

山岳トンネル掘削・支保施工における自動化機械導入の実績効果

前田建設工業株式会社 正会員 ○早坂 咲, 齋藤 幸成 非会員 坂下 誠, 藤本 祐樹
 KYB 株式会社 非会員 近藤 康徳, 岡野 優樹
 虎乃門建設機械株式会社 非会員 櫻井 弘毅
 Epiroc Japan KK 非会員 鈴木 亮如, 松崎 寛隆

1. はじめに

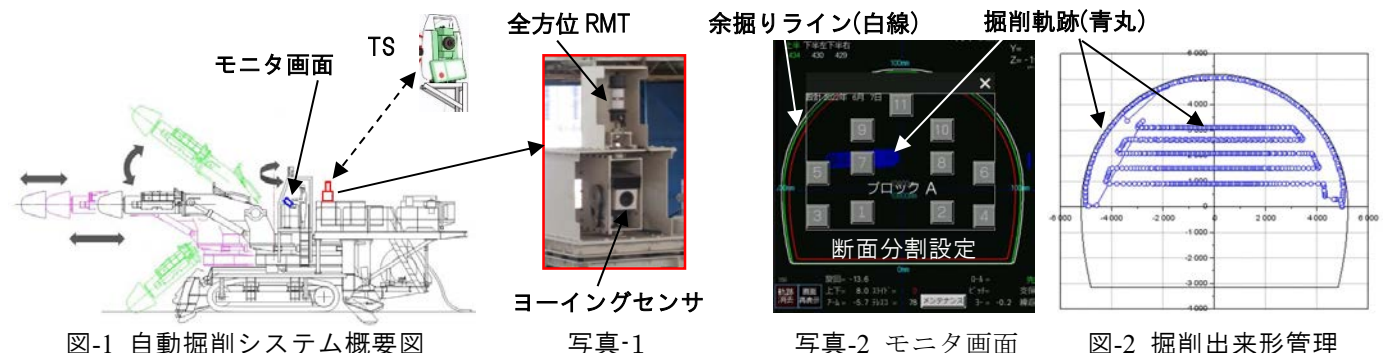
日本社会全体で少子高齢化が急速に進んでいるなか、建設業においても就業者数はピーク 685 万人(1997 年平均)から 485 万人(2021 年平均)まで約 30%減少しており、高い技術を持つ熟練技術者から次世代への技術継承に加え、ICT(情報化技術)の全面的な活用による生産性向上への取組が求められている。本稿では、現在整備中の北海道新幹線工事(新函館北斗・札幌間延長約 212km)における渡島トンネル(延長約 32.7km)のうち、南鶉工区(工事場所：北海道北斗市、施工者：前田・西武・協成・森川 JV)で導入した掘削・支保施工における自動化機械の技術概要を紹介するとともに、それに伴う安全性・生産性向上の実績効果について報告する。

2. トンネル自動化機械の技術概要と実績効果

当トンネルでは、本坑(延長 4,400m)に直交する斜坑(延長 1,200m)の施工完了後、以下の 2 種のトンネル機械を導入して掘削・支保施工における作業の自動化・省人化を試みている。各種機械はトンネル線形(座標)管理システムに連動し、切羽後方(50m~150m)に設置するトータルステーション(以下：TS)が、機械本体に搭載された各種センサーへの自動追尾計測により、常に自機の位置を自動修正・認識するとともに、設計の掘削箇所や支保位置との対比や誤差をモニターで確認しながらナビゲーション操作を進めることができる。

①自由断面掘削機：RH-250MB-SL(自動掘削システム搭載) [メーカー：KYB(株)] (以下：掘削機)

1) 自動掘削機の技術概要 自動掘削システムの概要図を図-1 に示す。自動追尾する TS により掘削機に搭載された全方位 RMT(ReMote Target: 遠隔測定ターゲット)(写真-1)を測距して機体の位置(座標)を算出するとともに、ヨーイングセンサ(写真-1)により設計断面に対するカッターヘッド位置をリアルタイムで自動制御し、一連の掘進を 1 ボタン操作で行う。掘削手法は、余掘り量(ライン)を設定して「円周掘削」し、断面を分割設定(最大 11 分割)して「面掘削」を行うとともに、地山強度の硬軟に応じて分割断面毎に繰り返し掘削を実施して所定の掘進長を確保する。掘進状況は機体運転席に搭載されたモニタ画面でリアルタイムに把握(写真-2)するとともに、関連データは現場事務所のパソコンに通信され、遠隔地からの掘削出来形管理(図-2)や掘削手法の設定変更も可能である。



キーワード 自動掘削システム, ロックボルト打設, 省人化, 安全性向上, 生産性向上

連絡先 〒060-8632 北海道札幌市中央区大通西 7-1-1 井門札幌パークフロントビル 8 階
 前田建設工業(株) 北海道支店 TEL 011-252-7320 FAX 011-252-7341

2) 実績効果 機械掘削における標準的な切羽作業では、オペのほかに高所作業車等を使用して掘削線のマーキングや掘進長の確認を切羽に立ち入って作業(作業員 2 名)するが、当機導入によって遠隔で高精度に掘進状況を確認できるため切羽肌落ち災害を防止して安全性が向上するとともに、余掘り(吹付コンクリート)量の低減(設計掘削線との差：最大+70mm)およびオペ 1 名によるワンボタン操作で掘削できるため生産性が向上した。

②ロックボルト打設機：Boltec EC [メーカー：Epiroc] (以下：打設機)(写真-3)

1) 打設機の技術概要 ロックボルト打設システムの概要図を図-3 に示す。自動追尾する TS により打設機に設置された 2 点のプリズムを測距して機体の位置(座標)を算出するとともに、事前に設定するトンネル線形およびロックボルト削孔パターン(削孔径、深度、周長ピッチ、角度、削孔順序)に従い機体運転席に搭載されたモニタ画面の削孔状況を確認しながらナビゲーション(ジョイスティック)操作(写真-4)を実施する。ロックボルトはボルト打設ユニット(写真-5)のボルトマガジンにセット(最大搭載 10 本、ボルト長 3.0m 又は 4.0m)して所定の深度まで削孔を完了した後、機体と一体化したセメントユニット(サイロ、ミキサー、スクリュー、圧送ポンプ、注入ホース)から孔内にモルタルを自動注入したのち、ロックボルトを孔内に自動挿入する。打設状況(削孔位置、モルタル注入量)は、施工管理ソフト「Underground Manager」を使用して機体のモニタ画面でリアルタイムに把握するとともに、関連データは現場事務所のパソコンに通信され、遠隔地からの施工管理(図-4)や打設手法の設定変更も可能である。



写真-3 Boltec EC 機体全景

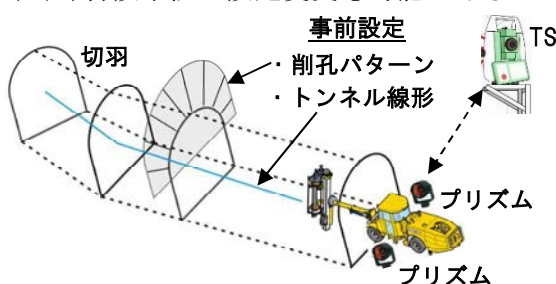


図-3 ロックボルト打設システム概要図



写真-6 セメントユニット



写真-4 モニタ画面



写真-5 ボルト打設ユニット

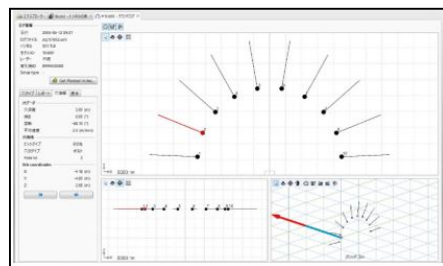


図-4 ロックボルト施工管理画面

2) 実績効果 標準的なロックボルト打設作業は作業員 5 名(削孔オペ：2 名，RB 挿入・モルタル注入：2 名，モルタル練り混ぜ：1 名)で実施するが、当機導入によって遠隔で高精度に打設状況を確認できるため切羽肌落ち災害を防止して安全性が向上するとともに、同軸一体構造のボルト打設ユニットにより 3 工程(削孔～モルタル注入～RB 挿入)を一連自動化できるため、作業員 2 名(ブーム操作オペ：1 名，モルタル練り混ぜ：1 名)での省人化および人力による RB 挿入等の苦渋作業が軽減され生産性が向上した。

4. まとめ

トンネル自動化機械の導入により、切羽作業での安全性が向上したとともに、省人化による生産性の向上が図れた。今後の課題として、当トンネルは地山強度(硬軟)変化が多様なため、施工データから地山等級毎の最適な自動化設定を分析し、各作業サイクルを短縮することで更なる生産性の向上を目指す。最後に、本技術の開発・現場導入にご協力頂いた KYB(株)、虎乃門建設機械(株)、Epiroc Japan KK に感謝の意を表します。