

33. ブームカッターシールド機による 下水道トンネルの築造

東急建設 星野 彰

1. まえがき

近年の市街地土木の地下管路施設の築造工事において、軟岩・中硬岩を対象土とする場合、発破の使用は極めて問題の多い処である。加えて日本の地層は、変化が多く軟弱層に遭遇することも多い。ここに紹介するブームカッターシールド機は、こうした“岩山”を発破の使用なしに高い掘進能率で施工出来る上に、軟弱層では手掘り掘進方式が出来る可変型シールド機である。

機構的には、開放型シールド機に、トンネル掘削機ブームカッター R H - I J のカッティングブーム機構を搭載したセミメカニカルシールド機の一つである。

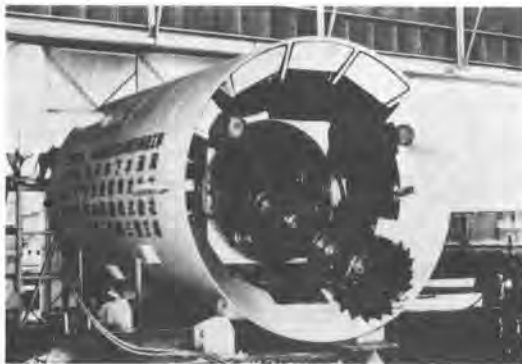


写真 - 1

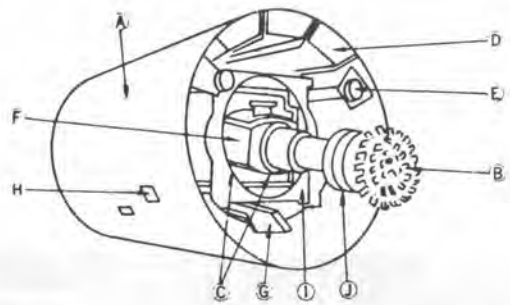


図 - 1

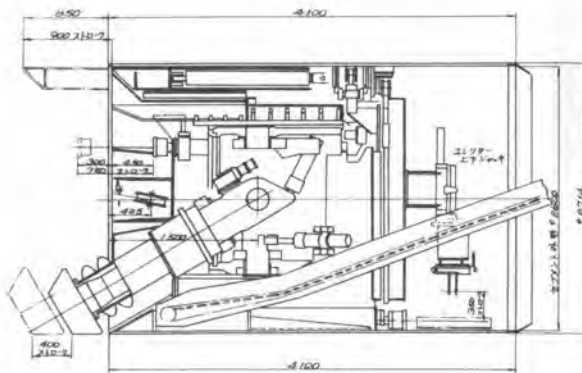


図 - 2

- ① シールド機本体
- ② カッターヘッド 後方より見て時計の針の方向に回転する
- ③ プロファイルリング およびガイドリング 円形のガイドにより掘削範囲を制限する。リングの形状寸法を変えることにより任意の掘削断面を設定出来る
- ④ ムーバブルフード
- ⑤ フェースジャッキ
- ⑥ カッター電動機部
- ⑦ すり取入口 チェーンコンベヤーにより後方へ送り出す
- ⑧ グリッパージャッキ 機体固定用
- ⑨ ジンバルボッタス
- ⑩ ギヤサリングスクロール

2. 機械仕様

①カッティングブーム

カッティングブームは、ジンバル（羅針盤）ボックスにトラニオン方式に組み込まれており油圧ジャッキによりスライドレ、前後進（40cm）する。

プロファイルリングを交換することにより任意の掘削断面が選択される。

カッティングブームは、切削負荷が増加し切削用電動機の回転数が低下すると、停動トルクが急増するように設計・製作された“高トルクモーター（停動トルク/ノーマルトルク=3倍）”

と、高トルクの状態がある時間接続する様に設計された“特殊電磁石方式（電磁石+油圧オリフィス）制御装置”との組み合わせにより強力な粘り強い切削力を発揮する。

②カッターヘッド

カッターヘッドは、土質に応じ種々な型式が考えられているが、頁岩・砂岩に対しては写真-2のタイプのもが使われる。



写真-2

③シールド本体

一般解放型シールドと大差はないが、グリッパージャッキ（15t×2本）と、方向修正用のスキッドジャッキ（25t×2本）を装備している。

④電気油圧装置

シールドジャッキ、カッティングブーム、コンベヤなどの通常の操作装置の他に、硬岩切削時にカッティングブームが振動したり逃げたりするのを防止し、常にピックを“岩石”に押しつけ、

表-1 掘削機の主な仕様

(1) シールド機本体部	
シールド外径	φ2714mm
全長	4100mm
スキンプレート厚	32mm
シールドジャッキ	80t×900st×8p 油圧350kg/cm ²
フェースジャッキ	18t×750~900st×2p 岩部=750 土砂=900
ムバブルフード	34t×900st×3p 油圧300kg/cm ²
グリッパージャッキ	15t×100st×5p 175×300mm
スキッドジャッキ	25t×80st×2p 300×500mm
チェーンコンベヤ	350B×160H×7M
全重量	28.5t
(2) ブームカッター部	
カッター電動機	65P(49kW)×4p×550V×60HZ
カッターヘッド	φ900mm×280mm
カッターピック	バイオネット、シェブロン、ピック 44コ
カッター回転数	43r.p.m
ブーム上、下ジャッキ	23.7t×320st×2p
ブーム左、右ジャッキ	23.7t×340st×2p
ブーム前、後ジャッキ	13.3t×400st×2p
重量	12t、(内ジンバルボックス 6t)

円錐台状の台座に切削歯（ピックと呼んでいる）が正面から見るとダブルクロソイド状に、側面から見るとダブルスパイラル状に配置されており、ピックは常に切削面に直角に働くように配置されて、切削時にどのピックも遊ばない様に配慮されている。又、ピックはワンタッチジョイントのバイオネット方式になっており、摩耗に伴い簡単に交換出来る。

カッターブームの切削エネルギーを十分に発揮する様に特殊電気油圧装置（D H オーバーセンターバルブとリリーフバルブの組み合わせ）が組み込まれている。

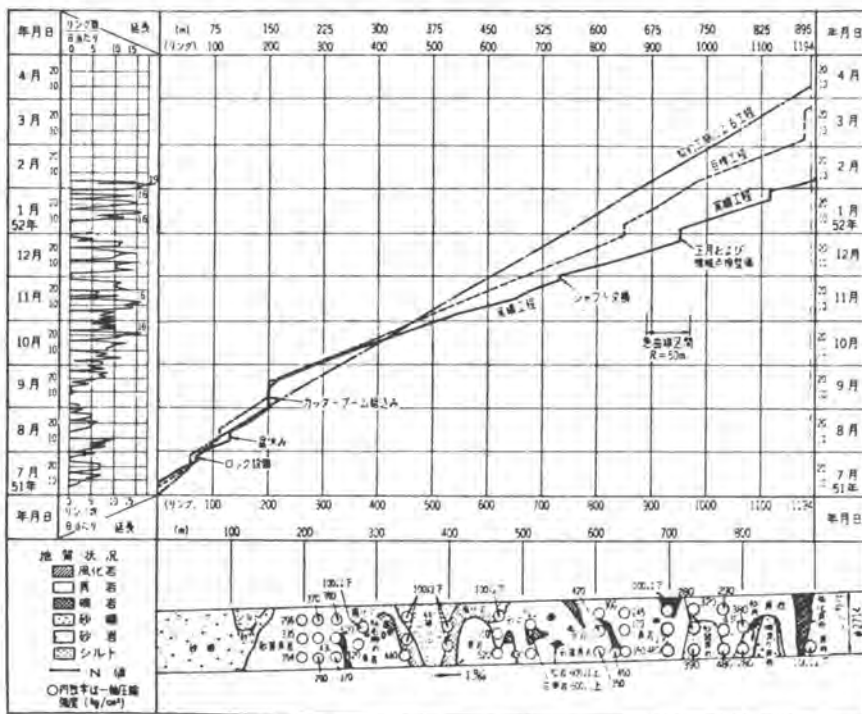
⑤ズリの積み込み運搬

ギャザリングスクロール方式を採っており、運搬用コンベヤはスクレーパーチェーン方式を採用して、シールド底部に埋込んだ型をとっている。

3. 実績性能

福岡市下水道局発注による下水道工事、香椎汚水幹線(3)築造工事に当ブームカッターシールド機(φ2.714m)を使用し、一軸圧縮強度100~800kg/cm²の“岩山”——、硬軟頁岩、砂岩層、珪化の進んだ松岩や転石状の花崗岩を含んだ硬質砂岩層、細粒砂岩と礫岩の互層などの地層を掘進し、日進最高14.25m、平均4.5mの掘進速度が得られている。工事の進捗状況及び岩の一軸圧縮強度は表-2に示した通りである。

表-2 掘進・進捗状況



ブームカッターシールド機の岩の切削能力は、一軸圧縮強度500kg/cm²程度までの“岩山”では、実施工上、ほとんど切削能率の低下が感じられない。また、軟弱粘土層、軟岩、中硬岩のいずれの場合も、平均日進量に大差がでていない。これは、切削に要する時間が短い(10~15分/リング)ためである。

ピッケの消費量については、地層の構成によりかなりバラツキがあり、きわめて把握しにくい。一様な岩であれば摩耗するが、転石状や互層の場合「欠損」状態となる。一応の目安を表-3に示す。

表-3

岩 質	ピッケ消費量(本/m ²)
頁岩・砂岩 一軸圧縮強度：100~500kg/cm ² 程度	0.02~0.3
頁岩・砂岩が主体で礫岩を含む場合 一軸圧縮強度：400~600kg/cm ² 以上	0.45
花崗岩・玉石等が転石状に露呈する 一軸圧縮強度：800~1,000kg/cm ² 程度	0.7~0.9

4. ブームカッターシールド機の得失

“岩山”を手掘りシールド(発破併用)で掘進する場合と比較して、以下のよう考える。

- ①一軸圧縮強度600~800kg/cm²程度までの岩が発破を使用せず掘削可能であり、恐らく“岩山”ではいかなるシールド機よりも掘進速度が速い。
- ②風化~半風化の岩は、部分的に風化の著しい部分があることが多いが、こうした場合に対処しやすく、極度に悪い場合は手掘り方式ができる。
- ③発破併用の場合は、削孔・発破・後ガスの処理・ズリ処理・ピッケによる切羽の整形など切羽処理に時間を要し、日進量におのずと限界があるが当機によれば、相当な日進量が期待できる。
- ④余掘り量がきわめて少なく最小限ですむ。又、曲線掘進が容易である。
- ⑤発破による振動・地山のゆるみがない。
- ⑥工事費の面からみると(あくまでも概算の域を出ないが)手掘りシールド(発破併用)でφ3.0m、L=500~600m程度の場合で当機を使用した方が、少し割高となると考えられるが、前述の様なメリットと、振動・騒音などの公害的要因が少なく、又、掘進工期の短縮が期待できることなどを考慮すると、決して高いとはいえないと考えられる。
- ⑦R10-IJ用のカッターであれば、比較的小径(シールドタイプのもので、φ2.3m、推進の場合でφ2.0m程度)のシールドにも搭載できる。
- ⑧メカニカルシールドなどと比較すれば、ブームカッターによる手掘りシールド的な感覚で受けとめてよく、掘進精度はずっと高い。
- ⑨当ブームカッターは、硬質粘土・軟岩・中硬岩(一軸圧縮強度600kg/cm²まで)の土質に適し、砂、礫などでは問題がある。600kg/cm²以上の岩や・互層・礫石などに対しては切削は可能であるが、ピッケの消費量と切削速度などからくる経済性を考慮すべきである。

5. 結 語

以上、ブームカッターシールド機の概要について記述してみたが、当機は単に“軟弱層”と“軟岩・中硬層”を掘り分ける可変型シールド機として有効であるだけでなく、対象土が軟岩・中硬岩である一般トンネルにも適応性があると考えられる。発破の使用が限定される場合などの軟岩・中硬岩のトンネル築造の一助となれば幸いである。