

2025 年 9 月 9 日
株式会社竹中土木
加賀電子株式会社
古野電気株式会社

「鉛直精度リアルタイムモニタリングシステム」を開発 ～地盤改良施工中の改良体先端位置を見える化し鉛直精度を確保・向上～

株式会社竹中土木（本社：東京都江東区、取締役社長：竹中祥悟）は、加賀電子株式会社（本社：東京都千代田区、代表取締役 社長執行役員：門良一）、古野電気株式会社（本社：兵庫県西宮市、代表取締役 社長執行役員：古野幸男）と共同で、地盤改良工事の品質向上を目的とした「鉛直精度^{※1)}リアルタイムモニタリングシステム」（図 1）（以下、本システム）を開発し、試験施工でその有効性を確認しました。

本システムは、地盤改良工事における深層混合処理工法^{※2)}において、従来困難であった地中の掘削口ド先端位置をリアルタイムで計測・表示することで、高精度な鉛直精度管理を実現するものです。今後は適用事例を拡大し、地盤改良工事の品質向上と信頼性確保に努めます。



図 1. 鉛直精度リアルタイムモニタリングシステム概要

※1) 鉛直精度：深層混合処理工法において、鉛直方向(水平な地面に対して垂直となる方向)の深度に対して改良体が水平方向にどれだけ傾斜して施工されたかを示す指標です。鉛直精度が悪いと、改良体同士の重なり不足(ラップ不良)等の品質不良につながるおそれがあるため、特に重要な管理項目となります。

1. 開発の背景

深層混合処理工法において、特に液状化対策や止水壁の新設を目的とする場合、削孔軌道が正規の位置からずれると変形抑制や遮水といった要求性能を満たせないおそれがあるため、鉛直精度の確保が重要な課題となっています。

従来の鉛直精度管理は、地上部の処理機リーダーの鉛直度を計測する方法が一般的で、地中における実際の掘削位置での鉛直度は計測できませんでした。このため、オペレーターの経験に基づいた主観的な管理に依存せざるを得ない状況でした。

2. システムの主な特徴

本システムの開発は、以下の役割分担で行いました（表 1）。

表 1.各社の役割分担

会社名	主な役割
竹中土木	本システムの発案からシステム全体の開発統括 実地盤実証実験の計画・実施及び結果に対する評価
加賀電子	個別要素技術をシステムへ統合、計測システムの構築
古野電気	ウェーブガイド LAN 通信技術の提供 本システムにおける無線 Wi-Fi 環境の構築

本システムは、2 軸の深層混合処理機の掘削ロッドの中心に設置した無線通信管を介して、掘削部付近に設置したジャイロセンサーと施工管理用 PC を接続し、深度情報と合わせることでリアルタイムに先端位置を表示することができます。リアルタイムに表示される先端位置を施工に反映することで、鉛直精度の高い高品質な改良体を構築することが可能となります。

① 無線通信による安定したリアルタイム通信

無線通信には建築現場等で使用されている古野電気製の「ウェーブガイド LAN」を利用しました。通信専用管について、通信用導波管を耐圧管で保護する 2 重管構造とすることで、地中でも安定した Wi-Fi 通信を可能とします。通信可能距離を調査した実験（図 2）では、最大で 28m まで安定した通信が可能であることを確認しました。



図 2. 通信可能距離確認実験

※2) 深層混合処理工法：地盤改良の一種で、原地盤にセメント系固化材などを注入し、土と機械的に混合・攪拌することで、柱状や壁状の改良体を構築し、地盤を強化・安定化させる工法。

② 高精度ジャイロセンサーによる先端姿勢計測

計測については、弊社の保有技術であり第 22 回国土技術開発賞 最優秀賞を受賞したスマートコラム工法®（NETIS 登録番号：KKK-180001-A）において実績のある高精度 6 軸ジャイロセンサー（図 3）を使用しています。改良長 10m の地盤改良を実施した試験施工において、着底時に実施した挿入式傾斜計での先端位置の測定結果と誤差 1cm 程度の精度で計測が可能であることを確認しました（図 4）。先端の現在位置がリアルタイムにモニタリングできることで、ラップ不良などの品質問題を施工中に防ぐことが可能となります。



図 3. 使用するジャイロセンサー

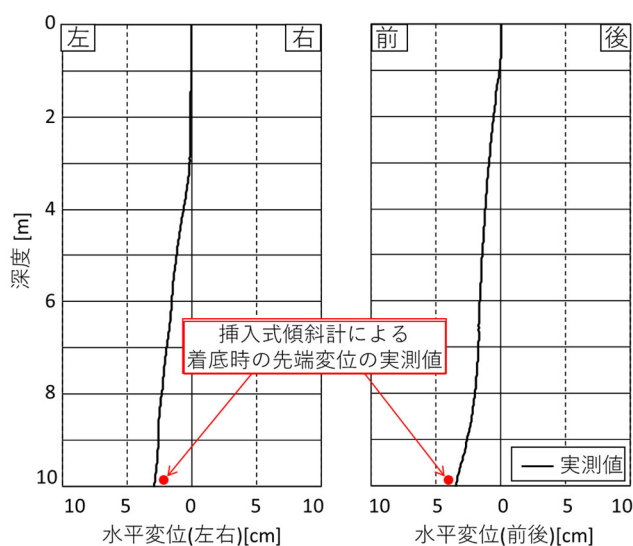


図 4. 試験施工におけるモニタリングシステムでの計測結果(黒線)と傾斜計での計測結果(赤点)

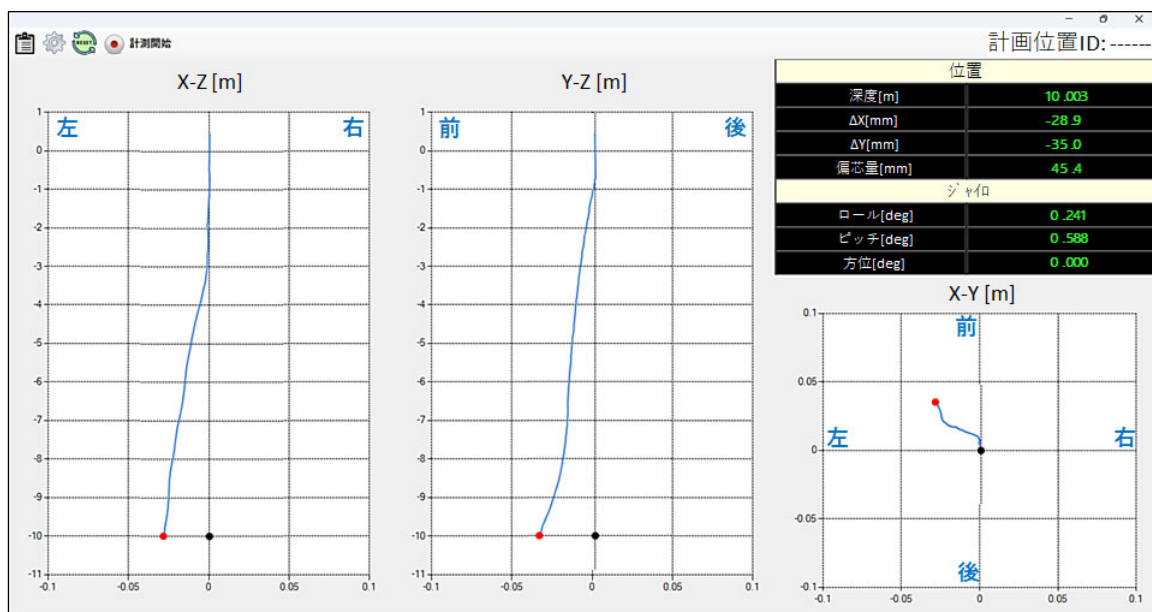


図 5. 施工中オペレーター手元のモニタ表示画面例

③ 2 軸以上の処理機への汎用適用

本システムは専用通信管とジャイロセンサーに加えて、深度計も構成要素とすることで、施工機械のメーカーによらず後付け可能なシステムとなっています。使用する掘削ロッドに通信管取付用の眼鏡メタルを取り付けるための専用ジョイント（図 6、図 7）を設けることで、施工機を選ばずに取り付けることが可能です。

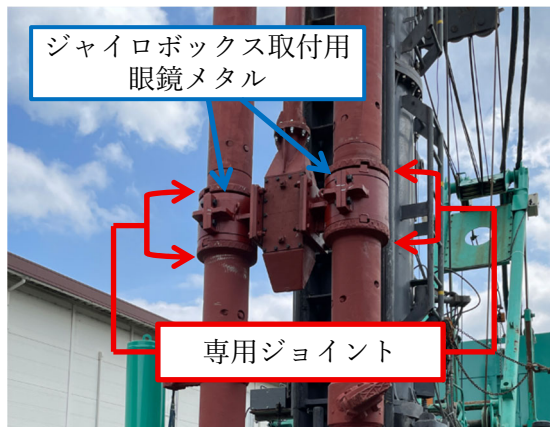


図 6. 地中部 眼鏡メタル取付状況

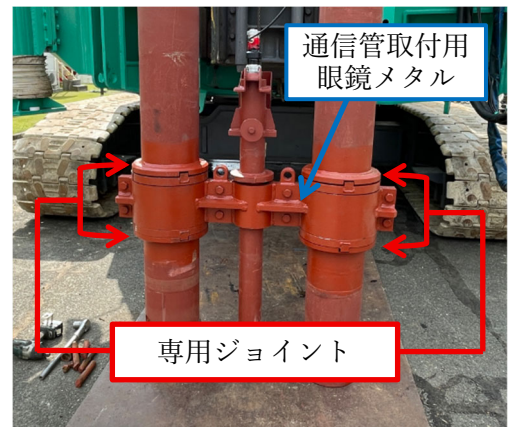


図 7. 地上部 眼鏡メタル取付状況

3. 試験施工による効果確認

2 軸深層混合処理機を用いた試験施工（改良長 10.0m、3 本施工）において、システムの有効性を検証しました。挿入式傾斜計を用いた計測による実測値との比較では、左右方向・前後方向ともに誤差 1cm 未満の高精度計測を実現し、計測技術として十分な水準にあることを確認しました。

4. 今後の展開

今後は実施工での適用事例を増やしてデータを蓄積し、計測精度のさらなる向上を図ります。また、適用可能な施工機械を拡大するための汎用性の向上と、計測した先端位置情報を利用した鉛直精度を向上させる制御技術の開発も進める予定です。

本システムが深層混合処理工法における施工品質の向上と、地盤改良工事の信頼性確保に貢献できるよう、引き続き技術開発に取り組んでまいります。

【本件に関するお問い合わせ先】

株式会社竹中土木

経営企画室広報グループ Tel:03-6810-6493

E-mail : koho1941@takenaka-doboku.co.jp