

地盤改良工法の ICT 化(見える化)に向けたあおみ建設の取り組み

あおみ建設株式会社 技術事業本部技術開発部 井上 真志
技術事業本部技術管理部 大古利 勝己

国土交通省では ICT に関する施策を建設現場に導入することによって建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取り組みである i-Construction を進めている。港湾においても対象工種における ICT 活用の検討やその他工種への拡大等の取り組みが進んでいる。本稿では、地盤改良分野で ICT 技術を活用することで、不可視部分の多い施工の見える化を実現し、高度な施工管理、生産性向上に向けた取り組みについて報告する。

1. はじめに

我が国の国土の多くは山岳や丘陵が占め、利用できる土地を確保するために埋め立てや盛り土が多く行われ、これら人工地盤がほぼ全国に分布している。これらの土地は建造物の基礎としてそのまま使用できない軟弱地盤の場合が多いことから、近年頻発する地震・豪雨・洪水に対する地盤災害を防ぐため、構造物基礎の地耐力を高める必要がある。

あおみ建設は、海洋土木・陸上土木・地盤改良の技術を中核にした建設技術を保有し実績を築いてきた。地盤改良の分野においては、大型の海上 SCP (Sand Compaction Pile サンドコンパクションパイル：以下 SCP と呼ぶ) 船を保有するとともに、陸上での地盤改良においても種々の技術を保有している。

本稿では、当社の陸上地盤改良工法である静的締め固め砂杭工法と大口径相対攪拌深層混合処理工法を見える化し高効率・高精度な施工を実現した ICT 技術と、当社の海上 SCP 船の管理装置老朽化による ICT 化の遅れに対応した SCP 船演算器からのデジタルデータ取り出しによる施工の見える化を実現した ICT 技術を紹介する。

2. 当社の陸上地盤改良工法への ICT 技術の導入事例

1) 静的締め固め砂杭工法「KS-EGG-SE 工法」

NETIS 登録技術 KTK-180001-A

KS-EGG-SE 工法は、振動騒音を与えず原地盤中に締め固め砂杭を造成することで、緩い砂質土地盤を締め固めて密度を増大させる SCP 工法の一つで、近年では液状化対策としての需要が増加している。

SCP 工法は、原地盤中にケーシングパイプ(中空管)を貫入し、引き抜き時にパイル材(砂または類似材料)を排出し、それを再び打ち戻すことで拡径を行い、締め固まった砂杭を造成することで原地盤密度を増加させる工法である。

図-1 左のように、従来の SCP 工法はケーシングパイプの貫入・引き抜き・パイル材の排出に、ケーシングパイプ上部に取り付けたパイロハンマの起振力(振動)を使用しており振動式(動的)SCP 工法と呼ばれている。しかし近年では、施工場所として病院・学校・市街地周辺での施工が求められるケースが急増し、振動・騒音が発生する振動式 SCP 工法での施工が困難となる場合が多くなってきた。

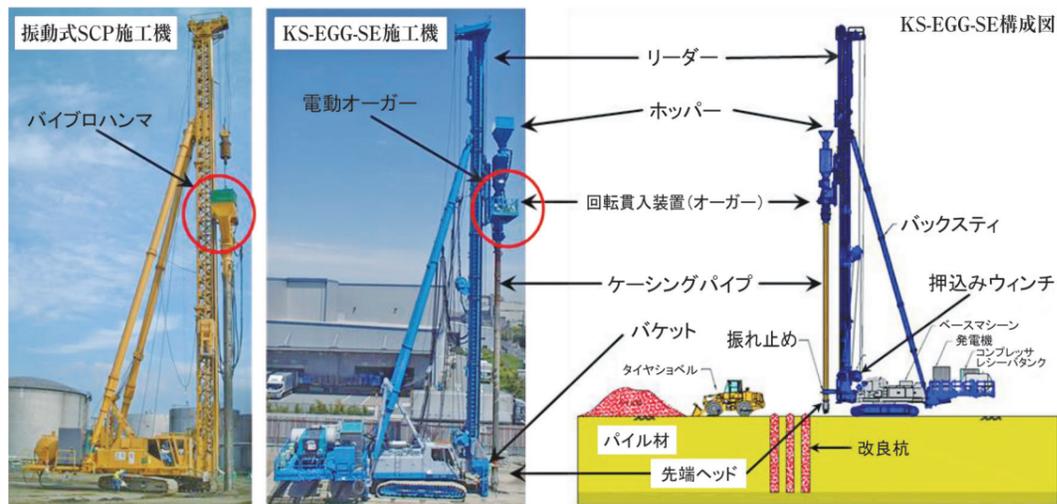


図-1 SCP工法の概要

このような社会情勢を背景に、当社が開発した KS-EGG-SE 工法(図-1 右)は、回転駆動装置(電動式オーガー)と押し込みウィンチを組み合わせた回転貫入装置により、ケーシングパイプを振動と騒音を発生させず静的に地中の所定深度まで貫入を行い、パイル材の排出・打ち戻し・拡径によって砂杭を造成することで原地盤を締め固める、振動・騒音が発生しない環境に配慮した静的締め固め砂杭工法である。

2) 大口径相対攪拌深層混合処理工法「KS-S・MIX 工法」

KS-S・MIX 工法は、深層混合処理工法における相対攪拌工法(φ 1600 ~ 2000mm・単軸)である。(写真 1 参照)

図-2 のように、外側の攪拌翼と内側の攪拌翼とが相対的(逆方向：時計回りと反時計回り)に回転することにより、掘削土が攪拌翼と一緒に回転し、固化材スラリーと混合されない現象である供回りを防ぎ、バラツ



写真-1 深層混合処理工法施工機

キのない改良体を造成することが可能である。

また、外側の攪拌翼に鉛直翼があることで回転時はカゴ状になり、その内側で相対攪拌により混合できることから、周辺に与える影響を低減することが期待できる。

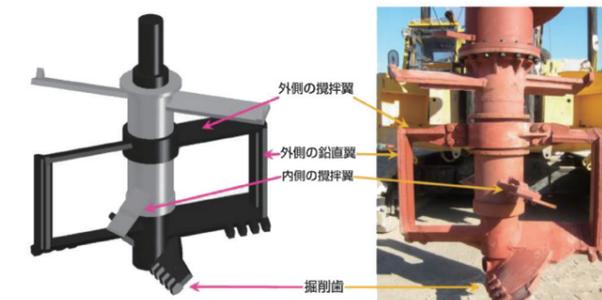


図-2 KS-S・MIX工法 相対攪拌翼

3. ICT (情報化技術) を用いた陸上地盤改良

地盤改良工事は原地盤の中を改良するため施工状況を目視で確認することができない。また、これまでの施工位置への移動や施工については、オペレータに依

存する部分がほとんどであった。

そこで、KS-EGG-SE 工法と KS-S・MIX 工法を対象として ICT 対応の施工管理装置(位置誘導システム・施工管理システム)を開発し、外部監視システム・クラウドシステムにて出来形・品質管理を可視化することで高品質な施工を可能にするとともに、ヒューマンエラーやオペレータの労力軽減を可能とした。

① 位置誘導システムについて(図-3 参照)

位置誘導システムは GNSS(Global Navigation Satellite System 衛星測位システム)を利用して施工機を打設位置に誘導するシステムである。従来は、施工位置を明示するため杭芯測量により目印を設置し、誘導員の指示により打設位置(杭芯位置)まで施工機を誘導していたが、位置誘導システムを用いることで、施工機オペレータがモニターを確認し、自らの判断で移動することが可能になる。

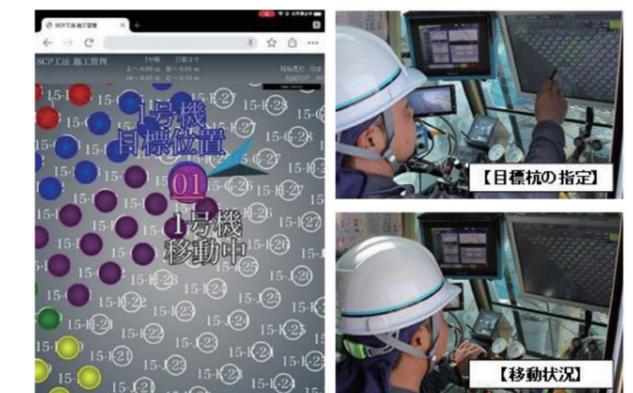


図-3 移動画面(位置誘導システム)

また、施工完了箇所が位置誘導システムのモニターにリアルタイムに表示されるため、進捗状況を確認でき、既施工杭と未施工杭をモニターで確認できるため確実に次の施工位置に移動することができる。

位置誘導システムは次に述べる施工管理システムとワンモニターで構成されており、所定の許容範囲内に入らなければ施工モードに移行しないため、正確な位置管理が保証される。

② 施工管理システムについて

施工管理システムは施工に必要な情報をモニターを通してオペレータに提供するシステムである。

施工中は、施工杭の仕様がモニターに模式図として表示され、施工杭および施工状況の確認ができる。杭下端の管理については、着底条件を設定することで着底基準(深度・電流値・速度等)をシステムが監視し、オペレータにガイダンスすることが可能である。

③ 施工監視・施工管理について(図-4 参照)

位置誘導システムおよび施工管理システムから出力される情報は、現場サーバまたはクラウドで処理され、現場や現場事務所等の iPad などのタブレット端末または PC(以下、外部端末)で位置誘導状況・作業状況・施工状況がリアルタイムで管理・確認できる。



図-4 外部端末による確認状況

④ 品質・出来形管理(図-5 参照)

施工完了後は、進捗状況(2D)・出来形(3D)を外部端末で表示できる。

進捗状況は、施工した曜日ごとに着色することで日々の進捗を確認することができる。

出来形表示は、施工済みの杭の電流値や流量等の情報を着色表示することが可能である。

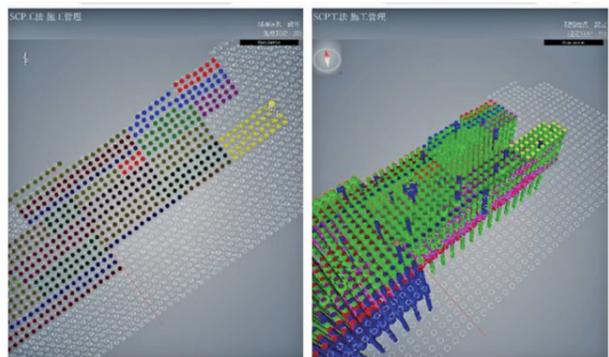


図-5 2D・3D表示画面

⑤ 通信環境

通信状況が悪く無線 LAN または有線 LAN 等のインターネット環境が構築できない現場でも、現場サーバと施工管理装置とを現場内 LAN を用いて構築することで、クラウド使用時と同様の管理が可能である。

4. 当社の海上地盤改良工法への ICT 技術の導入事例

1) 専用船による海上 SCP 工法

海上の SCP 工法は専用の SCP 船を使用する。SCP 船はケーシングが3連装であるため、3本の締め固め砂杭を同時に施工することが可能である。(写真-2 参照)

本工法は、水深や打設深度に応じた適切なエア管理を行うとともに、ケーシング内の砂量をリアルタイムで計測できる ASL(電波式砂面位置計測装置)システムにより、高品質な締め固め砂杭を造成することができる。

また、φ 800 ~ 1200mm のサンドドレーン杭の施工も可能である。



写真-2 海上SCP専用船「KSC-K75」

2) ICT(情報化技術)を用いた海上地盤改良

海上 SCP は海底地盤を改良するため、施工状況を目視で確認することができない。これまで海上 SCP の施工はオペレータに依存する部分がほとんどで他者が容易に確認する事ができなかった。また、海上の作業船舶は老朽化が進み、施工データの DX 対応が遅れており、ICT に必要なデータを取得することが難しい状況であった。

そこで、現在の作業船からデジタルデータを取得できるシステムと、それを基に ICT に対応した施工管理システム(既存システムをカスタマイズ)を構築し、

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施工状況を可視化することで、より高品質な施工管理を可能にするとともに、ヒューマンエラーやオペレータの労力軽減を可能とした。

① 施工管理システムについて

施工管理システムは施工に必要な情報をモニターを通してオペレータに提供するシステムである。既存の SCP 船の管理システムは専用のコンピュータ化された施工管理システムにより一元的な制御や管理を行っていたが、データは管理装置内のみで処理され、デジタルで外部にデータ出力できない状況であった。また、管理データは数値で表示されており、オペレータの経験に大きく依存した施工管理を行ってきた。

今回、上記の課題を解決するため、SCP 船の演算器からデジタルデータを出力するシステムを開発し、図-6 のように 2D、3D で打設位置、打設深等をリアルタイムでビジュアル的に可視化することが可能になった。このシステムを活用することにより、既施工杭と未施工杭をモニターで確認できるため、確実に次の施工位置に移動することができる。

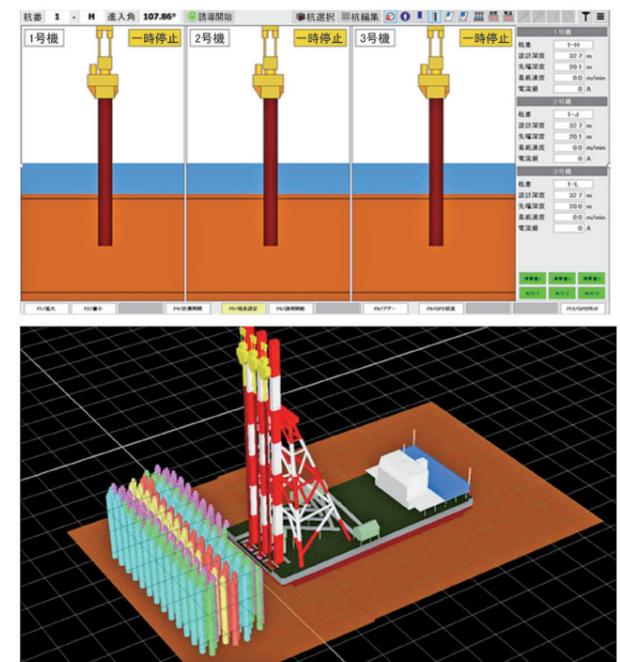


図-6 2D・3D表示画面

② 施工監視・施工管理について

遠隔監視アプリ(他者が閲覧、操作できないよう制限を設定)により、システムの確認や施工状況が事務所でも可視化できることにより作業状況・施工状況がリアルタイムで管理・確認できる(写真-3 参照)。

施工中の電流値や流量等は別途切り替え画面によりモニタリングすることができる。

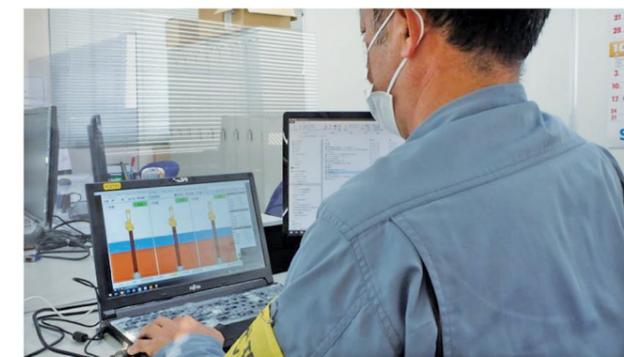


写真-3 事務所での遠隔監視状況

③ 品質・出来形管理

施工完了後は、進捗状況(2D)・出来形(3D)を外部端末で表示できる。

進捗状況は、施工した曜日ごとに着色することで日々の進捗を確認することができる(図-7 参照)。

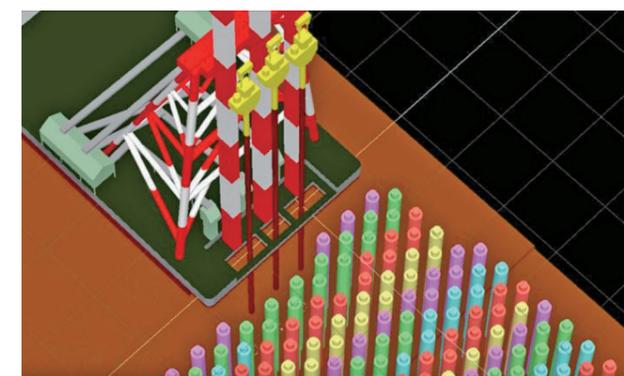


図-7 3D施工状況表示画面

5. おわりに

地盤改良工事は施工条件・周辺環境等に対応した多種多様な工法が開発されてきた。

今後は今回紹介した ICT 技術の活用を更に進化させ、生産性向上・高品質・高精度な施工の進展を図り、信頼性の高い地盤改良工法を提供するとともに、コロナ禍のような状況においても、現場環境向上(ICT 技術により立ち合い・測量・検査方法を簡素化・ソーシャルディスタンスの確保・人員の削減・作業環境の改善等)を図って行く所存である。