

# 16. 新幹線断面における効率的な山岳トンネル構築への取り組み

株式会社 熊谷組

○ 米谷 裕樹  
荒木 章文

## 1. はじめに

北海道新幹線(新函館北斗・札幌間)は、延長約211kmのうち、トンネルは約80%を占める。また、長大トンネルが多く存在するため、工事は5km前後のトンネル延長で発注されている工区が多く、ずり搬出方式として連続ベルトコンベアシステムが採用されている。鉄道トンネルでは道路トンネルに比べて幅員が狭いため、連続ベルコンの設置について、各工区とも苦慮しているところであり、その配置は様々で、現在でもその配置計画は確立されていないのが現状である。効率の良いずりだし計画を各種リスクの整理とともに検討し、確立を目指していくことが重要な課題と考える。

また、厚生労働省による「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」が改正され、切羽への立ち入りを原則禁止とし、その対策として機械化を積極的に進めることが求められている。

上記をふまえ、当社受注工事において切羽作業の安全と工程を確実に確保するため、従来の新幹線トンネル工事になかった新たな試みをいくつか採用し、施工の効率化を図った。これまで導入した機械・システムごとの概要と期待される効果を報告する。

## 2. 施工効率化の工夫

### 2.1 4ブームジャンボの採用

オートリターン機能付き油圧ドリフタを4台装備した4ブームジャンボを導入した。(図-1)これにより1人で2ブーム分の削孔を並行しておこなうことができ、作業時間の短縮と作業効率の向上が可能となった。(図-2)

チャージングケージには折りたたみ式のヘッドガードを搭載することにより浮石などの落下物から作業員を保護し、ロックボルト打設時には作業の妨げにならないような工夫を施した。



図-1 4ブーム2バスケットジャンボ



図-2 削孔状況

### 2.2 4連装爆薬遠隔装填システムの導入

従来の手だめによる爆薬の装填作業は、切羽に長時間密着することが多い。そこで、最低1.5mの離隔をとった位置で安全に作業することを目的として、爆薬遠隔装填システムを導入した。さらに従来の2連装機2台を4連装1台に集約することにより、切羽での準備作業と片付けにかかる時間、労力を低減させた。(図-3)

爆薬遠隔装填システムは、①爆薬供給ホッパー②込物(アンコ)供給振動フィーダー③装填機④装填ホース⑤装填パイプで構成されている。作業時は装填孔に装填パイプを挿入し、遠隔操作により後方の爆薬遠隔装填システムから爆薬と込物を圧縮エアで搬送・充填する。(図-4,5)



図-3 4連装爆薬遠隔装填システム

本システムの導入により、十分に切羽から離れた位置で装薬作業をおこなうため安全性が向上した。(図-6)また、圧縮エアにより爆薬・込物が孔奥に密充填されるため、安定して純爆することにより効率的に掘削ができています。(図-7)

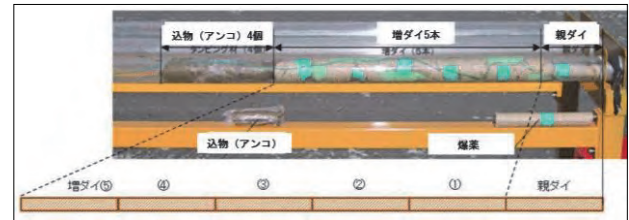


図-7 爆薬装填システムによる密充填状況

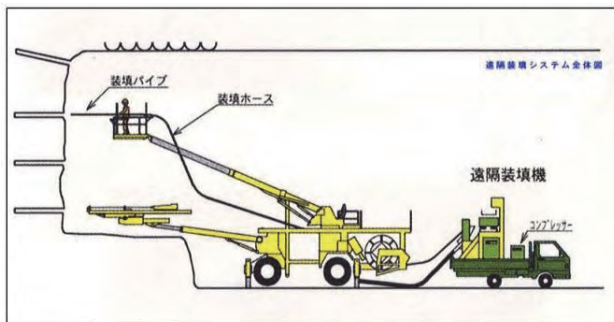


図-4 遠隔爆薬装填システム全体図

### 2.3 エレクタ搭載型吹付機の採用

エレクタ搭載型吹付機(最大吐出量 25m<sup>3</sup>/h)を採用し、1次吹付→支保工建込→2次吹付までのサイクルを機械の入れ替えなしに一連の作業でおこなうこととした。これにより切羽の安定性確保、狭い坑内で大型重機が離合することによる接触の危険性を低減させることができる。(図-8)

また、急結剤として液体急結剤に専用粉体助剤を混合するハイブリッド急結剤を導入し、低粉塵吹付けによる坑内環境改善に取り組んでいる。

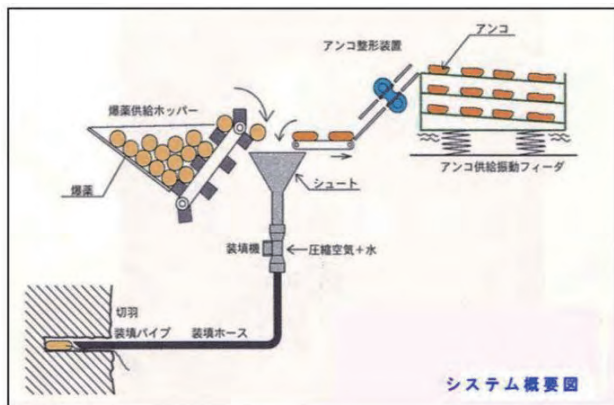


図-5 遠隔爆薬装填機システム概要図



図-8 エレクタ搭載型吹付機



図-6 装薬作業

### 2.4 吹付コンクリート遠隔操作試験施工

#### (1) 吹付コンクリート遠隔操作技術概要

吹付コンクリート工は掘削サイクルの中でも粉じん濃度が比較的高い場所での作業であり、坑内労働環境の改善は重要な課題である。加えて、切羽での作業中は落盤・土砂崩壊災害などに被災する可能性が高い。「坑内労働環境の改善」と「安全性の向上」を図ることを目的として、作業員が切羽から離れた安全でクリーンな環境下でコンクリートの吹付け作業を行うことができる、吹付コンクリート遠隔操作システムの試験施工を開始した。

吹付機に取り付けた3台のモニターカメラから

の映像と吹付機の操作信号を切羽から約 100m 後方に設置した操作室まで送信し、作業員がその映像を確認しながら吹付機を遠隔で操作して吹付コンクリートを施工する。(図-9,10)

吹付機左右のエレクタブームに取付けた2台のモニターカメラが従来吹付け作業における作業員の視覚を補完し、キャビン上方に取付けた1台のモニターカメラで吹付け箇所全体を俯瞰しながら、作業員は吹付け状況を確認する。(図-11)モニターカメラのレンズ表面にはエアバリアを形成し、吹付け粉じんの付着による視界悪化を抑制する。

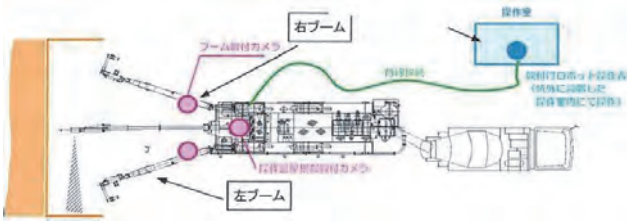


図-9 遠隔吹付概要

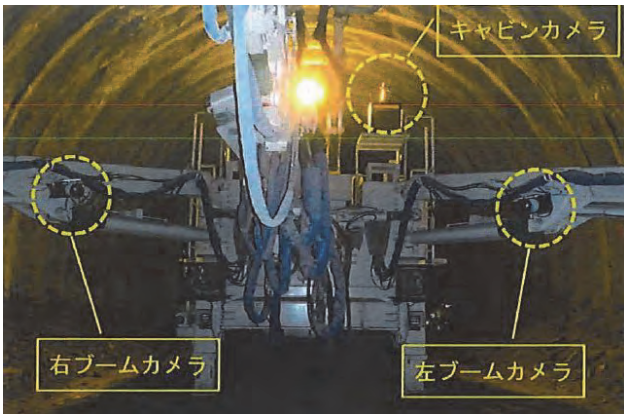


図-10 遠隔操作カメラ位置

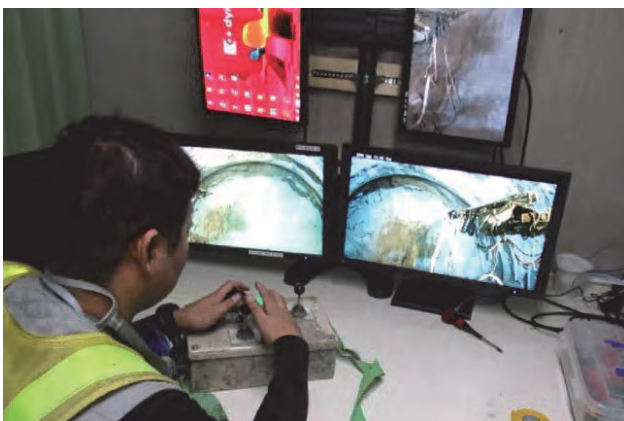


図-11 遠隔操作による吹付状況

## (2)今後の改良

現在、試験施工を継続しているところではあるが、奥行きが表現しにくいモニター映像からの情報のみで吹付け作業を完了させるには作業員の能

力によるところが大きく、導入時には一定の訓練が必要となる。今後は作業員に対する事前のノズルトレーニングカリキュラムの構築に加え、映像情報の最適化、操作系システムの正確性向上を継続しておこなうことで実用化に向けた開発を進める。

## 2.4 大容量バッチャープラントの採用

掘削サイクルを効率的に進めるため、混合能力に優れるシャフトレスミキサーを実装する大容量バッチャープラントを導入した。掘削中の吹付コンクリートと防水工 (FILM 工法) の 1:3 モルタルの製造が重複する場面が発生しているが、待ち時間を短縮できるため進捗に貢献するとともにコンクリートの品質確保にも役立っている。

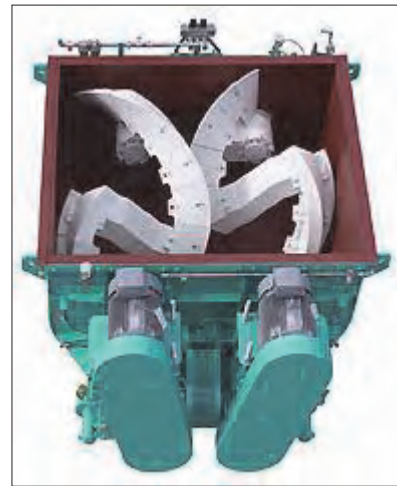


図-12 シャフトレスミキサー

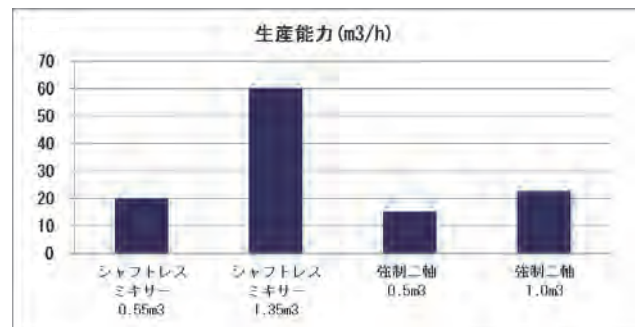


図-13 ミキサー形状の違いによる生産能力比較

## 2.5 テールピース台車の改善

連続延伸ベルコンは一般的に GL から+2m 程度の高さで延伸される。この場合、新幹線断面ではベルコンが支障するため、ターンテーブルを使用してもトラックミキサー車やダンプトラックが転回できない。また、インバート施工の際もベルコンが支障となり施工区間でベルト高を上げるなど事前の段取り替え作業が必要となる。(図-14) この

問題に対する従来の対策は、テールピース台車後方にベルコン位置を上げるための台車（カタナリー台車）を設置する等があったが、当現場ではカタナリー機能を持ったテールピース台車を新規開発し採用した。この設備によりベルコン延伸時には坑内ベルト高（GL+5,100mm）の確保が可能であり、後方の FILM 台車、スライドセントル、養生台車のベルト通過を同様の高さで計画している。



図-14 インパート施工部

## 2.6 ずりだし方式の改善

掘削により発生したずりは通常のベルコン方式の場合、切羽後方 70～80m に設置したクラッシャーにホイールローダでずりを投入し、テールピース台車を介して連続延伸ベルコンにより坑外へ搬出する。

ずり出しサイクルの短縮にはクラッシャーの大容量化が考えられるが、幅員の狭い新幹線断面のトンネル坑内に設置するには限界がある。よって切羽から早期にずりを搬出するため、切羽後方約 200m に設置したずり坑内仮置きヤードまで 25t 重ダンプにより運搬し、その後方に設置したクラッシャーに専属のホイールローダで投入する方法を採用した。

標準工法と比較すると 25t 重ダンプ 2 台とホイールローダ 1 台が必要となるが、吹付作業中でも切羽での作業に関係なく後方でずり搬出作業をおこなうことができ、確実なサイクル短縮が可能である。（図-15）

## 2.7 設備台車の採用

切羽後方約 150m の位置に設備台車を設置する。設備台車上には、電源設備（坑内用乾式トランス、高圧ケーブルリール、クラッシャー・テールピース台車電源用低圧ケーブルリール）、集塵機（2,400m<sup>3</sup>/min）、コンプレッサー（75kW×2 台）を搭載した。設備台車として坑内設備を集約したことにより、坑内切羽付近の駐機場所の確保と段取り替え作業が容易となった。



図-16 設備台車

## 3. まとめ

今回開発、導入された設備や方式は幅員の狭い新幹線断面トンネルでの施工を前提としたものだが、道路トンネルを含む多くの山岳トンネル現場で転用可能な技術と考える。継続して効果確認を行うとともに実績の蓄積とさらなる改良に努めたい。

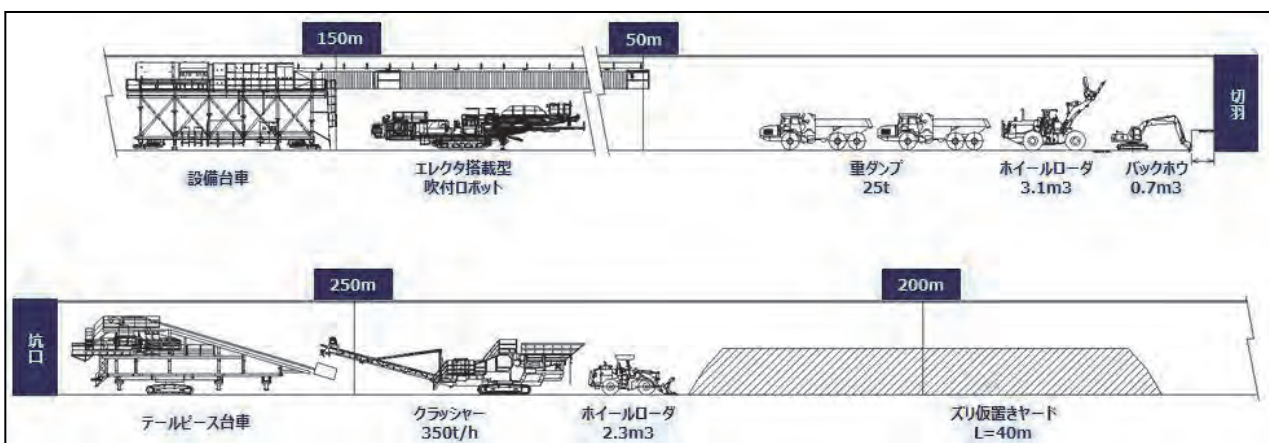


図-15 ずりだし時坑内配置図