

# 30. 大型自由断面掘削機の掘削技術

佐藤工業(株)：\*安藤 章一，今村 仁悟  
 (株)タイクウ：高木 茂雄

## 1. はじめに

トンネル掘削は、その効率の良さ等から爆薬を使用する発破掘削方式が主流であるが、近年、周辺環境に対する騒音・振動問題が大きく取り上げられ、発破掘削方式を採用できない場合が増えてきている。

このため発破掘削方式に代わる機械掘削方式が注目されている。中でも、自由断面掘削機による施工は、周辺環境の良さと、安全性の高さから注目されているトンネル掘削技術の一つである。しかし、これまでの自由断面掘削機では中硬岩以上の掘削地山の場合、十分な掘削能力が得られず、施工性や経済性の点で課題があった。

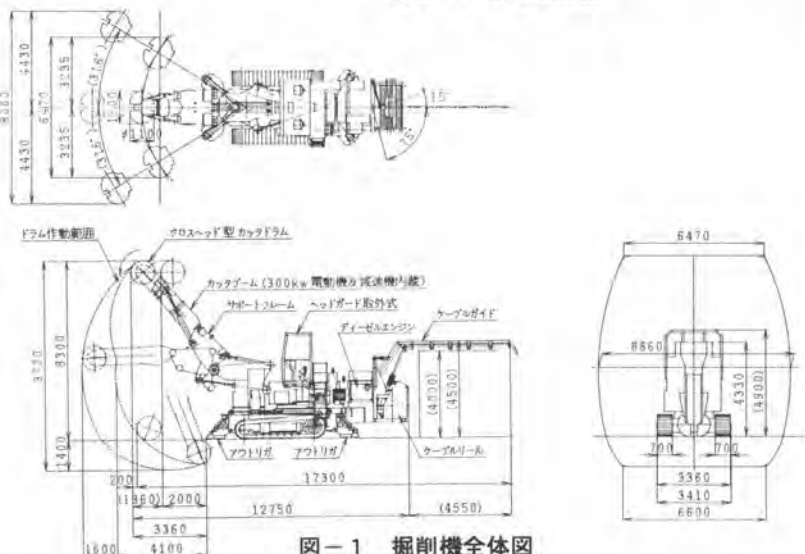
本報で紹介する大型自由断面掘削機「WAV300H型パワーカッタ」は、従来の掘削機が抱えていた課題を解決し、日本のトンネル施工条件にあわせ、硬岩・大断面にも対応出来るよう開発した国内最大級の出力を持つ自由断面掘削機である。

今回、建設省関東地方建設局千葉国道工事事務所発注の竹岡第1トンネル工事に本機を導入し、実施工で施工性、安全性等に多大の成果を挙げた。

さらに本機による掘削技術は建設大臣認定機関社団法人日本建設機械化協会が実施する「建設機械化技術・技術審査証明」を受け、建設機械化研究所立ち合いのもと性能確認試験を実施したのでその内容と工事実績について報告する。



写真-1 掘削機全景



## 2. 技術の概要

本技術は、軟岩から硬岩まで幅広い地山において、全断面、補助ベンチ付全断面、上半先進等のトンネル掘削工法に適用できる機械掘削技術である。

掘削は、ヒンジ式ブーム先端のクロスヘッド型（横軸型）カッティングドラムによって行われ、掘削反力は機械の自重とアウトリガによって得る。ヒンジ式ブームは2つのヒンジを持つことにより、柔軟な動きを可能とした。

## 3. 技術の特徴

### (1) 強力な掘削力

掘削技術の中心をなすカッタは、クロスヘッド型（横軸型）で、2つのカッティングドラムを備えており、強力な掘削力と有効な掘削反力機構によって、硬岩の掘削を可能としている。すなわち、インライン型（縦軸型）と異なり、カッタの回転方向が切羽面に対して上から下であるため、機体重量が軽くても下向きに大きな掘削力が得られる。さらに、カッタ出力は200 kW、300 kWの切り替えが可能で、岩種、岩質、硬さの変化に対応した幅広い掘削が可能である。

### (2) 掘削効率の向上

ヒンジ式ブームは支点位置が高いため、補助ベンチ付全断面掘削が容易にでき、掘削範囲は機体定位置で、約80m<sup>2</sup>（2車線の道路トンネル等）の大断面まで掘削できる。又、ヒンジ式ブームとカッティングドラムを活用してベンチ部分に溜まった掘削ズリを容易にかき寄せることができるので、掘削効率が向上する。

### (3) 作業効率・安全性の向上

ケーブルリールとケーブルガイドを装備したことにより、ズリ出し機械が掘削機電源ケーブルの下を通過できるようになり、掘削作業と併行して、ズリ出し作業を行うことができる。又、ケーブルの取り扱いおよび移動が短時間で行えるので、作業効率が向上することは基より、整然とした作業環境下での掘削とズリ出しの施工が可能であり安全性が向上する。

## 4. 性能確認試験

掘削性能確認試験のため、図-2に示すような、一軸圧縮強度（花崗岩A：150 MPa、高強度コンクリートB：100 MPa、C：50 MPa）が明らかな3種類の強度の試験体を作成した。

試験手順は、カッティングドラムを回転させながらヒンジ式ブームを一定の高さに保ったまま右に回転させて供試体の強度別にそれぞれ3回切削し、掘削量、掘削時間、ビット消費量、騒音、地盤振動、粉じん量

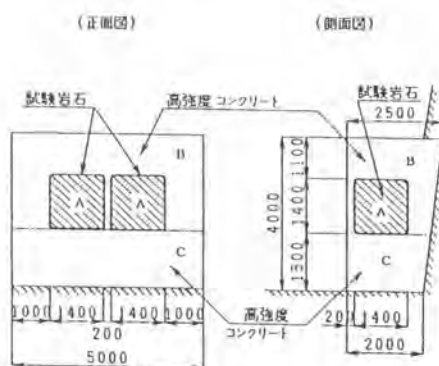
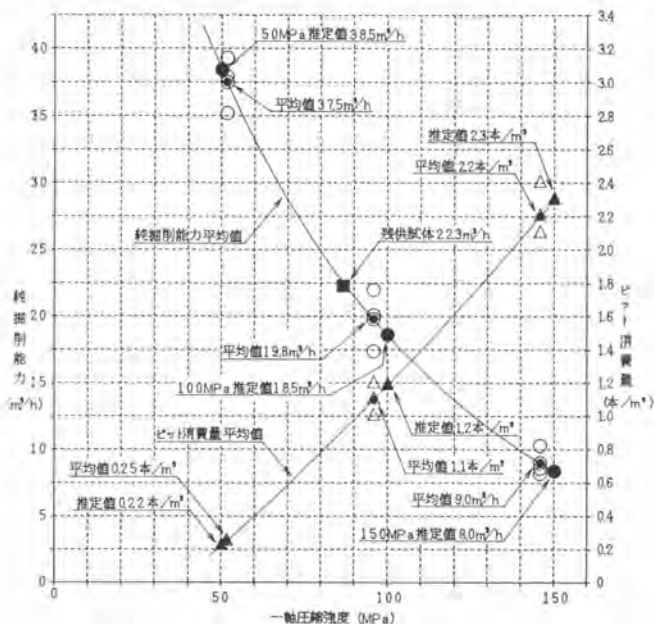


図-2 試験体形状図

の測定・記録を行った。測定データを用いて、本機による純掘削能力とビット消費量、サイクルタイムと日進量、経済性等について評価した結果、技術審査証明書を平成9年11月取得した。

一軸圧縮強度と純掘削能力およびビット消費量について図-3に示す。



このグラフから一軸圧縮強度が50～150 MPaの中硬岩あるいは硬岩の掘削が可能であることが認められる。

- : 純掘削能力 試験No. (①, ②, ③)
- : 純掘削能力平均値
- △: ビット消費量 試験No. (①, ②, ③)
- ▲: ビット消費量平均値

図-3 一軸圧縮強度と純掘削能力およびビット消費量

## 5. 施工実績

発注者) 建設省 関東地方建設局 千葉国道工事事務所

工事名) 竹岡第1トンネル工事 高規格127号 (富津館山道路)

施工場所) 千葉県富津市金谷字堀合2634-1 (図-4参照)

施工法) 補助ベンチ付全断面工法 (NATM工法)

施工内容) トンネル延長 826m

掘削断面積 94~130m<sup>2</sup> (図-5参照)

地質) 泥岩 (三浦層群)

弾性波速度 1.8~2.3 km/sec

一軸圧縮強度 8~15 MPa

### (1) 掘削方法

掘削方法は、上下半全断面を上下、左右と4ブロックにわけて行い、機体をアウトリガで固定したまま、左下半⇒左上半と掘削するとともに、右半断面において、ホイールローダにてズリ出し作業を行った。左半断面掘削完了後、掘削機を右半断面へ移動し、同様に掘削した。



図-4 施工位置図

上下半のベンチ長は、3 m を基本とし、ベンチ上の掘削ズリは、カッタドラムにより掻き寄せホイールローダのズリ出し作業を補助した。

掘削基本動作は、カッタブームを折り曲げた状態で掘削を開始し、切り込み深さ及び、上下移動高さを 300～400 mm 程度にて、ブームを左右に回転すると共にブームを伸ばしながら切り上がっていく方法とした。

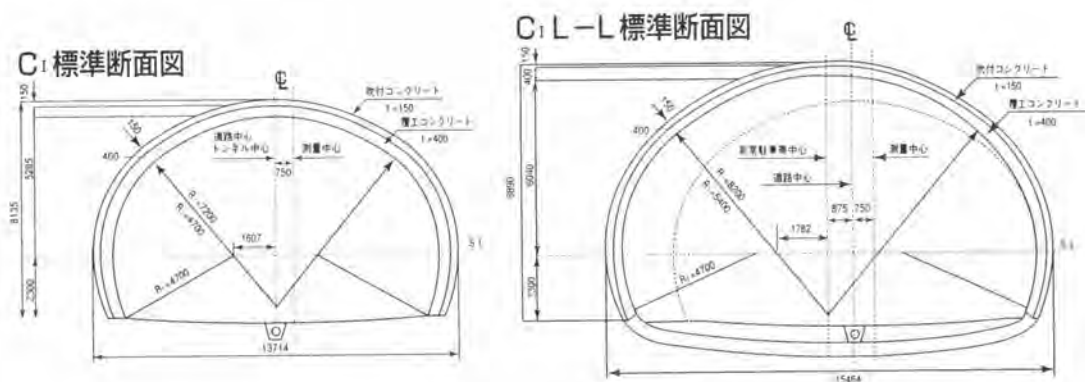


図-5 竹岡トンネル標準断面図

## (2) 掘削実績

掘削は、平成8年5月より本格的に開始し、平成9年2月に無事貫通した。施工実績は、C Iパターン(1進行長 1.5 m)で、最大日進 6.0 mであり当初の計画を上まわった。

掘削実績は、地山条件によって異なるが、実掘削能力(掘削量/カッタ運転時間)で平均  $9.4 \text{ m}^3 / \text{h}$ 、機械移動時間を含めた掘削能力は、その70%程度、ズリ出し時間を含めた能力は、実掘削能力の50%程度であった。

## 6. おわりに

施工実績から軟岩大断面トンネルにおいて、補助ベンチ付全断面掘削工法が安全かつ、効率的に施工できることが確認できた。性能確認試験の結果においても、本自由断面掘削機は、中硬岩はもちろん、硬岩にまで対応できることが実証・確認することができた。今後、都市部周辺で増加すると予想されるトンネル工事において、本機は周辺環境への対応と高い施工性、経済性、安全性を実現させることが可能と考えられる。