

解説 発進と到達

シールド坑内からの横坑方式による 呼び径2000大口径管推進工法

にしだ ひろはる
西田 広治

機動建設工業㈱
取締役執行役員土木本部副本部長
(施工技術統括)



1 はじめに

下水道整備とともに発展してきた推進工法は、今や土木工事に欠かせない工法として、様々なライフライン敷設に活用されている。その適用事例の一つとして、近年多発しているゲリラ豪雨による浸水被害を抑制するための一時貯留管の敷設等、都市部における下水道の再整備がある。しかしながら、都市の地下には、すでに多くのライフラインが輻輳して埋設されており、路線の選定

や立坑用地の確保が難しくなっている。このような制約条件に対応するものとして、小型立坑から発進できる工法、マンホール等既設構造物に到達できる工法、既設構造物を避けて長距離・曲線施工ができる工法等が開発されている。

本号では特殊条件下での発進と到達をテーマに様々な施工例が特集されているが、本稿では、呼び径2000という比較的大口径の泥水式推進工法をシールド坑内を利用して推進した事例を紹介する。

2 工事概要

本工事は、横浜市の下水道事業計画に基づき、老朽化した公共下水道管きよの更新と地域の浸水の解消を図るために、中部処理区内の下水道を再整備するものである。

主たる施工は、①横浜市中区小港町地内から同区上野町地内までの路線延長1421.6mの泥土圧シールド工事（掘削外径4,930mm、鋼製セグメント仕上がり内径4,000mm）、②同区本牧町1



図-1 シールドおよび推進施工位置図

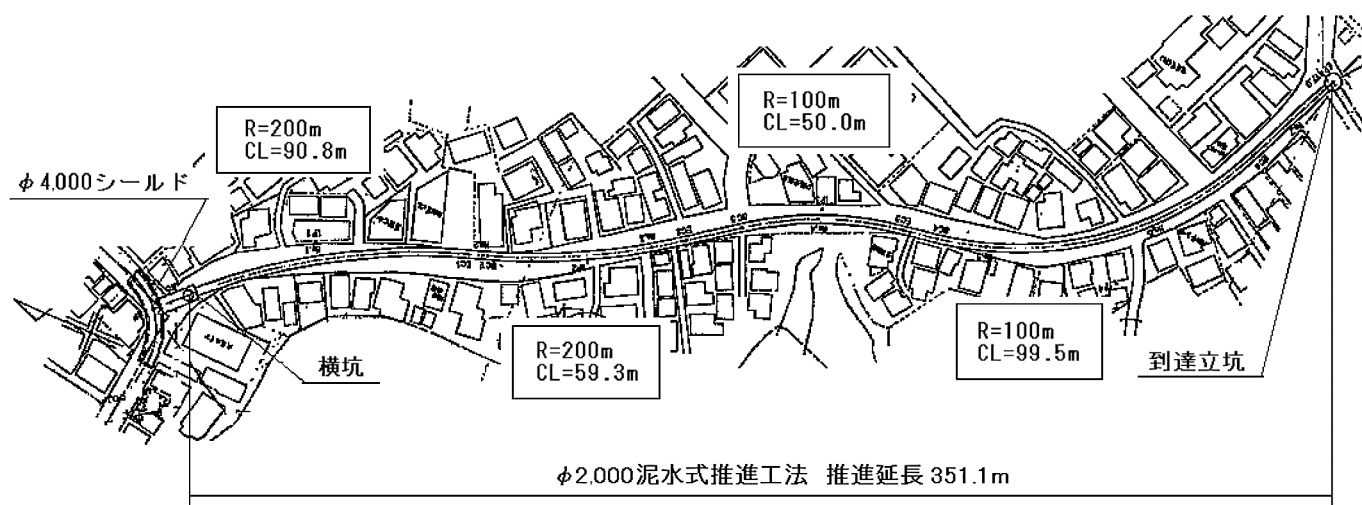


図-2 泥水式推進工法路線図

丁目地内における路線延長367mの泥水式推進工事（推進管内径2,000mm）である（図-1）。

この中で推進工事は、周辺環境により発進基地が確保できないことから、一次覆工が完了したシールド坑内を利用し、シールドの二次覆工と併行して施工した。

【推進工事の概要】

工事件名：中部処理区本牧地区下水道再整備工事（図-2）

発注者：横浜市下水道局
（現環境創造局）

工法：泥水式推進工法

推進管：呼び径2000

（外径2,350mm）

推進延長：351.1m（中押1段設置）

曲線半径：R=200m×2、R=106m×2

土被り：8.97～10.39m

土質：砂質シルト～硬質粘性土

N値：35～50以上

3 施工上の課題と対応策

地上部の制約条件により通常の発進立坑が構築できないため、次のような施工法を計画した。

- ①地上部から3,000mmのライナープレート立坑をおろし、この立坑から横坑を構築する。
- ②横坑内に元押ジャッキ等の推進設備を設置する。
- ③推進反力はシールド本体に取る。
- ④掘進機と推進管は、シールド本体（一次覆工）を利用して搬入する。
- ⑤泥水処理設備は、シールドの発進基地内に配置する。
- ⑥流体設備（送排泥管および送排泥ポンプ）は、シールド本体内に配置する。

3.1 掘進機および推進管の搬入・据付

シールドの二次覆工は到達側から実施され、推進作業はシールドの発進基地を利用して施工した。ただし、シールドの発進基地から推進設備の

ある横坑までは約820m離れているため、このシールド坑内（一次覆工内径4,400mm）を、7.16tfの重量がある推進管を効率良く運搬し据え付けることが課題となった。

施工では、シールド坑内の運搬に15tfのバッテリーロコを用い、坑内に設けた円形のターンテーブルで90°向きを変え、滑動ローラを使用して横坑の所定の位置へ引き込んだ（写真-1、2）。

なお、掘進機は、分割搬入し横坑内で組み立てた。

3.2 推進反力設備

通常の施工では反力設備として支圧壁を設置し、元押ジャッキの反力は支圧壁を通じて背面地山に均等に分散させる。これに対して、本工事で



写真-1 推進管の坑内運搬状況

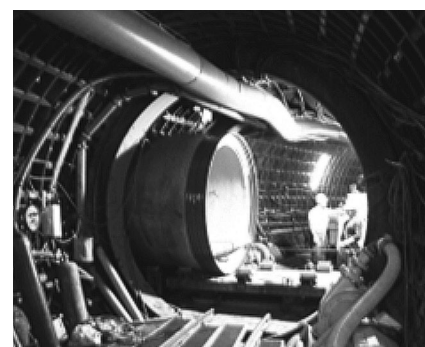


写真-2 推進管の横坑内への引き込み

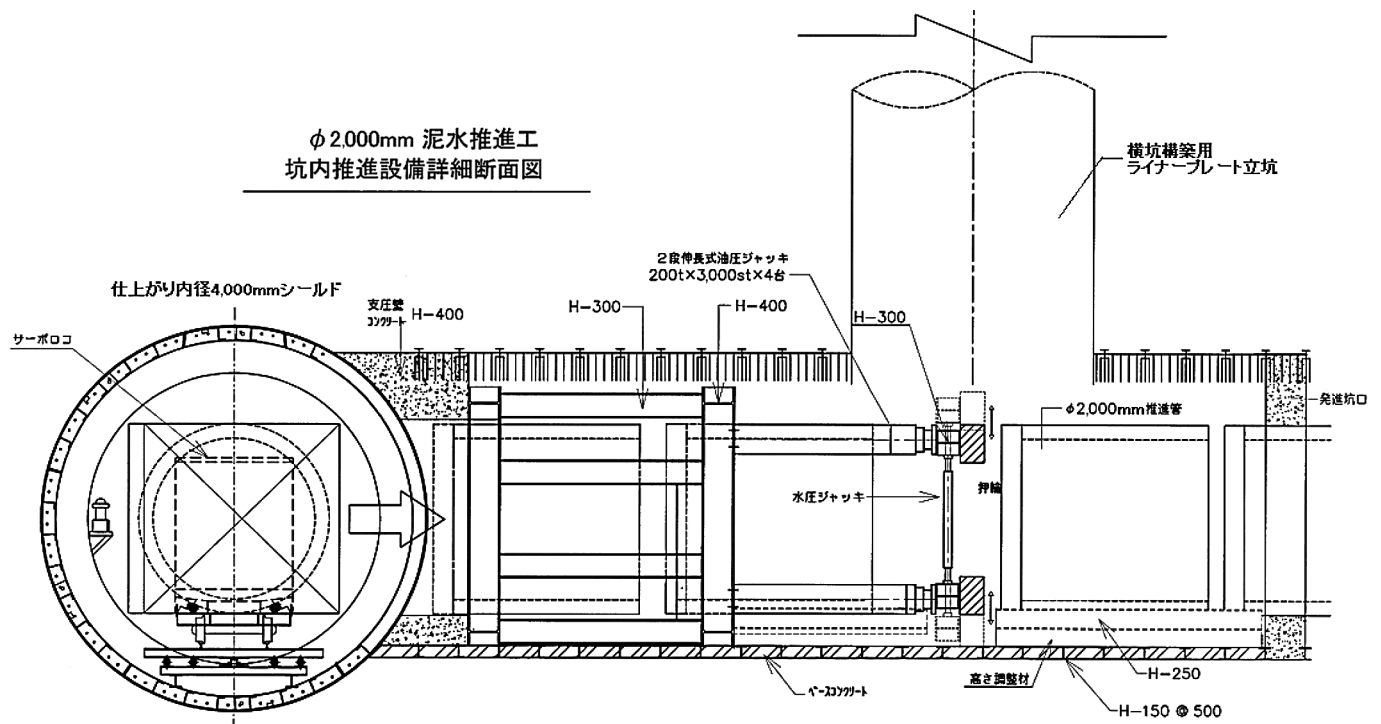


図-3 横坑内推進設備配置図

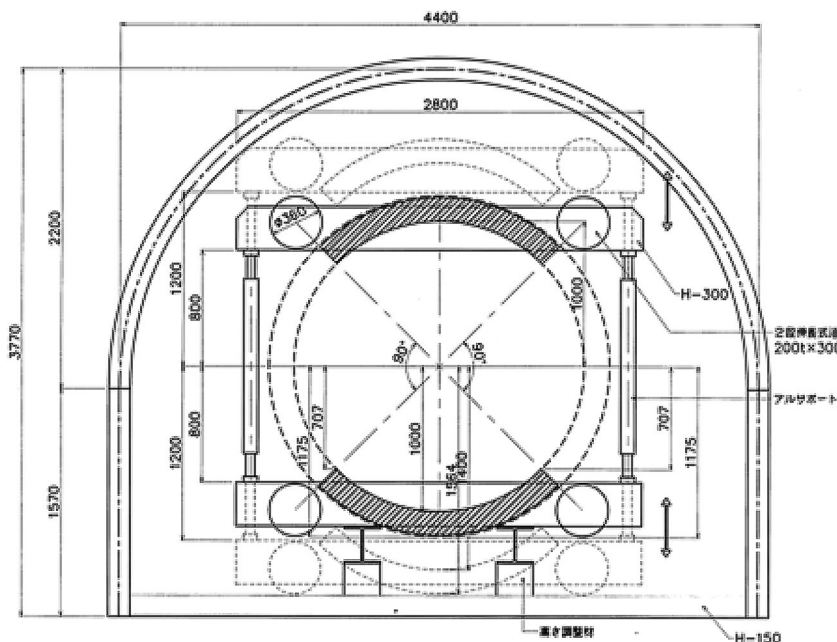


図-4 横坑断面図



写真-3 推進設備

の支圧能力は7,000kNとなった。

3.3 元押設備（可動式押輪）

推進管は、推進設備の後方から引き込むことになるため、当初は元押設備を可動させる方法を検討した。しかしながら、横坑形状（幅4,400mm、高さ3,770mm、長さ11,000mm）の制約条件から元押設備全体の可動は断念し、元押ジャッキを推進管からはずれた位置に設置し押輪を上下に可動させる構造とした（図-4）。

は、図-3に示すように、シールド本体（鋼製セグメント）に反力を持たせる計画とした。ただし、推進管を横坑内に引き込むためには鋼製セグメントにφ2,500mmの孔を設ける必要があ

る。この欠損部によりセグメントの強度が低下することになるため、H400×400mmのリング鋼材を用いて補強し支圧壁コンクリートを打設した。算定の結果、補強後の反力設備（セグメント）

なお、元押ジャッキは、反力設備の支圧能力および作業性を考慮し、2,000kN 二段伸びジャッキ×4台＝8,000kNの装備能力とした。

4 施工について

4.1 精度の管理

本工事は、路線延長351.1mの中に4ヶ所の曲線区間（R＝200m×2、R＝106m×2）を含んでいる。発進がシールドの発進基地から約820m地点の横坑内になるということもあり、センチ基線の測量は、トラバース測量およびジャイロトランシットを使用し、細心の注意を払い実施した。

また、①推進管の曲線形成を容易にすること、②推進管列の曲線軌道を適切に保持すること、③推進力の適切な伝達を行うこと等を目的に、センプラカーブシステムでシミュレーションを行い、推進力伝達材（30～50mm厚）を上下90度の位置に配置した。

その結果、到達精度は右20mm、＋10mmで、管列についても張り出しの無い良好な成果を得ることができた。

4.2 推進力の管理

本工事は計画推進力は6,909kNと算定された。これに対して、推進管の許容耐荷力は13,642kNで十分な余裕があったが、反力設備となるセグメント（リング鋼材補強）の支圧能力は、前述のように、計画推進力とほぼ同等の7,000kNであった。このため、再始動時（縁切り時）を含め、所要推進力を如何

に低減するかが重要な課題になった。

推進抵抗力の低減と曲線部での拡幅量（余掘り）を確保するために、掘進機先端部に特殊拡幅リングを装備し、アルティミット滑材充填システム（ULIS）により、継続的に滑材の自動注入を実施した。地盤条件を考慮して、注入材料は一次・二次注入ともに、経時変化の少ない高粘性滑材（アルティ K）を使用した。

この結果、縁切り時での最大推進力も3,600kNに抑えることができ、推進力伝達材（センプラリング）の効果とも相まって、推進管および支圧壁に損傷を与えることなく到達することができた。

4.3 工程管理

本工事は、シールド二次覆工との並行作業であり全体工程も関係したため、目標日進量を7.29m/日とした。これは、横坑からの発進という特殊条件から、推進管の運搬・据付の工程を重く見て設定したものであるが、①ジャイロコンパスと自動測量システムの採用による測量の省力化、②ロングストローク（3,000mm）多段ジャッキ使用による段取り作業の向上等を図り、より確実に日進量が確保できるように計画した。

実施工においては、310m付近からの予測外の玉石混り砂礫層への変化やキャビテーションによる流体設備の損傷等、小さなトラブルが発生したが都度迅速に対処することができ、7月31日に発進、夏季休暇をはさんで、約2ヶ月後の10月11日に到達、10月14日に掘進機の回収を終えた。

5 おわりに

本工事は、シールド坑内を利用した横坑方式による発進、という、当時としては前例の少ない施工法で計画し実施したものであった。そのため、仮設構造物の計画や強度計算等で多くの検討が必要になったが、実施工では大きなトラブルも無く、無事到達することができた。このことは、推進工法に携わる方々が共通して持っている理念、すなわち、厳しい制約条件があっても、挑戦する心を持ち、綿密なかつ適切な計画と検討を行えば、難工事も達成できるということを示したものと考える。

最後に、本工事を計画・施工するにあたり、ご指導ご協力を頂いた関係各位にお礼を申し上げるとともに、本報告が今後施工される工事の参考になれば幸いである。

〇お問い合わせ先

機動建設工業(株)技術本部

〒553-0003

大阪市福島区福島4-6-31 機動ビル

Tel：06-6458-6183

Fax：06-6545-0274

関東支店

〒101-0035

東京都千代田区神田紺屋町38

エスポワールビル6F

Tel：03-3289-4771

Fax：03-5294-1281

<http://www.kidoh.co.jp/>