

穿孔作業の集中管理による山岳トンネルの発破の高度化

安藤ハザマ 正会員 ○天童 涼太
 安藤ハザマ 正会員 谷口 翔
 安藤ハザマ 森田 亨
 安藤ハザマ 正会員 多宝 徹

1. はじめに

山岳トンネルの施工は、1980年代の NATM の普及により機械の高度化や大型化が進んだ。一方で、いまだに施工の多くの部分を熟練作業員の技能に頼っている現状があり、近年は、熟練作業員の減少や新規入職者の不足への対応が喫緊の課題となっている。

このような背景のもと、筆者らは、ICT により山岳トンネル工事の生産性を飛躍的に高める取組みとして、「山岳トンネル統合型掘削管理システム」の開発を推進している。その一環として、トンネル坑内に設置した中央制御室に施工データを集約し、穿孔作業を集中管理するシステムを構築した。本稿では、その技術概要について報告する。

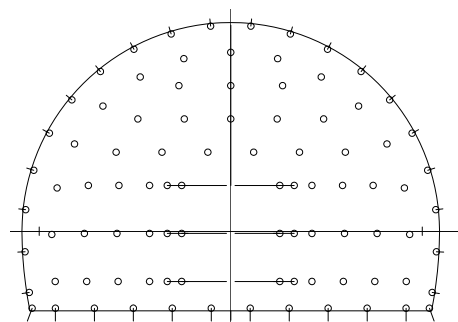


図-1 発破パターンの一例



写真-1 装薬孔の穿孔位置決め

2. 発破作業の現状

2.1 従来の発破作業

山岳トンネルの発破作業では、事前に発破パターン（装薬孔の位置や角度）を設定し、発破パターンをもとに穿孔作業を行う（図-1）。

効率的な発破を行うためには、以下の2つの技術が重要となる。

- ・ 定量的な根拠にもとづいた発破パターンを作成する技術
- ・ 発破パターンどおりに正確に穿孔する技術

しかし、これまでは、切羽面に穿孔位置を素早く測量する技術がなく、作業員の感覚に頼って穿孔作業が行われてきた（写真-1）。また、実際に穿孔した位置と掘削出来形の関係を定量的に評価する技術がなく、発破パターンの修正も作業員の経験や勘を頼りに行われてきた。

2.2 マシンガイダンス機の導入

近年、マシンガイダンス機能を有するドリルジャンボ（以後 MG ジャンボ）の導入が進んでいる。MG ジャンボの運転席には、マシンガイダンス画面が配置されており、オペレータはマシンガイダンス画面に表示された穿孔位置、穿孔角度、穿孔深さに一致するようにブームやガイドセルの操作を行うことで、発破パターンどおりの正確な穿孔作業を行うことができる（図-2）。

また、MG ジャンボは、実際に穿孔した装薬孔の位置データを記録する機能も有する。

そこで、装薬孔の穿孔位置データや切羽の掘削出来形データ等の施工データを集約し、発破パターンの見直しを行うための中央制御室をトンネル坑内に設置し、この中央制御室から穿孔作業を集中管理するシステムを構築した。

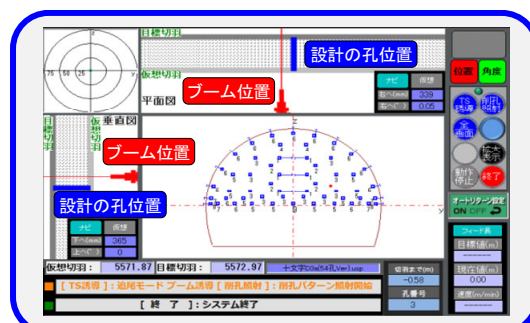


図-2 マシンガイダンス画面

キーワード 山岳トンネル、発破、遠隔化、マシンガイダンス

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

3. 発破作業の高度化

3.1 施工データの集約

MG ジャンボで取得した装薬孔の穿孔位置データと 3D レーザースキャナで取得した切羽の掘削出来形データを、トンネル坑内に設置した中央制御室に集約し、両者の関係を評価する。取得データを CIM に一元的に表示することで、穿孔数や爆薬量の変更検討を行い、定量的な根拠にもとづいて装薬孔の間隔や穿孔角度を算出することができる（図-3）。

3.2 発破パターンの作成

算出された装薬孔の間隔や穿孔角度を自社開発の発破パターン作成プログラムに入力することで、施工データを反映した修正発破パターンを自動で作成することができる（図-4）。

3.3 穿孔作業の遠隔化

MG ジャンボを改造し、中央制御室から MG ジャンボを遠隔で操作する仕組みを構築した。中央制御室と MG ジャンボを通信ケーブルで接続し、遠隔操作に必要な情報の通信を行う。オペレータは、中央制御室から、MG ジャンボに搭載したカメラ画像とマシンガイダンス情報をもとに遠隔で MG ジャンボを操作し、正確な穿孔作業を行う（図-5）。

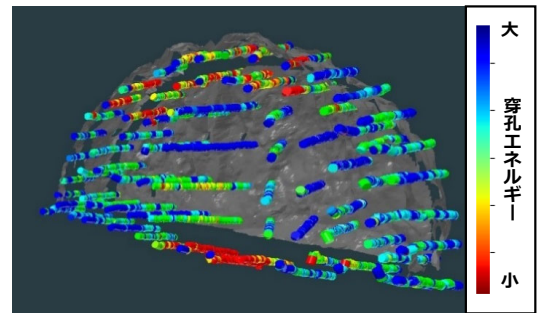


図-3 取得データの一元表示

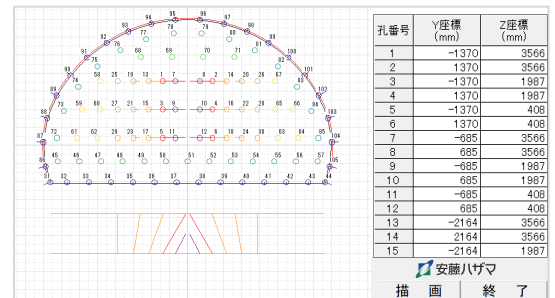


図-4 発破パターン作成プログラム

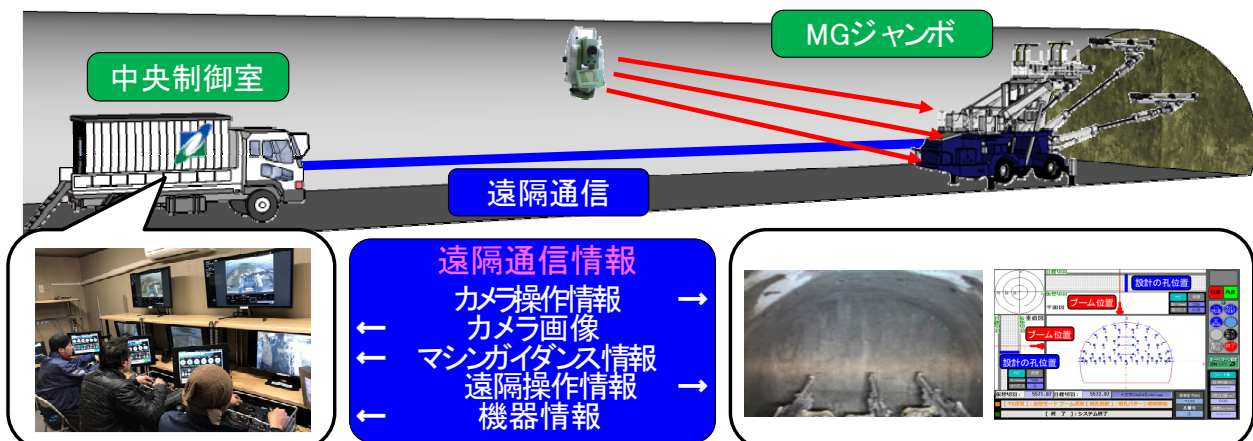


図-5 穿孔作業の遠隔化

3.4 発破の改善サイクル

施工データの集約から穿孔作業までの全ての作業を中央制御室内で集中管理し、発破の改善サイクルを繰り返していくことで、発破作業の効率を最大化する（図-6）。

4. 現場での活用

国土交通省中国地方整備局発注の玉島笠岡道路六条院トンネル工事で、本システムの運用を開始した。

当該トンネルは、トンネルの全線で硬質な花崗岩の出現が想定されている。本システムを用いて、発破作業を効率化することで、トンネル工事の生産性向上が期待される。

今後、長期的な運用を行い、実現場での効果の検証を行っていく。

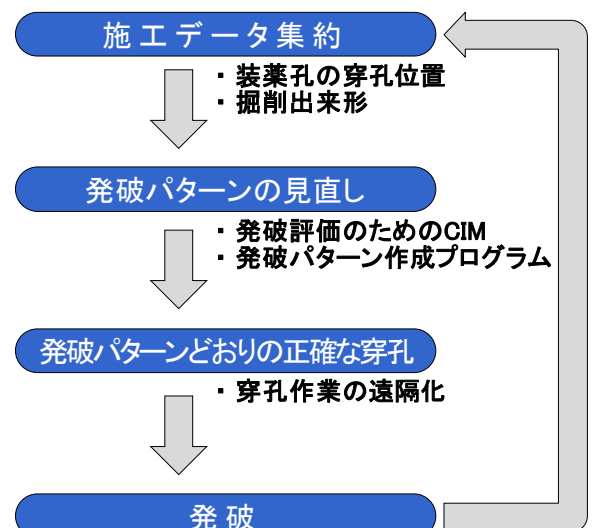


図-6 発破の改善サイクル