

## 山岳トンネルにおける鋼製支保工遠隔建込み技術の開発

株式会社大林組 正会員 ロボティクス生産本部 ○山下秀文, 生産技術本部トンネル技術部 藤岡大輔  
 マルマテクニカ株式会社 非会員 吉井隆伸  
 株式会社カトウ 非会員 加藤欣吾

### 1. はじめに

山岳トンネルにおける掘削作業は、穿孔（せんこう）・装薬・発破・ずり出し・吹付けコンクリート・支保工建込み・ロックボルト打設の一連のサイクルとなる。すべての作業において、専用の機械と複数の作業員が狭い作業環境の中で共存するうえ、特に支保工建込み作業では、切羽直下での作業となる。このような作業環境において、重機災害や肌落ち災害の危険性もあるため、切羽から作業員を遠ざけ、機械のみで遠隔操作をできるようにすることが課題である。

これら課題を解決するため支保工遠隔建込み技術「クイックテレクター™」を開発し、工場試験にて実用性の確認を行った結果を報告する。

### 2. クイックテレクターの概要

クイックテレクターは、既存のエレクター付き吹付機に後付することを前提に開発した。コンクリート吹付の遠隔化と併用することで、切羽直下に作業員が立ち入ることなく支保工の建込みが可能になる。

クイックテレクターは、専用のエレクターと、支保工を計画座標まで誘導するガイダンスシステム、天端の接続を遠隔で行うためのワンタッチジョイントから構成される。（図1）

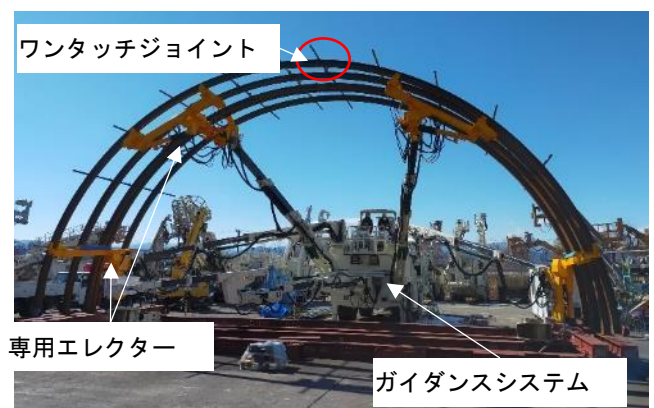


図1 全体構成

### 3. システム構成

#### 3. 1 専用エレクター

専用エレクターは上半支保工の上部を把持するメインエレクターと、脚部を把持するサブエレクターで構成している。

メインエレクター（図2）の特徴は、大断面トンネル（50～100 m<sup>2</sup>未満）の断面に対応し、片側600kgまで把持することが可能である。ブームの先端（図2A部）の突起部を既存支保工に押し付けることで、ブーム自体の振れを抑制可能であり、エレクターの可動部を増やしたことで、押し付け位置より先端の動きで接続や位置調整時の微調整を可能にした。

メインエレクターだけでは支保工のたわみにより、脚部の位置調整が困難である。そこで、既存のバスケット用ブームの先端に開発したサブエレクター（図3）を搭載した。

サブエレクターで脚部を把持することで、位置調整を可能にした。土平にサポートジャッキ（図3A部）を張ることで、ブームに掛かる荷重を軽減し、ブーム自体のたわみを抑制するとともに、コンクリート吹付時に発生する振動を抑制する。

また、サポートジャッキ及び位置調整用ジャッキを建込支保

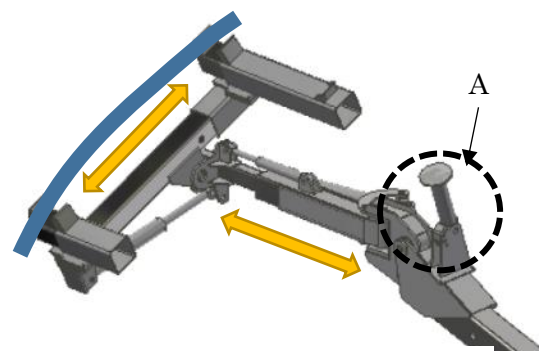


図2 メインエレクター拡大図

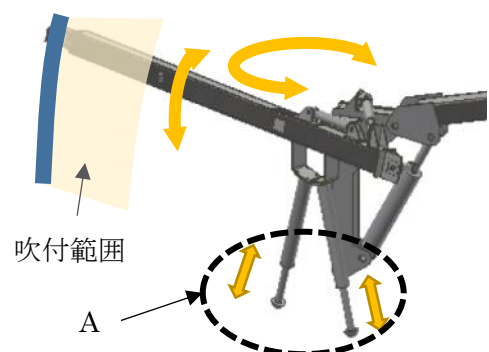


図3 サブエレクター拡大図

キーワード 山岳トンネル, 鋼製支保工, 遠隔化, 安全, 生産性向上

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B棟 大林組ロボティクス生産本部 TEL03-5769-7780

工から坑口側に離れた位置に設計することで、サブエレクターで把持した状態で、支保工脚部を吹付コンクリートで固められるようにした。

### 3. 2 ガイダンスシステム

ガイダンスシステム(図4)は吹付機本体に取り付けた赤外線4眼カメラ(A部)にて、支保工に取り付けた反射マーカ(B部)を撮影することで、測定対象を識別し、カメラの視差角から対象の座標を計測する。計画座標と現在位置を比較することで運転手に位置の案内を行う。誤差の許容範囲を設定することで、範囲内に入ったことを、画面内で表示することが可能である。また、支保工接続時の位置合わせにも使用する。

施工管理用の常設トータルステーションで吹付機の自己位置および角度を検出して、支保工の計画座標を絶対座標で表示をする。

### 3. 3 ワンタッチジョイント

ワンタッチジョイントは、支保工組立て時の円周方向の余彫りを軽減するため、左右の支保工を前後にスライドして接続する方法を基本に考えている。本試験で使用したワンタッチジョイントは、ピンを孔に差し込み、孔側に設置したボールプランジャーがピン側の溝にはまり固定する構造とした。ピン側先端と孔側入り口をテーパ状にすることで、ピンと孔のセンターが反れても挿入中に位置を合わせることが可能である。ワンタッチジョイントの強度は曲げ試験を実施し、従来型ボルト接手以上の強度であることを確認している。

## 4. 工場内試験

### 4. 1 サイクルタイム

工場試験では、支保工を把持した走行姿勢から、天端接続、計画位置まで移動するサイクルタイムを計測した。計画位置に対してガイダンスシステム上で前後 $\pm 40\text{mm}$ 、左右 $\pm 20\text{mm}$ 、上下 $\pm 20\text{mm}$ の範囲に収まるように位置を調整した。サイクルタイムの結果を表1に示す。作業開始から位置合わせ完了までの平均サイクルは8分47秒であった。標準の建込み時間(実績15分)と比較すると、建込み時間を41%短縮することができた。

### 4. 2 建込み誤差

建込み誤差はトータルステーションで計測した計画座標と建込み後の座標を比較し平均値を評価した。目標値と各部の建込み誤差を表2に示す。すべての座標軸において目標誤差内に収まることを確認した。

## 5. おわりに

工場試験では、サイクルタイム、建込み誤差ともに目標値以内となった。ただし、建込み誤差の検証は吹付機の位置を固定して試験しているため、今後吹付機の位置計測装置を導入する。現場の実施工に使用できるよう、各技術の改良と、実現場で実証試験を行う予定である。

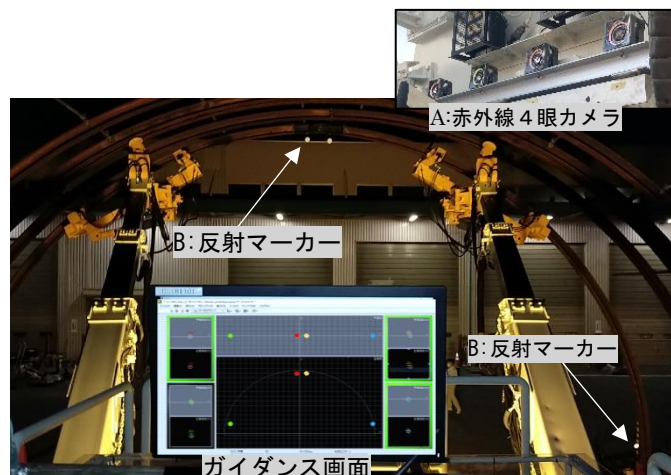


図4 ガイダンスシステム概要

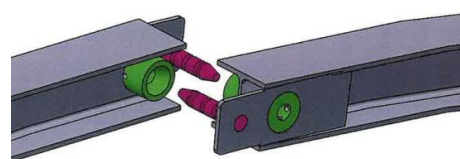


図5 ワンタッチジョイント概要

表1 サイクルタイム(分'秒)

	開始 ~接続完了	接続完了 ~調整完了	合計
平均	3'53"	4'54"	8'47"
最短	1'52"	3'34"	5'26"

表2 建込み誤差(平均)

	横断方向	進行方向	高さ
目標値*	$\pm 20\text{mm}$	$\pm 40\text{mm}$	$\pm 20\text{mm}$
天端2点	15.1mm	12.0mm	15.6mm
右脚部	20.0mm	8.3mm	18.8mm
左脚部	11.0mm	8.8mm	12.5mm

\*・・・山岳トンネル施工実績から許容できると判断できる平均誤差