

爆薬機械装填工法適用による安全性向上について

ハザマ 正会員 ○河邊 信之 フェロー会員 鈴木 雅行
首都大学東京 正会員 西村 和夫

1. はじめに

山岳工法のトンネル発破掘削において、一般的な爆薬装填はダイナマイト、含水爆薬等の薬包を人力で装填する方法である。この爆薬装填は切羽鏡面に密着した作業となるため、切羽鏡面からの落石等に対して危険を伴うこととなる。装薬作業の安全対策として、1990年代に薬包状の爆薬を機械で装填する方法の研究やANFO爆薬の機械装填が国内の山岳工法のトンネル掘削にも適用されてきた。2004年3月の火薬類取締法の改正によりエマルジョン爆薬の機械装填についての法体系が整備されたことから、最近では爆薬機械装填工法の適用事例が増えている¹⁾。爆薬機械装填工法は装填ホースを装薬孔に挿入し、圧縮空気爆薬を機械的に装填する工法であり、人力装填に比べ切羽鏡面から離れて作業することが可能となることから、切羽面からの落石等に対する安全性が向上する可能性がある。今回、異なる2種類の爆薬機械装填工法を2箇所の現場で適用し、従来の薬包を人力装填する方法と比較し、切羽鏡面における落石に対する安全性を定量的に評価した。

2. 適用した爆薬機械装填工法の概要

国内の爆薬機械装填工法は主にエマルジョン爆薬等を粒状、あるいは膠質状にし、圧縮空気により装填する方法と、薬包形状の爆薬を圧縮空気により装填する方法に分けられる。今回は、各々代表的な1工法を選定し、実際のトンネル現場で適用した。

(1) 粒状エマルジョン爆薬装填システム

本システムは、エマルジョン爆薬を粒状にしたものを、圧縮空気を用いて装填タンクからホースを通じて、装薬孔に装填する。親ダイは従来の薬包の含水爆薬に非電気式導火管付き雷管を取り付け使用する。親ダイの各孔への配置については切羽鏡面に密着した作業となるが、配置された親ダイを孔奥に押込む作業や増しダイの粒状エマルジョン爆薬の装填は、切羽鏡面から離れた位置での作業が可能である。この爆薬装填システムを、頁岩を主体とする道路2車線トンネル（Aトンネル）の地山分類DⅠ～CⅠを対象に適用した。



写真-1 粒状エマルジョン爆薬装填機械と装填状況

(2) 爆薬遠隔装填システム

本システムは圧縮空気を用いて100gの薬包状のエマルジョン爆薬を、爆薬装填ホースを通じて装薬孔に装填する。親ダイは従来の薬包の含水爆薬に電気雷管を取り付け使用する。親ダイの各孔への配置にあたっては切羽鏡面に密着しての作業となるが、その他の装填作業については切羽鏡面から離れた位置からの作業が可能である。この爆薬装填システムを、泥岩を主体とする道路2車線トンネル（Bトンネル）の地山分類CⅡを対象に適用した。



写真-2 爆薬遠隔装填システム装填機内部と装填状況

キーワード 山岳トンネル、発破方式、爆薬機械装填工法、安全性

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 ハザマ土木事業本部技術部 TEL 03-3588-5772

3. 安全性の評価方法

爆薬装填中の落石災害は、主に切羽鏡面上部からの落石等が、切羽鏡面直下で装填中の作業員にあたり被災することが多いため、切羽鏡面に密着した作業時間と密接な関係があると考えられる。したがって、爆薬装填作業全体の作業時間、および爆薬装填作業全体に占める切羽鏡面に密着している作業時間の割合（以下、切羽密着率と称する）を指標に、同条件で実施した人力装填する方法と比較することで評価した。ここで、今回切羽鏡面に密着している作業時間は切羽鏡面から 1m 以内で作業する時間と定義し、作業員 1 名に対して測定者 1 名を配置し、切羽から 1m 以内に接近した間の作業時間を詳細に測定した。

4. 安全性評価に対する実験結果

図-1 に爆薬装填工法別の装填作業時間の比較、図-2 に爆薬装填工法別の切羽密着率の比較を示した。実施した 2 箇所のトンネルとも切羽先端における爆薬装填作業は 5 名で実施している。装填作業にあたって 5 名の役割分担が異なるため、5 名の平均値を粒状エマルジョン爆薬装填システムについては 3 回、爆薬遠隔装填システムについては 8 回の測定データを示した。

図-1 から装填作業時間は従来的人力で装填する方法と比べ同程度であるが、図-2 から従来的人力装填方法の切羽密着率が 68%前後であるのに対して、爆薬機械装填工法は 30%前後であり、切羽密着率が半分以下となっていることがわかる。したがって、切羽に密着している作業時間が爆薬機械装填工法を採用することにより大幅に減少し、落石災害に対する安全性が大幅に向上していることが確認できた。また、今回異なる 2 種類の爆薬機械装填工法を採用したが、切羽密着率については同程度の効果が確認された。

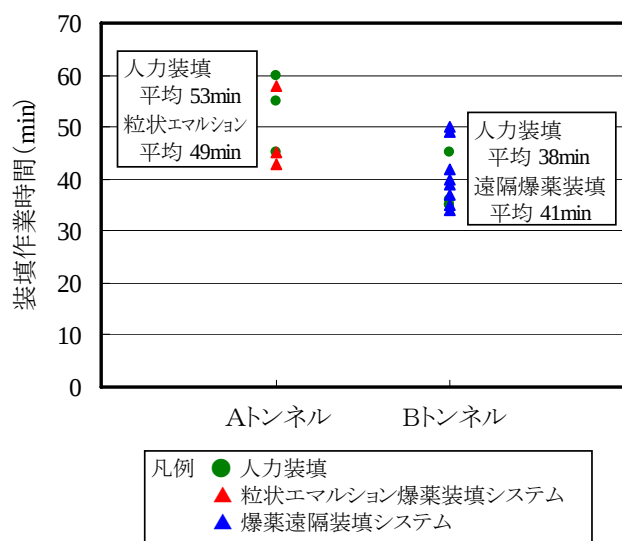


図-1 装填作業時間の比較

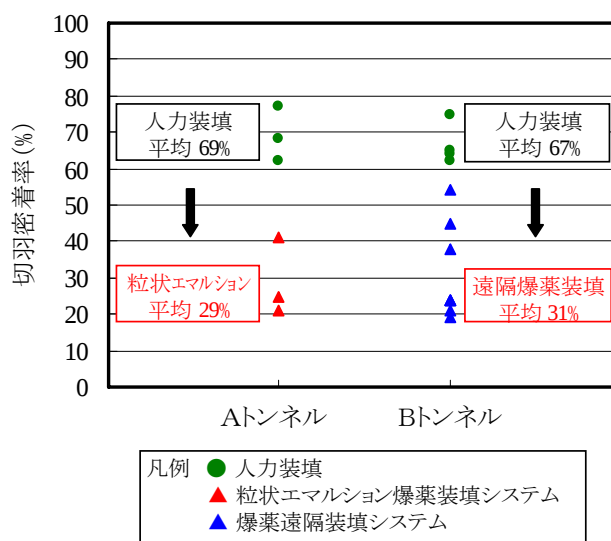


図-2 切羽密着率の比較

5. まとめ

本研究では爆薬機械装填工法の安全性向上について、切羽装填作業時間と切羽密着率を指標に評価し、特に切羽密着率が通常的人力装填と比べ大幅に減少し、切羽での落石災害に対する安全性が格段に向上することを定量的に把握できた。さらに、作業状況を観察した場合、爆薬機械装填工法を適用することにより切羽から離れた作業となるため、切羽鏡面の安定状況に対する作業員の視認性も向上することから、切羽落石災害に対してより有利になることも確認できた。今回は切羽密着率を中心に安全性評価を行ったが、今後はより多方面からの安全性評価を行い、報告する予定である。

参考文献

1) 日本トンネル技術協会：トンネルの効率的な掘削工法の検討報告書，2006.1