

スタビライザの ICT 化「浅層改良管理システム」による位置精度 および生産性向上の検証

西尾レントオール株式会社 ○ 橋本 明広
株式会社東洋スタビ 衣川 剛央

1. はじめに

令和 1 年度から ICT 地盤改良工（浅層・中層混合処理）が施工履歴データを用いた出来形管理要領（案）に追加され、ICT 化が進められている。

スタビライザによる浅層改良は、施工中の深度が数値化できないために、深度管理を行いながら施工するには熟練の技術が必要である。また、施工厚さの出来形管理は、規定箇所を掘り起こして確認作業を行い、その結果を待ってから施工の手戻り作業が発生する場合もある。施工範囲については、地面に直接区割り作業と施工箇所の継ぎ目となる走行レーンを示す為に目印になるポールを設置作業を行っており、生産性の向上が望まれる。

このような課題に着目し、今般弊社は（株）東洋スタビと共同でスタビライザの ICT 化として「浅層改良管理システム（NETIS/KT-210047-A）」（以下、本システム）を開発した。

本システムは、GNSS の位置情報を用いてスタビライザの位置と姿勢を計測し、施工位置のガイダンスと深度管理・施工進捗管理を行うシステムであり、深度の数値化により施工の「見える化」や生産性の向上に大きく貢献できるものである。本稿では、本システムの位置精度および品質確保・生産性向上の検証結果を報告する。

2. システムの概要

2.1 システムの構成

本システムの構成は、「GNSS システム BOX」「GNSS アンテナ」「アンテナブラケット」「傾斜計」「制御アプリ（タブレット PC）」の五つで構成されている。（写真-1）



写真-1 システム構成

2.2 システムに要求される仕様

本システムは GNSS によって取得した攪拌装置の位置（座標）情報を、施工軌跡データとして履歴を残すことで、地盤改良が完了したことを表現できる機能を主な仕様とし、3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）「表層安定処理等・固結工（中層混合処理）編」¹⁾に要求される仕様を、スタビライザによる浅層改良においても ICT 活用の管理要領が満足できるように開発した。

必要な機能

- ① 攪拌判定表示機能
- ② 施工範囲の分割機能
- ③ 攪拌装置サイズ設定機能
- ④ システムの起動とデータ取得切替機能
- ⑤ 施工完了範囲の判定・表示機能
- ⑥ 出来形管理資料作成機能

「測定精度」

静止状態での作業装置位置の測定精度

水平（X, Y）：各±100mm 以内

標高（Z）：±100mm 以内

2.3 運用手順

本システムは、以下の手順で運用する。（図-1）

- ① 設計データの設定：地盤改良設計データとなる DXF データを入力する。
- ② 施工完了範囲の判定の設定：施工範囲を管理ブロックに分割する設定を行う。
- ③ スタビライザの姿勢の設定：GNSS アンテナの取り付け位置と傾斜計の設置角度の設定を行う。
- ④ 施工の開始：制御アプリ画面に入力した通りの区割り位置とスタビライザの現在位置と深度、それに伴った設計深度までのガイダンス量が表示される。そのガイダンスに従い、オペレーターは施工を行う。
- ⑤ 施工結果の確認：施工中の改良深度等の結果をリアルタイムに確認する。
- ⑥ 施工結果の出力：施工結果を帳票出力アプリで帳票出力を行う。

3. 精度検証

本システム内で算出される攪拌装置の位置座標と攪拌後の深さの精度検証を行った。

3.1 攪拌装置の位置座標精度の検証方法

本システム内に表示される攪拌装置の座標(X,Y,Z)を、測量機と比較して検証を行う。

検証する位置は攪拌機左右の中心で刃先の先端部分を測量する。(写真-2)(写真-3)

3.2 使用機材

- ① 測量機
- ② プリズム

3.3 検証結果

検証結果は、システム内で算出される位置座標と測量機の測量結果座標との差が X,Y,Z すべて100mm以内に収まり、GNSSと傾斜計の値から算出される値が要求される精度に収まっていることが確認できた。(表-1)

表-1 位置座標検証結果

単位：m			
	X座標	Y座標	Z座標
TS座標	22999.179	-21905.679	19.009
システム座標	22999.200	-21905.656	18.999
差	-0.021(21mm)	-0.023(23mm)	0.010(10mm)



写真-2 攪拌装置先端

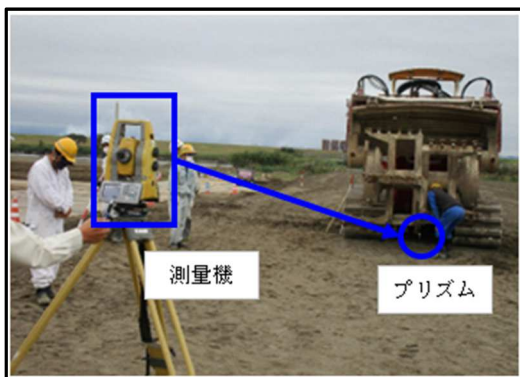


写真-3 測量機でプリズムの位置を測量

3.4 攪拌装置の攪拌深さ精度の検証方法

本システム内に表示されるガイダンスに従って攪拌を行い、攪拌後の深さを標尺の測量結果と比較して検証を行う。(写真-4)

検証の基準は、位置座標精度の高さ100mm以内を基準とした。

3.5 使用機材

- ① 標尺
- ② 赤白ポール

3.6 検証結果

検証結果は、1000mmのガイダンス量に従って切削を行い、標尺の測量結果との差が100mm以内に収まり切削時の高さ精度が要求される精度に収まっていることが確認できた。(表-2)

表-2 攪拌深さ精度検証結果

単位：mm	
	深さ結果
標尺結果	980
ガイダンスに従った深さ	1000
差	20



写真-4 標尺で切削深さを測量

4. 動作検証

本システムに要求される動作の検証を行った。

4.1 動作の検証方法

本システムの設定画面や、計測中の画面が要求される機能を満たしているか確認する。

4.2 検証結果

- ① 攪拌判定表示機能

施工中の画面から動作を確認できた。

⑤の施工完了範囲の判定と同様の方法で確認した。(図-2)

- ② 施工範囲の分割機能

施工対象の範囲を区割りごとに分割し、区割りに10cmサイズの管理ブロックを設定できることを確認した。

③ 攪拌装置サイズ設定機能

本システムでは GNSS を攪拌装置に設置する為、GNSS 設置箇所から、アンテナの設置高さ・左右のアンテナ間の距離・攪拌機の幅・攪拌機の中心までの距離・刃先の長さを設定することで、攪拌装置サイズの設定ができることが確認できた。(図-1)

④ システムの起動とデータ取得切替機能

施工中の画面内の「START・STOP」のボタン押下で動作を確認できた。(図-2)

⑤ 施工完了範囲の判定・表示機能

施工完了範囲の判定については、設計高さと同様の攪拌機の高さをリアルタイムで計算し、残差に応じた色で判定を行う。(図-2)

色の判定は設計高さへの到達・未到達がリアルタイムで判断できることが確認できた。

⑥ 出来形管理資料作成機能

帳票出力アプリから結果帳票の出力ができることが確認できた。(図-3)



図-1 各種サイズ設定画面

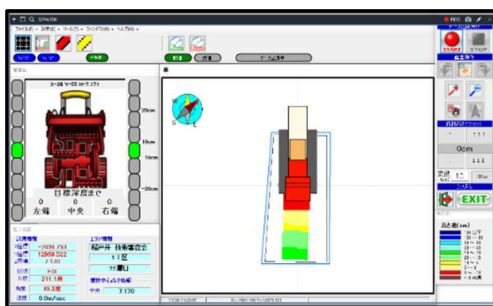


図-2 施工中画面

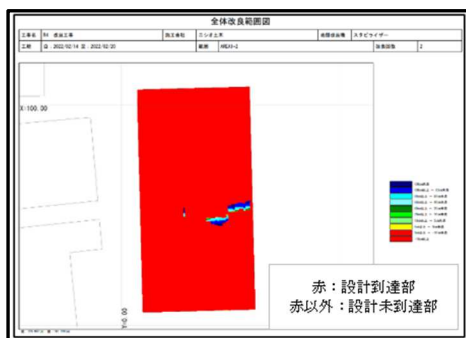


図-3 帳票出力画面

5. 品質確保・生産性向上の検証

5.1 品質確保・生産性向上の検証項目

① オペレーターの熟練度による品質確保

本システムを活用することで、未熟オペレーターが熟練オペレーターと同様の品質を確保して操作できるか検証する。

② 走行レーンの把握による生産性向上

施工中の走行レーンが「見える化」されることによって、ラップ幅のばらつきが抑制され、施工の効率が向上するか検証する。

③ 出来形確認作業の省略による生産性向上

施工履歴データにより、従来の出来形確認作業を省略する事での効果を検証する。

5.2 検証結果

① オペレーターの熟練度による品質確保

初心者オペレーターの操作が、施工機の位置が「見える化」されることによって、施工ヤードに対してまっすぐに走行することができた。

また、設計深さに対する深度の「見える化」により、攪拌深さは過不足なく一定の厚さで施工することができ、品質を確保してスタビライザを操作することができた。

本システムによりオペレーターの操作を「見える化」し、属人的な操作を誰でもできる作業へ標準化した。

② 走行レーンの把握による生産性向上

従来施工では、未改良部を残さない為に、施工箇所との継ぎ目に 20cm から 30cm のラップ幅を設ける。継ぎ目のラップ幅や走行レーンの把握には、熟練オペレーターの感覚に頼っており、未熟なオペレーターの場合は、施工箇所との継ぎ目や走行レーンを示す為に、ポールによる区分け作業を行っていた。(写真-4)

本システムにより、施工箇所と現在の施工機の位置が「見える化」され、未熟オペレーターの未改良を防止できた。また、ポールによる区分け作業が不要になり、作業員 1 名が 1 日当たり 30 分程度の作業時間を省略することができた。



写真-4 従来行っていたポール作業

さらに、目測による従来施工ではまっすぐに走行することができず、前に施工したレーンに対して斜めに走行してしまう事で、余分な未施工エリアが発生してしまっていた。

本システムにより、前に施工したレーンに対して走行している方向が認識し易くなり、斜めに走行することが抑制され、走行回数を効率よく施工することができた。(図-4)

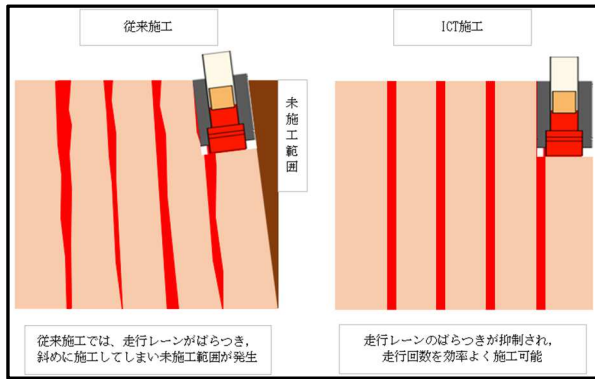


図-4 走行回数の効率化

③ 出来形確認作業の省略による生産性向上
従来は出来形管理方法は、施工後に掘り起こし作業を行い、状況写真と攪拌した厚みの確認を1日3箇所程度行っていた。(写真-5)



写真-5 従来の出来形管理方法

現状は従来の出来形管理方法を省略していないが、本システムにより、1箇所に10分程度の出来形確認作業を1日3箇所程度省略することで1日30分程度の作業時間の削減が見込める。

さらに、攪拌深さがリアルタイムに把握出来ることで施工深さの不足箇所を即座に再混合する事が可能になり、設計深度に対して均一な施工を行うことができた。

また、施工結果を出来形管理資料として出力することができ、出来形結果を分かりやすく証明可

能となり、従来の出来形確認作業による点の評価から、面での評価を表現することが可能になった。(図-5)

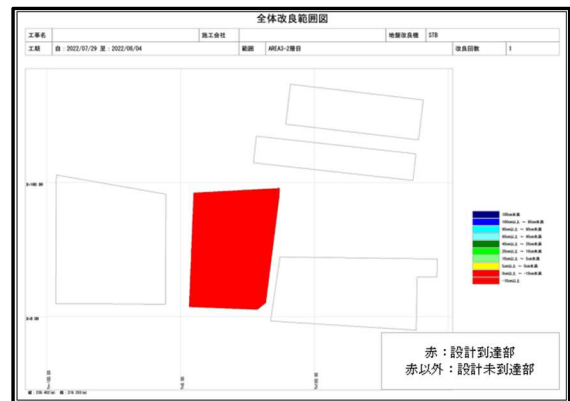


図-5 結果帳票

6 おわりに

本稿の検証結果から、本システムの精度が要求される基準を十分に満たしていると確認できた。

さらに施工位置及び施工深度が「見える化」され、浅層改良における走行操作の技術不足・施工不良等による手戻りを未然に防止した。その結果、より正確な施工管理が実現され、品質管理の合理化、生産性向上に大きく貢献できることが実証できた。

以上の ICT 施工を活用した施工管理と品質管理の合理化により、5～10%程度の生産性向上が見込める。

今後もスタビライザの ICT 施工を積極的に行っていくことで、ICT を用いた施工能力が向上し更なる機能向上や課題が挙げられていくことに期待できる。それらを改善しながら、原位置攪拌する工種において使用用途を広げていき、施工会社、レンタル会社の両面で業界への貢献を引き続き行っていく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）、令和4年3月版