

10. 上向きシールド工法の開発と実証施工

大成建設㈱：*伊東 憲、栄 賀穂、

五洋建設㈱：原 修一

1. はじめに

近年のシールド技術開発は、大断面、大深度、長距離、急曲線、異形断面などを対象に新技術の開発がなされてきた。

一方、都市部で施工する現場では、騒音、振動といった近隣住民に与える影響が多く、住民対策として地上での工事期間を短縮させる技術の開発が望まれていた。そこで、下水道の流入人孔工事を目標として、これらの課題を解決する「上向きシールド工法」を開発した。

今回の実証施工は、本工法の特徴が認められ大阪市の下水道工事に採用されたものである。

2. 開発の概要

(1) 上向きシールド工法の特徴

上向きシールド工法は、既設シールドトンネル内から泥土圧式シールド機にて地下から地上に向けて立坑を築造することから以下の特徴をもつ。

①地上での工事期間が短い

- ・地上では、シールド機受入れピットの築造と立坑口の仕上げ作業なので、道路占有等の期間が短くなる。

②狭い場所での立坑施工が可能

- ・掘進設備がトンネル内に有り、トンネル内から発進するため、狭い路地、構造物の下などでも施工が可能である。

③高い接合性

- ・接合部側からシールドで発進するため、地上から本管に到達させる方法よりも接合性にすぐれている。

④汎用性のあるシールド機の再利用でコストダウン

- ・シールド機の分割、組立てが容易で汎用性のある設計がされており、地上で容易に回収でき、再利用が可能である。

- ・基本ユニットにアタッチメントを組みあわせる方法により、径の異なる掘削にも対応可能である。

(2) 用途と適用範囲

用途として上下水道（管路、取水・管理立坑）、共同溝（ガス・ケーブル等分岐立坑）、鉄道（換気・管理・避難立坑、駅部エレベータシャフト）道路（換気立坑、避難通路）、地下構造物（新物流シャフト）等があげられる。

適用範囲として、土質条件は、砂質土、砂礫土、粘性土、軟岩等である。立坑掘削径は ϕ 2~4m、深

さ 50m 程度である。

施工上の留意点として、既設シールドトンネル内からシールド機が発進することから、既設発進側のセグメントは、シールド機で切削可能なものをあらかじめ使用する必要がある。

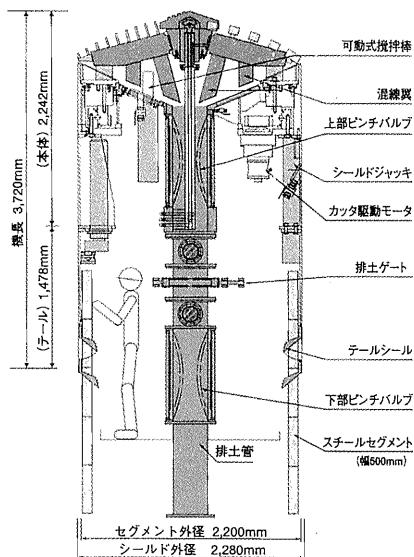
また、シールド機の搬入や坑内に設置する後続設備の坑内スペース、掘削土を搬出する立坑が必要となる。

(3) 上向きシールド機の開発

上向きシールド機を図一に示す。シールド機の種類は、泥土圧式である。排土機構は、スクリューコンベアを採用し実験を行った。しかし、排土口側での噴発が発生し、切羽土圧を安定に制御できなかったため、ピンチバルブに変更し圧力制御を可能にした。

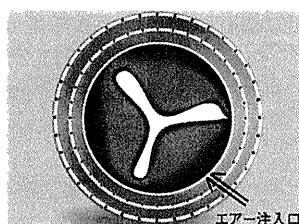
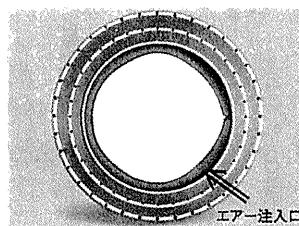
このピンチバルブは排土管内面にゴムスリーブを内蔵し、このゴムを空気圧で膨らませて排土管断面を調節する構造になっており、切羽土圧の制御及び土量管理に重要な役割を果たしている。

図二にピンチバルブの構造図を示す。



図一1 上向きシールド機

(大阪市の事例)



図一2 ピンチバルブの構造図

(4) 施工手順

施工方法は下記に示す順序にて行う。施工順序図を図一3に示す。

- ①シールド機本体据え付け
- ②開口部新素材セグメント切削
- ③シールド機テール部組立て
- ④上向き掘進
- ⑤到達とシールド機の回収

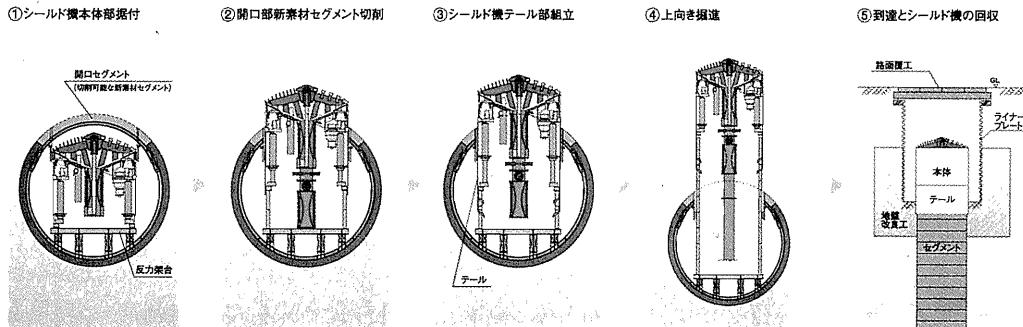


図-3 発進施工順序図（大阪市の例）

3. 実証施工

（1）工事概要

- ・工事件名：万代～阪南幹線下水管渠築造工事（その3）
- ・工事場所：大阪市阿部野区阪南町2・3丁目
- ・工事期間：平成12年9月～平成13年9月
- ・発注者：大阪市都市環境局
- ・施工者：大成・錢高・久本特定建設工事共同企業体
- ・主要工種：流入立坑 3箇所（深さ20.3m～32.8m）

（2）土質

地質は主に砂質、礫質土（N=30～50）と粘性土（N=10前後）である。

また、地下水位はGL-2.0mと高く、掘削当初は高水圧下での施工となった。地質図を図-4に示す。

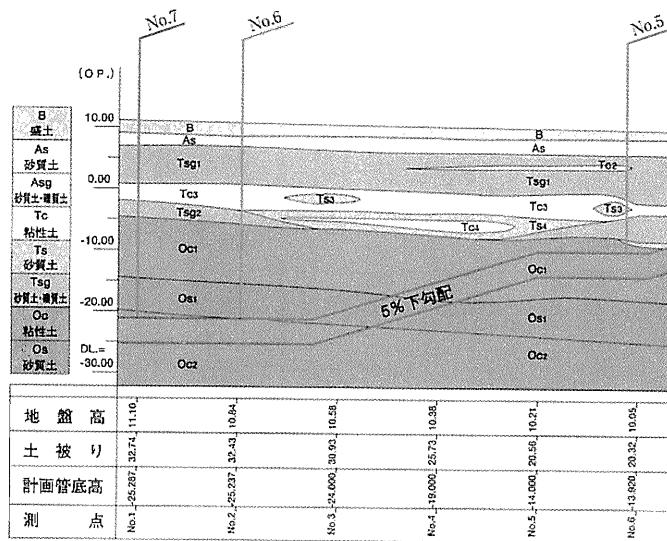
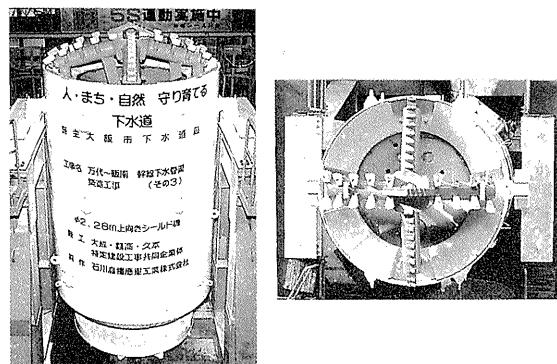


図-4 地質図

(3) 使用したシールド機

掘進方法は泥土圧式で、採用したシールド機の写真を写真—1にその諸元を表—1に示す。

既設トンネル内の開口部セグメント発進の際、シールドカッターがセグメント中心部から切削できるように曲率を描いた配置になっている。またチャンバー内の掘削土を排土口に取り込みやすくするために、バルクヘッドはじょうご状になっている。取り込まれた掘削土は、2本のピンチバルブとその間に設置された排土ゲートを通過する。エレクターは、立坑径が比較的小さいことと、セグメント分割による重量（約40 kg/ピース）の関係から設置していない。



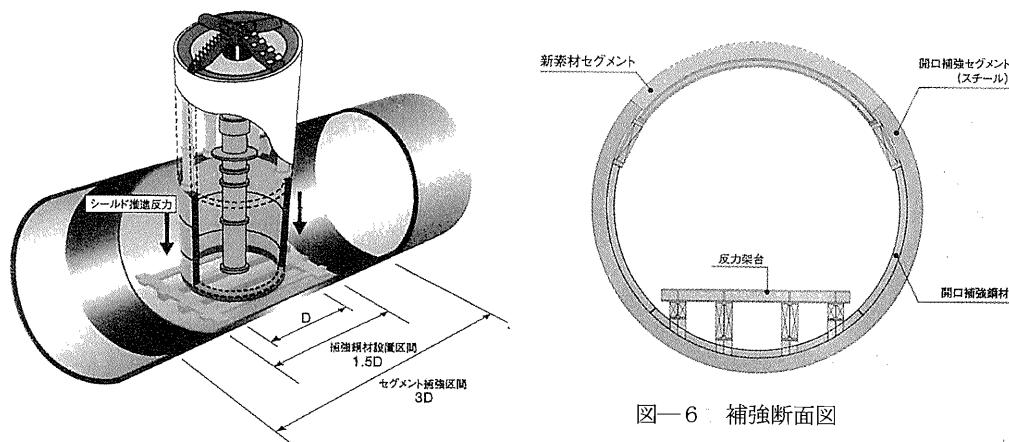
表—1 シールド機の諸元

外 径	$\phi 2280\text{mm}$
機 長	3720mm
総推進力(ジャッキ本数)	3922kN (8本)
最大掘進能力	20mm/min
カッタートルク	353kN-m
カッター回転数	3.13rpm
重 量	約25t

写真一 上向きシールド機

(5) 開口部セグメントおよび補強工

シールドトンネル施工時に立坑接続位置に事前に組立てた開口部セグメントは、シールド機で切削する部分に NOMST を使用した。また補強は図—5のように補強タイプのセグメント（幅750 mm）を開口部(D)に対して3D区間、さらに図—6のようにセグメント内側に鋼材で1.5D区間補強を行った。



図—5 補強区間図

(6) 施工結果

①開口部セグメント切削

開口部セグメント切削時のシールド機のローリングを想定して、シールド機外周に鋼材を設置し防止策（写真一2参照）をとった。

開口部セグメントが小さく破断させ、排土機構の閉塞を防止するために、掘進速度を1mm／分で施工を行った。

②掘進管理

加泥材として高分子ポリマーを主に使用し掘削土の塑性流動化を図るとともに、切羽土圧と排土管理に留意して施工を行った。この結果、ピンチバルブを使用していない NOMST 区間を除き、管理土圧内で切羽土圧制御ができた。

③到達およびシールド機回収

今回工事では、将来地上から約7mが人孔となることから、地盤改良後ライナープレートの立坑を設置し、そのなかでシールド機を到達させた。その状況を写真一3に示す。

シールド機は、地上に近づくほど切羽にかかる土水圧が減少するため、この立坑内に水を張り、掘進に必要な切羽土圧を確保し、低速で掘進を行った。

到達後シールド機のテール部を残し本体部をクレーン（100t 移動式）にて回収し、次の立坑施工に使用した。

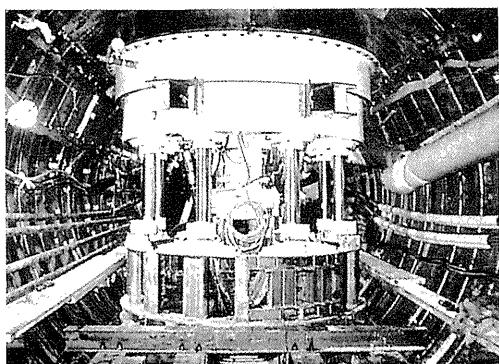
④地盤変状計測

立坑中心から2.5mと5.0mの位置に層別沈下計を設置した。計測した結果、測定値は両計器とも0.4mm以下の値になっており、殆ど変位はなかった。その結果を図一7に示す。

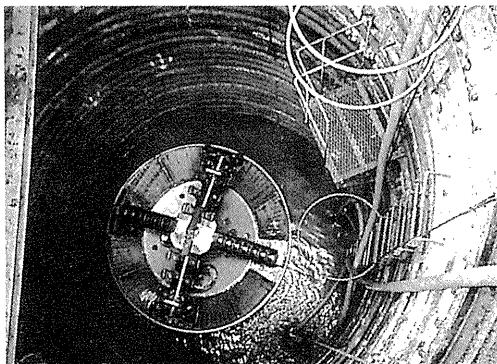
⑤工程

本工事の実施工工程を表一2に示す。1箇所の立坑施工工期は、到達立坑の薬液注入工や立坑工に約1か月、地下からの上向きシールドによる施工は約1か月、よって計2か月であった。

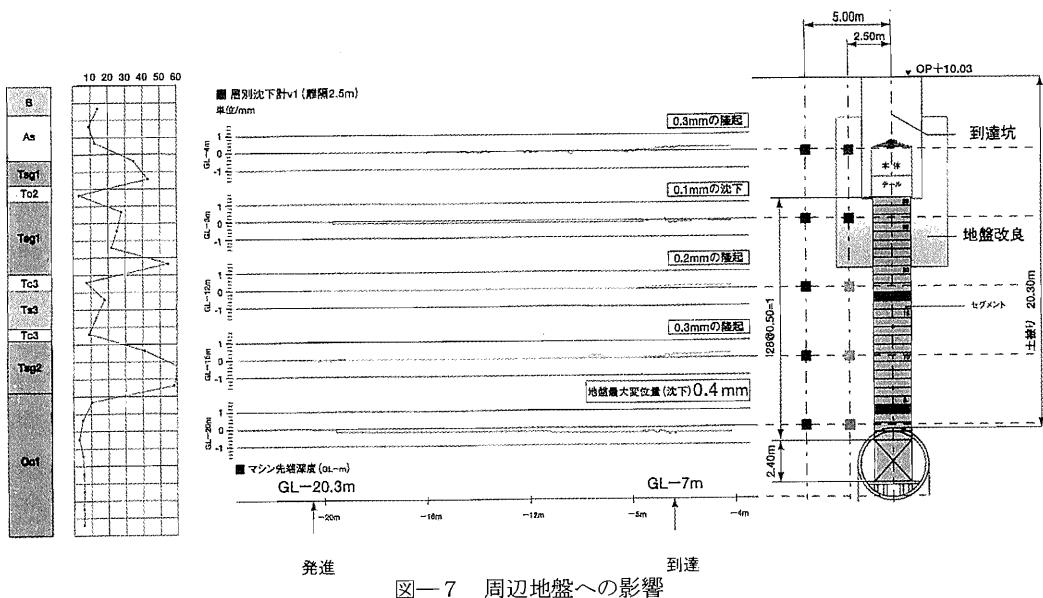
これを従来工法（PC ウェル工法や深基礎工法）では、1箇所につき6か月程度の工程が必要であり、今回の施工では、地上での工事期間の短縮のほか、全体工期の短縮まで可能となった。



写真一2 初期掘進状況



写真一3 到達状況



四 7 国辺地盤への影響

表—2 实施工程表

5. おわりに

本工法は、従来工法である深礎工法や PC ウエル工法と比較し、地上での工事期間を大幅に短縮できた他、層別沈下計のデータから殆ど周辺地盤に影響を与えず、都市機能や生活環境への悪影響を最小限に抑えた優れた工法であるといえる。今後は、実績を増やして工事費のコストダウンを図りたい。

最後に、本工法の実証として、採用して頂いた大阪市、工事を行った大成・錢高・久本 JV の関係各位に感謝し、紙面を借りお礼を申し上げる。