中央の大型クルーズ船の受け入れ拠点としての役割も担っている。

また、九州各都市と直線で150kmの距離に位置しているため、アクセスが容易といった地理的優位性も兼ね備えている。(図-1)

背後には畜産業を支える飼料製造企業の他に多数の企業が立地していることから「八代港外港地区国際物流ターミナル改良事業」として、穀物を輸送するバルク貨物船の大型化に対応するため、岸壁(-14m)・泊地(-14m)・航路(-14m)の整備を実施している。(図-2)

航路(-14m)の整備に伴い発生する浚渫土砂の受け入れのため、大築島（南）に土砂処分場を整備しており、その土砂処分場の護岸の海底には粘性土層が堆積している。

本工事は、大築島（南）土砂処分場護岸の地盤沈下や円形すべりを防止するため、海上地盤改良工（SCP）として、改良率30%の砂杭を621本打設したもので、海上地盤改良工ICTシステムを試験導入して施工を行った。(図-3、4)

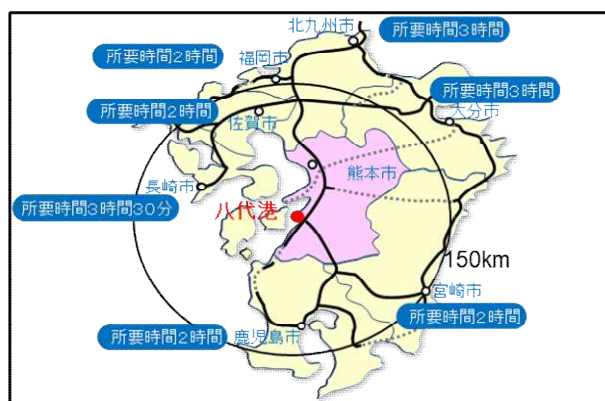


図-1 八代港位置図

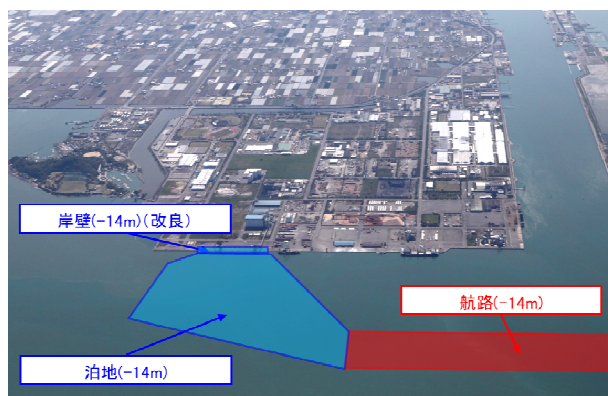


図-2 八代港外港地区全景



図-3 大築島（南）土砂処分場整備箇所

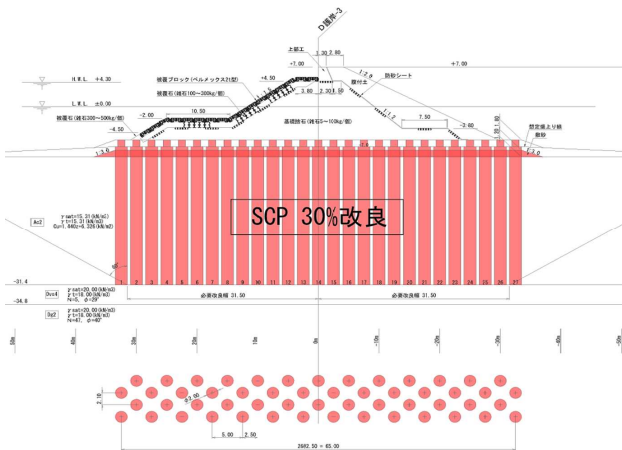


図-4 護岸標準断面図

2. 従来のSCPの施工管理方法と課題

海上地盤改良工法の1つであるSCP（サンドコンパクションパイル）は、強固に締固めた砂杭を軟弱な地盤中に造成して地盤改良を行う工法で、主に防波堤や岸壁等の基礎を造成する際に使用される工法である。

海底地盤中を改良するため、施工状況を目視確認による施工管理が出来ない。

従来から「SCP施工管理システム」と「オシログラフ」を用いており、SCP船内のオペレーター室にてSCP施工に精通した現場担当者やオペレーターによって確認や管理を行っているため労力を要していた。

また、陸上の現場事務所の担当者への情報共有に時間を要していた。

「SCP施工管理システム」は、画面に表示される砂杭打設時の打込み深度・打込み速度・引き抜き速度、ケーシング管内圧力等の数値で施工管理を行っている。

（図-5）

「オシログラフ」は、砂杭1本毎の打設深度や造成砂量を連続的に記録したもので、施工管理の根拠資料の1つとして使用されている。（図-6）

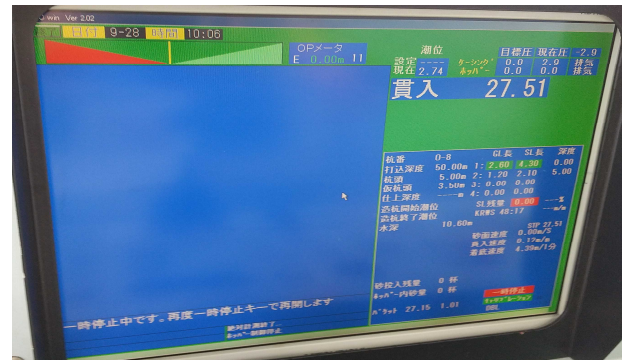


図-5 従来のSCP施工管理システム画面

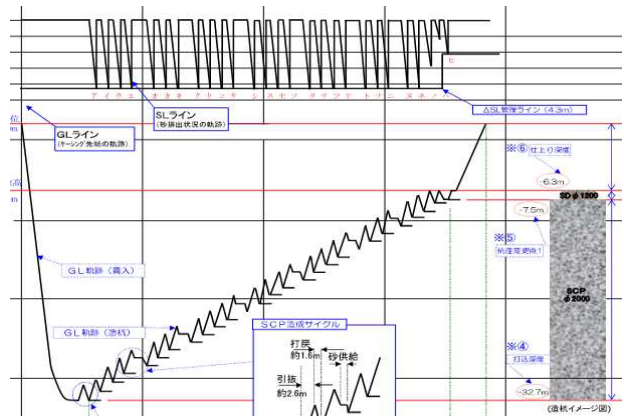


図-6 オシログラフ

3. 海上地盤改良工ICTシステムの構築経緯と特徴

(1) 構築経緯

国土交通省は、「港湾におけるi-Constructionの推進に向けたロードマップ」において、海上地盤改良工（SCP）を、現場で実証しながら標準化を検討する工種に位置付けており、これに先立った取り組みとしてシステム構築を始めたものである。

まず、以下2つのシステムの構築を図った。

① 作業船舶よりデジタルデータを直接取得するシステム。

② ①を基にICTで施工管理を行うシステム。

さらに、「外部監視システム」・「クラウドシステム」を付帯することにより、リアルタイムで施工状況を確認でき、打設位置や打設深度の思い違いや間違い等のヒューマンエラーやオペレーターの労力軽減を目指した。

(2) 特徴

今回試験導入した海上地盤改良工ICTシステムには、以下のような特徴がある。

a) 事前取得データを取り込む機能

事前に取得したボーリングデータ・海底地形データ・設計データ等を3次元データ（位置+深度）として取り込み、2D及び3Dでの画面表示が可能となったこと

で可視化され、施工における確実性の向上に繋がる。

b) SCP船体誘導システム

GNSSを用いたSCP船体誘導システムを搭載することによってSCP船の位置を測定し、施工計画位置との誤差量を操作室のモニターに表示させ、そのモニターに従って操船ウインチを遠隔操作することで施工計画位置にSCP船の誘導を行った。

これにより、高精度な誘導やSCP船体の正確な施工位置管理が可能となる。

c) 作業管理画面

このシステムの作業管理画面は、「2D SCP打設管理画面」及び「3D SCP打設管理画面」の2つで構成されている。

「2D SCP打設管理画面」は、従来数値のみによって確認をしていた打込み深度・打込み速度等といった打設中の施工管理を行う画面である。(図-7)

「3D SCP打設管理画面」は、従来目視確認ができなかった砂杭の打設状況を立体化させ、既設杭との関係性を容易に確認・管理ができるようにした画面である。(図-8)

この2つの管理画面により、高精度な施工管理が可能となり、オペレーターの労力軽減に繋がる。

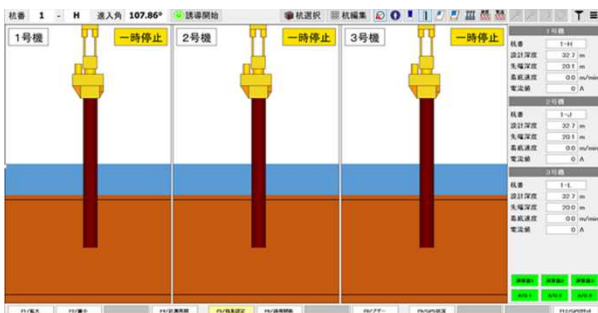


図-7 2D SCP打設管理画面

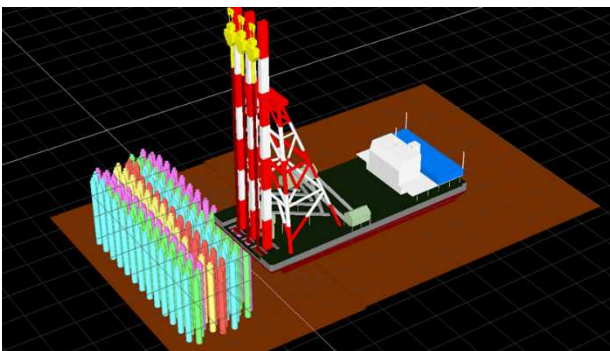


図-8 3D SCP打設管理画面

4. 海上地盤改良工ICTシステムによる見える化

(1) 打設杭毎の施工状況確認

打設杭毎の断面・深度・海底面・想定打止め層・仮想打止め位置等を3D表示により立体的に確認可能となる他、施工完了後には打設した杭を施工曜日毎に着色することにより、従来よりも容易な進捗図の作成が可能となり、仕事の効率化に繋がる上、施工の確実性向上に繋がった。(図-9)

また、前述した「2D SCP打設管理画面」において、杭の打設に伴う海底面の盛り上がり状況について可視化することにより、施工途中で杭長データの変更が可能となる。変更されたデータはその都度管理画面に反映されるため、リアルタイムで施工状況を確認することが可能となる。(図-10)

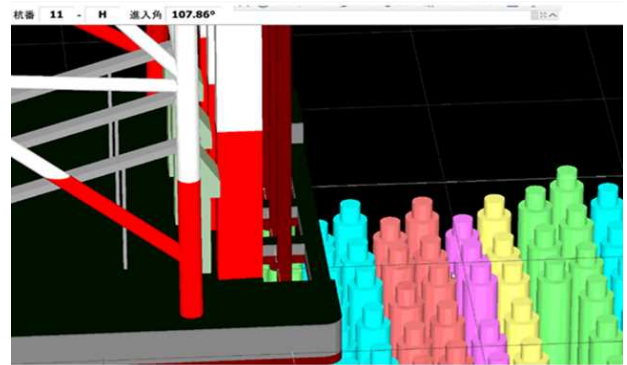


図-9 打設進捗図

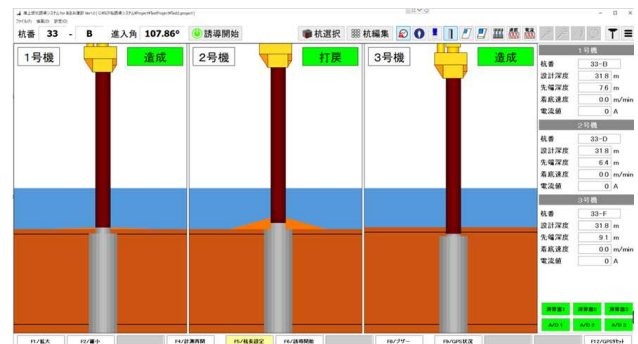


図-10 盛り上がり状況反映後の管理画面

(2) 着底層の打止め管理

砂杭の貫入速度や電流抵抗値をグラフにて表示し、モニタリングすることで、打止め層の確認や判定への使用が可能となった他、施工中に監視が可能となったため、打設深度の設定ミスといったトラブルの防止に役立つ。

(3) 現場事務所内での施工管理

現場事務所内での施工管理において、「Wi-Fi端末」と「専用パソコン」の2つを設置した。

「Wi-Fi端末」を設置することにより、遠隔アプリを用いたシステムの動作状況・施工状況の確認が可能となり、現場事務所における施工状況の可視化に繋がる。

また、「専用パソコン」を設置したことにより、遠隔監視が可能となりSCP船の動向や施工の進捗状況が確認可能となったことで、今までオペレーターのみで確認していた管理情報を現場担当者にも同時に共有可能となり、視覚的気付きに繋がる。(写真-1)



写真-1 現場担当者による事務所での施工状況確認

5. 成果

新たに構築されたシステムを試験導入して行った今回の施工において以下の成果を得られた。

- ①施工に先立ち、ケーシングの高さとオシログラフのデジタルデータを連動させ、施工後のオシログラフとの整合性を図ったところ100%合致した。
- ②本システムで取得した打設速度データは、施工中において従来の施工方式で取得するデータと同じ数値を表示していることを確認できた。

③オペレーターが過去の経験及び数値を見て操作を行っていたものを、2D及び3Dの作業画面で地盤情報を表示することで分かりやすいオペレーションに繋がった。

④遠隔監視の導入により、事務所での施工打合せや進捗管理が容易となった。また、目視にて確認しながら施工を行えるため、オペレーターのミスの軽減に繋がった。

6. おわりに

施工を進めていく中で、BIM/CIMの属性データを3D図面として作業画面に自動出力する機能や、地形・地質等の事前取得データを施工にフィードバックさせる機能、杭毎に打設属性を付加させ記録する機能の追加といった課題が残った反面、これからのICT施工化に1歩近づくことができた。

今後は、より多くの施工実績を蓄積して随時必要な機能を追加し、将来的にはSCP打設管理画面での操作実現を目指す。

また、今以上の施工の確実性や効率化、労働性向上を図る他、画面表示において、施工杭のズームアップ機能や打設杭毎の画面表示化等、オペレーターにとってより分かりやすい画面表示となるよう努めていく。

2022年度は、システムの改良及び追加機能の検討、実際の現場での運用を行い、2023年度は、BIM/CIMへの対応検討及び追加機能の検討、施工データの収集・解析を行い、より良いシステムとなるよう改良が進められる。

このICTシステムがより進化し、生産性や安全性の向上を図りながら、新たな担い手の育成に繋がることを期待する。

謝辞：本論文作成にあたり、あおみ建設株式会社のご尽力に深く感謝致します。