

回収機能を有する異径断面に対応可能な推進用掘削機の開発

東京電力(株)建設部 正会員 鹿野 聡, 綿引 秀夫
 鹿島建設(株)技術研究所 正会員 五十嵐 寛昌
 正会員 真鍋 智

1. はじめに

現在、電力、ガス、通信、上・下水道等における小断面のトンネル工事では、推進工法が多く採用されている。一般的に推進工事ではトンネル内径が規定されていることから、掘削機についてはリース品として転用市場が形成されている。しかしながら、現状推進到達部における既設埋設物の状況等により、掘削機を回収できない場合が多く、この場合掘削機代が割高となり全体工事費を押し上げる要因となっている。そこで本開発は、このような条件下での推進工事の合理化を目的とした掘削機の開発であり、本報告ではその概要と、実規模で行った部分性能確認実験の内容について報告する。

2. 開発の概要

開発掘削機は、掘削装置本体（掘削機構および排土機構）と外殻が分離可能な構造とし、推進完了後にこれらを分離して掘削装置本体を発進立坑側へ引き戻して回収するもので、外殻には推進管を利用するものである(図-1,2)。

本掘削機の実現化に向けて、重要な課題は、外殻と掘削装置の固定方法、外殻と掘削装置間隙の止水方法、掘削機の回収方法であり、表-1に示すとおり検討を行った結果、以下のとおり対応することとした。

- ・外殻と掘削装置の固定方法については、TBM工法で広く用いられているグリッパーを応用した固定方式を採用することとした。
- ・外殻と掘削装置間隙の止水方法については、水圧によりゴム製のチューブを膨らませて止水する方法を採用することとした。
- ・掘削機の回収方法については、引き戻し用のローラを掘削装置本体に設置することと、伸縮可能なカッタースポークを採用することにより対応することとした。なお伸縮可能なカッタースポークの採用により、異径の断面への対応が可能となる。

グリッパーを用いた固定機構およびチーブシールを用いた止水機構については、実規模の実験により機能性を確認し、実用可能性の評価を行うこととした。

表-1 開発における検討内容

検討課題	従来推進機	対処方法	確認が必要な項目	確認方法
外殻と掘削装置の固定方法	推進管と同径の外管内に掘削・排土機構が組み込まれている。	TBM工法を応用し、外殻内側に対してグリッパーで固定する。	掘削反力による繰り返し荷重に対する保持機能性	繰り返し荷重載荷実験による検証
外殻と掘削装置間隙の止水方法	先端部が密閉されている。	チーブシールにより先端部で止水する。	掘削反力による変位が生じた場合にも追従する止水性	繰り返し荷重載荷実験による検証
掘削機の回収方法	到達立坑内で、推進管との接続部を切り離し回収する。	引抜き用のローラを掘削装置に取り付ける。	ローラの構造、取り付け方法、取り付け位置	図面での検討で対応可能
		カッタースポークを伸縮可能なものとする。	カッタースポークの伸縮機構	WAC工法(揺動型シールド工法;カッター駆動手段に油圧ジャッキを使用し、左右に揺動するカッタースポークを伸縮させることにより、掘削断面の変化に対応できる工法)の技術の応用により対応可能

キーワード：推進用掘削機，回収機能，異径断面，グリッパー，チーブシール

連絡先：東京電力(株)建設部 土木・建築技術センター 〒100-0011 東京都千代田区内幸町 1-1-3 03-3501-8111

鹿島建設(株)技術研究所土木技術研究部 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 0424-89-7067

3. 実規模実証実験による検証

実験は実物大の実験装置を用いて行い、固定機構の繰り返し荷重に対する機能性と、止水機構の繰り返し荷重作用下における泥水圧に対する機能性を評価した。

掘削装置を模擬した試験体は、先端部に実機で使用するチューブシールを取り付け、固定機構として実機で使用するグリッパーを取り付けたものである。また外殻である推進管については、グリッパーからの荷重に対し必要な強度を確保するため改良を施した推進管を使用した。この試験体に対し、推進中の掘削反力が作用することを想定し、掘削機軸方向（スラスト方向）と回転半径方向（接線方向）から油圧ジャッキにより荷重を載荷するとともに、前面から泥水圧を作用させた。表-2に実験条件の検討内容と、図-3に実験装置概略図を示す。

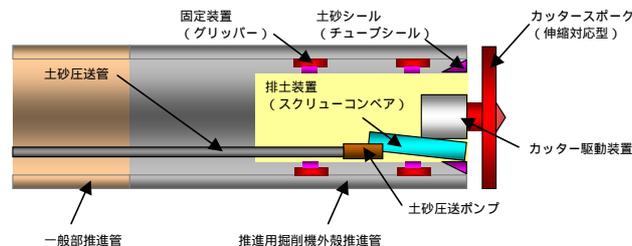


図-1 開発掘削機概念図

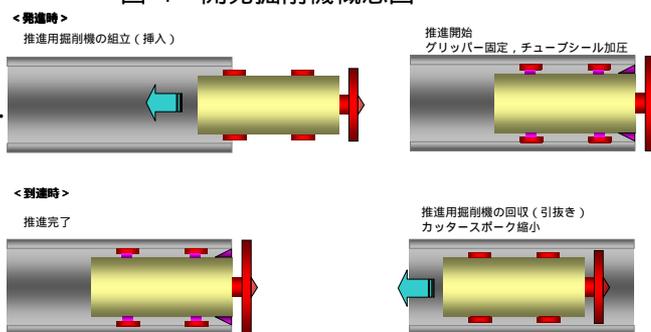


図-2 掘削機の回収概念図

表-2 実験内容の検討

検討事項	実験条件	条件設定根拠	
1. 掘削反力	スラスト(トンネル軸)方向荷重	50kNを基準に100kN, 150kNまでの荷重に対する機能確認	カッタービットに作用する地山反力から算出
	接線(カッター回転半径)方向荷重	50kNを基準に100kN, 150kNまでの荷重に対する機能確認	掘削機カッターの回転トルクから算出
2. 繰り返し荷重載荷回数	12,500回を基準に荷重50kNに設定 Case1 (スラスト方向) 12,500回 Case2 (接線方向) 25,000回 Case3 (複合長期) 100,000回	掘削距離500mの掘削中に衝突する巨礫の数を仮定し、衝突回数として算出	
3. グリッパー荷重	前グリッパー; 130kN 後グリッパー; 250kN	グリッパーと推進管内面コンクリートとの摩擦係数(0.5と仮定)で上記掘削反力に対抗するとして算出	
4. 止水性	0.2MPa	一般的な推進工事で地下水圧相当の止水圧を設定	
5. 検討対象の推進管内径	1,000 ~ 1,200	小断面トンネルを対象とする	

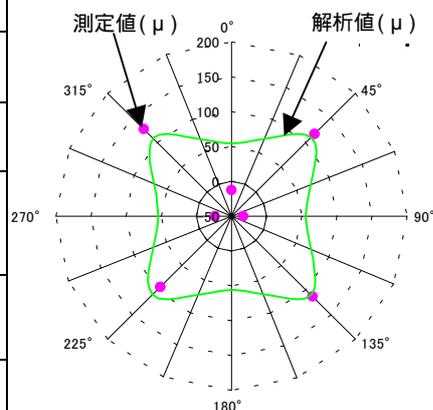


図-4 外殻(推進管)の歪み測定結果

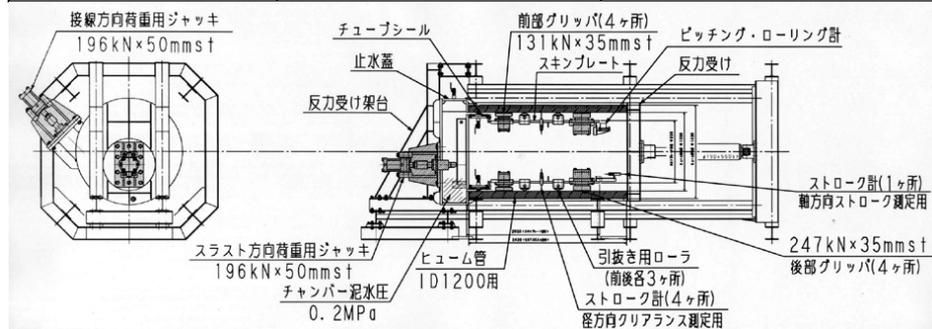


図-3 実験装置概略図



写真-1 実験状況

4. 実験結果

実験の結果、泥水圧作用下での繰り返し荷重等に対する機能性を満足することが確認できた。

推進用掘削機グリッパーは、繰り返し荷重に対し固定位置での滑動は見られなかった。

止水用チューブシールは、0.2MPaでの止水性を確保できた。

外殻の推進管は、耐久性を確保できた(グリッパーによる歪み発生はほぼ設計値どおりであった。図-4参照)。

5. まとめ

実規模の実証実験により、本掘削機の実現化が可能であることの確認が得られた。今後は、掘削機内の設備の小型化等を図りながら、実工事への具体的検討を進めていく考えである。