

鉄道トンネルにおける4 m 級ロックボルト打設の導入課題とその対策

西日本旅客鉄道株式会社	正会員	○ 佐野 力
西日本旅客鉄道株式会社		田中幸生
清水建設株式会社	正会員	西名伸博

1. はじめに

ロックボルト施工については、トンネルの変状対策として地山の強度低下を防ぎ、塑性圧および偏圧等による抑制ならびに覆工コンクリート片の剥落防止に効果的である。ロックボルトにより施工されたトンネルは、地震時においてもその力学的安定が確保される。試験施工としてロックボルト補強を実施したトンネルは、およそ80 m²の断面積（上半断面4.8 m、高さ約4 mの下半断面）を有する。NATM工法では80 m²程度の断面積が確保されていれば、ロックボルト打設用ドリルジャンボの導入が可能であり、複数のリーダーを自在に旋回させることでロックボルトが打設可能である。しかしながら、操業中の鉄道トンネルにおけるロックボルト工の適用では、建築限界やトロリー線などの電気設備、短い作業時間、限られた空間内での施工などの制約を解決する必要がある。本報告では、ロックボルト工に関する従来工法の問題点を指摘するとともに、開発したロックボルト専用機を用いた施工（写真・1）（断面積80 m²のトンネル）から得られた知見について考察する。

2. 従来工法の問題点および新工法の開発経緯

従来、2時間程度の施工時間におけるロックボルトの施工は、2 mのボルト長のものを小型のロータリーパーカッションで30分以上の時間を労費しながら、1本穿孔するのが限界であった。当該箇所について鉄道総合技術研究所の指導では、4 mのロックボルトを打設することが明示された。例えば4 mのロックボルトを130本打設（今回計画）する場合、1日1本（2m）さらに4 mであれば2 mで継ぐ換算をすると、従来工法では260日を要することになり、他のメンテナンスに影響を与え、設備管理が困難となる。よって、鉄道総合研究所の指導は、従来工法の抜本的な見直しを迫るものであると言える。そこで、実施した試験施工（新工法）においては、既存のドリルジャンボの使用ではあるが、3 m打設するために要する時間が僅か1分程度であった。しかしながら、トロ（運搬用台車）に載せた場合、リーダー位置が高いため設備に支障を来し、水平方向にしか穿孔できない。すなわち、既存のドリルジャンボによる施工では無理と判断し、これらを満足する機械の開発を進めることに至った。ここで、ロックボルト専用機の開発において重要な点を整理すると、速度と空間、および施工性の向上である。

3. 開発実績

ロックボルト専用機の開発については、性能とコストの兼ね合いは重要である。現トンネルでは、既存のリーダーを利用した場合、ボルト長が3 mに抑制され、施工時間もまた、ロックボルト専用機の開発において解決しなければならない要素となる。施工時間に対して、定着に伴う注入作業の施工性から自穿孔ボルトを用いることにしたが、同ボルトの使用では地山硬度が問題となり、当該箇所は花崗岩を多く含むことで、中硬岩を強度の限度とする同ボルトの採用に対して事前の地質確認が必要となる。一方、穿孔速度の問題に対して開発する機械は、事前に実施した試験施工の穿孔状況から、同種のドリルジャンボを採用した。なお、トロについては、ドリルジャンボ本体のみを分解・分割配置（図-1）し、さらに、限界支障回避のためリーダー取付け位置を下げた。これにより、アーチ部へのロックボルト打設が可能となった（図-2）。図-3は、開発したロックボルト専用機の全体構成を示す。また4 m穿孔の場合、試験施工により、当該箇所において1日あたり4本が可能（ロッド交換を含む）であった実績に基づき、施工方法を検討した。工程における、穿孔、ボルト取付、充填材の注入、定着器具取付といった1サイクルの施工を繰り返し行うのではなく、これらの工程分割化を採用した。なお、施工時間から割り出されたデータから、充填材の注入は、1日20本が可能であり、その後、3日間の養生が必要である。これらの実績を

キーワード：ロックボルト補強工、穿孔速度、作業空間の確保

連絡先：〒673-0016 明石市松ノ内2丁目3-8 西日本旅客鉄道株式会社 神戸支社 神戸土木技術センター

TEL：078-928-0688

パターン化すれば、6 日間の連続穿孔の後、注入を 1 日実施することが効率的施工となる。この検討を採用することにより、当該箇所の日あたりの施工本数は、3 本となる。

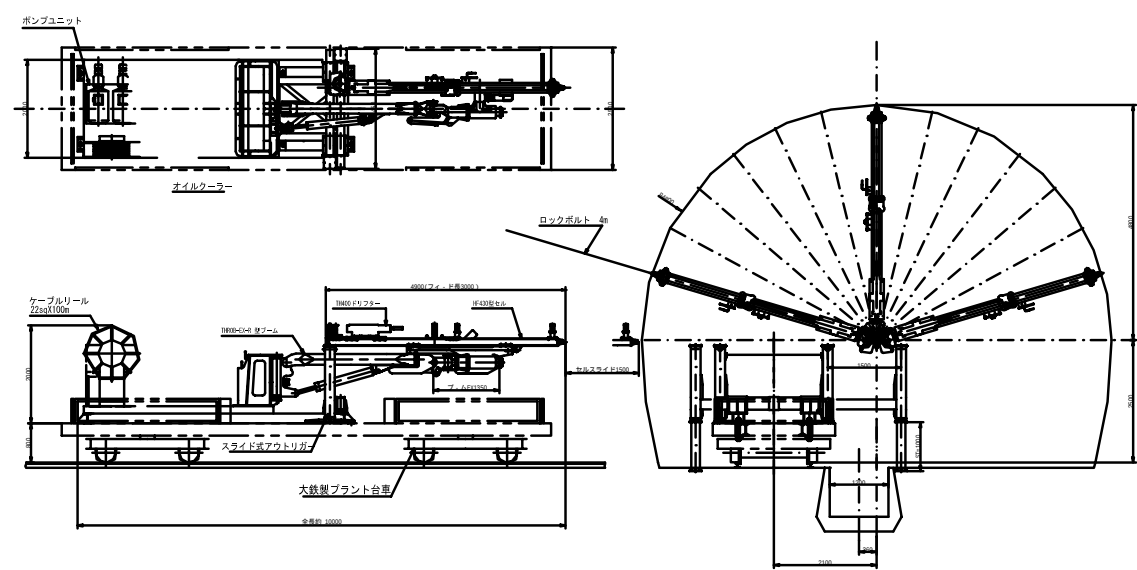


図-1 ロックボルト専用機（配置図）

図-2 リーダー打設範囲

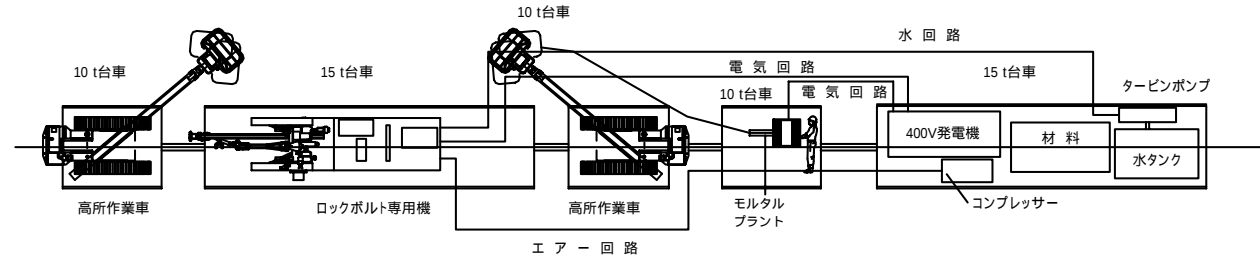


図-3 完成した全体編成図

表-1 従来工法との比較

比較項目	従来	今回
ロックボルト長	2m	4m
穿孔時間(ロッド 更換含む)	30 分	10 分
1 日あたり打設本数	1 本	3 本
1 日あたり単価	1	1.5
1 本あたり単価	1	0.5



写真-1 ジャンボ専用機使用状況

4. まとめ

表-1 は、開発したロックボルト専用機を用いた試験施工の実績と従来工法との比較を示している。試験施工では、穿孔時間および注入作業に対して大幅な効率化が望めたことにより、1 本あたりの単価を 50%低減することができた。ここで、試験施工で明らかにされたロックボルト専用機による高効率化は、鉄道工事におけるリモートセンシング技術も大きく貢献しているものと考えている。