

アタリ取り作業へのプロジェクションマッピング技術の適用とその効果

清水建設（株） 正会員 ○矢葺健太郎 邊見涼

清水建設（株） 正会員 青野泰久 井手康夫

1. はじめに

山岳トンネル工事における発破掘削では、掘削仕上げとして、ずり出し後にブレイカー等を用いてトンネル内空に干渉する地山を除去するアタリ取り作業を行う。従来のアタリ取り作業では、作業員が目視で素掘り面の掘削状況を確認し、除去する箇所をレーザーポインターにより重機オペレーターに明示するが、掘削直後の不安定な切羽直近での作業となるため目視に代わる安全な確認方法が求められていた。また、この従来の方法では、出来形確認が作業員の目視により判断されるため、作業員の経験や技量により作業精度にばらつきが大きく、アタリ取り作業の繰返しによるサイクルタイムの増加や余掘り発生に伴う吹付けコンクリート量の増加の懸念があった。そのため、定量的な管理方法の開発も求められていた。

そこで筆者らは、設計断面に対する掘削の過不足情報をプロジェクションマッピングで可視化するシステム「切羽版 SP-MAPS®(Scanning and Projection MAPing System)」を開発し、現場適用を進めている¹⁾。本稿では、切羽版 SP-MAPS の現場適用による効果について報告する。

2. 切羽版 SP-MAPS の概要

切羽版 SP-MAPS は、3次元レーザースキャナを用いて計測した掘削形状と設計形状の比較結果を基に、掘削の過不足量に応じて色分けしたマッピング画像を作成し、掘削素掘り面に直接照射することで、掘削の過不足量を可視化する技術である。システムは、3次元レーザースキャナ、照射用プロジェクタ、測量用プリズム、ノートPC、測量機器（トータルステーション）から構成され、重機の往来が激しい切羽近傍での機材の設置・撤去時間を短縮するため、測量機器を除く構成機器を車両に搭載している（図1）。車両を切羽近傍に配置後、ノートPCの操作により、車両位置の測量、掘削形状点群データの取得、データ解析と画像照射までの一連の作業を自動で行うことが可能である（図2）。測量から画像照射までの所要時間は約50秒で、車両の位置を変えずに照射画像を更新する際には約30秒で更新が完了するため、掘削進行状況を逐次確認しつつ連続的に効率よくアタリ取り作業を実施することが可能である。

3. 2車線高速道路トンネル現場への適用効果

切羽版 SP-MAPS を東海北陸自動車道 真木トンネル工事（L=1,578m）に適用した結果を報告する。図3に掘削の過不足の判定後の点群、図4に切羽版 SP-MAPS の適用状況を示す。画像はマゼンタ、緑、青の3色で構成されており、マゼンタがアタリ箇所、緑が掘削完了（余掘り量小）、青が掘削完了（余掘り量大）である。適用の結果、画像の照射により作業員による明示がなくとも重機オペレーターにアタリ箇所を伝達できた。そのため、作業員が切羽内に立ち入る作業を1日あたり約2時間（1名×30分×4回）削減することができ、切羽での肌落ち災害防止に
キーワード：アタリ取り、プロジェクションマッピング、3次元レーザースキャナ、切羽

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設（株）地下空間統括部 TEL:03-3561-3887



図1 切羽版 SP-MAPS の機器構成

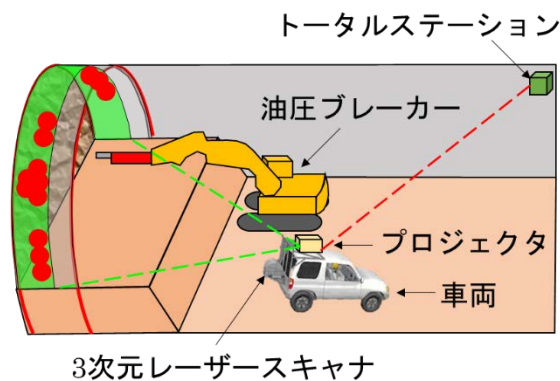


図2 システム使用時の配置図

寄与する。また、余分なアタリ取り作業が削減されたことにより、作業時間を積算基準のサイクルタイム（25分）²⁾と比較して約32%削減（8分短縮）できた。余掘り量も低減（従来比約17%低減）でき、掘削土砂の搬出量や打設するコンクリート量の削減に寄与する。作業時間の削減は不安定な素掘り面の露出時間の最小化に、余掘り量の低減は平滑なトンネル内空断面の確保につながり、トンネル安定性にも寄与すると考えられる。システムの適用により、安全性と生産性の両面から大きな効果を得ることができた。

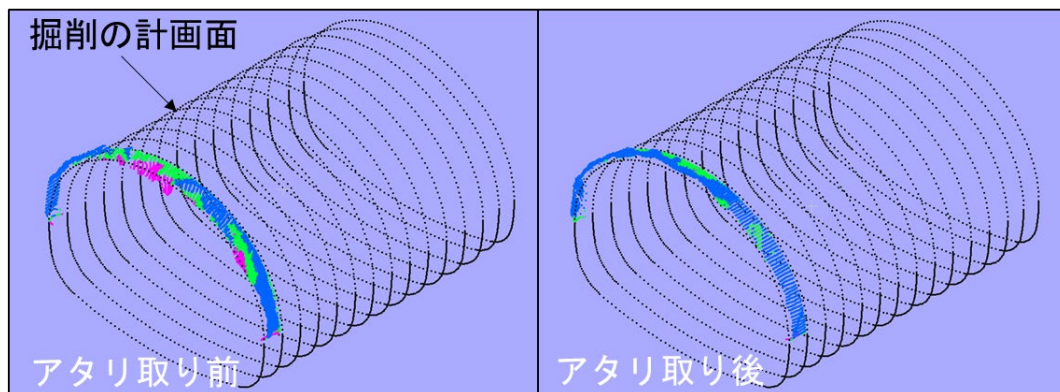


図3 掘削の過不足の判定後の点群



図4 掘削の過不足を示す画像の照射状況

4. 今後について

今後の課題として、システム運用時に車両を切羽近傍に固定させるため、車両との干渉を防ぐためにブレイカーの作業範囲が制限される場合がある。システムの小型化、またはブレイカーの作業に影響がない位置から照射ができるようなシステムの開発を進めている。また、車両を遠隔操作可能なロボットへ置換することや、ノートPC操作を遠隔で行うなどの改良を進めている。

今後の発展として、切羽版 SP-MAPS は平滑なトンネル内空断面形成に寄与することが確認できたため覆工背面の吹付け面の平滑化にも適用可能であると考え、切羽版 SP-MAPS を吹付け面の平滑化用に応用した技術の開発にも着手している（図5）。

参考文献

- 1) 田中頼之, 他: プロジェクションマッピングを活用した掘削仕上げ可視化システムの開発, 土木学会第77回年次学術講演会, VI-922.
- 2) 土木工事積算基準令和4年度版 第19編 トンネル工 9.爆破掘削方式 (補助ベンチ付き全断面掘削工法) pp. 19-12

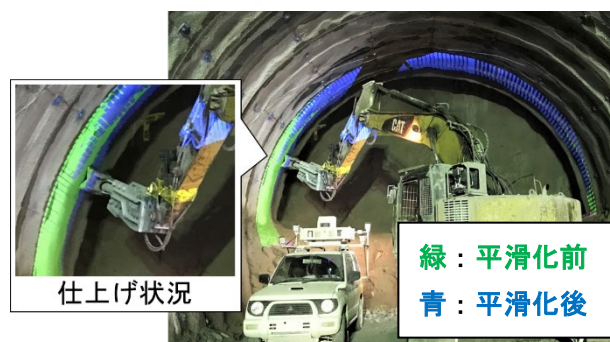


図5 平滑化技術開発状況