

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

(株)熊谷組 東北支店
(株)熊谷組 東北支店
(株)熊谷組 土木事業本部

堂藤 和雄
野々村 嘉映
正会員 ○青木 宏一

1. はじめに

山岳トンネル工事の発破掘削方式における爆薬の装填作業は、肌落ちや崩落の発生の可能性が高い切羽に密着しての長時間の人力作業となる。また、すべての孔に爆薬及びタンピング材を挿入し、込め棒で突いて装填する作業の繰り返しは、疲労度の高い作業である。これに加えて、作業環境や姿勢などが厳しい状況での作業もあるため、装薬作業は、かなり苦渋性の高い作業といえる。

熊谷組では、これらの危険性の回避のため、装薬作業をできるだけ切羽から離れて行うこと、作業姿勢の改善、装薬の機械化及び全自動化を目的に、爆薬の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行った上で、平成13年より現場にて本格稼働させている。

本報告では、国道45号釜石山田道路工事において、全装薬作業を装填機4台使用して完全自動装填を行った結果、爆薬の装薬作業時の安全性が向上したほか、従来の人力作業による装薬に比べ、装薬作業の効率化が図れることを確認した。



写真-1 人力による装填作業



写真-2 遠隔装填による爆薬装填

2. 爆薬の遠隔装填システムの概要

爆薬の遠隔装填システムは、まず親ダイを装填パイプの先端に取り付け、発破孔の孔尻へエア圧送する。次に、増ダイは手元の操作ボタンで所定の数量を設定し、増しダイ発射指令ボタンを押すと、設定数の増ダイが連続的に孔内を圧送・装填される。すべての増ダイの装填が確認されると、次にタンピング材装填指令で、所定数の連続整形されたタンピング材が同じ装填装置を通して圧送される。

以上のように、親ダイをパイプ先端にセットし、孔内に挿入後は手元のボタン操作のみで、増ダイ・タンピング材が後方の台車よりホースを経由して全自動で圧送・装填が可能である。なお、装薬作業途中で、装填パイプに増ダイやタンピング材を逐次挿入し装填する必要はない。



写真-3 爆薬の遠隔装填装置

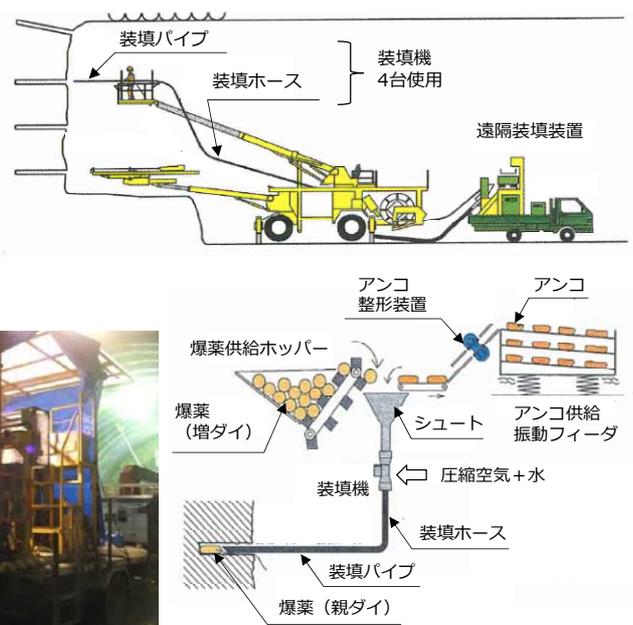


図-1 爆薬の遠隔装填システムの概要

キーワード 山岳トンネル, 発破掘削, 装薬作業, 遠隔操作, 効率化

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 TEL03-3235-8649

3. 調査対象トンネルの概要

爆薬の遠隔装填システムをトンネル掘削全線で適用し、装薬時間の調査を行ったトンネルの概要を表-1に示す。装薬作業時間の調査は、支保パターンC II-b (1掘進長1.2m, 掘削設計断面積(上半)51m²)で実施し、計18断面のデータを分析した。

表-1 適用トンネルの概要

| | | |
|------------|---------------------------|--------|
| 工事名称 | 国道45号 釜石山田道路工事 | |
| 発注者 | 国土交通省 東北地方整備局 南三陸国道事務所 | |
| トンネル 延長 | 八雲第1 | L=635m |
| | 八雲第2 | L=839m |
| | 八雲第3 | L=149m |
| | 水海 | L=445m |

4. 装薬作業の効率化

爆薬の遠隔装填システムを適用した際の断面毎の総薬量と装薬作業時間の調査結果を図-2に示す。

この結果より、断面当たりの総薬量に関わらず、遠隔装填システムを用いることで、装薬時間は概ね25分以内に完了していることがわかる。

次に、地質条件や掘削断面積がほぼ同等の条件で、従来の人力作業による装薬を行ったBトンネルと比較・検証を行う。なお、BトンネルもC II-bパターン(1掘進長1.2m, 掘削設計断面積(全断面)61m²)で調査を行い、20断面のデータを分析した。

機械装填と人力装填の装薬作業時間の比較を図-3に示す。なお、両トンネルを比較するにあたり、表-2に示すように地質区分や掘削断面積、総薬量などBトンネルとの差異があることから、1孔当たりの平均薬量と装薬時間により比較を行った。

この結果より、遠隔装填システムを用いて機械装填を行った方が人力装填に比べ、1孔当たりの平均薬量が多いにもかかわらず、1孔当たりの平均装薬時間は人力装填26.5秒/孔に対し機械装填14.7秒/孔と12秒ほど早く、約45%の装薬時間の短縮となる結果となった。

これは、人力装填では爆薬及びタンピング材を挿入し込め棒で突いて装填する作業の繰り返しに対し、遠隔装填システムでは、手元のリモコンボタンの操作のみで爆薬とタンピング材が迅速かつ簡単に装填できるためと考える。

5. おわりに

トンネル全線にわたって、当社開発の爆薬の遠隔装填システムを使用し、従来の人力作業に比べ、装薬作業時の安全性が向上しただけでなく、作業の効率化についても比較・検証を行った。今後も爆薬の遠隔装填システムの使用を継続し、山岳トンネルの発破工法の施工機械として標準化していく所存である。

参考資料

- 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，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集，VI-191，平成14年9月

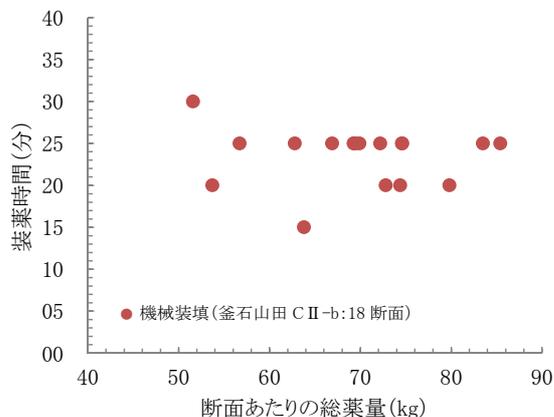


図-2 爆薬の遠隔装填システムを適用した場合の総薬量と装薬作業時間の関係

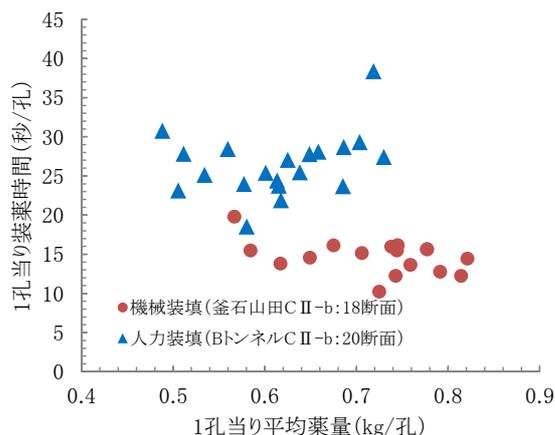


図-3 機械装填と人力装填の装薬時間の分布

表-2 機械装填と人力装填の1孔当たりの装薬時間の比較

| 爆薬の装填方法 | トンネル名称 | 地質区分 | 支保区分 | 掘進長(m) | 設計断面積(m ²) | 調査数(断面) | 1孔当たり平均薬量(kg/孔) | 1孔当たり装薬時間(秒/孔) |
|---------|--------|---------|------------|--------|------------------------|---------|-----------------|----------------|
| 機械装填 | 釜石山田 | 粘板岩 | C II-b 上半 | 1.2 | 51 | 18 | 0.72 | 14.7 |
| 人力装填 | Bトンネル | 砂岩・泥岩互層 | C II-b 全断面 | 1.2 | 61 | 20 | 0.62 | 26.5 |