

技術概要書（様式）

出展技術の分類	安全・防災 インフラDX 維持管理 環境 コスト 品質 （該当分類に○を付記）		
技術名称	全自動鋼製支保工建込ロボット	担当部署	土木技術部
NETIS登録番号		担当者	春田克樹
社名等	前田建設工業株式会社	電話番号	03-5276-5551
技術の概要	1. 技術開発の背景及び契機 山岳トンネル工事では、掘削最前線である切羽付近に岩盤が露出しており、肌落ちによる重篤災害の危険性が高い。特に鋼製支保工の建込み作業は、作業員が切羽直下に立ち入り、目視や定規を用いて位置合わせを行う必要があるため、安全面で大きな課題となっていた。厚生労働省による肌落ち災害防止対策ガイドラインの制定を背景に、施工会社には切羽立入り作業の遠隔化・機械化が求められている。また、建設業では人手不足や熟練技能者の減少が進行しており、従来のように熟練者の経験や感覚に依存した施工を継続することが難しくなっている。これまで支保工位置ナビゲーションシステムにより、切羽に立ち入らず建込み位置を可視化する取り組みが進められてきたが、微調整には依然として高度な操作技能が必要であった。そこで、技能者の経験に依存せず、安全かつ高精度に支保工を建て込むため、全自動鋼製支保工建込みロボットを開発した。		
	2. 技術の内容 全自動鋼製支保工建込みロボットは、支保工を把持した状態から設計位置へ建て込むまでの一連の動作を、ボタン操作により自動で行うシステムである。自動建込みシステムは、支保工位置追尾システム、高性能エレクタを自動制御するプログラム、自動建込み用鋼製支保工、自動建込み用操作画面、ミラー自動回収機構で構成される。支保工位置追尾システムでは、エレクタや支保工に設置したプリズムを自動追尾型トータルステーションで測定し、エレクタの機体中心座標や支保工の天端・足元の座標をリアルタイムに取得する。高性能エレクタにはセンサを搭載し、ブームの長さ、高さ、傾きなどを把握する。さらに、ワンタッチ式クイックジョイント、天端部の当て板、事前設置した金網、頭付きアンカーを備えた専用支保工を用いることで、切羽直下での締結、金網設置、転倒防止作業を不要としている。操作画面では設計位置と実測位置のずれを可視化し、自動建込みの進捗を確認できる。		
	3. 技術の効果 本技術の最大の効果は、鋼製支保工建込み作業における切羽立入り行為を排除し、肌落ち災害のリスクを低減できる点にある。従来は作業員が切羽直下で支保工の位置確認、天頂部の締結、金網設置、転倒防止用部材の施工などを行っていたが、本システムではこれらの作業を機械化・自動化することで、安全性の向上を図っている。また、支保工の設計位置と実測位置の差分を数値として可視化し、自動追尾型トータルステーションやエレクタのセンサ情報を活用して建込みを制御するため、熟練技能者の経験に頼らず、一定の精度で施工できる点も大きな効果である。さらに、ワンタッチ式クイックジョイントや事前設置金網、頭付きアンカーの採用により、切羽近傍での人力作業を削減できる。これにより、作業の安全性だけでなく、省人化、技能依存度の低減、施工品質の安定化にも寄与する技術である。		
	4. 技術の適用範囲 本技術は、山岳トンネル工事における鋼製支保工の建込み作業を対象として開発されたものである。特に、切羽直下での作業が多く、肌落ち災害の危険性が高い支保工建込み工程に適用することで、安全性向上の効果が期待できる。適用にあたっては、自動追尾型トータルステーションによる位置計測、センサを備えた高性能エレクタ、自動建込みに対応した専用鋼製支保工を組み合わせて使用する。専用支保工には、ワンタッチ式クイックジョイント、天端部のガイドプレート、事前設置金網、頭付きアンカーなどが採用されており、切羽に立ち入らずに建込み、締結、転倒防止を行うことを前提としている。資料では、切羽の掘削形状によって支保工等が地山に接触し、自動動作が停止する事象も確認されているため、地山形状への対応やアルゴリズム改良を進めることで、より幅広い山岳トンネル現場への適用拡大が期待される。		
	5. 活用実績 本技術は、2025年9月時点で4つの山岳トンネル現場に導入され、その効果が確認されている。各現場での検証結果として、すべての現場において切羽への立入り行為を排除した施工が実現可能であることが確認された。これにより、自動建込みシステムが山岳トンネルの支保工建込み作業において、安全性向上に有効であることが示されている。一方で、切羽の掘削形状によっては、支保工や機械部材が地山に接触し、自動動作が停止する事象も確認された。この課題に対して、現在は自動建込みシステムのアルゴリズム等を改良し、地山への接触を回避可能な自動建込みロボットの実証が進められている。今後は、さらなる生産性向上を目的として、支保工建込み作業時間の短縮にも取り組む計画である。		

6. 写真・図・表

(1) 支保工位置追尾システム



(3) 自動建込み用 鋼製支保工



(2) 高性能エレクタ

- ・微調整機能
- ・センサー（右図）



(4) 自動建込み用 操作画面



(5) ミラー自動回収機構

