

# 軟弱地盤改良工法と その見える化技術について

あおみ建設株式会社 技術事業本部 技術管理部部長

大古利 勝己

## 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立てや盛土が多く行われ、これら人工地盤がほぼ全国に分布しています。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ります。

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ました。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ます。

本稿では、陸上地盤改良における静的締固め杭工法と大口径相対攪拌深層混合処理工法および陸上地盤改良工法に見える化・高効率・高精度な施工を実現したICT技術を紹介いたします。

## 2 静的締固め砂杭工法

[KS-EGG-SEH法]

NETIS登録技術KTK-180001-A

KS-EGG-SEH工法は、振動騒音を与えず原地盤中に締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ます。

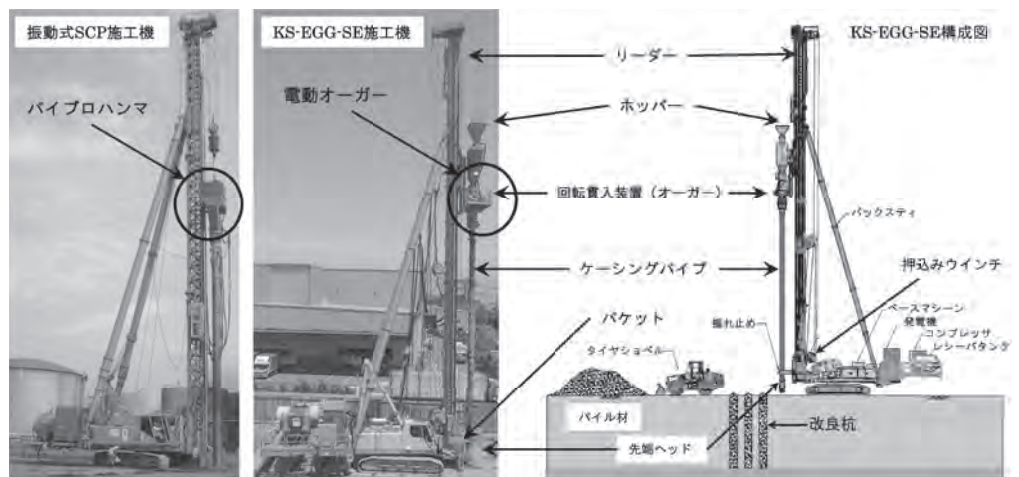


図1 SCP工法の概要

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、それを再び打戻すことで拡張を行い、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す。

図1左のように、従来のSCP工法はケーシ

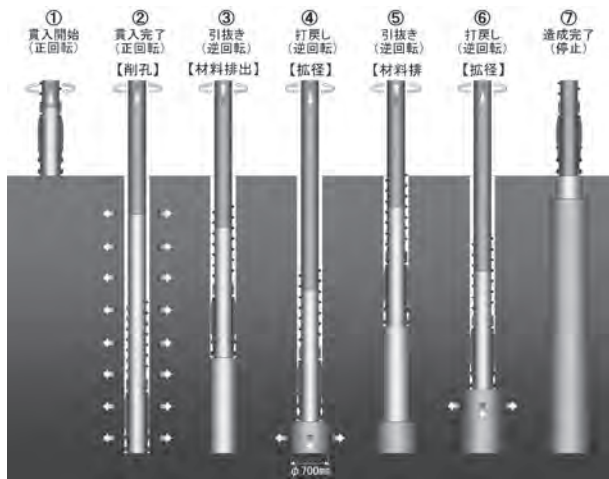


図2 施工サイクル図 (KS-EGG-SE工法)

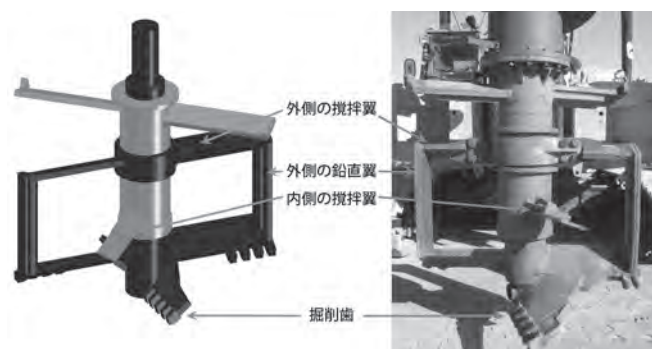


図3 KS-S・MIX工法 相対攪拌翼

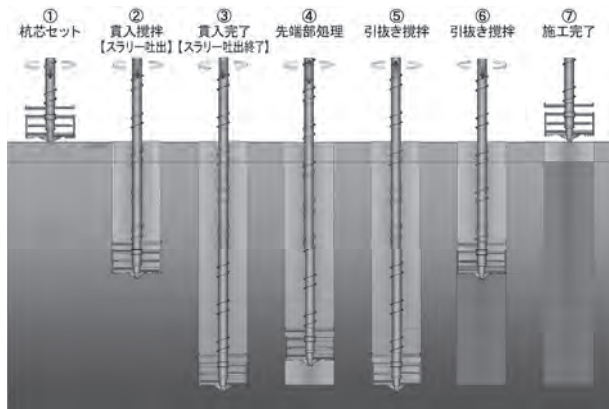


図4 施工サイクル図 (KS-S・MIX工法)

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ません。また、これまでは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した。そこで、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ました。

#### 4 ICT(情報化技術)を用いた地盤改良

このような社会情勢を背景に、当社が開発したKSEGGSE工法(図1右)は、地中に回転駆動装置(電動式オーガー)と押し込みウイ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所定深度まで貫入を行い、パイル材の排出・打戻し・拡張によつ

グパイプの貫入・引抜き・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プロハンマの起振力(振動)を使用しており振動式(動的)SCP工法と呼ばれています。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増え、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ました。

### 3 大口径相対攪拌深層混合処理工法「KS-S・MIXH法」

KSS・MIX工法は、深層混合処理工法における相対攪拌工法(φ1600mm〜φ2000mm・単軸)であり、外側の攪拌翼と内側の攪拌翼との

で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す(図2参照)。ケーシングパイプ先端には、原地盤との周面摩擦を軽減する特殊形状のヘッドを装備し、打設箇所にも多少の障害物(礫等)や硬い層(最大N値三〇程度の箇所あるいはN値二五未満の連続層)が存在しても貫入が可能です。

相対攪拌により平面的攪拌から立体的攪拌混合を實現しています。その優れた攪拌性能により、攪拌混合時における共回り、連れ回り現象を防止して、バラツキの無い高品質な改良体を造成することが可能です。図3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を防ぎ、バラツキのない改良体を造成することが可能です。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ます。

## 1 位置誘導システムについて (図5参照)

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す。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ましたが、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ります。

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、確実に次の施工位置に移動することができます。さらに同じ杭を施工する等のヒューマンエラーを防止できます。

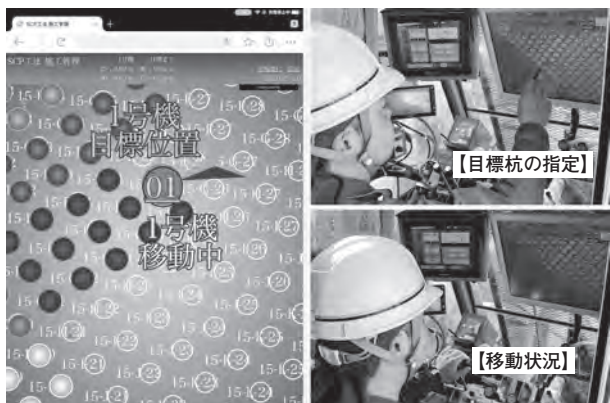


図5 移動画面 (位置誘導システム)

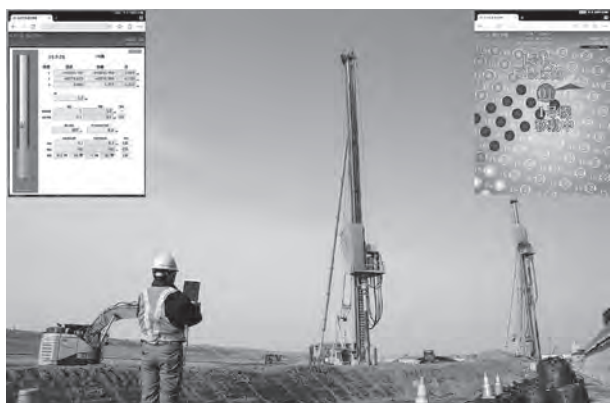


図6 外部端末による確認状況

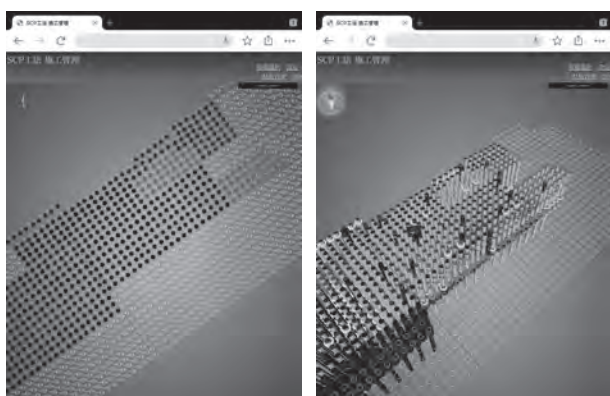


図7 2D・3D表示画面

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ます。

## 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す。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ます。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す。

## 3 施工監視・施工管理について (図6参照)

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・確認できます。

## 4 品質・出来形管理 (図7参照)

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ます。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ます。出来形表示は、電流値や流量等により着色することが可能です。

## 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す。

## 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ました。今後はICT技術の活用により、生産性向上・高品質・高精度をさらに図り、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、現場環境向上をICT技術により立ち合い・測量・検査方法を簡素化し、ソーシャルディスタンスの確保・人員の削減・作業環境の改善を図って行きます。