

高速シールドの開発

松下 清一¹・請川 誠²・柳楽 毅³・岩井 義雄⁴・元木 実⁴・中根 隆⁵

¹正会員 戸田建設(株) 本社 土木工事技術部 (〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1)

²正会員 工修 戸田建設(株) 本社 アーバン・ネッサンスプロジェクト (〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1)

³正会員 戸田建設(株) 本社 環境ソリューションプロジェクト (〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1)

⁴正会員 戸田建設(株) 東京支店土木部 (〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1)

⁵石川島播磨重工業(株)油機・シールドプロジェクト部 (〒478-8650 愛知県知多市北浜町 11-1)

キーワード：親子型シールド機，セグメント同時組立，サイクルタイムの向上

1. はじめに

近年，都市の過密化，地域住民の環境保護等の点から，立坑用地の確保が困難となっている．このため，中間立坑を設けず長距離施工を行う傾向にある．シールドトンネルの長距離化によって生じる技術的課題は，ビット耐久性及び交換技術，シールド機の耐久性及び部品交換技術，資機材坑内運搬の効率化，高速掘進等が挙げられる．筆者らは，親子型のシールド機を用いて高速掘進する工法を開発した．本文では，工法概要，日進量の試算結果を述べるとともに，高速掘進の可能性の確認と親子型シールド機設計に必要なデータを得る目的で実施した高速切削実験について述べる．なお本工法は戸田建設(株)と石川島播磨重工業(株)との共同開発である．

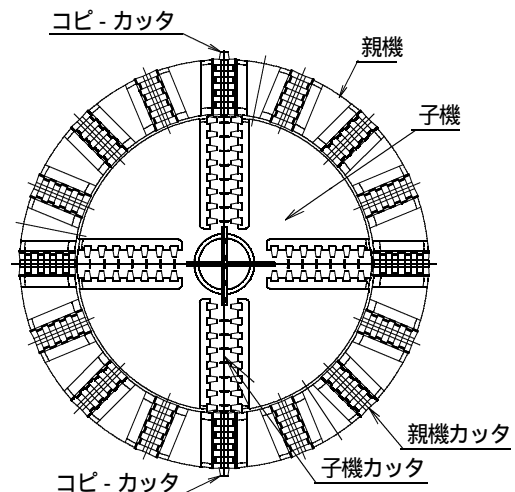


図-1 親子高速型シールド機のカッター構造

2. 親子型高速シールドの概要

(1) 工法概要

本機は泥水式シールド機であり，図-1に示すように，外周のリング形状をした親機と，中心部の円形状子機とから成り，各々が別駆動で独立して掘進できる機構を持つ．また，親機にはビットを多条配置しており，カッターの回転数は従来のままで，掘進速度を高める機構とした．

外周部の親機が1リング分を高速掘進し，次に内部の子機が外周部の親機をガイドとして掘進する．子機掘進と並行してセグメントを同時に組立てることにより，サイクルタイムの短縮を図る．

子機掘進時は親機をガイドとするため，シールドジャッキを自在に選択しても子機の方方向制御が可能

である．掘進手順を図-2に示す．

(2) サイクルタイム

親機のビットを多条配置することにより，親機の高速度掘進が可能となる．ビットを10条配置し，切込み深さ12mm，カッター回転数2rpmの場合，親機の掘進速度は240mm/minが可能となる．また，子機は通常速度の40mm/minとしその間にセグメントを組立てる．この結果，通常施工のサイクルタイム60分に対し，本機では37分で23分短縮できる．平均日進量でも，通常施工の12mに対し，20mとなる．

本工法は，親子型機構であるためシールド機は通常機に比べ割高となるが，高速施工による人件費，プラント損料を低減できるため，概ね2km以上の掘進距離でトータルコストが低くなる．

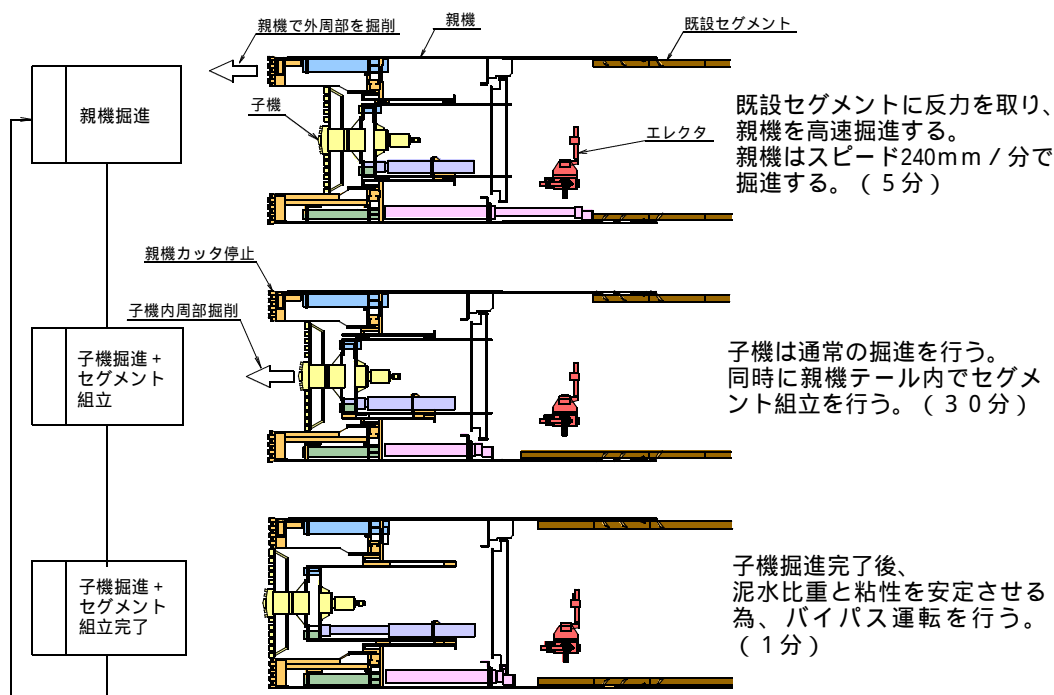


図-2 親子高速シールドの施工手順



写真-1 高速切削実験状況

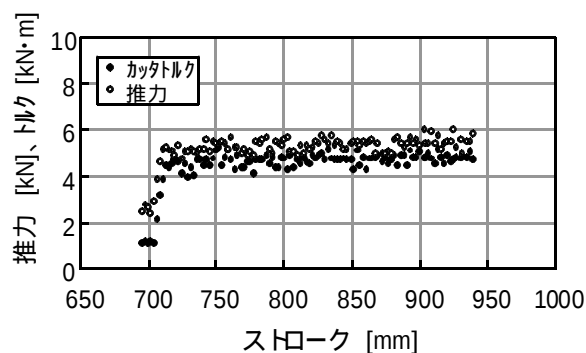


図-3 切削実験結果(掘進速度80mm/min)

3. 高速切削実験

カッター回転数、ビット配置条数、切込み深さ及び掘進速度との関係を把握し、実機設計に反映させるため高速切削実験を実施した。本実験の切削材は一軸圧縮強度 $0.34 \sim 1.29 \text{ N/mm}^2$ のセメントベントナイト製供試体を用い、1供試体当たり1000mmストロークの切削でデータを記録した。写真-1に実験状況、図-3に実験結果の一例を示す。掘進速度は最大320mm/minまで実施した結果、以下について確認できた。

(1) カッタートルク

掘進速度の概ね $1/2$ 乗に比例する。また、ビット配置条数の $1/2$ 乗に比例する。逆にカッター回転数の $1/2$ 乗に反比例する。

(2) 推力

掘進速度への依存性は殆ど無い。また、ビット配置条数に比例する。カッター回転数の影響もみられない。

4. おわりに

高速切削実験により、親機ビットを多条配置することでシールド機の高速掘進が可能であることを確認できた。本文では述べていないが、親機と子機間の摺動シールの耐久性も確認している。

長距離・高速掘進が可能な本工法は、工期、工費の縮減も可能であり、大深度地下利用や都市再生に貢献できるものと確信している。