

小断面放水路トンネルにおける安全性・生産性向上を目的とした新技術の適用

鹿島建設(株) 正会員 藤井広志 女賀崇司 鮫島康之 ○菅原瑛 森本幸二 山本正人

1. はじめに

日下川新規放水路（呑口側）工事は、トンネル全長5,130mのうち2,850mを施工するものであり、長距離で断面積50m²と小断面のトンネルである。そのため、トンネル掘削における安全性および生産性の確保が課題であった。そこで、安全性と生産性向上を目的として、様々な新技術を適用したので、採用した代表的な技術の紹介と結果について報告する。

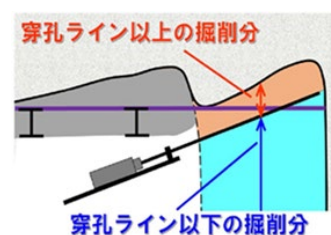
2. 安全性・生産性向上を目的とした技術

(1) 発破の「見える化」による生産性向上

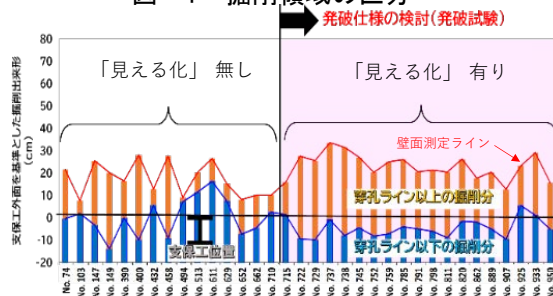
従来、発破は切羽作業員が経験的に発破孔の穿孔位置や装薬量を決定し、発破の結果である余掘りやあたりの状況を切羽作業員が感覚的に把握し、次の発破に反映していた。掘削断面積が小さな当トンネルで掘削を効率的に行うためには、正確な穿孔と発破の結果（余掘りやあたり）を「見える化」し、発破パターンの修正を繰り返すことが重要となる。これを実現するため、事前に入力した発破パターンに従って、正確な位置と角度の穿孔を自動で行うことができるフルオートコンピュータジャンボを導入した。また、発破の結果を正確に把握するため、車載型スキャナを導入した（写真－1）。車載型スキャナは、車体に取り付けたプリズムで位置と姿勢を自動で記録し、発破の結果（余掘りやあたり）の計測は、車内のタブレットPCの簡単なボタン操作だけでスキャニングから計測結果の可視化を容易に行うことができる¹⁾（図－1、2）。車載型スキャナには、切羽を照らすための照明も搭載しており、切羽観察を車内から行うことで、施工管理の安全性向上を図ることができた。また、コンピュータジャンボから収録される穿孔データから、トンネル周辺岩盤の破壊エネルギー係数分布を自動的に得られる3次元地質状況予測システムを導入した。図－3に破壊エネルギー係数分布の出力例を示す。このように、切羽の強度分布と発破の結果から、穿孔ピッチや火薬量、穿孔角度などの発破パターンの修正を繰り返しながら、余掘りの少ない効率的な発破を実現することができた。



写真－1 車載型スキャナ



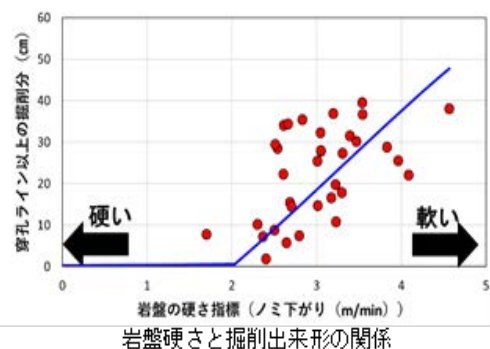
図－1 掘削領域の区分



図－2 掘削形状の壁面測定結果

(2) ロックボルト専用機による苦渋作業の排除と生産性向上

ロックボルトは、①穿孔、②モルタル注入、③ロックボルト挿入の手順で施工される。穿孔はジャンボで行うことができるが、モルタル注入とロックボルト挿入は切羽作業員の手作業となっており、肉体的に相当な苦渋を強いる作業となっている。また、高所のロックボルトはマンケージに搭乗した作業となっている。これらの苦渋作業の排除を目的として開発されたロックボルト専用機を導入した。ロックボルト専用機は、穿孔からロックボルト挿入までの一連の作業を1本のブームで可能としたもので、操作をオペレータ1名で行うことが可能である（写真－2）。



図－3 破壊エネルギー係数分布

キーワード 山岳トンネル, 生産性, 効率化, 発破, 安全, ロックボルト, 施工管理, 運行管理

連絡先 〒107-8477 東京都港区赤坂1-3-8 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL03-5544-1111

また、打設位置と角度をガイダンスするシステムを搭載しており、正確かつ短時間に打設することが可能である²⁾ (図-4)。これまで、手作業を伴うロックボルトの打設作業では、地山が脆弱な場合、孔崩れによってロックボルトの打設効率が著しく下がることもあるが、ロックボルト専用機では一定の施工速度を保つことができ、結果的に打設効率を1.3倍に向上することができた。

(3) 省力化ロックボルト引抜き試験機による施工管理の負担軽減

ロックボルトの施工管理として実施するロックボルト引抜き試験は油圧ジャッキが約30kgと重く、1人で実施する場合担当する職員にとって大きな負担となっていた。省力化ロックボルト引抜き試験機は、油圧ポンプを電動化することで軽量化(総重量13kg)とジャッキ作業の排除、変位量測定 of 自動化、無線による計測データの自動収録を可能とした³⁾。

試験状況を写真-3に示す。これにより、ロックボルト引抜き試験は従来約8分要していたが、1人で3分以内に実施できることが確認できた。

(4) 坑内外シームレス位置検知

長距離で小断面の当トンネルでは、車両の離合箇所を200m毎に設けたが、離合箇所以外での鉢合わせによるバック走行が避けられないことが想定された。そこで、坑外のずり仮置き場から坑内を走行する車両の位置を測位し、運転手が全ての車両の運行状況をリアルタイムに確認することができる坑内外シームレス位置検知システムを開発した⁴⁾ (図-5、6)。これにより、接触事故や出合頭の事故を防止することができるとともに、離合箇所を効果的に利用することが可能となり、結果的に車両の待機時間が10%削減し、掘削工事の生産性向上効果を確認できた。

3. おわりに

安全性、生産性向上への取組みとして開発、採用した新技術について概要と効果について報告した。建設業では入職者と熟練技能労働者の減少が進み、生産性向上は喫緊の課題である。この課題に対し、自動化や機械化、見える化などの新技術への期待は大きい。本工事では、本報告では紹介できなかったコンクリート全量検査システムやデータの共有化システム、WEBカメラを利用したシステムなど様々な新技術を導入し、工事の安全性と生産性の向上を図り、その有効性を確認できた。新技術は実際に現場に導入し、操作性や機能の改善を続けることと現場に定着させることが重要である。本工事における様々な新技術の採用実績が、今後の山岳トンネル工事におけるさらなる技術向上の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 第75回年次学術講演会；車載型スキャナとカメラによる発破評価および切羽評価の合理化
- 2) 2019年度機電技術発表会；大型機械導入による生産性向上への取り組み
- 3) 土木技術ニュース No. 3160；新型ロックボルト引抜き試験機の開発
- 4) 土木情報学シンポジウム講演集 vol. 45 2020；トンネル内外における車両位置検知システムの開発



写真-2 ロックボルト専用機

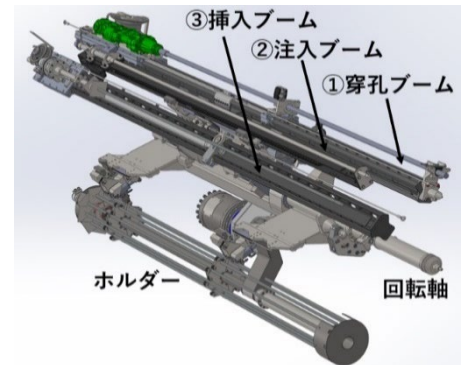


図-4 3機能一体ブーム



写真-3 省力化ロックボルト引抜き試験機

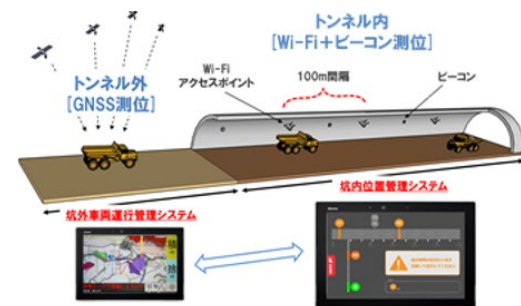


図-5 坑内外シームレス位置検知



図-6 運行状況の確認画面