

差し角自動制御システムの適用による爆破掘削時の余掘り量低減効果

中日本高速道路株式会社 東京支社 秦野工事事務所 大川 了 山邊 恵太
 清水建設株式会社 高取山トンネル西工事 正会員○荒井 匠 大坪 宏行 垣見 康介
 清水建設株式会社 新東名川西高松建設所 正会員 福田 毅

1. はじめに

爆破掘削における生産性の向上は、設計断面を満足したうえで、できる限り余掘りの小さい断面を正確に形成することにある。これにより発生ずり量が減少し、ずり出し時間、およびコンクリートの吹付け時間が短縮されるばかりでなく、掘削面が平滑になることで地山のゆるみ抑制にも効果がある。しかし、従来のコンピュータジャンボを使ってあらかじめ決められた発破パターンに準じて正確な削孔を行ったとしても地山の不均質性や亀裂の影響等により余掘りの低減には限界があると考えている。

そこで著者らは、爆破掘削の生産性向上を目的に「差し角自動制御システム」を開発し、爆破掘削による余掘り量の低減を確認するため、高取山トンネル西工事（伊勢原市と秦野市をつなぐ全長約 3.9 キロメートルの 2 車線道路双設トンネル、内空断面積：約 80m²、西側工区トンネル延長：上り線 1,573m、下り線 1,609m、地質：凝灰岩～凝灰角礫岩が分布）で実証試験を行ったので、その成果を報告する。

2. 差し角自動制御システム

差し角自動制御システムとは、余掘り量に影響を与える発破パターンの最外周孔の削孔角度（差し角）を余掘り量に応じて自動的に個別制御し、次の発破掘削の発破パターンに自動反映させ、余掘り量を低減させることである。この自動制御システムを適用した掘削サイクルを繰り返すことで、地山性状に応じた最適な最外周孔の差し角パターンを設定することができる。これにより最適な爆破掘削（余掘り量の低減）を実現することが可能となる。また、このシステムの運用の中で車載型 3D スキャナを使った切羽形状測定作業（約 3 分程度）を除いてすべて完全自動化されており、システムの運用にあたって専任の作業員を配置する必要はなく省人化にも大きく貢献するシステムである。差し角自動制御システムの全体概要を図-1 に示す。

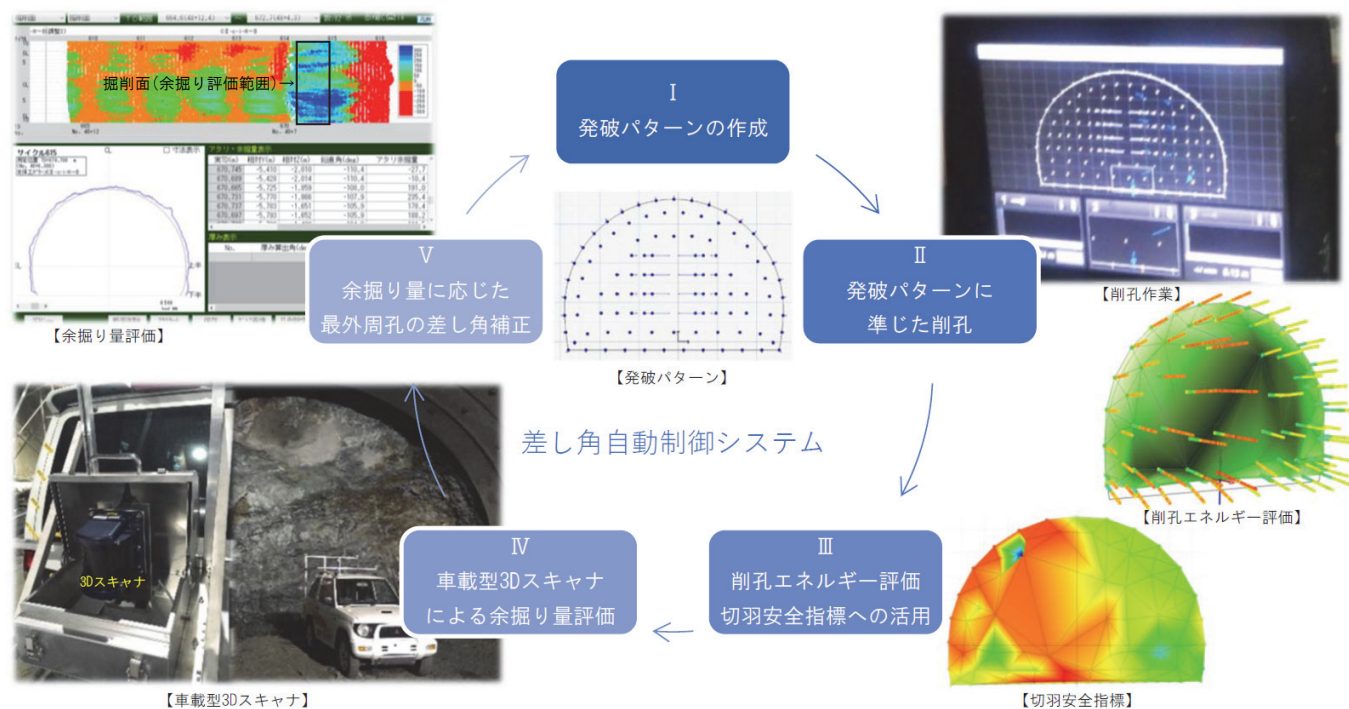


図-1 差し角自動制御システム

キーワード 差し角自動制御システム、発破パターン、コンピュータジャンボ、3D スキャナ、切羽安全指標
 連絡先 〒257-0031 神奈川県秦野市曾屋 841-3 TEL : 0463-73-6434

3. 余掘り量評価

図-2 に本システムの初期発破パターン（過去の経験と地山強度から判断して設定した発破パターン）による掘削断面形状を示す。この掘削断面形状は、車載型 3D スキャナを用いて取得したデータである。すべてのデータは発破掘削後、ブレーカにて鏡および切羽周辺の浮き石除去を行った後、切羽肌落ち災害の危険性のないことを十分確認した上で取得したデータである。

この掘削断面形状をみると、SL および右肩付近にあたりが発生しており、全体の半分程度でその傾向がみられた。また、天端から左肩にかけて大きな余掘りが発生し、最大で 427mm の余掘り量となった。

この結果から従来のコンピュータジャンボのようにあらかじめ決められた特定の発破パターンに対し正確に削孔するだけでは、地山の亀裂や強度の不均質の影響により余掘り／あたりを低減するには限界があると言える。

図-3 は、本システムのサイクルを 10 回適用した後の余掘り量を示している。評価の結果、最大余掘り量:251mm, 平均余掘り量:110mm となり、あたりがなくなったこと、および余掘り量が約 60%低減する結果を得ることができた。また、掘削断面形状をみると余掘りの凹凸は少なく、比較的平滑な掘削形状を形成できていることがわかる。

図-4 は、本システムの適用開始から 10 回システムを繰り返す過程で得た点群データである。余掘り量に応じて点群データに色付けした。図-2 にも示したように、システム導入当初は、大きな余掘りやあたりが発生しているが、本システムを繰り返し適用する中であたりがなくなり、かつ余掘り量が低減している過程が確認できる。

4. おわりに

本報告では、差し角自動制御システムの有効性を確認するために、凝灰岩～凝灰角礫岩が分布する高取山トンネル西工事で実証試験を行った。結果として、本システムを繰り返し適用することで、余掘り量の低減に貢献できるシステムであることを確認した。また、本システムは最外周孔の差し角を個別に制御できることから、掘削面の平滑化にも有効な技術であることを確認した。

今後は、同じ新東名新設工事の新東名高速道路川西工事（谷ヶ山トンネル）でも実証試験を行い、地質の違いによる差し角制御の有効性について検討を深める予定である。また、差し角制御角度と余掘り量の関連性についても切羽の三次元デジタルデータを蓄積することでより合理的な制御技術を構築する予定である。

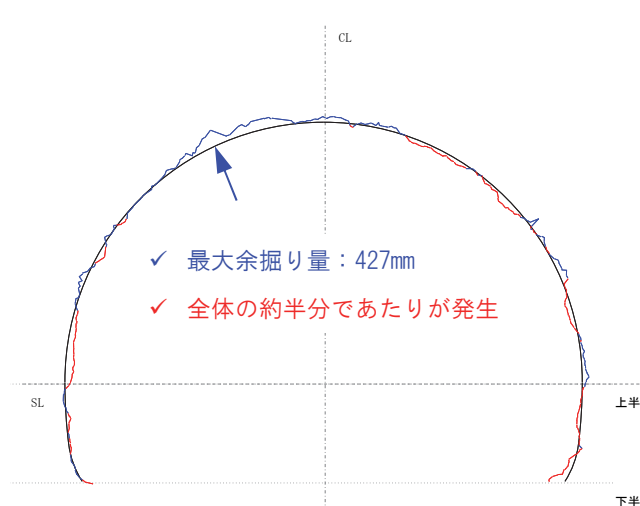


図-2 システム運用前の余掘り量 (TD385)

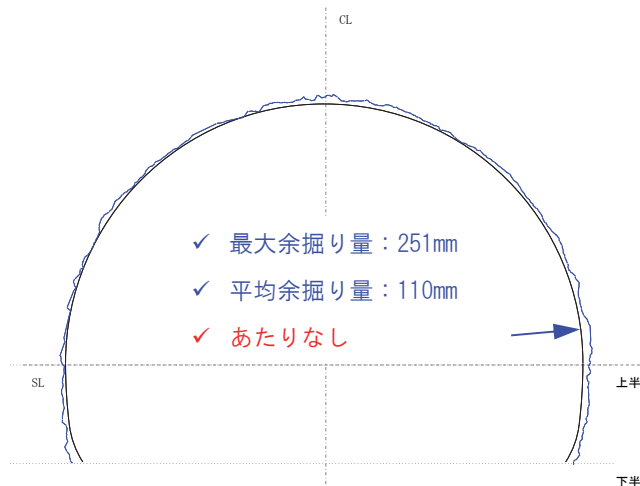


図-3 システム運用後の余掘り量 (TD420)

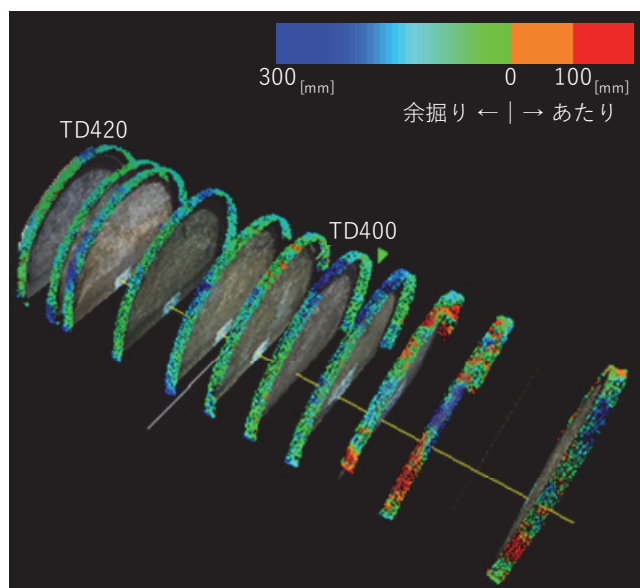


図-4 システム反復適用による余掘り量変化