

深層混合処理工法のリアルタイム先端位置計測システムの適用事例

安藤ハザマ (正) ○グエン ホン ソン, (一) 山田 実, (正) 足立 有史
 青山機工 (株) (一) 高植 俊彰, (一) 小林 雅人
 システム建設 (株) (一) 高田 守康
 芝浦工業大学 (正) 稲積 真哉

1. はじめに

地盤改良工事における施工中の精度管理は、施工機械の姿勢やオペレーターの経験など施工担当者の経験的な管理が中心であった。そのため、改良深度40mを超えるような大深度地盤改良工事では、削孔軌道が正規の位置からずれると支持力、変形抑制、遮水性能など地盤改良の品質低下が懸念されてきた。さらに、供用中の埋設構造物と近接して施工する場合、所定の離隔を確保しながら施工する必要もある。これらの問題に対して、攪拌翼先端の軌道をリアルタイムかつ高精度に計測管理できる技術のニーズが高まっている。

執筆者らは、大深度施工が可能な相対攪拌式深層混合処理工法（DCS 工法）を対象に施工中リアルタイムに攪拌翼の先端位置を計測可能な大深度先端計測システムを開発した¹⁾。本システムは、施工機械のケーシングロッド内部に設置した2軸傾斜計と一連の通信装置により、操作中のオペレーターおよび工事関係者が攪拌翼の先端位置をリアルタイムに管理することを目的としている。本報告では、システムの構成および実施工へ適用事例について述べる。

2. 先端位置計測システム構成

図-1 に本システムの計測原理とデータ無線通信方法を示す。DCS 機は10mのロッドを継足し最大50m程度の大深度地盤改良が可能である。このロッド1本ごとに2軸傾斜計を設置した。傾斜計は通信基盤とバッテリーを一体型としてロッド内部の収納ボックスに配置した。傾斜計の計測誤差0.1度程度と高精度仕様とした（深度40mに対して誤差7cmに相当）。通信基盤は電波周波数920MHz帯でノード間を無線で通信とした。傾斜計の計測データの通信方法として、ケーシングロッド内は通信ケーブルにより、ケーシングロッドのジョイント部はアンテナを介した無線通信により、順次上部の通信基盤に配信される（マルチホップ通信）。最上部の通信装置は常に地上に位置しており、そこから有線でオペレーター室内に設置するデータ処理専用端末に転送される。ケーシングロッド

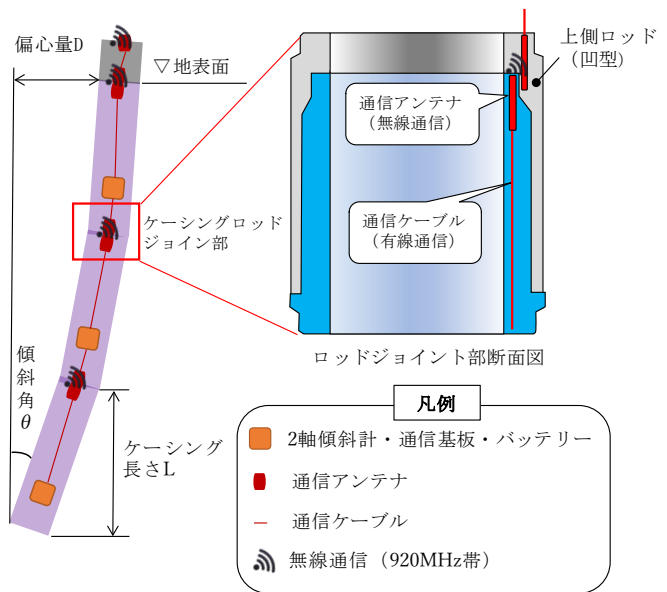


図-1 システムのデータ通信と計測原理

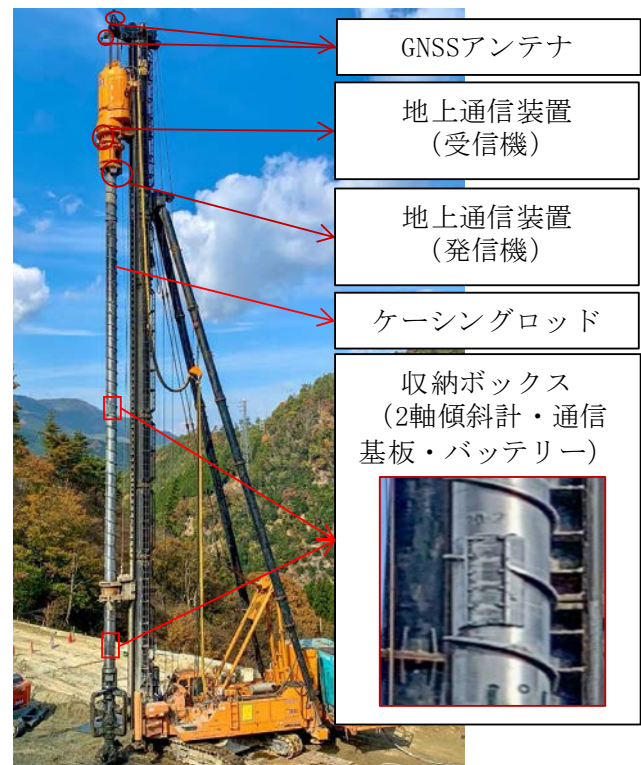


図-2 本システムを搭載したDCS施工機

ド長と傾斜計データから先端位置の偏心量を逐次計算し可視化する。これまで困難とされていたケーシングロッドのジョイント部の地中・水中無線通信に成功したことで、ケーシングロッドの説着作業に影響を受けることなく、安定的に計測データ通信が可能となった。図-2に本システムを搭載したDCS工法の施工機械を示す。

本システムは、杭・地盤改良施工情報可視化システム(3Dパイルビューアー)²⁾と連携させることで設計座標に対する攪拌翼先端位置での変位量をリアルタイムに可視化することが可能となった。3Dパイルビューアーの専用クラウドより、施工中の先端位置に加えて必要な施工管理情報をリアルタイムにオペレーターと工事関係者が共有でき、施工管理値を超えた場合には関係者に通知して異常を早期に把握することで施工上のリスクを低減される。

3. 適用事例

DCS工法による既設盛土のり面の安定化対策工事に本システムを初適用した。この工事は、改良体径1.6m、最大深度42.4m、改良体本数約1400mと大規模であると共に改良体下端部には供用中水路トンネルが存在するため、トンネル頂部および側部に所定の離隔を確保した施工管理が求められた(図-3, 4)。

地盤改良の施工による水路トンネルへの影響範囲を側部1.4m、上部1.0mと設定し、その範囲内に攪拌翼が入らないように管理した。着底時の計測結果を図-5に示す。設計位置に対する施工時の偏心量は40cm(鉛直傾斜1/100以下)以下程度と当初想定した施工誤差の範囲に収まっており、既存水路トンネルの影響を与えることなく安全に施工を完了した。

5. おわりに

高精度傾斜計と無線通信機能を搭載した大深度先端計測システムにより施工中の攪拌翼の位置を高精度で計測しリアルタイムに管理することが可能になった。引き続き、適用事例を増やし施工リスク低減や施工管理の効率化に貢献するとともに、自動化施工への活用も検討する予定である。

参考文献

- 1) グエン ホン ソン・足立有史・山田実・高植俊彰・小林雅人・高田守康・稲積真哉：DCS工法のリアルタイム…，第14回地盤改良シンポジウム，2020
- 2) Nguyen, H.S. et al.: Integration of information and communication technology (ICT) into cement deep mixing method, International Journal of GEOMATE, 19, 74, 194-200, 2020

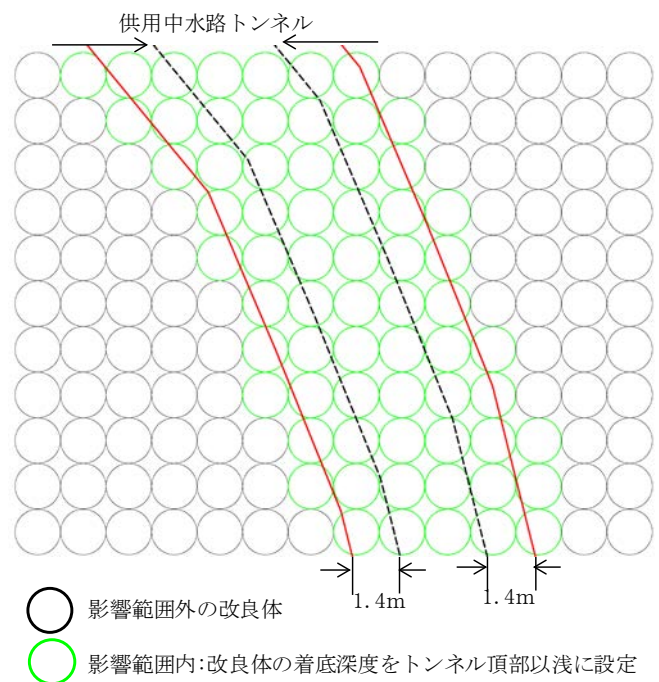


図-3 改良体と水路トンネル位置の平面図

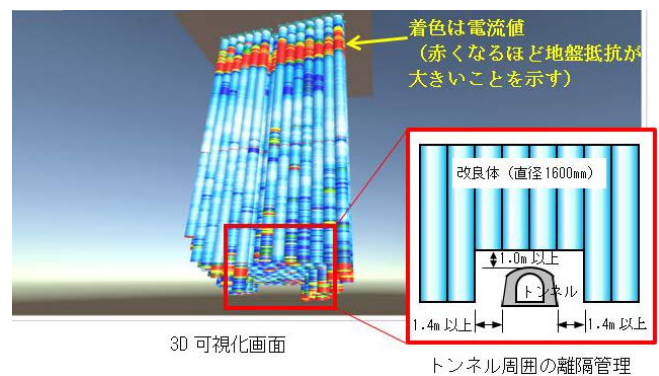


図-4 3Dパイルビューアーによるリアルタイム可視化

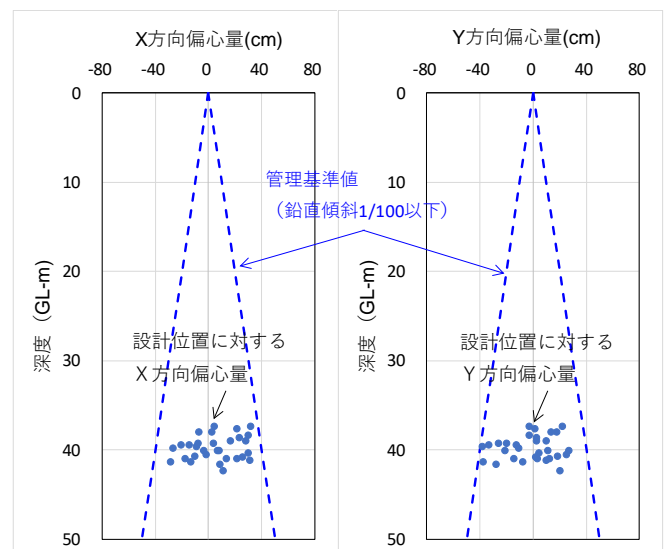


図-5 設計座標に対する先端位置の変位量