

山岳トンネル工事におけるロックボルト遠隔打設専用機の開発

株式会社大林組 正会員 ○山本 信吾 非会員 森野 弘之
正会員 天野 悟 正会員 伊藤 哲 正会員 谷口 信博

1. はじめに

当社は、山岳トンネル掘削の安全性向上と省人化に関する一連システム「OTISM/Tunneling®（オーティズムトンネリング）」の構築に取り組んでいる。図1にその概念を示す。本報告では、トンネル工事におけるロックボルト打設作業に注目し、危険場所での苦渋作業から脱却することを目的とした開発について述べる。

2. 従来のロックボルト打設作業の課題

従来のロックボルト打設作業は、厳しい作業環境下で行われており、削孔騒音のなか作業用のバスケット上で安全帯やフルハーネスのフックを盛替えながら作業を進めている。そのうえ、トンネル湧水にさらされることもあり、新規入職者にとっては大きなハードルとなっていると言える。

また、長尺物のモルタルホースや重量物であるロックボルトを取り扱うことも、身体への負担が大きく、作業員の技量で施工スピードや品質が左右されるのが現状の課題である。切羽直下で作業しているため、切羽崩落のリスクに対して注意が必要だが、狭隘なエリアで削岩機のブームに接触しないよう動かす必要があり、トンネル側面近傍での作業が多いことから、ヒューマンエラーによる挟まれ災害もしばしば発生している。

3. ロックボルト遠隔打設専用機の概要と特長

上記の課題を解決するため、ロックボルト遠隔打設専用機「ロボルトス™」（以下、本打設機と記す）を開発した。図2のように本打設機は、ガイドセルにマガジンが搭載されており、把持機能付のハンドリングアーム、ドリルヘッドで構成されている。ガイドセル下部にスライドテーブルを備えており、奥行き方向の位置合わせが容易にできる構成とした。

本打設機の特長を以下に示す。

(1) 作業員の切羽への立ち入りを抑制

図3のように従来工法と比較して、本打設機は1つのブームで削孔・モルタル注入・ロックボルト挿入までの一連作業を遠隔で行うことが可能である。作業員が人力で行う作業はない。ガイドセルの操作も運転席で完結して行うことができるため、切羽に立ち入る作業を抑制し、危険リスクを排除した。

(2) 容易な操作性と機械化による品質確保

図4のように本打設機の操作は削孔作業から挿入作業までタブレットで行う。タブレットに表示された工程ボタンを押すと、表示された工程が進み、マガジンの回転や把持機構の開閉が自動制御される。これにより新規入職者でも熟練技能者と遜色ない施工品質とスピードで作業を進めることが可能である。モルタル注入についても地山に確実に付着するよう注入位置を制御し、過不足なく一定の品質を確保できる。



図1. 「OTISM/Tunneling®」の概念

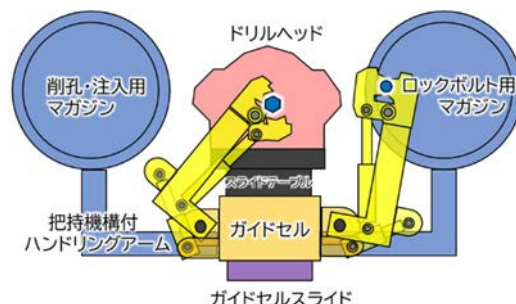


図2. ロックボルト遠隔打設専用機「ロボルトス」の概念

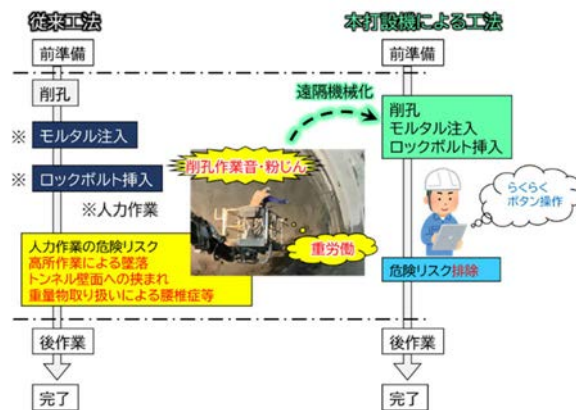


図3. 従来工法との比較



図4. タブレット操作画面

キーワード 山岳トンネル, ロックボルト, 遠隔操作, 安全性向上, 省力化, 品質確保

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2丁目15-2 品川インターシティB棟 株式会社大林組 TEL 03-5769-1111

(3) ロックボルト長の適用範囲

ロックボルトの長さは3m, 4m, 6mに適用可能で, ボルトの種類も各種条件を設定可能である。事前に設定しておくことで, 現場の突発的で緊急性の高い施工にも対応可能である。

左右のマガジンには削孔用スピードロッドと注入用ロッド, ロックボルトを搭載する。ロックボルトは2本のブームに最大20本分の収納が可能で, サイクルタイムの短縮を図る。

(4) 独自設計の削岩機構と機械構成

削岩機のドリルヘッドは, 図6のようなバックハンマー機構を有しており, ジャミング時の引抜作業を皿バネがアシストする機能を備えているため, 軟質な地質に向いている。

本打設機は削孔エネルギーの指標となる各種パラメーターを取得しており, 当社の構成技術であるノンコア削孔切羽前方探査システム¹⁾により, 即時に切羽の安定性や地山等級を評価できる。

本打設機はベースマシンに後付けして油圧機器や制御機器を搭載しているため, ベースマシンのメーカーによらず搭載することができる。

現場の用途に応じて, 補助工法専用ユニットの載せ替えることで, 通常ドリルジャンボを導入しなくても, 本打設機1台でロックボルト打設作業のほか, 前方探査や地下水対策など各種補助工法にも対応できるため, ドリルジャンボの導入コストを大幅に削減できる。

4. 長尺鋼管先受け工の施工機能を搭載

上記の一例として, 図7, 図8のような長尺鋼管先受け工法の遠隔打設装置 AGF-Sq ユニット²⁾を搭載させた。

これにより, AGF 専用の削岩機を必要とせず, 本打設機1台で遠隔操作による AGF 施工が可能となり, 切羽作業の安全性向上・省人化に貢献できる。

5. まとめ

- ・本打設機ではロックボルト工における切羽への作業員の立ち入りを抑制でき, 安全性が飛躍的に向上する。

- ・従来の5人から, 本打設機では左右ブームのオペレーター2人と, モルタルポンプの相番者の合計3人で行うことができ, 40%の省人化が図れる。

- ・本打設機ではオペレーターの運転技能に依存しないロックボルトの施工が可能となり, 熟練技能者不足に対処できる。

今後は, 本打設機から取得したデータを他の施工機械と連携させて削孔データや解析データの利活用促進を図る。また, 実証実験を重ね, モルタル注入の遠隔化による更なる省人化を図る。

参考文献

- 1) 山崎貴之ほか; 地すべり土塊を対象とした短尺・中尺ノンコア解析によるトンネル切羽前方探査, トンネル工学報告集第22巻, 2012
- 2) DSI ニッシンホームページ: AGF-Sq 工法カタログ, <http://www.dsi-n.com/products.html>

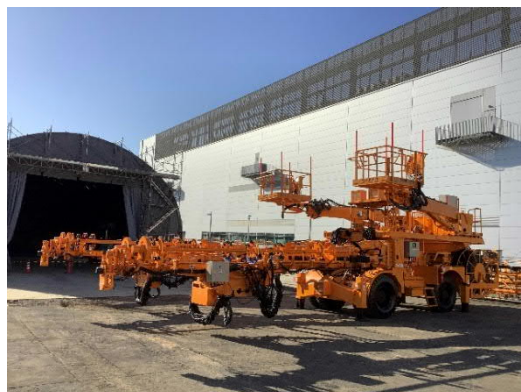


図5. ロックボルト遠隔打設専用機全景

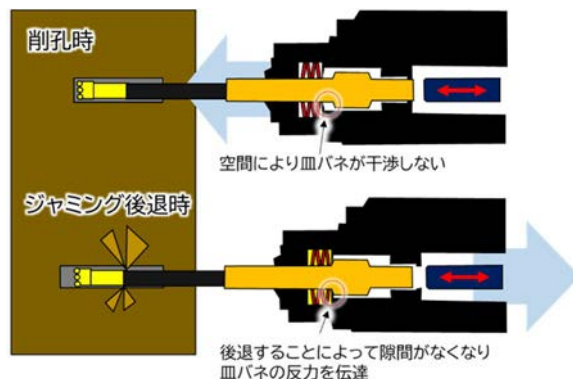


図6. バックハンマー機構

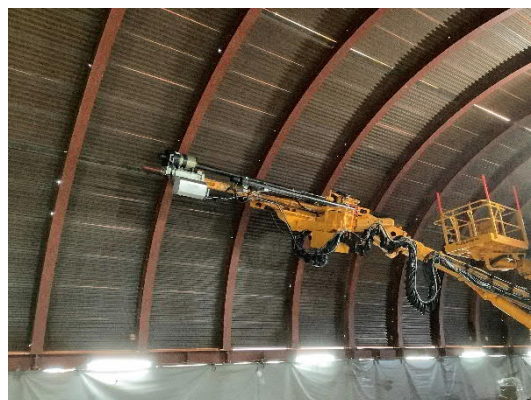


図7. AGF-Sq 遠隔打設専用機試験施工



図8. 鋼管同士を接続するスクイズユニット