

排土式変位低減型深層混合処理工法 2軸大径実証実験の報告（その3）

— ICT 施工及び CIM への適用 —

清水建設株式会社 正会員 ○寺本 崇宏 長澤 正明
あおみ建設株式会社 正会員 沖山 禎雄 遠藤 友起

1. はじめに

建設業界の課題として、建設労働者の高齢化による人手不足が深刻化しているなか、国土交通省は生産性向上を目指している。今回、ICT（情報通信技術）を活用することで、作業の高効率、高精度な施工を実現すべく変位低減型深層混合処理工法（以下、LODIC 工法という）の ICT/CIM 化に向けた実証実験を実施した。

ここでは、ICT 施工に対応した施工管理装置（以下、管理装置 PC という）を用いた GNSS（Global Navigation Satellite System）による位置誘導での精度及び従来方式との比較検証と CIM への適用性確認について実証実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験概要

図-1 に本実証実験で用いたシステム概要を示す。管理装置 PC は図-2 に示すように (a)位置誘導システムと (b)改良杭造成管理システムを兼ね備えており、位置合わせ完了後は、(a)位置誘導システムから (b)改良杭造成管理システムに切り替わる。(a)位置誘導システムは、施工機械に取り付けた GNSS の位置情報を管理装置 PC に取り入れ表示させる。オペレーターは管理装置 PC に表示された位置誘導画面に基づき杭芯位置に移動する。(b)改良杭造成管理システムには、先端深度、昇降速度、軸回転数、スラリー吐出量等が表示され、管理値の可否を確認しながら施工機械を操作する。なお、管理装置 PC のモニター画面は無線 LAN を経由し、タブレット端末機等に表示できるシステムとなっている。

本実証実験は表-1 に示すような検証内容に基づき実施した。位置誘導は図-3 に示すように 2 つの方式とし、①従来方式として、トータルステーションを用いて杭芯測量にて杭芯位置（目杭）を明示し、オペレーターは誘導員によって機械の誘導・位置合わせを行い、②GNSS による位置誘導システムを使用してオペレーターのみで位置合わせを行った。その他、管理装置 PC モニターと 3D 管理システムの効果も確認した。

3. ICT 施工での施工性、出来形精度の確認・考察

GNSS 単体でのキャリブレーションのため、座標既知点にて VRS 方式を用いた GNSS スタティック測量を 110 分間実施した。その結果、データ分布の中心を

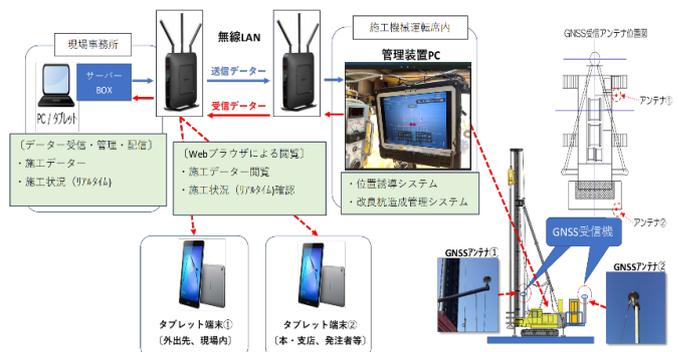
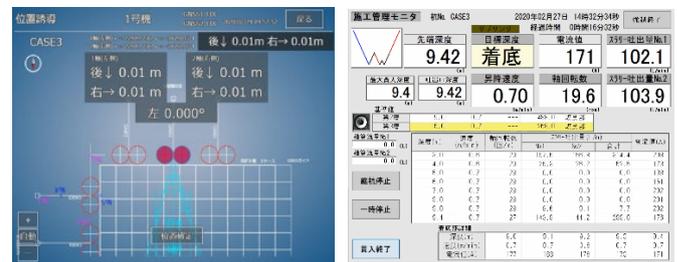


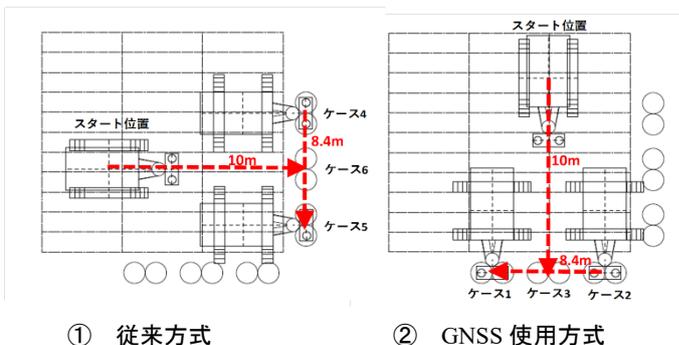
図-1 システム概要



(a) 位置誘導画面 (b) 改良杭造成管理画面
図-2 管理装置 PC 画面

表-1 実証実験検証内容

| | |
|------------|---------------------|
| 1 位置誘導 | 従来方式とGNSS使用方式との比較検証 |
| 2 施工管理モニター | タブレット端末機器からの閲覧確認 |
| 3 3D管理システム | 3Dモデルによる出来形管理の可視化 |



① 従来方式 ② GNSS 使用方式

キーワード CDM 排土式 2軸大径 実証実験 ICT CIM

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16番1号 清水建設(株) 土木総本部土木技術本部基盤技術部 TEL:03-3561-2203

表-2 VRS 方式の受信状況

| 計測時間 | X座標 (m) | Y座標 (m) |
|------|------------|-------------|
| 5分 | 22,982.496 | -30,889.827 |
| 10分 | 22,982.496 | -30,889.828 |
| 60分 | 22,982.488 | -30,889.830 |
| 110分 | 22,982.491 | -30,889.832 |
| 平均 | 22,982.493 | -30,889.829 |
| MAX | 22,982.496 | -30,889.827 |
| MIN | 22,982.488 | -30,889.832 |
| 範囲 | 0.008 | 0.005 |

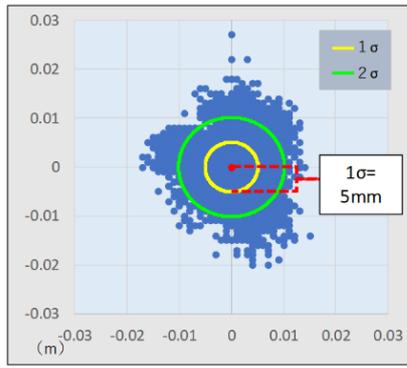


図-4 GNSS データの分布



図-5 位置合わせ状況

表す基本統計量で座標値を求めたところ、座標値の範囲は表-2 に示すように 5~8mm 以内となった。また、図-4 に示すように RTK (Real Time Kinematic) 測量では $1\sigma=5\text{mm}$ の範囲内には 67%、 $2\sigma=10\text{mm}$ の範囲内には 93% のデータが分布しており、受信状況も 99% 以上と安定していたことから、GNSS 測量機器の精度については、問題なく使用できると考えられる。

上記の GNSS 測量機器を用いて、今回開発した位置誘導システムの精度確認を行った。確認方法は図-5 に示す通り、計画位置に設置した目杭と、施工機械の 2 軸ロード中間に設置した下げ振りの水平位置を目杭に合わせた状態で、位置誘導システムに記録される値を 60 秒間連続で 1 秒毎に記録した。計画位置との差を表-3 に示す。同表より、ロード中心位置の設置位置に対する精度は平均値で 1.8cm 以内であり、最大値でも 3cm 以内に収まっていたことから、本システムの精度は 3cm 以内であると確認できた。

表-4 に従来方式と位置誘導システムによる移動開始から設置完了までの作業時間と、計画位置と設置杭芯位置の誤差及び計画位置と実際に造成した杭芯位置 (以下、出来形杭芯位置という) との誤差を、図-6 に出来形杭芯位置確認状況をそれぞれ示す。表-4 より従来方式と位置誘導システムによる作業時間はほぼ同等であるといえる。ただし位置誘導システムは、座標測量と目杭設置の手順を省略して杭芯設置に取り掛かれるため、作業時間の短縮も見込めると考える。また、同表より計画位置と設置杭芯位置との誤差は、従来方式で 1cm~4cm、位置誘導システムで 0cm~2cm であり、計画位置と出来形杭芯位置の誤差は、従来方式で 0cm~2cm、位置誘導システムでは 1cm~4cm であった。したがって、出来形精度もほぼ同等であるといえる。

4. ICT 施工及び CIM への適用について

図-7 に (a) 施工時の管理装置 PC モニター画面をタブレット端末機により確認している状況及び (b) 改良杭の出来形を可視化した 3D モデルを示す。工事管理者も現場の施工状況をリアルタイムに把握できることが確認された。また、3D モデルによる出来形管理・GNSS 座標データ等の履歴データの表示が可能であることも確認され、設置精度の確認や杭頭確認による出来形精度の確認が容易であり、生産性向上に寄与するものと考えられる。

5. まとめ

本実証実験により、位置誘導システムの精度は 3cm 以内と確認でき、誤差 10cm 以内の目標に対し、最大誤差量 4cm 以内に収まった。このことから、現状システムで運用できることが確認できた。また、今後も LODIC 工法の CIM 化に向けて開発も進めていく方針である。

表-3 位置誘導システムによる計画位置との差

| | 施工機械2軸中間 | | 施工機械2軸左 | | 施工機械2軸右 | |
|-----|----------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | 前 | 右 | 前 | 右 | 前 | 右 |
| 平均値 | 0.7cm | 1.8cm | 0.7cm | 1.7cm | 0.9cm | 1.7cm |
| 最大値 | 2cm | 3cm | 2cm | 3cm | 2cm | 3cm |
| 最小値 | 0cm | 0cm | 0cm | 0cm | 0cm | 0cm |

表-4 各誘導時間・設置位置の比較

| 位置誘導方式 | 移動経路 | 移動距離 | 作業時間 | 重機左No.1 | | 重機右No.2 | |
|------------|------------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | | | 施工誤差 | 出来形誤差 | 施工誤差 | 出来形誤差 |
| ① 従来方式 | ケース4 | 0m | / | 1cm | 2cm | 1cm | 0cm |
| | ケース4→ケース5 | 8.4m | 2分20秒 | 4cm | 1cm | 4cm | 1cm |
| | START→ケース6 | 10.0m | 5分25秒 | 1cm | 2cm | 1cm | 2cm |
| ② GNSS使用方式 | ケース2 | 0m | / | 2cm | 1cm | 2cm | 2cm |
| | ケース2→ケース1 | 8.4m | 2分19秒 | 2cm | 4cm | 2cm | 4cm |
| | START→ケース3 | 10.0m | 5分31秒 | 0cm | 1cm | 0cm | 4cm |



図-6 出来形杭芯位置確認状況



(a)進捗管理状況 (b)改良杭 3D モデル
図-7 ICT 施工及び CIM への適用