

## 発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボの連携による生産性向上の取組み

安藤ハザマ 正会員 ○天童 涼太 正会員 日向 哲朗  
太田 学 中島 健太

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 羽生田 康雄 正会員 森 拓未

### 1. はじめに

山岳トンネルの施工は、いまだ多くの部分を熟練作業員の技能に依存している。また、近年は、少子高齢化に起因する熟練作業員の減少や新規入職者の不足といった問題も抱えており、これらの問題を解決するため、施工の自動化技術が強く望まれている。熟練作業員の技能に依存する代表的な作業として、切羽掘削における発破作業が挙げられる。発破掘削は、硬岩から中硬岩地山を対象としており、地山の変化に対して比較的容易に対応できるため、効率と経済性の面から山岳トンネルでは一般的な掘削方式となっている。

これまで、安藤ハザマ（以下、当社）は「切羽出来形取得システム」、「発破パターン作成プログラム」など発破作業の高度化を目的とする技術を開発してきた。このたび、当社施工の山岳トンネル工事に、開発した発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボを適用し、これらの技術を連携することで発破作業の生産性向上に向けて取組んでいる。本稿では、それぞれの技術概要と現場適用によって得られた効果を報告する。

### 2. 発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボ

#### 2.1 切羽出来形取得システム

図-1 に切羽出来形取得システムの概要を示す。切羽出来形取得システムは、3D スキャナを搭載した計測車両とトンネル坑内に設置したトータルステーションを連携させることで、発破後の切羽出来形を短時間かつ高精度に取得することができる。

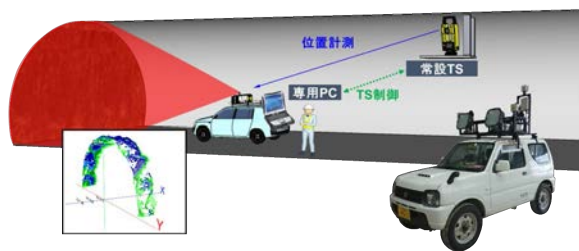


図-1 切羽出来形取得システム

#### 2.2 発破パターン作成プログラム

発破後の切羽出来形や装薬孔の穿孔位置など、過去の施工データを蓄積し、それらを分析することで当社独自の発破理論を構築した。発破パターン作成プログラムは、構築した発破理論にもとづき、トンネル断面、進行長および岩盤の硬軟に応じた発破パターンを自動で作成することができる。図-2 に発破パターン作成プログラムを示す。

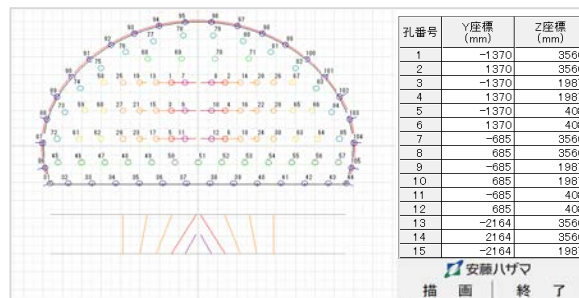


図-2 発破パターン作成プログラム

#### 2.3 全自動ドリルジャンボ

写真-1 に全自動ドリルジャンボを示す。全自動ドリルジャンボの機種は、古河ロックドリル社製の J32RX-Hi であり、発破パターンや穿孔順序などの情報を事前に登録しておくことで、穿孔作業を自動で行うことができる。これにより、従来はオペレータ 2~3 人で行っていた穿孔作業を 1 人で行うことが可能となる。また、全自動ドリルジャンボは、岩盤の変化に対して、フィード・回転・打撃といった穿孔作業における重要な 3 要素をより効率的・高精度に自動制御する機能を有している。



写真-1 全自動ドリルジャンボ (J32RX-Hi)

キーワード 山岳トンネル, 発破, 発破パターン, 全自動ドリルジャンボ, 自動化施工

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 榊安藤・間 TEL03-6234-3673

### 3. 後志トンネル（天神）他工事への適用

後志トンネル（天神）他工事に発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボを適用し、「穿孔作業の自動化による省人化」や「発破の最適化による余掘り量低減」といった生産性向上に向けて取り組んでいる。図-3 に後志トンネル（天神）他工事の概要を示す。

### 4. 現場適用によって得られた効果

#### 4.1 穿孔作業の自動化による省人化

従来の全自動ドリルジャンボの運用では、発破パターンの作成や登録など複雑な操作が多く、その機能を効果的に活用するためには、専門知識を有する専任のオペレータが必要だった。これに対し、発破の高度化技術の連携により、経験の浅い技術者でも発破パターンの作成、登録が可能となり、通常のトンネル作業員1名で全自動ドリルジャンボを操作する体制を構築した。後志トンネル（天神）他工事では、写真-2 に示すように1名で穿孔作業を行っている。

#### 4.2 発破の最適化による余掘り量低減

発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボの連携にあたっては、図-4 に示される発破の最適化サイクルを実践している。これにより、オペレータがドリルジャンボを直接操作する従来の施工方法に比べ、約40%の余掘り量低減効果が確認できている。

後志トンネル（天神）他工事では、鋼製支保工を設置しない支保パターンの施工も行っている。鋼製支保工を設置しない支保パターンにおいては、内空断面の仕上りの目安となる鋼製支保工がないため、掘削面を平滑に仕上げることが困難である。発破の高度化技術によって作成した発破パターンにもとづき、全自動ドリルジャンボを用いて正確に穿孔することで、写真-3 に示すように鋼製支保工を設置しない支保パターンにおいても掘削面を平滑に仕上げることができている。

### 5. おわりに

発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボの連携により、穿孔作業における省人化および余掘り量低減による生産性向上効果が確認できている。

今後、後志トンネル（天神）他工事では、長孔発破を行う硬岩地山区間の施工が想定されている。硬岩地山における長孔発破では、余掘り量を低減しつつ、岩盤を確実に破碎することが工事の生産性を確保する上での重要な課題であるため、発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボの連携を図ることにより、山岳トンネル工事の大幅な生産性向上を目指していく。



工事名：北海道新幹線、後志トンネル（天神）他  
発注者：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
北海道新幹線建設局  
施工者：安藤ハザマ・伊藤・堀口・泰進北海道新幹線、  
後志トンネル（天神）他特定建設工事共同企業体  
工期：2019年11月1日～2025年6月30日  
トンネル施工延長：4,460m 幅員：約10m 高さ：約8m

図-3 後志トンネル（天神）他工事の概要



写真-2 穿孔操作の状況

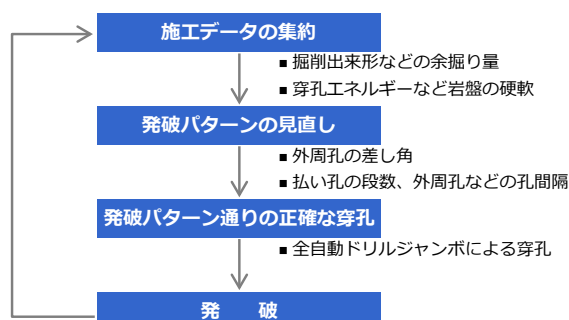


図-4 発破の最適化サイクル



写真-3 掘削面の平滑な仕上がり