

多様なトンネル断面を掘削するシールド掘進機 『アポロカッター工法』

猪 又 勝 美・鈴 木 康 博

アポロカッター工法は、多様な断面を掘削でき、硬質地盤において優れた切削性を発揮する新しい発想のシールド掘進機である。

掘削機構は、密閉型シールド掘進機先端部のカッターヘッド、揺動フレーム、公転ドラムの3点で構成される。カッターヘッドが回転（自転）しながら揺動フレームと公転ドラムにより公転する。揺動フレームを動かすことによって、カッターヘッドの公転半径を変えられ、任意の断面を掘削できる。小径のカッターを使用するため高速回転（自転）することが可能であり、硬質地盤に対しても高い適用性を持っている。

本工法の開発により、多様な断面のシールドトンネルの築造が可能となった。

キーワード：シールドトンネル，自転・公転，矩形断面，硬質地盤，転用

1. はじめに

円形・矩形・馬蹄型など多様な断面に対応でき、硬質地盤や地中障害物切削に威力を発揮する、シールドトンネル掘削のためのアポロカッター工法*が開発された（写真-1）。

アポロカッター工法は、多様な断面を掘削でき、カッターが高速で回転するために硬質な地盤にも適用できることが特長である。具体的な掘削方法は、密閉型シールド掘進機先端部のメイン回転ドラム（公転ドラム）上に揺動フレームを介して回転式カッターヘッドを設置し、カッターヘッドが高速で回転（自転）しながら、公転ドラムによって公転を行うことで掘削する、シー

ルド掘削機構としては今までにない工法である。

*アポロカッター工法/APORO-CUTTER工法（All [あらゆる] Potential [可能性を秘めた] Rotary [回転式] Cutter [カッター]）

2. 開発の経緯

従来のシールドトンネルは円形断面が基本形状であったが、近年の鉄道工事や地下通路においては、横方向に一定の広がりをもった空間を効率的に掘削するために、矩形断面のシールドトンネルのニーズがある（図-1）。また、都市部における大深度法の適用に伴

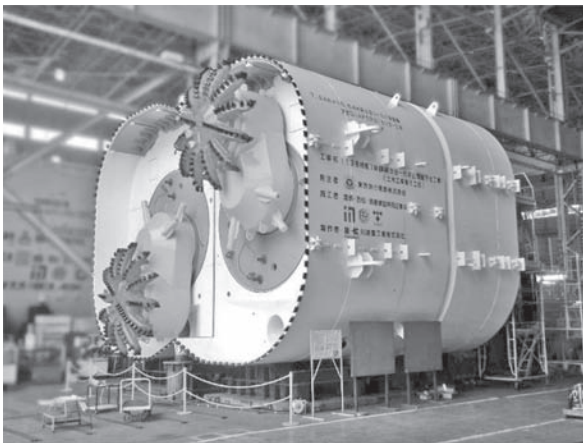


写真-1 アポロカッター工法シールド掘進機
(2連矩形断面式)

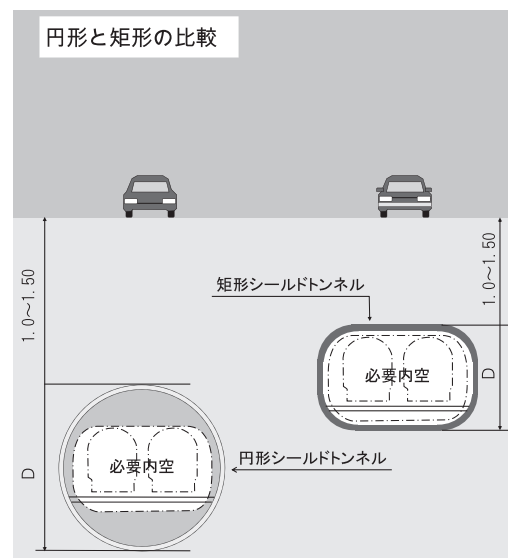


図-1 円形断面と矩形断面の比較

い、硬質地盤の掘削に対応できるシールド掘進機のニーズも増加する傾向にある。

従来、シールド掘進機の cutter 部分の先端に伸縮 cutter (図-2) を使用した、WAC 工法 (ワック工法) (写真-2) や EX-MAC 工法 (イー・マック工法) (写真-3) 等を矩形断面の掘削工法として適用してきたが、硬質地盤においてより優れた切削性を発揮できる アポロ cutter 工法が開発されるに至った。

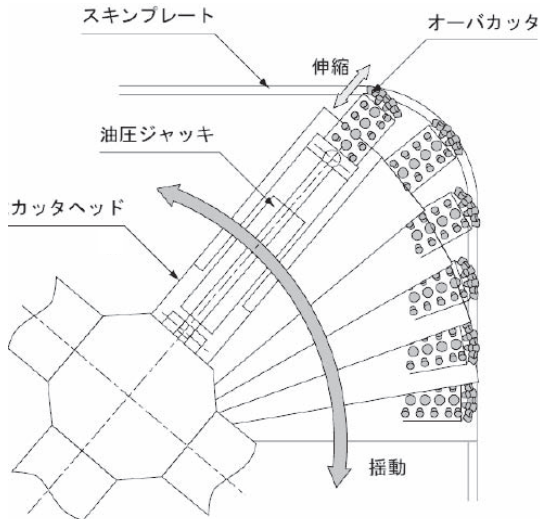


図-2 伸縮 cutter による矩形断面掘削概念図

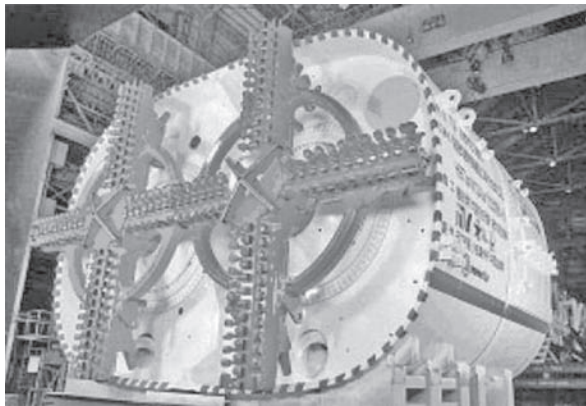


写真-2 WAC 工法のシールド掘進機

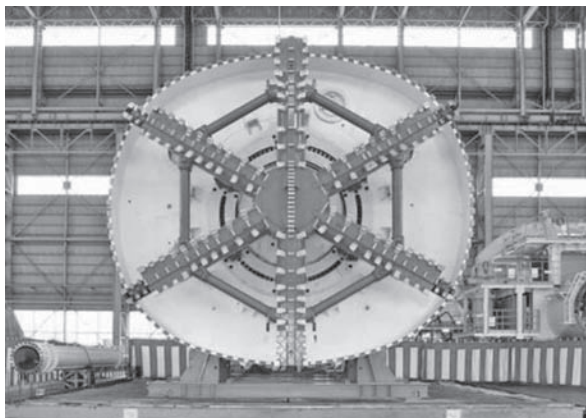


写真-3 EX-MAC 工法のシールド掘進機

3. 「アポロ cutter 工法」の掘削メカニズム

アポロ cutter 工法の掘削機構は、公転ドラム、揺動フレーム、cutter ヘッドの 3 点で構成される。cutter ヘッドが回転 (自転) しながら揺動フレームと公転ドラムにより公転する。揺動フレームを動かすことによって、cutter ヘッドの公転半径を変えることができ、任意の断面を掘削する。通常のシールド掘進機が cutter ヘッドの 1 軸回転機構であるのに対して、本工法は 3 軸の回転を制御して全断面を掘削する (図-3~5)。

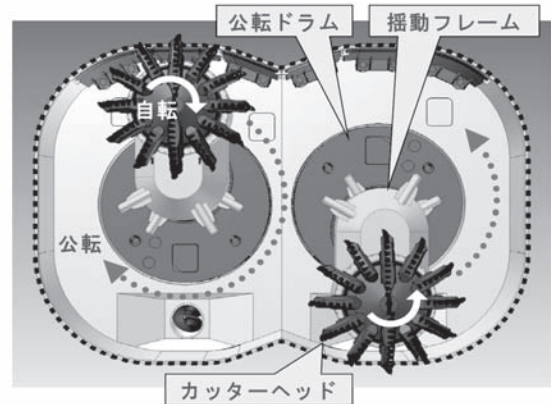


図-3 cutter 配置 (2 連矩形断面)

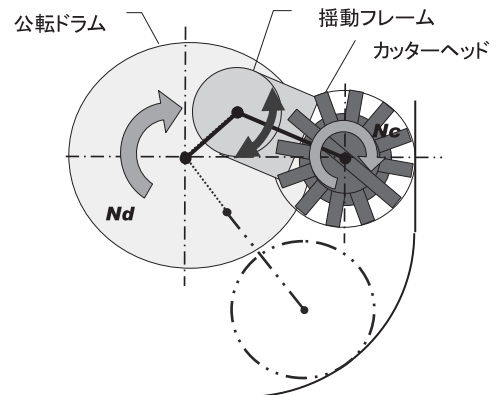


図-4 3 軸制御の掘削概念

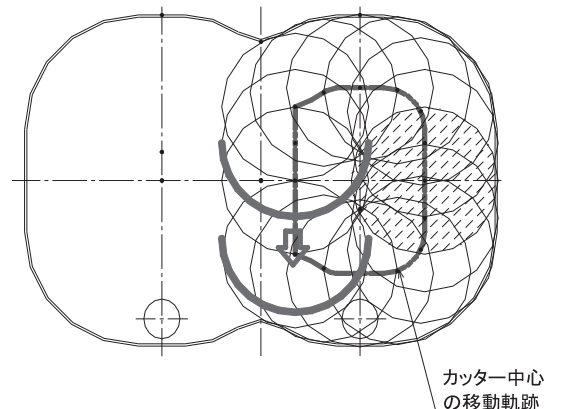


図-5 cutter ヘッド掘削軌跡 (2 連矩形断面)

4. 「アポロカッター工法」の特長

アポロカッター工法の特長としては、主として以下の3点が挙げられる。

(1) 任意の断面を掘削可能

矩形をはじめとする任意の断面を掘削することができ、非円形・円形どちらにも適用可能である（図-6）。カッター機構は高性能なカッター位置制御機構を持っており、精度の高い掘削断面を確保している（図-7）。

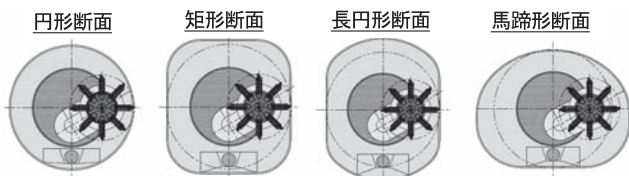


図-6 アポロカッター工法の適用例

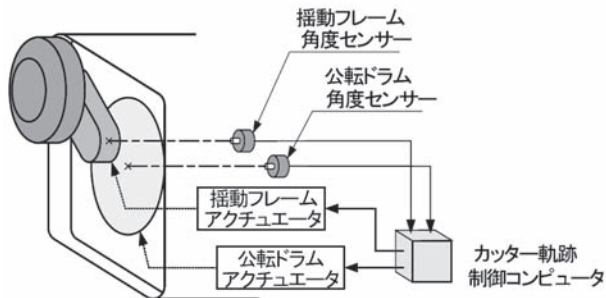


図-7 カッター位置制御機構概念図

(2) 硬質地盤における優れた掘削性

従来の大断面シールドに比べて、カッター部分が小さく、片刃のカッター（写真-4）を高速で回転させることができる。そのため、硬質な地盤においても良好な切削性を発揮して掘進速度の向上が見込めるため、土丹・改良土等硬質な地盤への高い適用性を持っている（写真-5）。



写真-4 片刃のカッター配置状況



写真-5 硬質地盤掘削性能確認実験状況

(3) カッター構成部を転用可能

カッターヘッド、揺動フレーム、公転ドラムからなるカッター機構部は、断面形状が異なるトンネルの掘削装置への転用が可能になるため（図-8, 写真-6）、転用によるコスト削減や環境負荷の低減が可能である。また、ベアリング機構が従来のもより小さいために、新規に製作する場合でも納期が短く、工期短縮につながることを期待される。

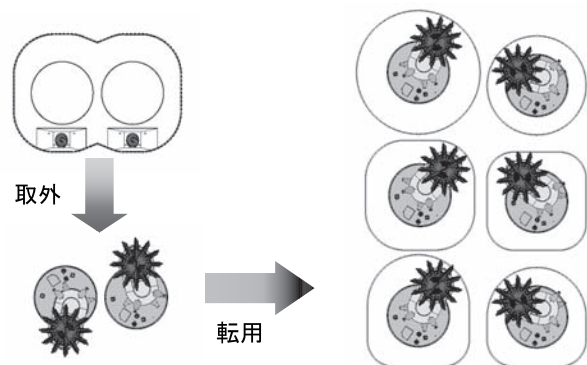


図-8 断面形状の異なるトンネルに転用可能

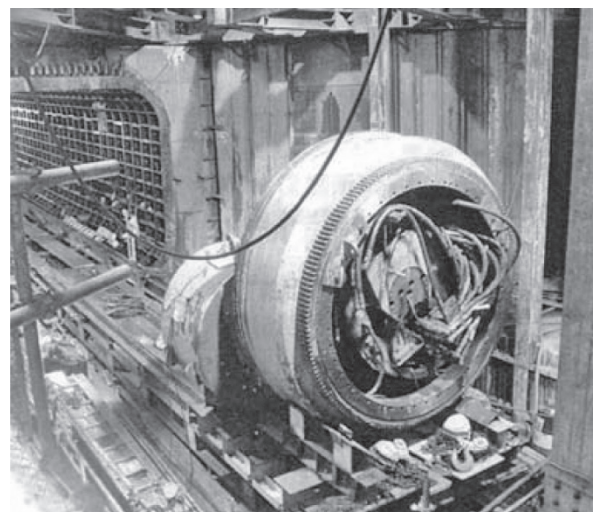


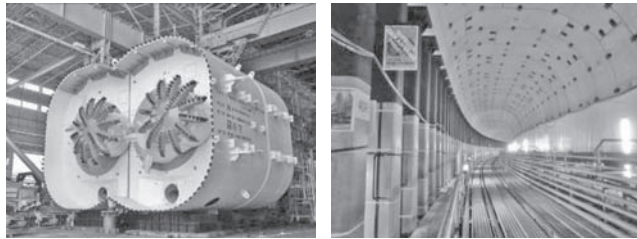
写真-6 カッター機構部取外し運搬状況

5. おわりに

本工法は、鹿島建設(株)と川崎重工業(株)との共同研究によって開発され、実証実験による技術検証を経て地下通路(写真—7)と鉄道複線断面(写真—8)へ適用されている。



写真—7 アポロカッター工法が適用された地下通路



写真—8 アポロカッター工法が適用された鉄道複線断面

今後も更なる技術改良を進め、これまで開発し採用してきた矩形断面の掘削工法に、さらにメニューを追加し、掘削対象となるトンネルの状況に応じて適切な工法を積極的に提案していく考えである。

J C M A

[筆者紹介]

猪又 勝美 (いのまた かつみ)
鹿島建設(株)
東京土木支店
土木部 機電グループ
次長



鈴木 康博 (すずき やすひろ)
鹿島建設(株)
機械部 技術3グループ
課長代理



大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 22 年度版——

■改訂内容

- ・国交省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・ケーシング回転掘削工法のビット損耗量の設定
- ・工法写真、標準積算例による解りやすい説明
- ・施工条件等に対応した新たな岩盤削孔技術事例の追加
- ・“よくある質問と回答”の追加

● A4判/約 250 頁 (カラー写真入り)

● 定 価

非会員：5,880 円 (本体 5,600 円)

会 員：5,000 円 (本体 4,762 円)

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 450 円

沖縄県 340 円 (但し県内に限る)

● 発刊 平成 22 年 5 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>