

粒状含水爆薬を用いた最新発破工法の試験施工

大林組 正会員 ○中戸 敬明
 大林組 正会員 伊藤 敦信
 大林組 正会員 神谷 信毅

1. はじめに

山岳トンネルの施工方法では、機械の大型化や高性能化により、作業の機械化が進んでいる。しかしながら、発破掘削の装薬作業においては、様々な装填技術や爆薬が開発されているものの、未だに機械化が進んでおらず、肌落ちや崩落の危険度が高い「切羽」に近接した「人力作業」が行われている。今回、機械装填が可能な粒状含水爆薬が新たに開発され、この最新爆薬を用いて試験施工を行い、安全性や作業性の高い発破工法を確認することができた。以下に、当工法の概要、実際のトンネル発破における試験施工結果を報告する。

2. 工事概要

今回試験施工を実施した「珍坂トンネル」は、知見八鹿線道路整備事業（延長 2,772m）のうち、豊岡市と養父市の市境を貫く延長 1,563m のトンネルである。この事業は、県道十戸八鹿線の通行不能区間を解消するため整備するもので、トンネル工事としては全国ではじめて「CM（コンストラクション・マネジメント）方式」が採用された工事である。図-1 に本トンネルの地質縦断面図を示す。

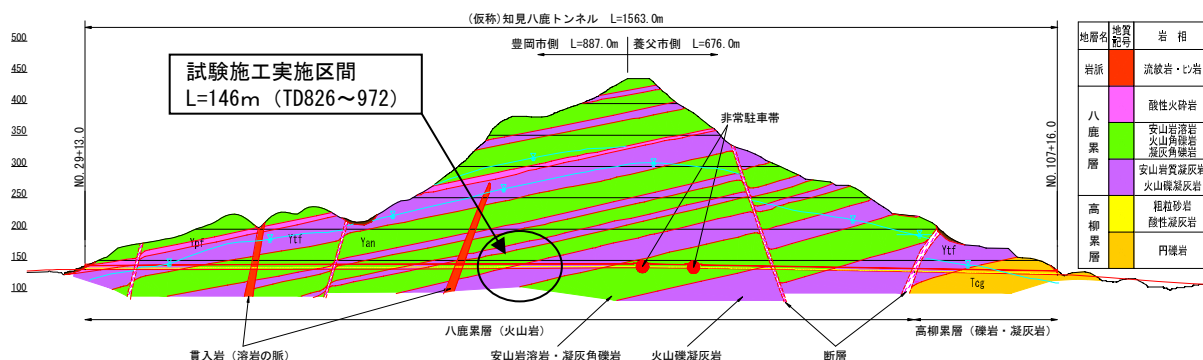


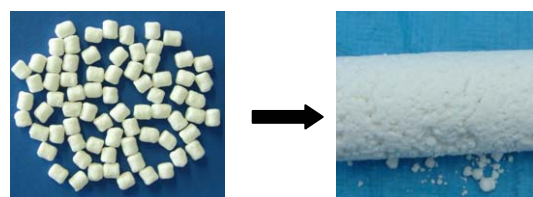
図-1 地質縦断面図

3. 粒状含水爆薬の概要

近年、紙巻の含水爆薬を人力装填する従来の発破方法に代わり、安価な ANFO 爆薬を機械装填する現場が多くなってきている。この場合、機械装填時に爆薬が帯電する恐れがあるため、導火管付き雷管が使用される。また、世界的には ANFO 爆薬の他にバルクエマルジョン爆薬（高粘度液状含水爆薬）を使用した機械装填が普及しはじめています。

しかしながら、ANFO 爆薬は低い耐水性や後ガスへの対策、バルクエマルジョン爆薬は周辺岩盤の亀裂への逸走や装填時のハンドリング性、といった点に課題が見られた。

これらの課題をクリアすることを目標として、日本化薬（株）により粒状の含水爆薬（商品名：ランデックス）が開発された。この爆薬は、含水爆薬が持つ良好な爆轟性能、耐水性、後ガス等の長所を有しながら、爆薬を粒状化することにより、ANFO 爆薬のような簡便な装填機による機械装填を可能にした爆薬である。粒状含水爆薬（ランデックス）を写真-1 に、爆薬の装填機を写真-2 に示す。

写真-1 粒状含水爆薬
(装填前比重 0.65⇒装薬後比重 0.80)写真-2 爆薬装填機
(空気圧送式)

キーワード 粒状含水爆薬、機械装填、サイクルタイム、施工性、安全性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1320

4. 粒状爆薬による最新発破 試験施工結果

(1) 試験施工の概要について

- ・試験実施時期：平成17年12月～18年1月
- ・掘削断面積：50.3 m² 試験区間：147m (C I 区間)
- ・地質：安山岩質凝灰岩 (σ : 50～100N/mm²)
- ・削孔機：2ブームホイールジャンボ (アトラス社)
- ・装薬機：空気式装填機 (4tトラックに搭載)



写真-2 削孔・装薬状況

(2) 試験施工の実績

① 削孔パターン

表-1に紙巻含水爆薬と粒状含水爆薬

による発破パターンの実績を示す。粒状含水爆薬による発破では、1発破当たり1割程度の削孔数を低減することができた(図-2参照)。

今回は短期間の施工であったが、岩盤の状況・削孔長と装薬量のバランスを適切に把握することによって、削孔数は更に低減できるものとする。

② 爆薬使用量

表-2に紙巻含水爆薬と粒状含水爆薬による爆薬使用量の実績を示す。粒状含水爆薬による発破では、紙巻含水爆薬による発破工法に対して爆薬使用量が2割程度増加した。これは、作業に慣れるまでの間、爆薬の吹きこぼしや、削孔長と装薬量の適切な割合をつかみきれなかったこと等が原因と考えられる。1発破当りの進行長では、紙巻含水爆薬と比較して明確な差は見られなかった。

(3) 施工性に関する検討

① サイクルタイム

削孔・装薬に関するサイクルタイムについてまとめたものを表-3に示す。今回の試験施工では、孔数の低減による削孔時間の短縮(15%)が確認された。1孔当りの装薬時間では、平均で機械装填時：15秒/孔、人力装填時：30秒/孔程度であった。ただし、機械装填に係る準備作業(装填ホースの設置、爆薬の投入等)や片付け作業(装填ホース等の片付け、残火薬の排出)に慣れるまでである程度の時間を要した。この結果、装薬・結線作業全体としては、紙巻含水爆薬の場合と同等程度になった。

② 作業性・安全性について

今回の試験施工を観察した感想や、従事した職員・作業員に対してヒアリングを行った結果を以下に記す。

- ・切羽面から離れて作業をすることができ、安全性が向上した。
- ・孔荒れした場合でも、切羽から離れた位置で装填機のエアブローを用い、安全に孔内を清掃できた。
- ・導火管付き雷管の結線作業はスムーズであり、結線確認が目視でできるため、結線漏れ等の心配が無くなった。
- ・後ガス(NO_x、CO)については、紙巻含水爆薬と粒状爆薬では同等程度であった。
- ・発破孔からの湧水が見られた箇所についても、爆薬が空気圧縮されて密充填され、特に問題なく装薬ができた。

5. まとめ

今回の試験施工では試験延長も短く、「サイクルタイム」の低減効果を明確にすることが出来なかった。しかしながら、トンネル発破において「機械装填」に対応する爆薬としては、「後ガス」・「耐水性」・「施工性」の面から優位性が高く、今後は需要が大きくなると考えられる。

表-1 発破パターン実績

発破種類	削孔数(個)	m ² 当り雷管(個)	1孔あたり面積(m ² /孔)	削孔数比率
紙巻含水爆薬	100	1.989	0.50	1.00
粒状含水爆薬	93	1.860	0.54	0.93

図-2 発破パターン実績図

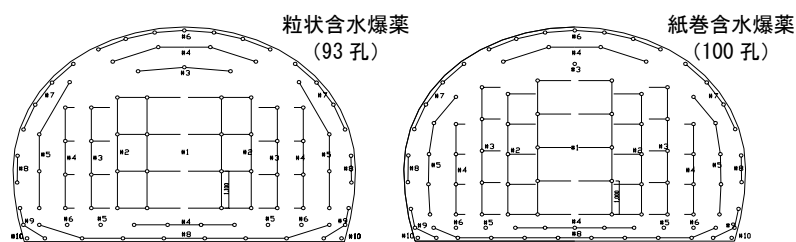


表-2 爆薬使用量実績

発破種類	m ³ 当り爆薬使用量(kg/m ³)		
	紙巻含水爆薬	粒状含水爆薬	合計
紙巻含水爆薬	1.06	—	1.06
粒状含水爆薬	0.08	1.19	1.27

表-3 サイクルタイム実績(分)

発破種類	削孔	装薬	結線
紙巻含水爆薬による発破	100	47	31
粒状含水爆薬による発破	85	43	31

※削孔・装薬作業の準備時間を含む