

「インバートプロジェクションマッピングシステム」による掘削管理について

前田建設工業株式会社 正会員 ○臼井 慎之介 正会員 大久保 弘

1. はじめに

山岳トンネルにおけるインバート掘削管理は、掘削高さの基準となる腰線から管理測点ごとの下がり寸法を計測することが基本であり、点での管理となっている。そのため、管理測点以外の場所では、作業員の感覚により高さの調整を行うため、このような従来の方法では掘削全面における掘削仕上がり精度の確保が困難である。また、掘削面の精度はその後の吹付コンクリートによる仮インバートの精度にも直結する。これらの対策として今回、点の管理ではなく、面での管理を行う「インバートプロジェクションマッピングシステム」（以下、INPJMAP と呼ぶ）を活用し掘削管理を行っている。本論文では、INPJMAP の概要とその効果について報告する。

2. INPJMAP の概要

2-1. INPJMAP の特徴

3D レーザースキャナで計測した実測値と設計値の差を、プロジェクターによりインバート掘削面に色分け表示を行うシステムである。適切な色で掘削床を形成することにより掘削仕上がり精度を向上することが出来る。構成する主な設備配置は以下の図-1 に示す。

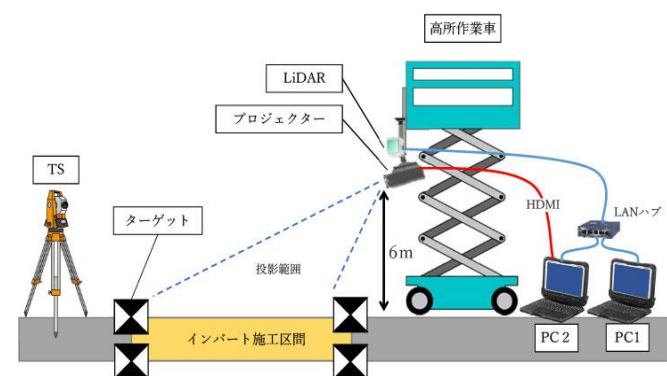


図-1 設備配置関係

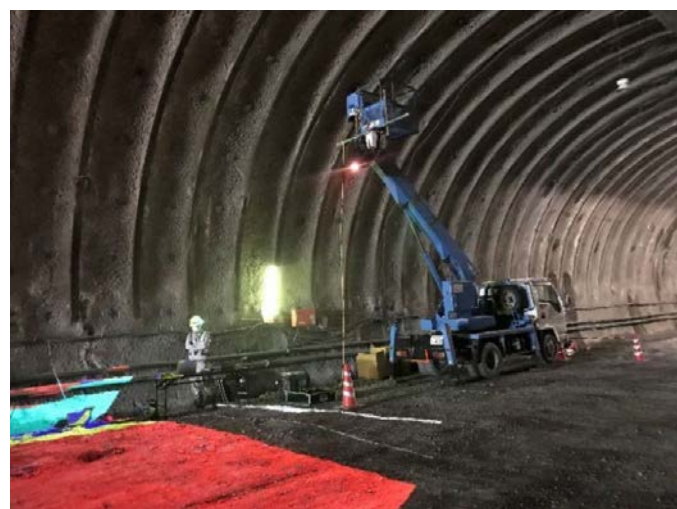


写真-1 INPJMAP 全景

2-2. LiDAR による3次元空間把握

3D レーザースキャナとして、本システムは自動運転等で使用する LiDAR を用いる。LiDAR はローカル座標系のため、トンネル坑内にある基準点とトランシットを用いて計測することにより、LiDAR の座標を決定する。また掘削形状に合わせて投影するためには台形補正が必要となるが、INPJMAP では OpenCV をもとにした独自の台形補正プログラムを使用し、タブレット PC からの操作で補正点（マーカー）をターゲットの中心点に合わせることで台形補正を行っている。また、LiDAR 採用による計測から投影までの高速応答が実現している。

・色分け区分

■ピンク：-90mm<差分≦-60mm, □白色：-60mm<差分≦-30mm, ■水色：-30mm<差分≦0mm, ■青色：0mm<差分≦30mm, ■黄色：30mm<差分≦60mm, ■赤色：60mm<差分≦90mm, ■黒色：差分≦-90mm, 90mm<差分

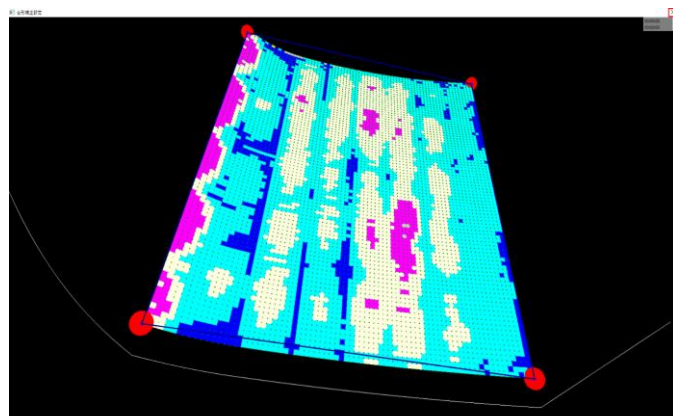


写真-2 3次元把握状況

キーワード 山岳トンネル, インバート掘削, インバートプロジェクションマッピング

連絡先 福岡県福岡市博多区博多駅 2-14-1 前田建設工業（株）九州支店 TEL 092-451-1541



写真-3 LiDAR 取付状況

2-3. プロジェクターによる視覚的な管理

掘削高さの実測値と設計値の差を掘削範囲に投射する為に、プロジェクターを用いる。本プロジェクターは10m四方に投射する能力を有するため、当現場の幅員9m、進行方向3mを網羅することが出来る。また、投射される映像は掘削状況に応じてリアルタイムに更新される為、掘削を行うOPのみならず、指示を行う手元作業員にも共通の認識を与えることが可能である。従来の管理点ごとの管理と異なり現況高さを把握するために掘削範囲へ作業員が立ち入る必要もない。

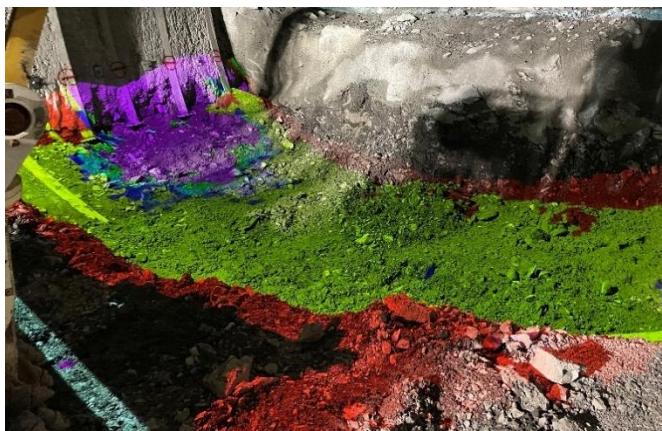


写真-4 プロジェクター投射状況

2-4. ツインヘッドによる掘削

掘削にはアタッチメント式の油圧切削機であるツインヘッドを用いる。従来の掘削方法では発破を行った後にブレイカーで破碎を行う為、粉塵が多く舞う中での作業が不可避である。また、ブレイカーによる掘削方法では必要以上に掘削面の破碎を行う為仕上がり精度の確保が困難である。しかし、ツインヘッドでは掘削方法がドラムを回転させて岩盤を削る仕組みの為、前述したプロジェクター映像と併用することで適切な掘削高さを確保することが可能である。

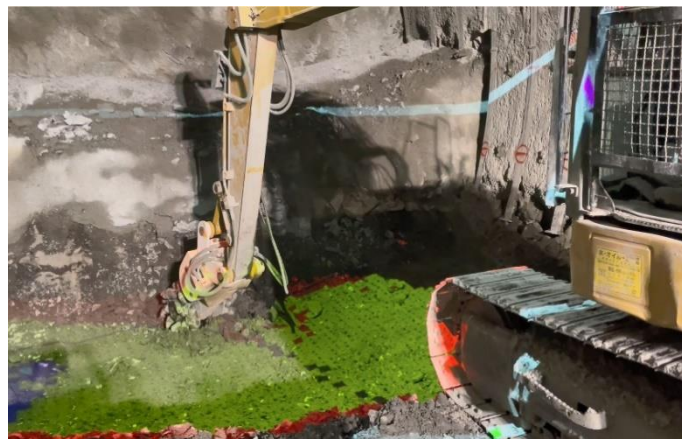


写真-5 ツインヘッド掘削状況

3. INPJMAP の効果

(1) 仕上がり精度の検証

色分け表示に基づき掘削を行うことで、必要以上の余掘りを抑制することが出来た。実績としてインバートに対する余掘り量は、設計に対して0.5 m³/mに収まっている。余掘りが減少したことで吹付コンクリートの使用量低減につながったため、本技術によりCO₂削減など環境負荷低減にも寄与する。

(2) 安全性の検証

従来の方法では高さを確認するために掘削床へ手元作業員が侵入して指示を行う必要があったが、INPJMAPを用いることにより掘削床へ侵入を必要とするのは、重機で調整を行うのが困難である細かな箇所のみとなり飛躍的に安全性が向上された。

4. まとめ

INPJMAPをインバート掘削管理に用いることで、従来の部分的な点での管理から、掘削範囲全体を対象とした面での管理を行うことが可能になった。仕上がり精度の向上により、掘削高さの管理だけではなく吹付コンクリートの材料管理や環境負荷低減、施工中の安全性向上といった副次効果を得ることが出来た。今回INPJMAPを掘削高さの管理のみに使用したが、コンクリートの仕上がり高さの可視化など多岐にわたった使用法が考えられるため、今後多種多様な現場で用いることが出来るように、残り100mの掘削ではあるが引き続きデータの蓄積を行いたい。

謝辞：INPJMAP技術の開発および試験の実施においては、(株)ソーキ、(株)コンテンツ・クリエイトの協力を得て行ったものであり、ここに記して謝意を表します。