

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

- 爆薬遠隔装填システムの開発と実用化 -

(株) 熊谷組 正会員 岡本 哲也
 (株) 熊谷組 正会員 岡田 喬
 (株) 熊谷組 正会員 広瀬 俊文
 (株) 熊谷組 正会員 畔高 伸一

1. はじめに

近年における山岳トンネル工事の事故は、切羽付近において多く発生している。事故発生時の作業内容としては、発破掘削の爆薬装填作業が比較的多い。この理由としては、爆薬装填作業時の切羽が削孔作業の影響により緩んでいることが多く、肌落ちや崩落発生の可能性が高い切羽に密着して、長時間の人力作業となっているためであると考えられる（写真-1）。言いかえると、「爆薬装填作業の事故は、重大災害につながる可能性が大きい」ということである。

このような危険性の回避には、装填作業をできるだけ切羽から離れて行うことが現実的に最も良い手法であり、爆薬装填作業の遠隔操作化を考案した。本報文は、火薬類取締法を遵守した爆薬遠隔装填システムの開発と、実用化レベルの施工技術の改善による、実作業における安全性と、作業の効率化について述べる（写真-2）。

2. 爆薬装填システムの開発

2-1 開発条件

爆薬装填作業は、その取り扱いに際して高い安全性と管理を要求される爆薬及び雷管の他に、形状の不安定な込め物（タンピング材）を扱わなければならない。しかしながら、これらの作業を切羽に密着せずに行える方策として、爆薬や起爆法という材料面から新たにすることは、現実的に多くの障害が予想される。このため、できるだけ現在使用している爆薬・雷管をそのまま使用し、法的にも既に解決されている技術を利用することを原則とし、さらにこれらの開発技術を実用化レベルまで高めることを開発条件とした。

2-2 システム構成

爆薬遠隔装填装置は、スラリー爆薬供給・タンピング材供給・装填機の各装置を組み込んだシステム本体（写真-3）と、装填ホース、装填パイプ、手元スイッチとこれらを制御するコンピューターから成っている。爆薬を送る動力は低圧圧縮空気、制御信号は光信号（光ファイバー）であり、取り扱いの安全性に万全を期している。なお本装置は、2セット一体としたシステム（図-1）で構成されている。

3-3 使用方法

爆薬装填作業は、まず専用のスウィーパー（新開発：写真-4）を使って遠隔で孔清掃を行う。その後、装填パイプの先端に親ダイを取付け、装填パイプを孔内に挿入すること



写真-1 切羽に近づいての
人力による装填作業



写真-2 実現した遠隔装填作業



写真-3 遠隔装填装置本体

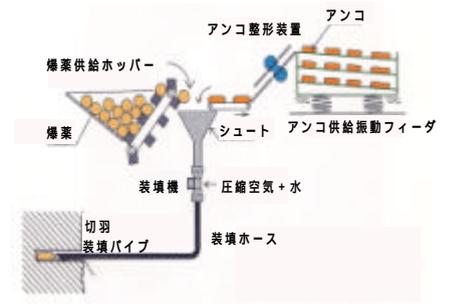


図-1 遠隔装填システム構成図



写真-4 スウィーパー

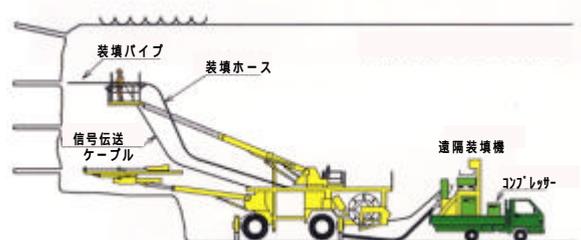


図-2 本システムの全体概念図

キーワード：トンネル 爆薬 装薬 遠隔操作

連絡先：東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木本部 Tel(03)3235-8649 Fax(03)3266-8525

により親ダイを移送し、親ダイ圧送エアーで孔尻へセットする。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、設定数の増し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。高所はバスケット上から（図 - 2）、下部は直接地盤上から（写真 - 2）行う。

これらの作業を孔毎に順次行い、最終的に結線を行う。最終的な結線は、脚線を長めにしておき、寄り寄せるようにすれば、削孔からすべてを切羽から離れた作業が可能となる。

3. 爆薬装填システムによる効率化

爆薬遠隔装填システムの開発・実用化により、爆薬装填作業時の安全性が向上したほか、爆薬・タンピング材の密装填による発破効果の向上と、装薬作業の改善効果（効率化）が得られた。

3-1 発破効果の向上

従来、爆薬・タンピング材の装填は、数本を同時に孔内に挿入後、込め棒で押しつけて装填させる場合が多く、込め棒に当たった爆薬のみが押しつぶされるため、均一な装填がされにくい。しかし、爆薬遠隔装填システムによる爆薬及びタンピング材の装填は、一定のスピードで孔内に送り込まれ、個々に押しつぶされるため、すべての材料が均一かつ良好に装填できる。

模擬孔での実験では人力に比べ同一材料で装填長が 20～30%程度短くなり、孔奥に集中した密装填となる（写真 - 6）。この結果、爆力が強大かつ安定するため、破碎威力が大きく薬量の節約につながっている。

3-2 装薬作業の改善

従来的人力による爆薬装填作業は、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である。込め棒での突き込みは、疲労度の高い作業であるのに加えて、作業環境・姿勢等が厳しい状況の場合もある。このため、全体として繰り返し作業も考慮すると、かなり苦渋性の高い作業となっている。爆薬遠隔装填機の採用で、作業員からは苦渋性解消のメリットの評価も高く、彼らの積極的な使用気運が永続的な完全稼働の大きな要因にもなっている。

4. 施工実績

施工年月	件名	発注者	稼働状況
平成 8 年 6 月	東海北陸自動車道城端トンネル工事	日本道路公団	試作機による試験施工
平成 9 年 2 月	九州自動車道肥後トンネル南工事	日本道路公団	試作機による試験施工
平成 10 年 2 月	松山自動車道中山トンネル工事	日本道路公団	実用形タイプによる実用レベルでの試用
平成 13 年 11 月～ 現在に至る	新主寝坂トンネル工事	国土交通省	本格的な継続稼働で現在に至る

5. まとめ

爆薬遠隔装填機の開発・実用化により、山岳トンネル発破掘削における爆薬装填作業の安全性が現実的に向上したことはもちろん、安全の重要性に対する意識の高揚にもつながったと言える。安全性の向上の他に、均一で良好な密装填により発破効果の向上にもつながり、また従来から当たり前だと考えられてきた人力中心の発破作業の改善に大きく貢献し、作業の効率化が図れていると言える。

今後、作業の安全性や苦渋性にコスト評価がさらに高まれば、十分な経済効果につながると考えられ、また爆薬遠隔装填機の使用機会の増加にとともに、装填機本体が安価になり、山岳トンネル発破掘削の施工機械として標準化していきたい所存である。



写真 - 5 装填装置本体と装填ホースリール（両側）
ホースの根元が装填機

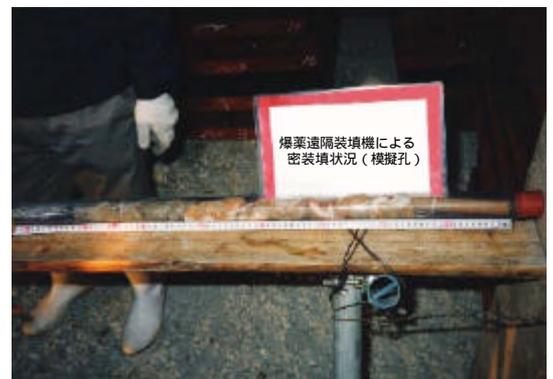


写真 - 6 模擬孔による本システムでの装填状況
（親ダイを除いて増ダイ、
アンコすべて個々に装填されている）