

## 16. トンネル工事高速化への試行

建設省 東北地方建設局 栗原宗雄，斎恒夫

### 1 まえがき

トンネル工事については、従来から各方面において省力化、安全化など、より進んだ機械化施工法が研究され合理化がはかられているところである。この要請にこたえて建設省において昭和46年度より建設機械開発調査費による「トンネル工事における機械化施工に関する調査試験」のテーマの下にトンネル掘削における工事の高速化と合理的施工システムの開発を目的として調査研究を進めてきたものである。この開発プロジェクトについては、昭和46～47年度に在来工法における建設省直轄工事、日本道路公団、国鉄の主要トンネル工事を抽出して工事の工法手順、使用建設機械、作業サイクルタイムなどを調査分析の結果から開発指向を決めたものである。

この調査結果によれば、道路トンネルを対象とした場合、上部半断面工法が比較的多いことから、この工種に適應した工法の検討がなされたものである。又、上部半断面工法における掘削全体の時間構成率は次のとおりであった。

削孔 23～29%      ずり出し 27～31%      支保工建込 20～29%

となっている。つまりこのことは、これら工種の改善によって全体サイクルタイムは飛躍的短縮が可能となる。この報告は、これら一連の開発研究の中での中心をなす掘削ずり処理システム（ロード&キャリ工法）、削孔支保工システム（油圧モービルジャンボによる工法）の二つの試行調査についての概要の紹介である。

### 2 掘削ずり出しシステム（ロード&キャリ工法）

#### 2-1 工法導入の目的

ずり出し能率をあげるには、断面に許容される限りの大容量のずり積機を選定することは勿論であるが、運搬機との組合せ効率をいかにあげるかが課題となる。大容量積込に対処するには大型の運搬機によるか、台数増加しか方法はない。この解決の手段として計画された工法がロード&キャリ工法であり断面に許容される限りの大形積込機による掘削ズリの一時仮置方式によって問題の解決をはかったものである。機械の導入にあたっては次の点を勘案して検討導入を行っている。

- ①切羽あけ時間の短縮……………サイクルタイムの短縮
- ②ずり出しダンプトラックの削減……………省力化
- ③坑内機械台数の削減による排ガス減少……………作業環境改善と台数削減による安全作業
- ④掘削の経済性      などである。

#### 2-2 導入機械

導入機械の概略仕様は次に示すとおりであり、単にローダではなく積込機とキャリアの機能を備え走行性能も優れたもので、トンネル内の狭い空間に適した低床式、車体屈折走行で回転半径も小さく運転員は横向乗車で前後進に優れた特長をもったものである。

形 式：三井アイムコ装輪式ロードホールダンプ915H形

バケット容量：（平積）3.0 m<sup>3</sup> （山積）3.8 m<sup>3</sup>

走行速度：前後進ともI速0～6.4 km/h II速0～20.75 km/h

最少旋回半径：最外輪6050mm，バケット最外部7,100mm

車体寸法：（全長-全幅-全高）9680-2570-2,400mm

重 量：最大積載時 29,760kg

機 関：空冷ディーゼル 176 PS/2,300 r.p.m

排気処理方法：ウォータスクラバ方式

バケッ ト：スタンダードorエゼクタバケット装備



写真-1 ロードホールダンプ(三井アイムコ915H形)

### 2-3 試験施工

この機械は上部半断面と大背の掘削に投入試験されたもので当該トンネル工事は次のとおりである  
大間越トンネル工事 延長625m（101号線，東北地建能代工事事務所管内）

岩 種：凝灰角れき岩と凝灰岩の互層

加背断面 上部半断面38.1 m<sup>2</sup> 大背断面25.4 m<sup>2</sup> 土平断面10.1 m<sup>2</sup>

施工は図-1のような仮置工法で行なわれた。この方法は切羽より掘削ずりを30～40m付近に仮置して削孔工程に移り，削孔中に仮置ヤードより坑外に搬出する方法である。この場合ロードホールダンプはあくまでも切羽掘削，仮置，仮置から坑外への2次運搬に使用され，坑外ではトラクタショベル，ダンプトラックの組合せとなる方法をとった。大背も殆んど同様な方法によっている。これら工法による結果は次表-1の実績表にしめすとおりでである。

表-1 ロードアンドキャリ工法のサイクル実績（標準バケットによる）

項目	加背	上半（平均38.1 m <sup>2</sup> ）	大背（平均25.4 m <sup>2</sup> ）	備 考
仮置距離		40 m	60 m	切羽よりヤード中心まで
仮置サイクルタイム（平均）		走行速度 6 km/hにて 118 sec	走行速度 6 km/hにて 157 sec	"
ずり出し（平均）		平均 5.5 km/h 75+1.31L sec	平均 5.5 km/h 90+1.31L sec	仮置より坑外排出まで
1 サイクル掘削量 q		2.62 m <sup>3</sup>	2.80 m <sup>3</sup>	地 山
時間当り作業量（仮置）		短期 79.9 m <sup>3</sup> /h 長期 35.9 m <sup>3</sup> /h	短期 64.2 m <sup>3</sup> /h 長期 34.0 m <sup>3</sup> /h	地 山

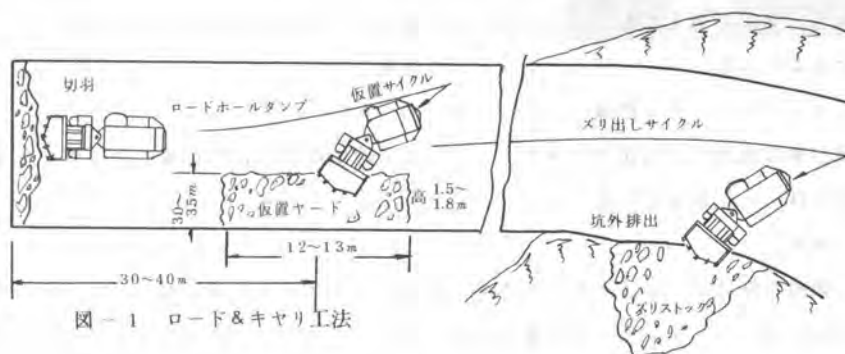


図-1 ロード&キャリ工法

この試験施工による得失や問題点は以下に要約される。

- ①本機の投入によってサイクルタイムは上半掘削において在来工法（トラクタショベル，ダンプトラックの組合せ）に比較して約50%，大背掘削について約50%の工期短縮が可能となった。
- ②坑内機械台数削減による環境改善と排ガス，安全作業化が一段と向上出来る。
- ③この工法は坑内ずり出し時間と削孔との関連から2次運搬（ズリ出し）距離が大きいとサイクル的に成立しない。試算では700～800mが限度と考えられる。反面，中規模トンネルや，坑口から順次利用土として盛立るなど距離的な許容範囲にあれば有効な方法といえる。
- ④この車両は，自動車保安基準外にあり車検がとれないこともあって坑口にズリストックヤードがないと不具合である。などが今回の試験による考察である。

### 3 削孔・支保システム（油圧モービルジャンボ工法）

#### 3-1 試験目的と計画

削孔の合理化，高速化を図るには，削岩機の高容量化や高圧化，又は，ブーム数の増加が考えられるが，前者は，空気量の増加，高圧化に伴う騒音レベルの異常増加，削岩機部品ライフの減少，高圧大容量プースタコンプレッサの問題，配管メンテナンス等解決のむずかしい諸問題があり，後者については，作業断面による制約，機動性の低下など問題が多い。

この問題解決の手段として油圧削岩機の導入を検討したもので全油圧式のホイールジャンボとしての支保工建込機構にも適応出来るような高剛性ブーム2つを備えた機種を上半断面に2台並列にした削孔，支保工の工法を開発計画したものである。

#### 3-2 油圧モービルジャンボの特性と機械仕様

油圧削岩機の特徴は，空気式に比較して①騒音レベルが低い，②コンプレッサ不要で省力化，省エネルギー化が可能，③配管不要，④同一規格のものに比して性能が高い，⑤坑内オイルミストの発生がないなどである。この機械は当初設計したものが経済性，日程等の関係でフランスセコマ社の類似機を改造して試験を行っており次にしめす概略仕様性能のものである。

形式：油圧自走形2ブームドリルジャンボ

全長-全幅-全高：8700-2200-2130mm

全装備重量： 14,000kg

ドリフタ形式：油圧式RH35，ロータリバーカッショ式

削孔範囲：高×幅-深 5400×8400-2,600mm

走行速度： 0～7km/h

原 動 機：電動モータ 37KW，400V

走行用機関 デーゼル空冷 45PS

支保工建込装置：ブームガイドシエルにチャック組込（全油圧式）

作業用カゴ： 2人乗ワンタッチ 着脱式



写真-2 油圧モービルジャンボ（三井&フランスセコマ社）

#### 3-3 試験結果

1) 削岩機性能 国産同級の空気式との比較試験を行っており，この結果は次に要約するとおりで

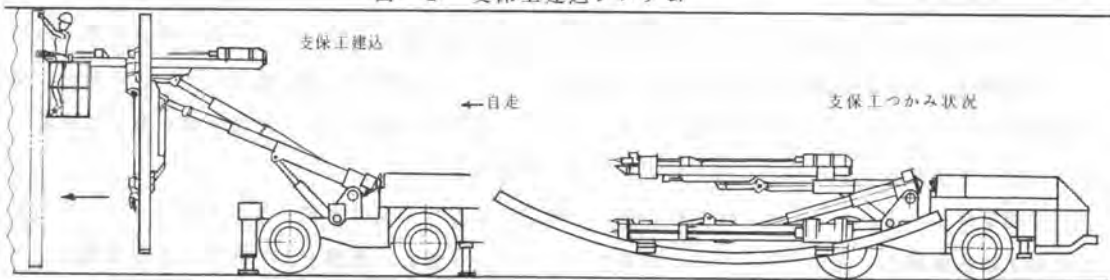
- ①作業騒音（削孔時）5m地点において15dB(A)の低下がみられる。

- ② 削孔能力は  $0.95 \sim 1.89 \text{ m}^3/\text{min}$  (安山岩) と空気式の約 2 倍の能力をしめし高速化に大きな期待がもてる。
- ③ 岩種変化などによる通常の竹の子現象も油圧式による引抜力の増加によって殆んどみられない。
- ④ その他安全性の面については、オイルミストがないなどから坑内環境改善が出来、安全作業面での期待が大きいなどの結果を得ている。

ロ) 支保工建込性能

この方式は図-2に示すように支保工つかみ取りから建込まですべて油圧チャックとブーム動作によって行なわれる方式である。試験は野外に形鋼で明りの模擬トンネルを構築のうえ、250H支保工によって行なわれ一工程26分(半基)を要した。なおこの機械は実現場投入に当っては、上半に2台並べられるので(試験では1台で半基分)支保工1基当り26分である。この工法で人力を要する箇所は作業用カーゴによる頂部ボルト締めのみで安全度が極めて高いことが立証された。

図-2 支保工建込システム



4 全体サイクル改善

以上述べた新しいシステムを在来工法(レックドリル削孔, トラクタショベル, ダンプトラック組合せ)と比較してみた場合をテスト結果から試算すると次表のとおりである。

上部半断面										大背										
断面 $38.1 \text{ m}^2$ 進行 $1.2 \text{ m}/1$ 発破 B種										断面 $25.4 \text{ m}^2$ 進行 $2.0 \text{ m}/1$ 発破 B種										
工種	時間								1サイクル計		工種	時間							1サイクル計	
	1	2	3	4	5	6	7	8	在来	新		1	2	3	4	5	6	7	在来	新
削孔爆破	[Gantt chart showing cycle times for drilling and blasting in the upper half-section]								188	133	削孔爆破	[Gantt chart showing cycle times for drilling and blasting in the main back]							167	93
ずり出し	[Gantt chart showing cycle times for mucking in the upper half-section]								170	86	ずり出し	[Gantt chart showing cycle times for mucking in the main back]							136	71
支保工	[Gantt chart showing cycle times for support structure installation in the upper half-section]								85	60	その他	[Gantt chart showing cycle times for other tasks in the main back]							30	30
その他	[Gantt chart showing cycle times for other tasks in the upper half-section]								30	30	計	[Gantt chart showing total cycle times in the main back]							333	194
計	[Gantt chart showing total cycle times in the upper half-section]								473	309	月進長	[Gantt chart showing monthly progress in the main back]							333	194

在来工法による平均的サイクル  
 新工法による平均的サイクル

この表のとおり全体掘削サイクルは、上半掘削において約35%、大背掘削において約40%の時間短縮となるが、今後熟練によってもある程度短縮可能な余地を残している。

5 あとがき

この調査はあくまで上部半断面工法を対象としたものであり、今回未調査となっている導坑方式、矢板掛けなど今後に残された研究課題も多い。この方式にしても軟弱地質トンネルには機械構造上不具合も多いことが判明しており、今後の課題として検討の段階である。おわりにこの試験で全面的協力を得た機械化研究所、三井造船アイムコ(株)の方々に御礼申しあげる次第である。