

リフト式プロジェクションマッピングシステムの開発および現場適応

前田建設工業(株) 正会員○ 小林 光
 前田建設工業(株) 正会員 水谷 和彦
 前田建設工業(株) 正会員 中山 泰起

1.はじめに

山岳トンネルにおけるインバートの掘削高さは、腰線(高さの基準)からの下がり寸法により確認しているが、測点以外は作業者の技量に大きく左右される。このような従来の方法では全面での仕上がり精度を確保するのが難しい(写真-1)。そこで、3D レーザースキャナ(以下 3D スキャナと呼ぶ)でインバート全面を測定した実測値と設計値の差分をプロジェクタによりインバート掘削面に色分け表示するプロジェクションマッピング(以下マッピングと呼ぶ)を開発した。当該技術により従来の点的な管理ではなく面的な管理が可能となる。また、掘削作業に支障がないようにインバート全面へ投影するため、リフト式システムとした。本技術を活用したインバート掘削の出来形管理精度を確認するため、延長 225m の雨嶋トンネルで現場検証を行った。

2.開発システム概要

3D スキャナ(Leica P40)と高輝度プロジェクタ(Epson EB-11755U)を高所作業車のバスケット下部に取り付け(45~50°下向き設置)、HDMI ケーブルにより管理用 PC(Panasonic ToughBook)へ接続する。管理用 PC や 3D スキャナの操作については、タブレット(Panasonic ToughPad)にて無線(Wifi)操作を行い、事前計測したプロジェクタレンズおよび白黒ターゲット 3 点、マーカー 4 点、プロジェクタ投影中心の座標を入力する。白黒ターゲットの視準により 3D スキャナの自己位置を特定し、投影画像を現地設置したマーカー 4 点に合わせることで投影位置を確定させる(図-1)。投影した状況を写真-2 に、色分けの分布表を表-1 に示す。赤色は設計値に対して、10cm 以上高い状態を示しており、水色では設計値以上かつ余掘りが 5cm 以下を示している。



写真-1 従来のインバート掘削状況



写真-2 マッピング状況

表-1 色分け分布表

設計に対しての高さ	
(-5)~0cm	水色
0~5cm	青色
5~10cm	黄色
10cm以上	赤色

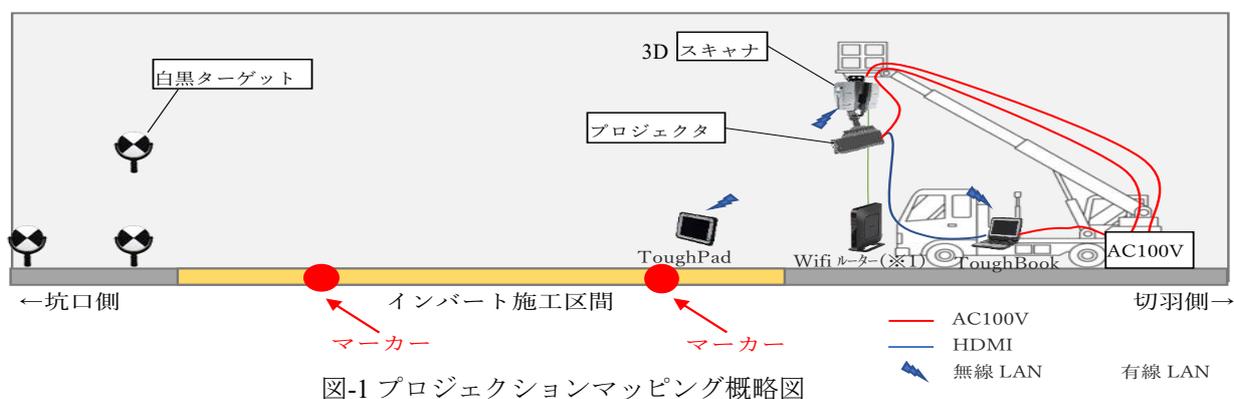


図-1 プロジェクションマッピング概略図

キーワード プロジェクションマッピング、インバート掘削、山岳トンネル、3D レーザースキャナ
 連絡先 〒541-8529 大阪府中央区久太郎2丁目5-30 前田建設工業(株)(関西支店) TEL 06-6243-2411

3. マッピングによる掘削出来形精度の検証

マッピングによる掘削出来形精度を確認するために、余掘り量と相関のあるインバートコンクリート打設量を指標とした。インバートコンクリート打設を全 22BL(回)行い、設計に対するコンクリート量を従来管理と比較して効果の確認を行った。起点側(1BL)、終点側(22BL)の坑口部付近では日光が射し込み投影画像が視認しづらいため、従来の管理を行い、残りの 20 BL(回)はマッピングによる面的な管理を行った。(従来管理では他現場の数値を参考にして比較した。)

4. 結果

設計に対する出来形精度結果を表-2 および図-2 に示す。表-2 で示すとおり従来の点的管理による掘削ではインバートコンクリート巻厚は、平均 113(%)になり、面的管理による掘削では、平均 106(%)と点的管理による掘削よりも低い値を示した。トンネル延長が短いため、データ数が少ないが、マッピングによる掘削管理の精度の向上を確認することができた。また、掘削作業中の重機付近で高さ管理を行う人員を削減することができ、労務面・安全面でも省力化ができた。

5. 今後の課題

マッピングによる面的管理での掘削では、重機から盤の高さが確認でき作業を継続できる。しかし、マッピングするスキャナが再投影するまでに時間を要し(約 3 分)、その間掘削作業が中断することや、マッピング投影するまでの準備に時間を要する(約 30 分)ことが課題である。今後は 3D レーザースキャナの選定や演算手法の改良により、準備時間や投影間隔をどの程度短縮できるのか検証を行う必要がある。

6. おわりに

プロジェクションマッピングによる面的管理は、掘削管理だけでなく図-3 のようなインバートコンクリート打設管理にも活用可能であり、掘削からコンクリート打設までの生産性向上(余掘りや余巻きの削減など)・安全性向上(重機と作業員の接触災害防止など)・品質向上(出来形精度向上など)が期待できる。

表-2 面的管理と従来管理の
コンクリート打設量累計表

	設計(m ³)	打設量(m ³)	設計に対して(%)
面的管理	1489	1577	106
従来管理	1069	1204	113

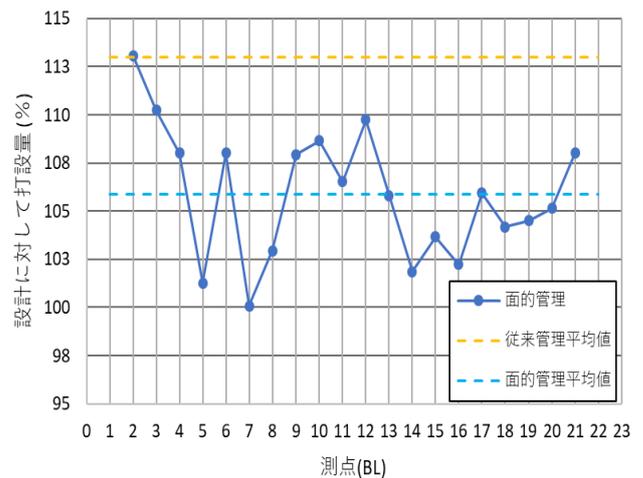


図-2 面的管理と従来管理の
コンクリート打設量比較

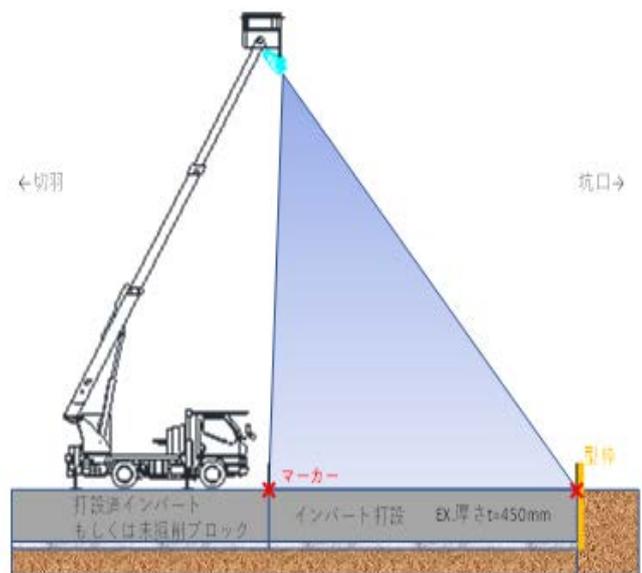


図-3 マッピング運用概略図