

ICT を活用した地盤改良工法の新施工管理システム Visios-3D

菅 章 悟・鈴木 亮 彦・伊 藤 竹 史

地盤改良工事では地盤内に貫入する施工装置の動作を把握することが重要になるが、施工中は直接見ることができず、運転席のオペレーションモニターに表示される情報で施工状況を確認していた。さらに、施工記録はオシログラフや集計表の様式で、改良体ごとの帳票に出力してきたが、現場全体を視覚的に評価することは困難であった。

そこで、これらの課題を克服するために、地盤改良の施工状況を随時アニメーションで確認できる「リアルタイム施工管理システム」と、施工情報を3次元で表示できる「3次元モデル化システム」を組み合わせた「Visios-3D（ビジオス・スリーディー）」（以下「本システム」という）を開発し、実績を重ねているので紹介する。

キーワード：地盤改良，施工管理，生産性の向上，ICT，CIM，リアルタイム，3次元

1. はじめに

地盤改良工事では地盤内に貫入する施工装置の動作を把握することが重要になるが、施工中は直接見ることができず、運転席のオペレーションモニターに表示される情報で施工状況を確認していた。そのため、施工中のあらゆる状況の判断は、主にオペレータに委ねられることになる。そこで、施工状況をリアルタイムに、複数人が共有できる「可視化技術（見える化）」が求められた。

さらに、施工記録はオシログラフや集計表の様式で、改良体ごとの帳票に出力してきたが、現場全体を視覚的に評価することは困難であった。

これらの課題を克服するために、地盤改良工法においてもICTの導入などが図られている。本稿では、地盤改良の施工状況を随時アニメーションで確認できる「リアルタイム施工管理システム」と施工情報を3次元で表示できる「3次元モデル化システム」の機能を有する本システムを開発し、平成30年12月現在で30件以上の実績を重ねているので紹介する。

なお、本システムは機械攪拌式深層混合処理工法（CI-CMC工法）および砂杭系工法（静的締固め砂杭工法（SAVEコンポーザー）、グラベルドレーン工法）に適用可能であり、今後随時、他の地盤改良工法にも展開していく予定である。

2. リアルタイム施工管理システム

(1) システムの概要

前述したように、施工状況はオペレーションモニターに表示されるため、運転席でのみ状況確認を行っていた。そこで、クラウドを利用することで現場内や遠隔地で情報の共有・確認ができるシステムとした。図1に示すように、施工機の運転席に設置した、施工状況が表示されている画面を、クラウドを介してタブレット端末やパソコンを用いて現場内や遠隔地にいる人が施工状況を共有及び確認できる。

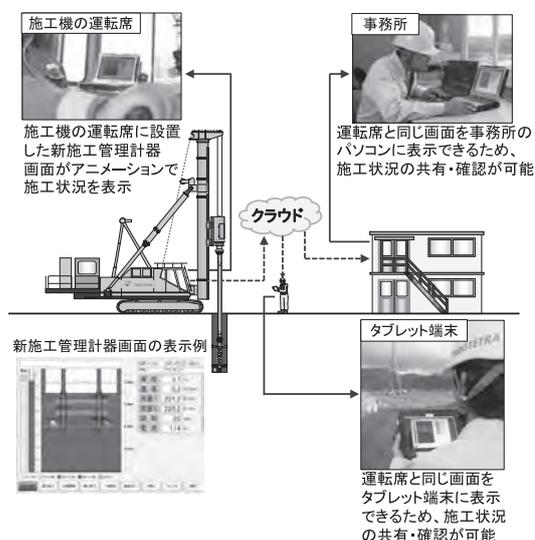


図1 リアルタイム施工管理システムの構成

(2) システムの特徴

リアルタイム施工管理システムの特徴を下記に示す。

(a) 施工状況の可視化

各工法のオペレーションモニターは図-2に示すようにグラフと数値のみが表示されており、施工状況を瞬時に把握することは困難であった。そこで、地盤中の施工状況をリアルタイムにアニメーション表示する管理計器(図-3)を設置することで、視覚的かつ瞬時に施工状況を把握することを可能とした。

機械攪拌式深層混合処理工法の新たな管理計器には「攪拌翼の先端深度」、「攪拌翼の貫入・引抜速度」、「セメントスラリーの流量」、「攪拌翼の回転数」、「オーガモーターの電流値(貫入抵抗)」を、砂杭系工法には「ケーシング先端の深度」、「貫入・造成速度」、「砂排出長(ΔSL)」を表示させ、視覚的な状況把握により適切な判断が可能となるようにした。

(b) 施工状況の共有化

施工データをクラウド上に保存することで、タブレット端末やパソコン等を用いて、運転席に設置した新しい施工管理計器に表示される同じ情報を現場内や遠隔地にいる複数人がリアルタイムに共有、及び確認できる(図-1)。これにより、例えば支持層への到達判断など、情報の共有化を図るとともに精度の高い管理が可能となる。また、オペレーションモニターの

情報を確認する際は、写真-1に示すように運転席を直接覗き込む必要があったが、本システムを利用することで運転席を覗き込む必要がなくなり、施工機付近にいなくても施工状況を確認できるため安全性の向上が期待できる。

(c) GNSSによる施工機の誘導と位置情報の記録¹⁾

今まで、施工機の打設位置への移動は事前に杭芯測量を行い目杭を設置し、写真-2に示すように誘導員の目視によって施工機を誘導し行っていた。リアルタイム施工管理システムは、オプションとしてGNSS(全球測位衛星システム)と連動できるようになっており、打設位置の杭芯までの施工機の誘導を運転席の中のモ



写真-1 従来の施工状況の確認方法

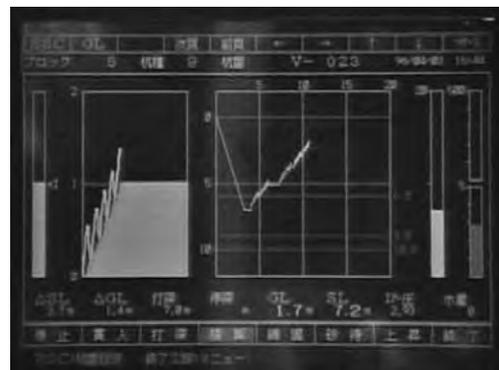
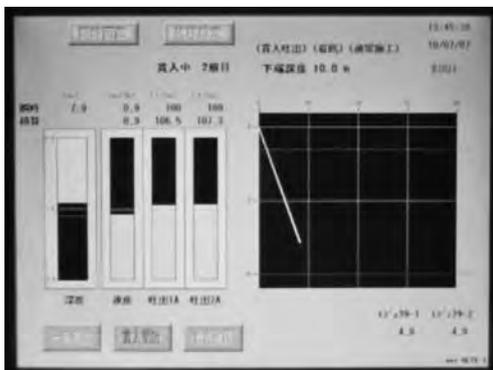


図-2 各工法のオペレーションモニター(左: 機械攪拌式深層混合処理工法, 右: 砂杭系工法)

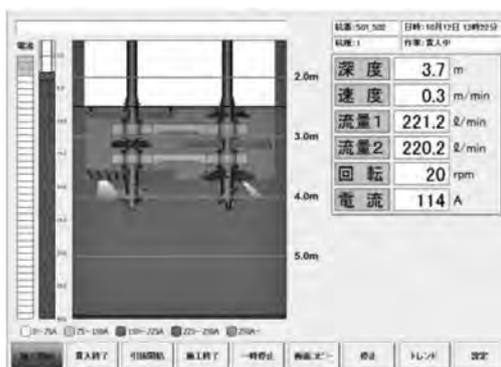


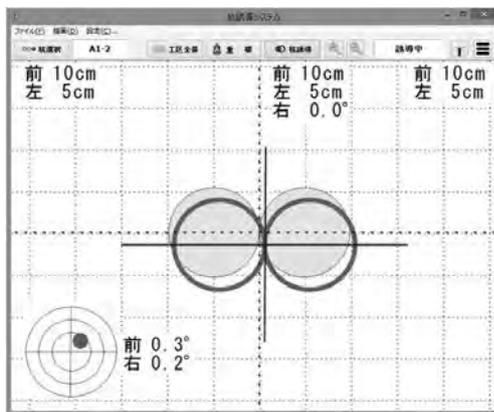
図-3 新しい施工管理計器画面(左: 機械攪拌式深層混合処理工法, 右: 砂杭系工法)



写真一2 施工機の誘導状況



写真一3 GNSS 受信機設置状況



図一4 施工機械の誘導画面例 機械攪拌式深層混合処理工法 (●: 施工位置, ○: 施工機械の位置)

ニター画面のみで行うことができる。これは、複数の電子基準点の観測データから、測量現場のごく近傍に仮想の基準点を設置し座標測定を行うVRT（仮想基準点）方式を用いて、写真一3に示すように施工機に設置している2台のGNSS受信機から攪拌翼やケーシングの杭芯までの数値をオフセットすることで、所定の位置との差分を表示可能とした。これにより、施工機を1cm単位の精度で誘導できるため（図一4）、施工精度を格段に向上させるとともに、写真一2のよう

に地盤改良機付近に誘導員を配置する必要がないため安全性の向上が期待できる。

また、施工した改良体の杭頭部を掘り起こして確認していた打設位置（設計と実施工の差異）を、GNSS座標データとして記録することができるようになった。これにより、実際に打設された位置と設計位置を対比した2次元平面モデルで改良体の偏芯位置を一目で確認できる。

3. 3次元モデル化システム

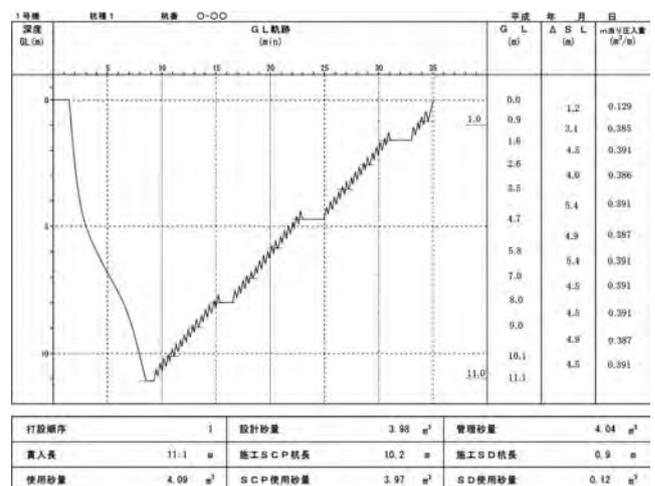
(1) システムの概要

これまで、施工記録を確認する際に、平面図と打設結果表（オシログラフ（図一5）と集計表）などの複数の資料を照し合わせる必要があり、チェック作業に多大な労力を要していた。本システムはCIM(Construction Information Modeling/Management) に適応した3次元モデルを作成できる機能を持つ。機械攪拌式深層混合処理工法では「各深度の電流値」「スラリー量」「回転数」等の施工結果を、砂杭系工法では「造成砂杭の適切な材料投入量（砂排出長）」等の施工結果を図一6に示すように色分け表示することで、現場全体の施工記録を視覚的に表現することが可能となった。

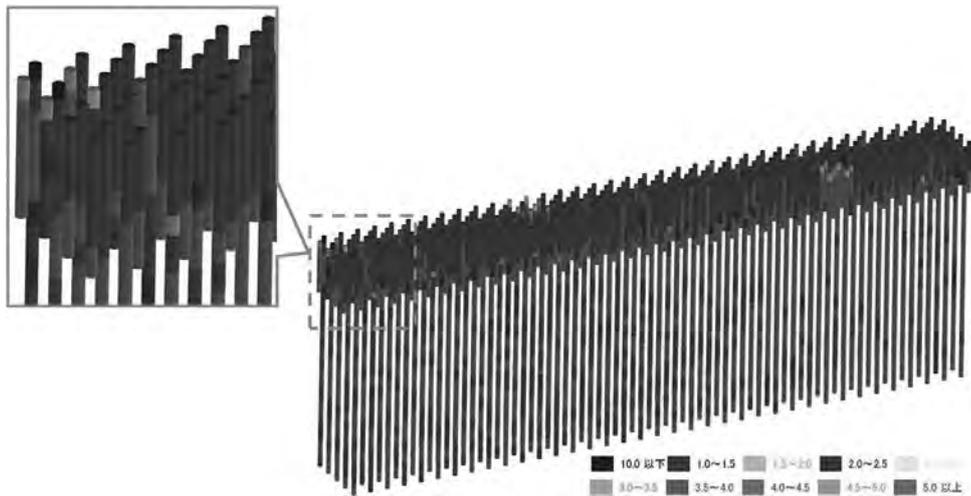
(2) 適用事例

ここでは、盛土の沈下安定対策工事においてCI-CMC工法で施工が行われ、その際に本システムを適用した事例を示す。本工事は良質な地層を支持層とし着底施工を行った。施工するにあたっては着底层が傾斜している区間があったことから確実な施工管理が必要であった。

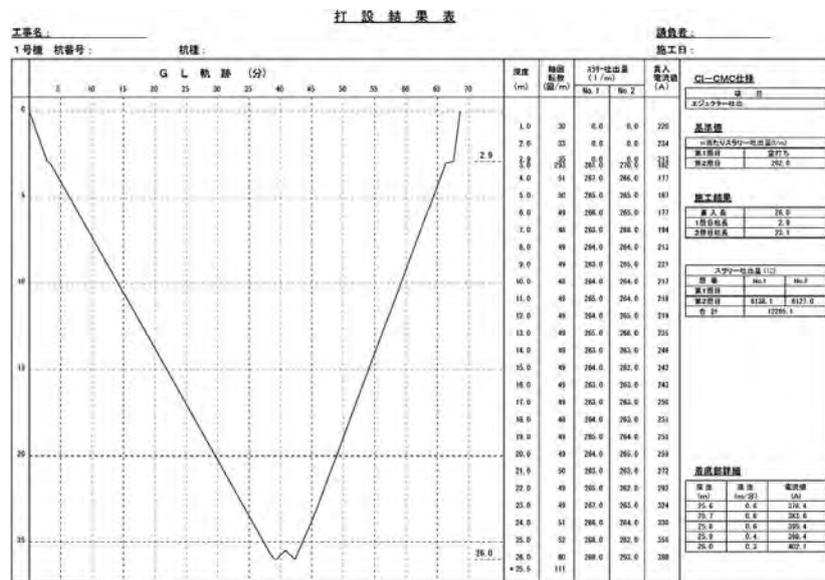
着底施工を行う場合は、一般的に事前に貫入試験を



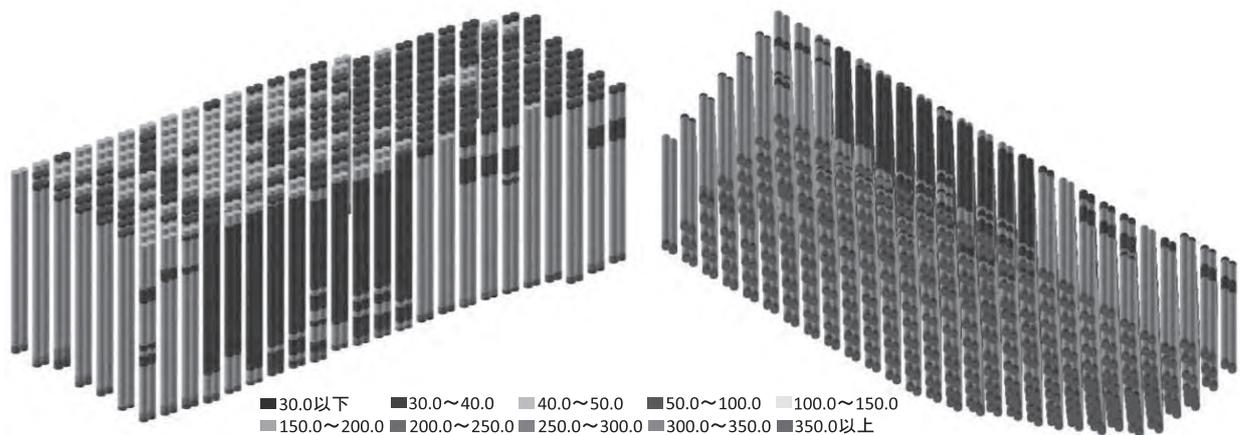
図一5 オシログラフの例（静的締固め砂杭工法）



図一六 3次元モデルの図化例（静的締固め砂杭工法）



図一七 オシログラフの例（機械攪拌式深層混合処理工法）



図一八 3次元モデル図（機械攪拌式深層混合処理工法）

行う。貫入試験は、事前ボーリング位置にできるだけ近い位置で、貫入速度を本工事仕様の速度に設定して実施し、ボーリング柱状図と着底管理指標（オーガー

の負荷、貫入速度等）を比べ、支持地盤への着底と認められる着底管理指標を決定する。本工事では貫入試験から得られた電流値の大きさで着底を判断した。

施工中は前述したようにオペレーションモニターや新しい施工管理計器画面に表示された電流値の大きさを見て着底を判断する。施工完了後に各杭の着底を確認する場合は、従来では図-7に示すオシログラフを1枚1枚確認することとなる。図-8に3次元モデル化システムを用いて各深度の電流値の値を色分け表示して作成した3次元モデル図を示す。本稿では着底基準となる電流値以上の値を赤色となるように設定し表示している。3次元モデル図は改良体を自由な角度で表示できるため、図-8に示すように下方から捉えることで、一目で支持層への着底到達の妥当性を確認でき、省力化しながら確実な管理ができた。

なお、図-8では全ての改良体を表示しているが施工日などを指定することで指定した日のみの改良体を表示するなど、一部の改良体のみを表示することも可能である。

4. おわりに

本稿では、新たに開発した施工管理システムである「リアルタイム施工管理システム」と「3次元モデル化システム」を組み合わせた本システム「Visios-3D」の特徴および適用事例について紹介した。

現在、建設業界では熟練作業員の高齢化や少子化に伴う若手技術者の減少が懸念されており、国土交通省は生産性向上、業務の効率化を目的として情報化施工

やCIMの積極的な導入による「i-Construction」を推進している。

本システムを用いることで、信頼性の高い地盤改良が提供できることの他に、業務の効率化による生産性の向上が期待できる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省新技術情報提供システム (NETIS) : 地盤改良機誘導システム, No.CG-120020-VE, 2016.

【筆者紹介】

菅 章悟 (すが しょうご)
 (株)不動テトラ
 地盤事業本部 技術部 技術企画課



鈴木 亮彦 (すずき あきひこ)
 (株)不動テトラ
 地盤事業本部
 ICT推進室長



伊藤 竹史 (いとう たけし)
 (株)不動テトラ
 地盤事業本部 技術部
 技術企画課長

