

VI-101 矩形掘進機（偏心リングギヤ式）の開発

— 掘削機構確認実験・切羽安定実験 —

(株)奥村組 正会員 和田 洋
 (株)奥村組 正会員 脇田 恒夫
 (株)奥村組 田中 秀和

1. はじめに

最近のシールド工法の断面には、合理的な断面が追求されており、単円形断面以外に複円形や楕円形などの断面が検討される事例が増加している。しかし、道路トンネルや電力用洞道などの用途では、円形断面形状よりむだな断面が少なくなる矩形が有利になり、さらに、占有面積や掘削土量の観点からも矩形が合理的であり、工費が低減でき経済的にも優れている。

本掘進機の開発にあたっては、円形断面で実績の多い泥水式シールド機と同様に、カッター板を回転させて、正方形に掘削できる機構を採用し、以下の2点を開発のコンセプトとしている。

- ①使用目的に合致した最小断面地下構造物の築造
- ②小口径矩形掘進機の組み合わせによる大規模地下構造物の築造

2. 矩形掘進機の概要

リングギヤをはさんで駆動モーター軸とカッター板軸を偏心させたリングギヤ偏心駆動方式と、三翼カッター板との組み合わせにより正方形断面を掘削する機構になっている（図-1参照）。切羽の安定と掘削土砂の搬出に泥水還流方式を採用し、覆工方法については、矩形推進管を圧入するセミシールドタイプと矩形セグメントによるシールドタイプの両者に適応できる。

特長を以下に示す。

- ①単軸の回転運動による掘削機構のため構造が単純
- ②従来の円形泥水シールドと同等の掘削性能を有し取扱いが簡単である
- ③カッター板が偏心して回転運動するので、チャンバ内での攪拌効果が向上する
- ④切羽掘削面は単一平面になり、安定性が高く、施工管理が容易である

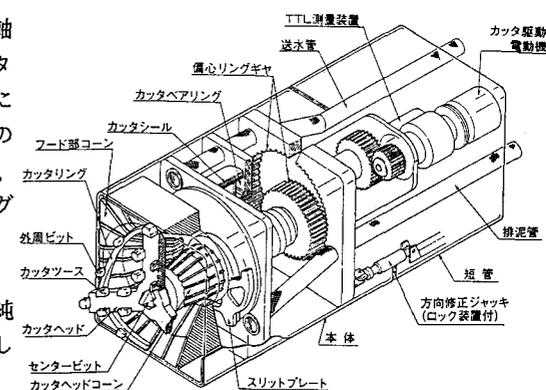


図-1 矩形掘進機概念図

3. 実験概要

□500×500の実験機を製作し、掘削機構と切羽安定の確認試験を行った。計測項目を表-1に示す。

(1) 掘削機構確認実験

硬質地盤を対象に圧縮強度26kgf/cm²と105kgf/cm²の2種類のモルタルによる模擬地盤において、カッターツースの形状を変えて掘削を行い、カッタートルクや掘削性能を確認した。

(2) 切羽安定確認実験（写真-1参照）

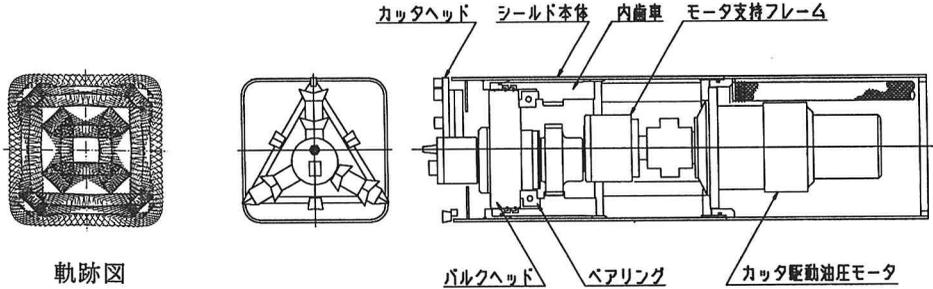
カッター板はスポークタイプで開口率が非常に高いので、カッター板が変則運動を行っても切羽の安定が確保できることを確認するために、土槽内に湿潤状態の模擬地盤を作成して掘進し、切羽の安定および地盤の変状を計測した。

表-1 計測項目

計測項目	掘削機構確認実験	切羽安定確認実験
推進距離	○	○
推進速度	○	○
推力	○	○
カッタートルク	○	○
カッター回転数	○	○
カッター回転位置	○	○
切羽水圧		○
排泥流量		○
送水圧		○
地表面沈下(5点)		○

4. 矩形掘進実験機

実験機は□500×500の正方形断面で遊星ギヤの偏心量を39mmとした結果、コーナー部はR=60mmのアールを持ち、ここに送排泥管を配置した泥水式とした。三翼カッタの先端に三角形ビットを配置した時の1スロークに配置されたビットおよびツースの軌跡を示す（図-2参照）。



5. 実験結果と考察

図-2 矩形掘進実験機

(1) 掘削機構確認実験

- ①遊星ギヤの偏心量を39mmとした場合、所定の余掘量で辺部およびコーナー部（R=60）が掘削されていることが確認できた
- ②図-3はカッタ板回転数が10rpm、掘削速度2cm/minの時のカッタトルク等を示しており、カッタ板の変則運動によってカッタトルクの変動幅が大きくなることが懸念されたが、実験結果では変動幅は小さい
- ③掘削速度やカッタ板の回転数の変化がカッタトルクに及ぼす影響は、円形シールド機とほぼ同様であり硬質地盤の掘削におけるカッタトルク係数 α は、 $\alpha=2.5$ 以上必要となる
- ④中央部が低くなったスクレーパーツースを用いたが、背面摩擦が顕著であり、対策が必要である

(2) 切羽安定確認実験

- ①実験機のカッタ板は2重隔壁構造（図-2参照）を採用した結果、円形シールド機と同様な泥水圧力管理で切羽の安定が確保できた
- ②砂地盤、粘性土地盤、砂礫地盤とも掘進による地表面沈下は最大でも2~3mm程度である

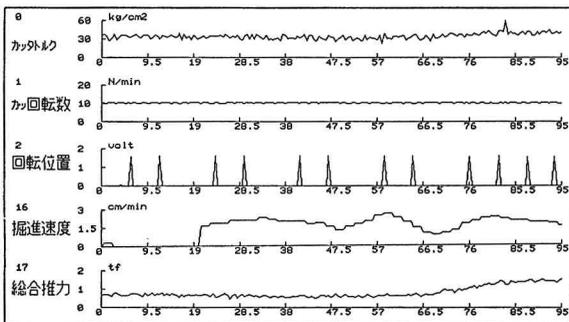


図-3 計測結果

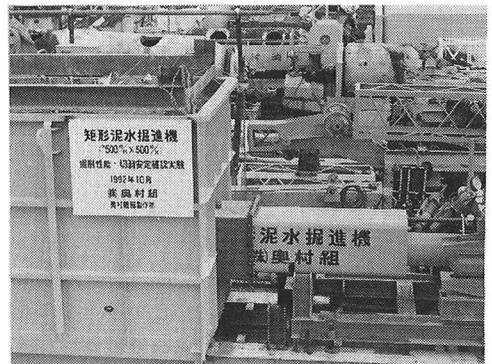


写真-1 切羽安定実験状況

6. おわりに

今回の実験で矩形掘進機の実用化の目処が付き、実機の設計に必要なデータを得ることができた。今後、連続並列施工を対象にした継ぎ手や坑口パッキンを開発し、現場実証施工を実施する予定である。