

供用中トンネルにおける ICT を活用したインバート掘削出来形管理システムの構築

株式会社奥村組 正会員 ○松田 顕伍 松本清志
株式会社奥村組 正会員 川澄悠馬 正会員 今泉克彦

1. はじめに

少子高齢化による人口不足が深刻さを増している中、生産性向上が喫緊の課題となっている。建設業においても、担い手不足の解消、生産性向上を目指して ICT やロボット化等の開発や現場導入が進んでいる。

国土交通省の報告によると、ICT 施工の公告件数および実施件数は、いずれも増加傾向にある。起工測量から電子納品までを対象とし、従来工法と延べ作業時間を比較したところ、土工事においては、約 3 割の縮減効果が表れている¹⁾。

山岳トンネル工事の出来形管理においても、ICT 施工による実施件数は増加傾向にあるものの、従来手法による管理が一般的である。インバート工における従来の出来形管理では、掘削作業を中断してスタッフ等の測定器具を用いて、基準線からの下がりやを都度確認していた。そのため、計測箇所が限定的となるほか、20 分程度の作業中断と計測人員が必要とされていた。

そこで筆者らは、計測時間の削減、計測人員の負担軽減を目的とした「差分計測システム」（以下、本システム）の開発に取り組んでいる。本稿では、油圧ショベルによるインバート掘削作業への適用に先立ち実施した試験施工の結果について報告する。

2. システム概要

本システムは、鉛直方向（z 軸）に回転する機構を有した 2D-LiDAR（以下、LiDAR 等）により、掘削範囲の外周に配置した座標基準となるリフレクタを含めた範囲（以下、施工領域）を計測することで、施工目標となる 3 次元設計データ（以下、設計データ）と LiDAR 等により取得した現地盤の点群データ（以下、点群データ）との差分寸法を計測するシステムである。狭隘な空間では計測機器を常設することはできないため、制御 PC を油圧ショベル内に格納し、LiDAR 等をキャビン上に搭載した（写真 1, 2）。

図 1 にシステムフロー図を示す。重機オペレータ

は、キャビン内のモニタに表示される GUI に従い計測を実施する。取得した点群データと設計データの差分をメッシュ表示で出力し、その評価を基に、掘削の過不足を判断する。図 2 に計測時の評価画面を示す。暖色（赤）は設計値未滿、緑は設計値（許容範囲内）、寒色（青）は設計値超過を意味する。掘削作業と計測を繰返し実施することで、出来形管理の効率化が可能となるシステムである。



写真 1 差分計測システムの構成機器

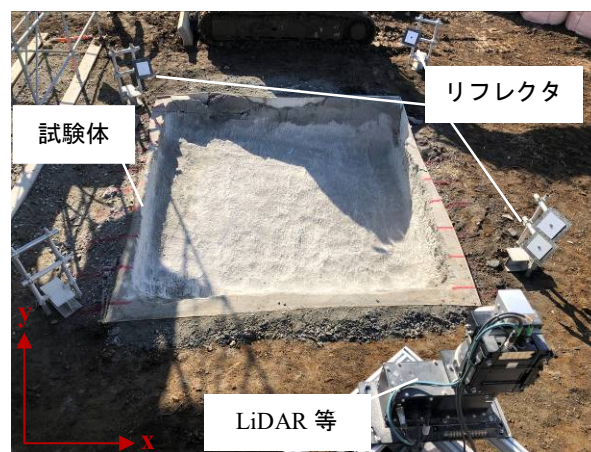


写真 2 差分計測システムと施工領域の位置関係

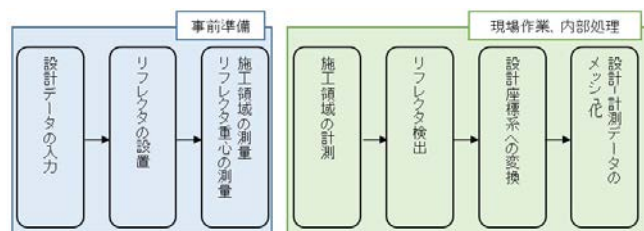


図 1 システムフロー図

キーワード 計測, LiDAR, 点群, 出来形管理, インバート

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 株式会社奥村組 東日本支社 機電部 TEL 03-5427-8479

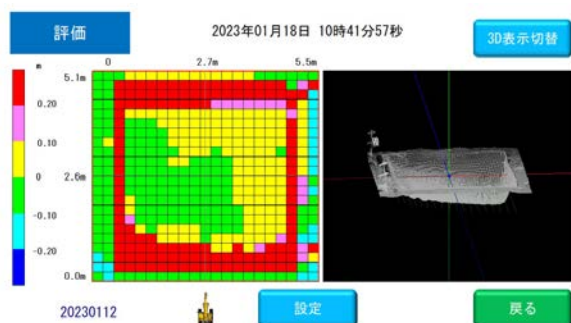


図2 計測後の評価画面



写真3 掘削作業の機械構成

3. 試験施工の概要

本システムの有効性を検証するため、試験施工を実施し、レベル測量および3D スキャナ測量との精度比較を行った。掘削範囲は、岩盤を模擬した無筋コンクリートの試験体 (W4.0m×L4.5m×H1.0m) を設定した。掘削作業には、写真3に示すICT 油圧ショベル (型式: CAT315) にチルトローテータおよびドラムカッターを装備し、予めインバート形状を設計データとして入力した。なお、今回はレベル測量および3D スキャナ測量の結果を真値とした。

4. 試験施工結果

(1) レベル測量との比較結果

図3にレベル測量との比較を示す。縦軸に設計との寸法差 (z 軸)、横軸に横断方向 (y 軸) とした。レベル測量は、試験体を軸方向に9分割、横断方向に7分割した、計63点を計測した。許容誤差は、国土交通省の検査要領²⁾に則り、 $\pm 50\text{mm}$ に設定した。概ね許容誤差内に収まっているが、横断距離3.0m地点よりバラツキが多くなり、最大誤差は80mmであった。原因として、設計データがメッシュ内に複数個有る場合、あるいは設計データが存在しない場合における、点群データとの比較方法が考えられる。

(2) 3D スキャナ測量結果との比較

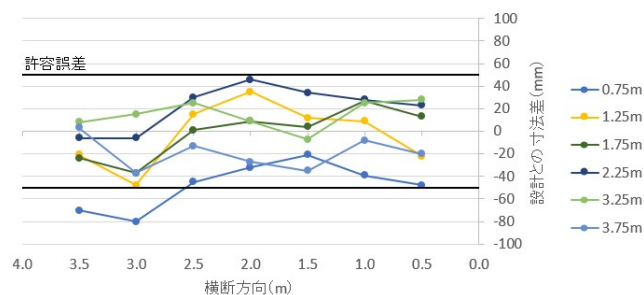


図3 レベル測量との比較

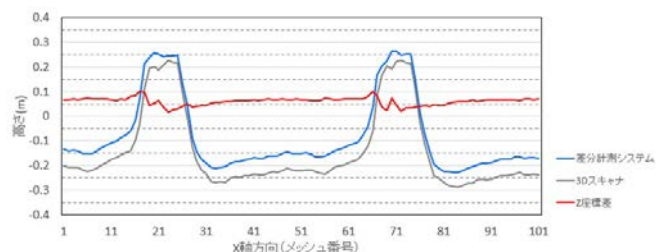


図4 3D スキャナ測量との比較

図4に3D スキャナ測量との比較を示す。縦軸に高さ (z 軸)、横軸にx 軸方向のメッシュ番号とした。なお、メッシュ間距離は0.1m、z 座標は点群50点を単純平均した。同図より、3D スキャナ測量に対し、掘削面では、平均で約60mm高くなった。この原因は、設計データとの位置合わせをする目的で予め入力したリフレクタの重心座標と点群データに差異が生じたためと考えられる。

5. まとめ

本稿では、開発した「差分計測システム」の試験施工について述べた。目標精度 ($\pm 50\text{mm}$) に近い精度が得られたが、以下の課題が判明した。

- (1) レベル測量に対し、特に高低差のある地点では、設計データと点群データの比較方法による計測誤差が顕著になった。設計データの抽出方法に閾値の設定等を実装することで、誤差の低減が見込まれる。
- (2) 3D スキャナ測量に対して、平均で約60mm高くなった。事前入力したリフレクタの重心座標と点群データに差異が生じたことが原因として考えられる。

今後は現場適用に向け、判明した課題に対して解決を図りながら、システムの完成度を向上させたい。

参考文献

- 1) 国土交通省: ICT 施工の普及拡大に向けた取組、ICT 導入協議会, pp.1-3, 2021.7
- 2) 国土交通省: 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領 (土工編) (案), 2022.3