

爆薬遠隔装填システムによるトンネル掘削の生産性向上

(株)熊谷組 土木事業本部トンネル技術部

正会員 ○尾畑 洋

(株)熊谷組 九州支店

松本 大輔

1. はじめに

山岳トンネル工事の最も代表的な掘削方式である発破掘削の爆薬装填は、肌落ちや崩落の被災リスクが高い切羽に作業員が長時間密着して作業する。また、不安定な足場上で全ての発破孔に爆薬およびタンピング材を人力で挿入し、込め棒で突いて装填する作業の繰り返しは、作業員に高い苦渋性と疲労度を蓄積させる。

熊谷組は装填作業時における安全性の向上、苦渋性の高い作業の改善を目的に爆薬装填の機械化および全自動化が可能な爆薬遠隔装填システムの開発・実用化を行ってきた¹⁾。平成8年より開発を始め、試験施工を繰り返し実施した上で、平成13年より現場にて本格的に稼働させている。

大分212号 三光第3号トンネル新設工事において、爆薬遠隔装填システムを使用して完全自動装填を行うことで安全性の向上と作業環境の改善に加え、爆薬の密装填が掘削サイクルの短縮に寄与する結果を得た。

本稿は爆薬遠隔装填システムにおける生産性の向上に関して報告するものである。



写真-1 人力による装填作業



写真-2 遠隔装填による装填作業



写真-3 爆薬遠隔装填装置

2. 爆薬遠隔装填システムの概要

爆薬遠隔装填システムは写真-3に示す機器で構成されており、最初に親ダイを装填パイプの先端に取り付け、発破孔の孔尻まで挿入して作業員が所持する手元リモコンの操作ボタンでエア圧送する。続けて、リモコンで増しダイの所定数量を設定し、増しダイ発射指令ボタンを押すことで装填機から装填ホースを経由して、設定した数量の増しダイが連続的に孔内へ圧送され、密装填される。増しダイ装填後、タンピング材もリモコン操作で装填指示し、整形された所定数のタンピング材が同じ装填装置を通して圧送・密装填される。

親ダイをパイプ先端に取り付け、装填パイプを孔内へ挿入した後は手元リモコンのボタン操作のみで、増しダイ～タンピング材が後方の遠隔装填装置より装填ホースを経由して全自動で圧送・密装填が実行されるため、熟練した技能者でなくても操作ができ、施工品質（発破孔内の爆薬装填密度）の均一化が可能で、発破効率の向上が期待できる。さらに、切羽から離れた位置から装填パイプでの装填作業が安全性向上と作業時の装填姿勢の改善、および装填時間短縮による苦渋性を解消し、作業員の負担軽減、作業意欲の向上につながり、生産性の向上が期待できる。



図-1 爆薬遠隔装填システムの概要

キーワード 山岳トンネル、発破掘削、装薬作業、遠隔操作、生産性向上

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組 土木事業本部トンネル技術部

3. 調査対象トンネルの概要

爆薬遠隔装填システムをトンネル掘削で適用し、調査を実施したトンネルの概要を表-1 に示す。支保パターンCII-B（1掘進長 1.2m，掘削設計断面積（上半）78m²，装填孔数 約 120 孔）で実施し，従来の人力装填と爆薬遠隔装填システムによる装填をそれぞれ 8 断面（合計 16 断面）でデータ取得し，装填開始からズリ出し完了までのサイクルタイムを比較分析した。

4. トンネル掘削の生産性向上

装填開始から発破後の換気までのサイクルタイムの比較によると，従来の人力装填では平均 31 分の所要時間であったのが，爆薬遠隔装填システムでは平均 22 分となり，平均 9 分，29%のサイクル短縮に効果を発揮した（図-2）。

また，ズリ出しからコソク・アタリ取りまでのサイクルタイムの比較では，従来の人力装填では平均 125 分の所要時間であったのが，爆薬遠隔装填システムを使用することで平均 95 分となり，平均 30 分，24%のサイクルタイムを短縮することができた（図-3）。

ズリ出しからコソク・アタリ取りまでのサイクルタイム短縮の理由として以下のことが考えられる。

図-4、図-5 に示すように，爆薬遠隔装填システムでは圧縮空気で爆薬およびタンピング材を装填するため，従来の人力装填よりも密な状態で装填され，装填長さが 30～40%程度短くなり，爆薬が孔奥に集中した密装填状態となる。その結果，密装填された爆薬が発破効率を高め，アタリが減少し，ズリ出し時間短縮に奏功した。

装薬からズリ出しのサイクルタイムを短縮することで，1掘削当りのサイクルタイムを 25%短縮でき，生産性の向上とともに工程短縮にも大きく寄与する結果を得た。装填時間の短縮が，切羽接近作業に伴う肌落ち災害リスク低減にも効果を発揮し，安全性向上にも寄与した。

5. おわりに

当社開発の爆薬遠隔装填システムが安全性向上と作業環境改善に加え，生産性向上に効果的であることを定量的に確認できた。今後も稼働現場で継続的にデータ収集・分析を行い，作業の効率化や生産性向上を図るとともに，更なる技術の開発・進歩に貢献していきたいと考える。

参考資料

1) 岡本他：山岳トンネル発破掘削における爆薬装填作業の安全性向上と効率化，土木学会 57 回年次学術講演会講演概要集，VI-191，平成 14 年 9 月
青木他：爆薬の遠隔装填システムを適用した山岳トンネル発破工法の装薬作業の効率化，土木学会 69 回年次学術講演会講演概要集，VI-013，平成 26 年 9 月

表-1 適用トンネルの概要	
工事名称	大分212号 三光第3号トンネル新設工事
発注者	国土交通省 九州地方整備局 大分河川国道事務所
トンネル (NATM)	全体延長 L=1,834m 掘削断面 A=107.8~126.2m ²
地質概要	新生代・第三紀・鮮新世 耶馬溪層 (凝灰岩・凝灰角礫岩が主体)

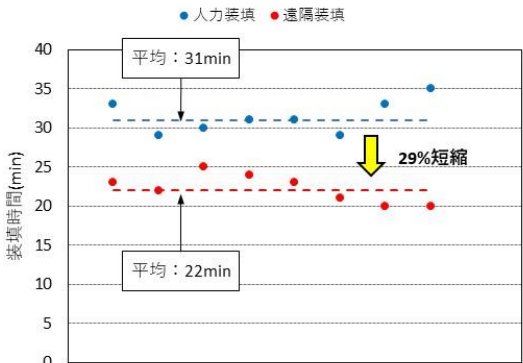


図-2 装填サイクルタイム比較

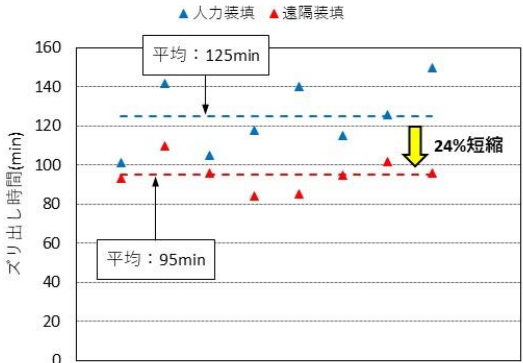


図-3 ズリ出しサイクルタイム比較

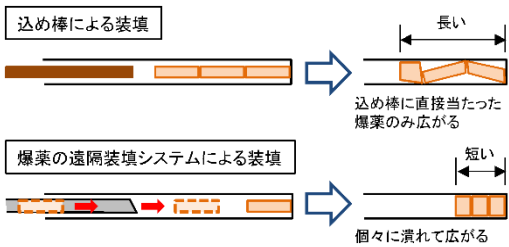


図-4 装填状況模式図



図-5 爆薬遠隔装填システムによる密装填状況（模擬実験）