

ANFO爆薬とNONEL雷管を用いたトンネル発破工法

佐藤工業(株) 正会員 旦暮利隆
正会員 鈴木仁志
合歡垣誠司

1. はじめに

山岳トンネル掘削工法の1つである発破工法は、油圧式削岩機、ホイールローダなど様々な大型機械が開発され、省人化、自動化が図られてきた。しかし、装填・発破作業だけは爆薬を取り扱う危険な作業であるということもあって、現在も従来同様人力で行われており、自動化には至っていない。

本工法は、非電気式のNONEL雷管を用い、粒状であるANFO爆薬を空気装填する自動装薬システムである。このシステムの採用により、密装填で爆力が増加したANFO爆薬とパラレルホールカットの芯抜きにより4mの長孔発破を行ない、安全性と高速掘進を確保することが可能となった。

2. 本工法の概要

本工法を構成する基本要素は、(1)NONEL雷管 (2)ANFO爆薬 (3)パラレルホールカットの芯抜き (4)格子状の発破パターンである。以下にこれらの特徴を述べる。

(1) NONEL 雷管

NONEL雷管は、スウェーデンのNitro Nobel社が開発した新しいタイプの非電気式起爆法で、NONELチューブと呼ばれる中空の細いプラスチックチューブ内を爆轟が伝播することにより雷管が起爆するようになっている。特徴を以下に示す。

- (a) 電気(雷・静電気・漏洩電流)に対して安全である
- (b) チューブは丈夫であり、爆薬の自動装填に適する。
- (c) 電気雷管に比べ結線漏れが出にくい。
- (d) 無理のない段数の展開ができる。(最大25段)
- (e) 結線作業は迅速簡単である。



1. 添装薬 2. 起爆薬
3. 延時装置 4. NONELチューブ

図-1 NONEL雷管

(2) ANFO 爆薬

ANFO爆薬はピンク色の粒状の爆薬で我国では1964年ぐらいから使用され始めている。値段が安く、取扱いが簡単で、安全性に優れているため、主に明かり工事で多く消費されていたが、後ガスが多く発生するため、トンネル工事ではほとんど使用されていなかった。

しかし、最近の換気設備は、トンネル機械の大型化に伴って増加した粉じんや有毒ガスを換気するため、従来のものより大容量になっており、待避時間を確実に確保すれば、ANFO爆薬を使用することができると判断した。

ANFO爆薬の特徴および特記事項を以下に示す。

- (a) 安全性が高く、取扱いが簡単で、値段が安い。
- (b) 低爆速爆薬であるため、焼結現象を起こしにくい。
- (c) エアーチャージャーによる密装薬により爆力が大きくなる
- (d) 装填中に吹付コンクリートと反応してアンモニアガスを発生する。
- (e) 水孔では使用できない。
- (f) 装填中に静電気を発生するため、電気雷管が使用できない。
- (g) 6号雷管で起爆しないので、発破の際には適当な起爆薬が必要である。

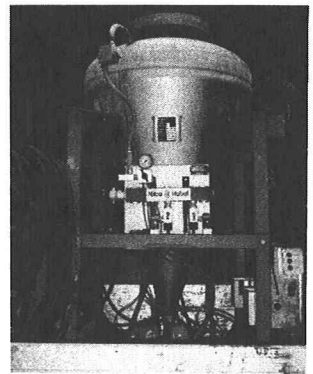


図-2 ANFOチャージャー

(3) パラレルホールカット

従来のVカットの芯抜きに比べ以下の点で優れている。

- (a) 断面に制約を受けずに1発破進行長を大きくとることができる。
- (b) 削孔分だけ確実に爆破が進行するため、効率的である。
- (c) ずりの飛散距離が短いため、ずり出しが容易である。

(4) 発破パターン

従来の同心円状のパターンは、芯抜きから順次外側に向かって起爆していくが、雷管には起爆秒時のばらつきがあるため、どの孔が最初に爆発するかで岩に対する拘束度が異なる。このため、確実に起爆させるために、抵抗線長や孔間隔を小さくして削孔数を増やし、過装薬していた。また、過装薬のため、破碎粒度が悪くなるという問題点もあった。

本工法は、起爆秒時差のばらつきを考慮して、同一秒時に起爆する箇所を分散させ、荷のかかり方が均一になる格子上の発破パターンを採用し、前述の問題を解消した。

3. 施工実績

当社でNONE L + ANFOでの発破工法を採用した施工現場は、現在施工中の現場を入れて6件ある。これらの現場の特徴としては、①地質が中硬岩～硬岩で湧水が比較的少ない ②18～92m²と幅広い掘削断面積である ということが挙げられる。以下に本工法の施工手順、及び施工結果を述べる。

(1) 施工手順

削孔・装薬順序図、結線状況図を図-3、図-4に示す。

(2) 施工結果

本工法により、①装薬・結線時間の短縮、②削孔数の減少、③ずりの破碎粒度の細粒化と飛散距離の低減によるずり出し時間の短縮、④3～4mの長孔発破による作業交代時のロスタイムの吸収などが図れ施工現場全てにおいて、急速施工が実施できた。また、切羽に水がある場合でも、漏電による雷管の暴発が防止できるため安全性の面でもかなり優れていた。

最も問題とされていた後ガスに関しては、現在の換気設備で十分対処できるというデータが得られた。（坑内流速を18m/分以上にする）

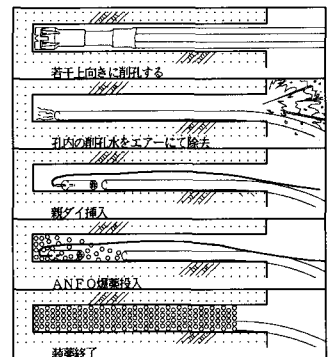


図-3 削孔装薬順序図

5. おわりに

新しいトンネル発破工法として開発されたANFO + NONE Lによる空気装填システムは、硬岩のトンネル現場を中心に、適用件数も年々増加しているが、ANFO爆薬には次のような問題点が残っている。

- ①装填作業中に吹付コンクリートと反応して発生するアンモニアガスに対する対処法
- ②水孔用の耐水性ANFOの開発
- ③外周孔用のスモースラステック® ANFOの開発

【参考文献】

- 1) 中村喜一郎，河野 興：火薬と保安 Vol. 21 No. 2
- 2) 南出英男：第10回建設マネジメント講演集 1992年

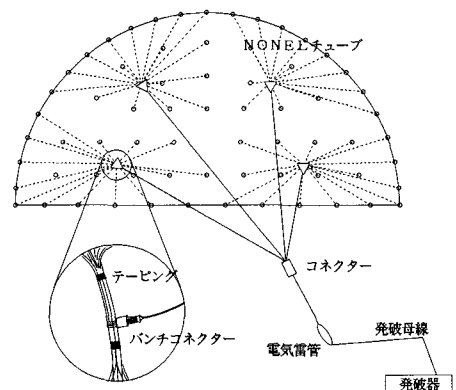


図-4 結線状況図