鋼製支保工建込みロボットの開発

前田建設工業株式会社　正会員　○水谷 和彦，坂下 誠，亀田 剛志，尾崎 慎一郎，吉田 彩斗美
古河ロックドリル株式会社　能代 泰範，藤城 義信，重年 翼
マック株式会社　正会員　宮原 宏史，戴 昊

1．はじめに

切羽肌落ち災害は山岳トンネル特有の労働災害であり，統計上，鋼製支保工建込み作業中の被災事例が最も多いのが現状である[1)]．災害防止対策として，地山の緩み抑制（鏡吹付けや鏡ボルトなど）や岩石落下の予測（切羽監視人の配置や切羽押出計測など），防護対策（肌落ち防護マットなど）を複合的に実施し，災害発生確率を可能な限り下げる努力をしているが，抜本的な対策とは言い難いのが現状である．平成 28 年 12 月に厚生労働省より通達された「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」においては，機械化による事故防止対策が要望されており，そもそも切羽に作業員が立入ることがなければ被災することはない．そこで我々は，切羽に作業員が立ち入ること無く，山岳トンネル用鋼製支保工を設置可能な『鋼製支保工建込みロボット』を開発した．本報告では，開発した鋼製支保工建込みロボットの技術概要および機能について報告する．

2．現行の施工方法

現行の建込み方法としては，オペレーター1 名以外の作業員は切羽直下における作業となる（**図-1**）．特に，支保工脚部では鋼製支保工の位置合せ作業が必要となり，最も被災リスクの高い作業である（**図-2**）．

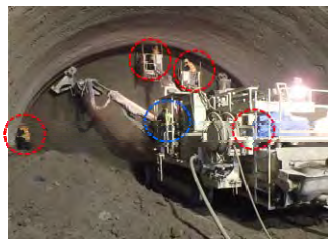

図-1 建込み状況

図-2　鋼製支保工脚部における位置合わせ状況

3．開発技術の概要

鋼製支保工建込みロボットの技術概念図（**図-3**）および全景写真（**写真-1**）を以下に示す．

図-3 鋼製支保工建込みロボット技術概念図

写真-1 鋼製支保工建込みロボット全景

キーワード　山岳トンネル，切羽肌落ち災害防止，生産性向上，鋼製支保工，ロボット
連絡先　〒102-8151　東京都千代田区富士見 2-10-2　前田建設工業㈱　土木事業本部　土木技術部　施工技術グループ　トンネル技術チーム　TEL 03-5276-5166　FAX 03-5276-5268

本技術は，鋼製支保工に装着した測量用プリズムや自動追尾型トータルステーションなどで構成された「支保工位置ナビゲーションシステム」と，鋼製支保工位置を微調整可能な「微調整機能付きエレクター」により，運転席からの操作のみで高精度な支保工建込みを実現する．また，ワンタッチ式クイックジョイントによる天端継手締結や支保工を把持しながらコンクリートを吹付けることにより，作業員の切羽立入を不要にする．支保工建込み作業における標準的な施工では，少なくともオペレーター1 名と切羽に立ち入る作業員２～３名必要となるが，本技術の導入により，オペレーター1 名のみでの機械作業となるため，省人化と施工サイクル短縮による生産性向上を実現するとともに，切羽肌落ち災害撲滅が期待できる．

４．新システムの機能

（１）支保工位置ナビゲーションシステム

給電すると自動的にナビ画面が起動するとともにマシン姿勢位置を自動計測する（**写真-2**）．マシン姿勢とブームセンサデータと合成計算し，エレクター位置をナビ画面でリアルタイムに把握できる（**写真-3**）．

写真-2 マシン姿勢測定機能

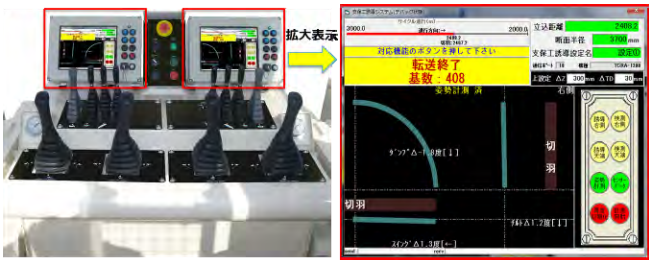

写真-3 運転席およびナビゲーション画面

（２）微調整機能付きエレクター

従来速度と微動速度とを切替え可能なスイッチを搭載し，支保工を把持したまま前後移動が可能な関節を設けた（**写真-4**）．また，エレクター位置を把握するため，各関節にブームセンサーを内蔵した（**図-4**）．

写真-4 クランプ部の水平スライド機能

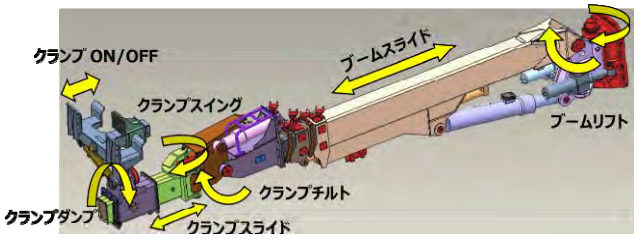

図-4 各関節のブームセンサー位置図

（３）ワンタッチ式建込用鋼製支保工

従来の作業員による天端ボルトナット締結を無くすことを目的に，エレクター操作のみで締結可能なクイックジョイント（**写真-5**）を鋼製支保工に事前に溶接設置した（**図-5**）．

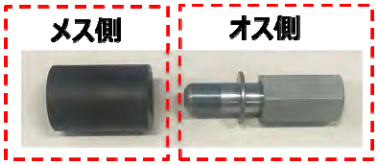

写真-5 クイックジョイント

図-5 天端締結の概念図

５．おわりに

本技術は，工場にて鋼製支保工建込み性能を確認し，現在は現場稼働中である．今後は技術検証を行いシステムの改善および更なる自動化技術への改良を推進する計画である．

参考文献

1）トンネル切羽からの肌落ちによる労働災害の調査分析と防止対策の提案, 2012, 労働安全衛生総合研究所