

トータル発破システム (DMEC:ディーメック) の開発 DEVELOPMENT OF TOTAL BLASTING SYSTEM "DMEC" FOR TUNNEL EXCAVATION

鈴木仁志*・田中康弘**・石田義昭**・小早川忠行***

Hitoshi SUZUKI, Yasuhiro TANAKA, Yoshiaki ISHIDA and Tadayuki KOBAYAKAWA

The total blasting system "DMEC" is the system to provide accurate locations of drill holes with laser beams. The database of past performance including hole numbers, drill hole length, explosive charge etc., is used in this system to design the optimum blasting pattern suiting various geological features and tunnel sections. The design result is transferred to the laser marking system and the drill hole locations are lit up continuously on the tunnel face with laser beam.

The system significantly contributes to the reduction of overexcavation, the saving of manual work and the improvement of safety on site.

Keywords: expert system, tunnel blasting, laser marking, non electrical detonator
rapid execution

1. はじめに

近年、わが国の建設業界は、作業員の高齢化と熟練作業員の不足に対応するために、自動化、省力化に伴う技術の開発が求められている。

トンネル工事においては、都市のシールドトンネルが省人化、無人化を積極的に進めているのに対して、山岳トンネルでは、大型機械の導入によって作業人員は大幅に削減されてはいるものの、地質の変化が激しいために、しばしば施工法を変更せざるを得ない場合が多く、そのことが自動化、省人化の面での技術開発を妨げている大きな要因となっている。

また、山岳トンネルの施工法は、発破工法と機械掘削工法に大別されるが、発破工法は機械掘削工法に比べると地質に対して適用範囲も広く、急速施工の面でも有利である反面、安全性、作業環境や発破の騒音、振動等の周辺環境に及ぼす影響等の課題を抱えていた。

今回開発したトータル発破システム (DMEC:ディーメック) は、従来の山岳トンネルの問題点を改善し、自動化、省人化、急速施工を可能にすることを目的としたシステムである。このシステムは、北陸新幹線五里ヶ峯トンネル (上田工区) で採用され、施工効率の向上の面で高い評価を受けている。本稿は、その概要と実績について報告するものである。

* 正会員 佐藤工業㈱ 横浜支店 宮ヶ瀬作業所

** 佐藤工業㈱ 技術本部 土木技術部

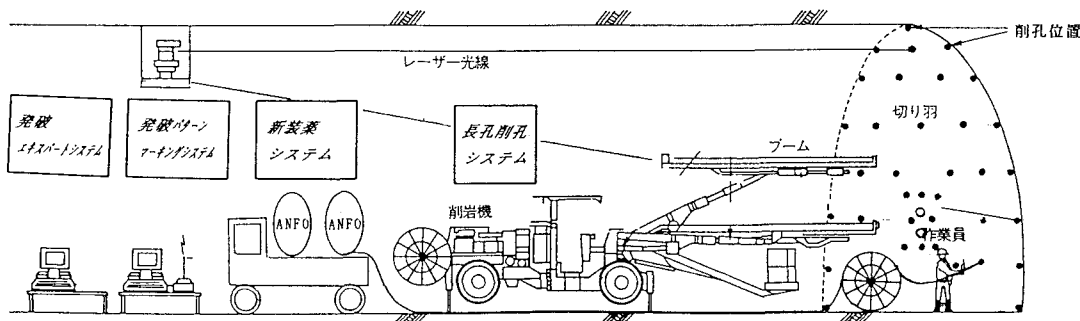
*** 佐藤工業㈱ 北陸支店 五里ヶ峯トンネル作業所

2. トータル発破システム（DMEC：ディーメック）の概要と特徴

本システムは、これまで開発を進めてきた発破技術を統合、集約化したシステムで、次の4つの開発技術により構成されている。

- ①発破エキスパートシステム（The **E**xpert System on Tunnel Blasting）
- ②発破パターンマーキングシステム（Laiser **M**arking System on Tunnel Drilling Pattern）
- ③長孔削孔システム（The Long Hole **D**rilling System）
- ④新装薬システム（New **C**harging System by NONE L and ANFO）

図－1に全体概要図を示し、以下それぞれについて特徴を述べる。

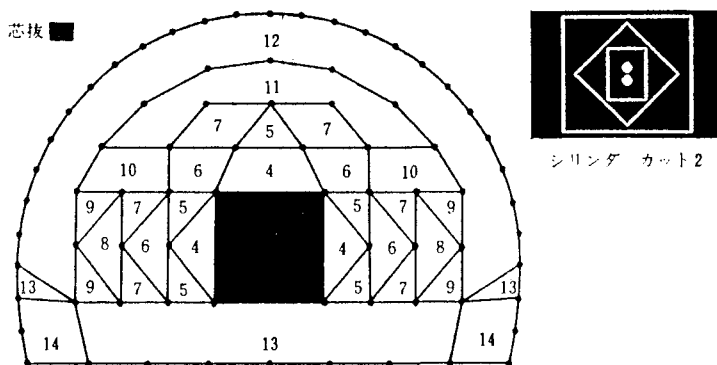


図－1 全体概要図

2.1. 発破エキスパートシステム（The **E**xpert System on Tunnel Blasting）

従来、基準となる発破パターンの設計は、いわゆる元請け会社の職員が行っていたが、実施工の段階になると、地山の状況に応じて、熟練した坑夫がその経験と勘をもとに設計していたため、ムダ、ロスが多いのが現状であった。

発破エキスパートシステムは、あらゆるトンネル形状、岩盤に対して、火薬や雷管の種類、周辺環境状況等の施工情報および過去の蓄積された設計データを基に、削孔数、削孔長、装薬量、雷管の段数など最適な発破パターンをパソコンにより設計し、発破パターンマーキングシステムに転送するシステムである。これにより、効率的な発破パターンの設計が可能になり、熟練作業員不足を解消するための、技術の平準化が可能になった。また、本システムは振動・騒音値を予測することができる制御発破エキスパートシステムまで展開している。



図－2 発破パターンの出力例
（パソコン画面では、段数を色別で表示しているが、説明のための起爆段数を番号で示した）

2.2 発破パターンマーキングシステム (Laser Marking System on Tunnel Drilling Pattern)

従来、発破孔をマーキングする方法は、側壁および天端に設置したレーザー光線か、もしくは下げ振りと水糸を用いた見通しでトンネルセンターを決定し、それを基に切羽面に人力でペインティングする方法であった。このため、時間がかかり、また、精度上、安全上の問題があった。

発破パターンマーキングシステムは、発破エキスポートシステムの情報をパソコンにインプットし、トンネル後方に設置したトータルステーションを制御することにより切羽面にレーザー光線を連続的に照射して、正確な芯抜き孔および発破外周孔などの発破孔をマーキングするシステムで、マーキング時間の短縮、余掘りの低減と省人化、安全性の面で大きなメリットがある。

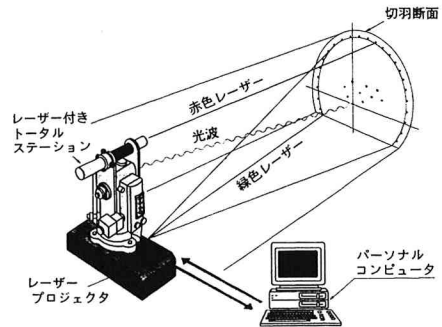


図-3 発破マーキングシステム

2.3 長孔削孔システム (The Long Hole Drilling System)

長孔削孔は急速施工を行うための最も有効な方法と考えられるが、従来の削孔方法は、一般的に、Vカット工法を採用しており、この方法では削孔を切羽面に対して急角度にとるため、トンネル断面の形や大きさ、削岩機の配置、ロッドの長さの関係から一発破長に限度がある。

長孔削孔システムは、平行削孔機能（削岩機のガイドセルを平行に保持する機能）、差し角調整機能（削岩機のガイドセルに2～4°の差し角を持たせる機能）、孔尻調整機能（削孔した発破孔の孔尻を一定に保つ機能）および高速削孔機能を搭載した油圧削岩機と、パラレルホールカット工法およびスムーズブラスティング工法をシステム化することにより、効率的な長孔削孔技術を確立し、急速施工と余掘りの低減を図ることができる。

2.4 新装薬システム (New Charging System by NONEL and ANFO)

従来のダイナマイトと電気雷管を用いたため棒による装薬方法は、漏洩電流と装薬作業の自動化を行う場合に安全上の問題があった。

新装薬システムは、スウェーデンのNitro Nobel社が開発した非電気式のNONEL雷管（写真-1）のついた親ダイをホースで孔奥に挿入した後、粒状のANFO爆薬を圧縮空気（ANFOチャージャー：写真-2）で装填するシステムである。非電気性のため、坑内の迷走電流や漏洩電流に対して安全で、また、圧縮空気で装填するので、特に、長孔削孔発破では、装薬時間を飛躍的に短縮することができ、装薬作業の自動化、省人化が可能となった。施工手順を図-4に示す。

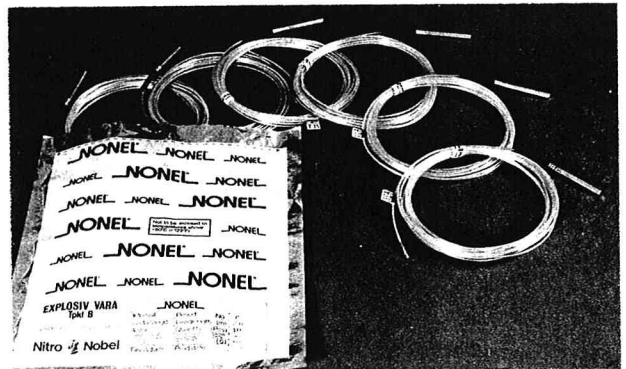
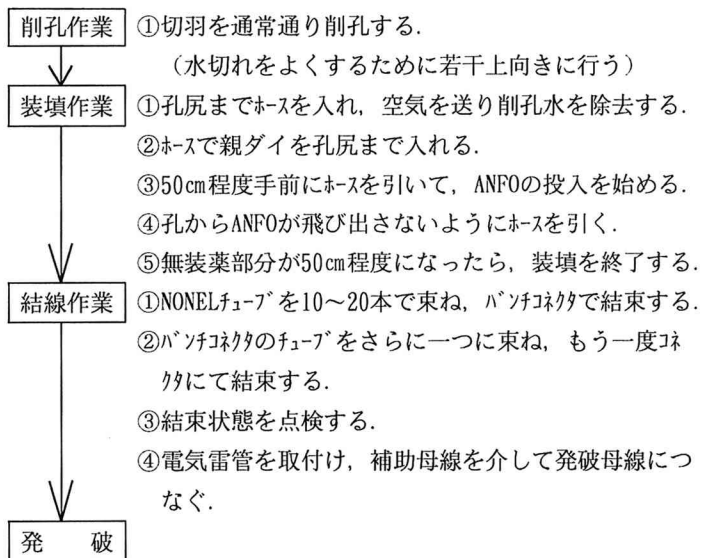
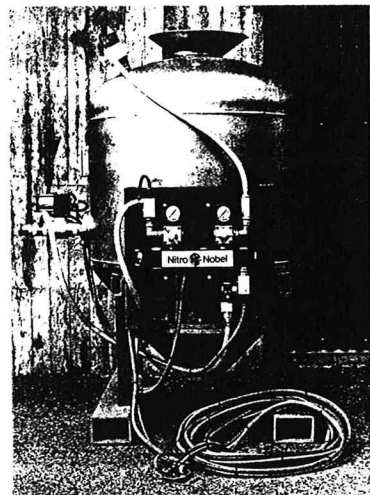


写真-1 NONEL雷管



図－4 施工手順



写真－2 ANFOチャージャー

3. 施工実績

当システムを採用した五里ヶ峯トンネルで従来工法と比較した結果を表－1に示す。なお、当トンネルでは、平成5年9月に鉄道複線トンネルとして、月間掘削進行260mの日本新記録を達成している。

表－1 施工実績の比較表

	従 来 工 法	D M E C
削 孔 数	約150孔	約120孔
マーキング時間	約 30分	約 15分
一発破削孔長	2.0～2.5m	3.5～4.0m

4. あとがき

本システムは、個々のシステムを組み合わせることによって、大幅に施工時間が短縮され、急速施工が実現可能となるシステムである。一方、各トンネル現場における地質状況は多様であり、長孔削孔システムや新装薬システムが適用できない場合もあるが、発破エキスパートシステムや発破パターンマーキングシステムは、発破掘削を行う場合、あらゆる現場に適用することができる。

このように、トータル発破システム（DMEC：ディーメック）は、従来工法と組み合わせ、現場の状況に応じたメニューを組むことも可能であり、今後、硬岩・中硬岩トンネルだけでなく軟岩トンネルや制御発破を必要とする都市部のトンネルにも積極的に導入し、幅広い地質に適用させていく予定である。

5. 参考文献

- 1) 鈴木仁志・南出英男・目時康男・小早川忠行：トータル発破システム（DMEC）の開発，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第6部，pp.146～147，1994.9
- 2) 加納米二・石田義昭・鈴木仁志・旦暮利隆：ANFO爆薬とNONELを用いたトンネル発破工法，第11回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp.155～160，1993.12