

山岳トンネル工事のインバート掘削におけるバックホウのマシンコントロール

五洋建設

正会員 ○北村 圭佑 坂元 秀行

持田 真輝 前田 智之

1. はじめに

近年、建設重機のマシンコントロール、遠隔操作や自動化が取り組まれており、実用化されている。明かり工事ではマシンコントロールの建設重機は多くみられるが、非 GNSS 環境下であるトンネル内の重機への適用事例が少ない。位置情報の取得が困難であることから、坑内バックホウの自動運転や無人化に対する開発は明かり工事（坑外工事）に比べ遅れている分野が多いためである。そこでトータルステーションを活用して坑内バックホウのマシンコントロール化に取り組んだ。本稿はその取り組み内容について報告するものである。

2. 取り組み概要

(1) 対象工種

トンネル内で最もバックホウを使用する工種の一つにインバート工の掘削作業がある。インバート掘削に対して坑内バックホウをマシンコントロール化するシステム開発に取り組んだ。

(2) 取り組み内容

バックホウはトンネル仕様でコマツ PC138LS を使用した。トータルステーション（以下、TS と称す）でバックホウの位置情報を、機体への 2 台の傾斜計とアームの稼働可能部分への 3 台の傾斜計の設置によってバックホウの動作、姿勢の情報を取得した（写真 1）。本システムは取得したデータを元にバックホウの爪先の位置を検出し、インバート掘削の設計高さに対して爪先が所定の高さに達した時に、油圧を制御して爪先が所定の高さより深くならないよう動作を停止するシステムである（図 1）。なお実用性を考え、動作停止後はバックホウの操作レバーに取り付けてある解除ボタンを押すことで、停止制御を解除することができ、所定の高さ到達後も床付けや整形などの掘削作業を継続することが可能である。

機体後方に TS 用のプリズムを 2 台設置し、機体の向きを計測している。2 測点に対して TS をそれぞれ配置し TS1 台で 1 測点を計測することで連続計測が可能となり、リアルタイムに近い状態でバックホウの制御が可能となった。バックホウのバケットは 859mm（サイドカッター除く）の幅がある。バケットの両端ではインバート掘削の設計高さが異なるため、側壁側のバケット端に位置する設計高さが停止基準となるように設定した。

施工中、運転手は運転席に設置したモニタで施工ヤード内のどの位置でどのくらいの高さを掘削しているか確認できる。また運転席に回転灯を取り付け、設計高さ

キーワード 非 GNSS 環境，インバート掘削，バックホウ，マシンコントロール

連絡先

〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設 土木技術部 TEL 03-3817-7531



写真1 マシンコントロール化したPC138LS

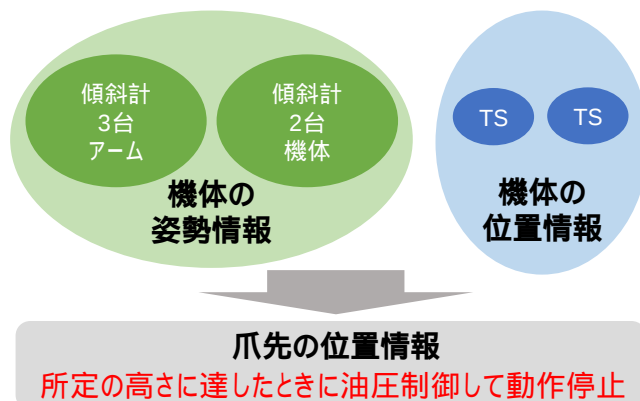


図1 TSを2台用いたマシンコントロールのイメージ

までの残掘削がどの程度あるか、直感的に把握できるシステムとした(写真2)。

3. 精度確認と考察

マシンコントロールの精度確認を実験ヤードで行った。ヤードに仮想インバート線形(延長 10.5m×幅 12.090m/2(1 スパンの片側分))を設け、3 断面に分割して 1m 間隔で設定した測点(15 点)での掘削高さに対して爪先がどの位置で停止するかを確認した(図2)。計測の結果、設計高さに対して 5cm 以内の誤差であり、バケットの停止制御はインバート掘削を行うにあって実用レベルの精度であることを確認した(写真3)。

4. 今後の運用

本システムはバックホウの爪先を所定の高度で停止することで、掘削箇所での掘削中の高さ管理を実現した。バックホウの爪先が所定の高度で停止するため、熟練運転手でなくてもある程度の重機操作の技量(地山掘削ができる程度)の運転手でも精度の良い掘削が可能となり生産性向上につながる。また削高さを確認するための補助員が不要となるため施工エリア内への人の立ち入りがなくなることによる安全性の向上に寄与することが期待できる。

インバート掘削高さは面的に管理する必要があるが、本システムは掘削している箇所での高さの管理と確認であり面的な高さ確認ができず、掘削面全体の形状の確認もできない。そこで実施工では、本システムに加え、自社開発した「インバート施工管理システム」を同時に採用することに取り組む。「インバート施工管理システム」は 3DLiDAR を使用することで、インバート施工エリア全体の掘削高さをリアルタイムで連続的に計測、表示できるシステムである¹⁾。両システムの併用によって、インバート掘削作業において、人手不足の解消と掘削精度の向上、管理補助員削減による省力化と安全性の向上さらに面的な高さ管理による品質管理の高度化が期待できる。

4. おわりに

今回、トンネル内におけるバックホウのマシンコントロールの開発に取り組み実用レベルであることを確認した。今後はインバート掘削作業において、「坑内バックホウのマシンコントロールシステム」と「インバート施工管理システム」を併用したシステムの現場実証と長期運用を行い、システムの実用化を進めていく次第である。本システムの開発にご協力いただいたニシオティーアンドエム株式会社さまおよび株式会社 NexusSolution さまには感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 持田真輝, 前田智之: 3D LiDAR によるインバート掘削管理システムの開発 NPO トンネル臨床工学研究所 2022 年度最新トンネル技術講演会



写真2 運転席のモニターと回転灯

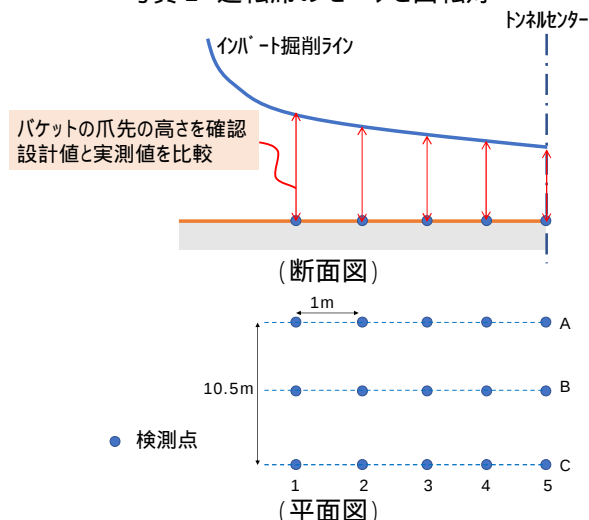
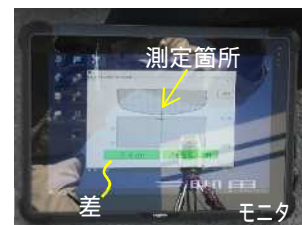


図2 バケット停止高さ確認の測点



(測点 A-4 設計 145mm、実測 105mm、差 40mm)



(測点 C-1 設計 718mm、実測 668mm、差 50mm)



写真3 バケット停止高さの確認状況