

上向きシールド工法の開発

大成建設 正会員 金子研一
 五洋建設 原 修一
 石川島播磨重工 伊藤広幸
 石川島建材工業 正会員 橋本博英

1. はじめに

都市部におけるトンネルの計画は、ますます地下深部に向う傾向にある。これに伴い、施工技术に対し多様なニーズが生まれている。その一つとしてシールドで立坑を下向きに掘進する工法が要求され、実用化されるに至っている。逆に、地下のトンネル内より上向きシールド掘進が可能となると、到達部に上から施工のための用地が確保できない場合、また到達直前まで地上部が開放できないといった条件下で有効な施工技术となる。これらのニーズに応えるため、換気・ケーブル等の引き込み・管理人孔といった中小口径立坑の新しい立坑構築技術としてシールドで上向きに掘進する工法の開発を行っている。

本文では開発したシールドの概要と、その掘削実験結果について報告する。

2. 上向きシールドの概要

地下のトンネルから上向きに立坑を構築する条件で研究を行っている。本線トンネル施工時に於て、立坑部トンネルセグメントは鋼製とした。さらに、発進部は外側をコンクリート製、内側を鋼製の二重構造とした（図-1）。シールド組立時に内側のセグメントをはずし、コンクリートを削りながら発進する。コンクリートセグメントは発進直前までPC鋼線で緊張する。

シールドは土圧式とし、切羽に適切な泥土圧をかけることで、切羽の安定を図り、地盤への影響を小さくする掘進を行う。シールド隔壁に設置した土圧計と地中の沈下計により掘削管理を行う。シールドの基本構造を図-2に示す。トンネル内を運搬する必要上、ユニット化し組立て容易な構造にした。さらに、汎用性をますために、アタッチメントを継ぎ足すことで異なる径に対応可能な構造とし、再利用を図る。反力は反力ケーシングにとることで、立坑とトンネル接合部に力が集中しない。シールドジャッキが掘進に伴い上昇するため、推進工法より小断面トンネルからの発進が可能となる。

3. 上向きシールド掘削実験

密閉型シールドによる上向きにトンネルを掘進した実績はない。実験の目的は、開発したシールドの検証と、掘削管理方法の確認にある。

実験機は外径 $\phi 1\text{m}$ 、掘削した土砂が集まり易いように隔壁はすり鉢状とし、中央に $\phi 100\text{mm}$ のスクリーコンベアを設ける構造とした。排土量はスクリーコンベア下端のゲートにより管理する。セグメントは、シールド内で組み立てる構造とせず、シ-

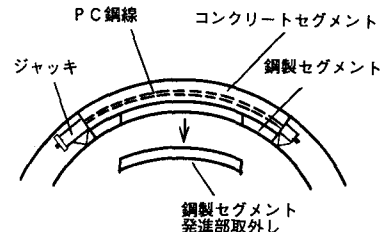


図-1 二重セグメント構造

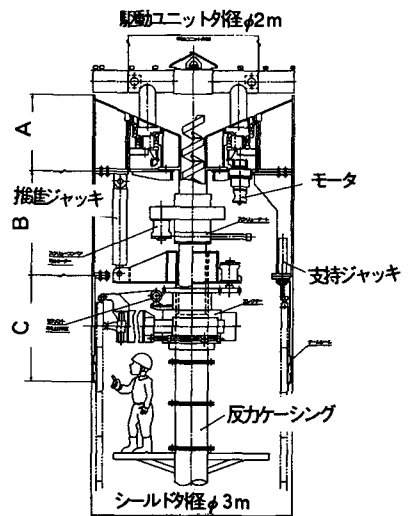


図-2 上向きシールド

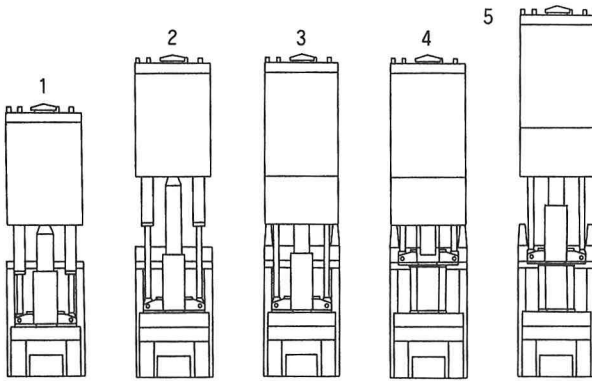


図-3 掘削手順

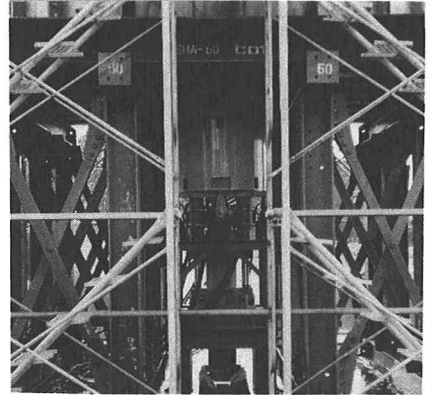


写真 実験装置

ルド鋼殻と同径とし、ボルト結合により鋼殻を延長する構造とした。

掘削により崩壊し易い地盤を想定し、砂質土で飽和した人工地盤を造成した。管理土圧、添加材およびその注入率等をパラメータに上向きに土槽内を4m掘進した（土槽高さ6m）。図-3にシールド掘進手順を示す。

①シールドジャッキを伸長し掘進する。②セグメントを組み立てる。③セグメントをジャッキで受け、シールドジャッキを縮める。④反力ケーシングを継ぎ足す。反力ケーシングは排土管を兼ねる。⑤反力ケーシングを反力にシールドジャッキを伸長する。

掘削実験は掘進速度毎分1cmで行った。管理土圧はシールド静止時の土圧に対し1.6倍とした場合、安定した掘削が行えた。また、掘進速度を3cmに上げた場合、カットトルクが上昇しその後スクリーコンベアが閉塞状態となった。添加材注入率は20%で行った。注入率を10%に落した状態では閉塞した。また、添加材として砂質土にはベントナイトが有効であることが分かった。図-4に掘進距離2640～3300mmにおける土圧とスクリーコンベア回転数、図-5に土圧とカットトルクの関係を示す。3040mmで添加材注入率を20%から15%に低減したためカットトルクが上昇したことが分かる。

4. まとめ

①密閉型シールドを用いて上向きにトンネル掘削が可能である。②掘進上昇に伴い管理土圧を変えることで安定した切羽管理が行える。③土砂の取込み量はゲートで管理可能であるが、閉塞させないように土質に合った適切な添加材および注入率の選択が重要である。④実機として、中間支持方式とした場合、チャンノ内の掘削土砂の混練効果を上げる構造の検討が必要である。また、掘進停止後、土砂の圧密によりカット回転が困難となることが懸念されたが、問題は生じなかった。本実験により泥土の攪拌方法、土質による最適な添加材・スクリー構造等に技術課題が抽出され、トンネルからの発進実験を含めて引き続き研究開発中である。

5. おわりに

本研究は大成建設、五洋建設、石川島播磨重工業、石川島建機工業の4社で共同研究として実施した成果の一部である。実験に当たり、日本建設機械化研究所にご協力をいただいたことに謝意を表します。

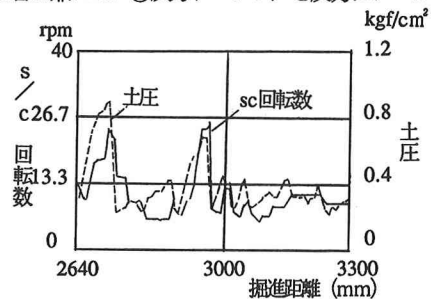


図-4 土圧とSC回転数

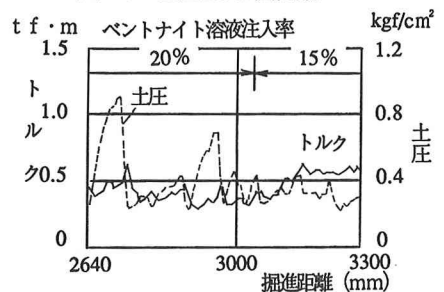


図-5 土圧とカットトルク