

1-2-1 日本最長の超長距離下水道シールド施工について

～千代田幹線整備事業～

第二基幹施設再構築事務所 工事第二課 水田 周作

1. はじめに

東京の区部下水道は、現在約 16,100km にも及ぶ膨大な管きよを管理している。その多くは老朽化が進み、東京都下水道局では再構築事業を推進しているところである。飯田橋幹線、中段幹線、低段幹線等の汚水幹線は大正時代に整備され老朽化が著しい一方で、常に流量が多く高水位状態であり、再構築工事に先立つ調査も困難な状況にある。そのため、新たな代替幹線を整備し下水の流れを切り替えることで、既設幹線の水位を低下させ、再構築工事を推進することが必要である。その代替幹線の一つが現在整備中の千代田幹線である。

また、千代田幹線は合流式下水道の改善の役割も担っている。外濠および日本橋川の水質改善のため、外堀通り等で貯留施設整備を進めており、完了時に千代田幹線と接続することにより、雨天時において公共水域へ放流される汚濁負荷量を削減することが可能となる。

千代田幹線工事は、1 スパンの施工延長が下水道シールドとしては日本最長となる約 8.7km、最大土被り約 60m の超長距離、大深度での施工であった。本工事を安全かつ速やかに進めるため、様々な対策を講じたので報告する。

2. 千代田幹線工事の概要

千代田幹線は、千代田区飯田橋に設置した発進立坑を起点とし、低段幹線、飯田橋幹線、中段幹線、高段幹線などからの取水を行い、港区港南にある芝浦水再生センターへ流下させることを目的としている。

工事概要は以下の通りである。

・工事場所

東京都千代田区飯田橋 3 丁目地内～港区港南 1 丁目地内

・シールド諸元

- 1) 工法：泥水式シールド工法
- 2) 管径：φ4900mm（仕上がり内径）
- 3) セグメント：二次覆工一体型（外径 5500mm）
- 4) 土かぶり：48.0～59.0m
- 5) 延長：8.7km
- 6) トンネル勾配：0.5‰下り
- 7) 最少曲率半径：R50m
- 8) 曲線区間：R50～1,000m（R250m 以下 23 箇所）

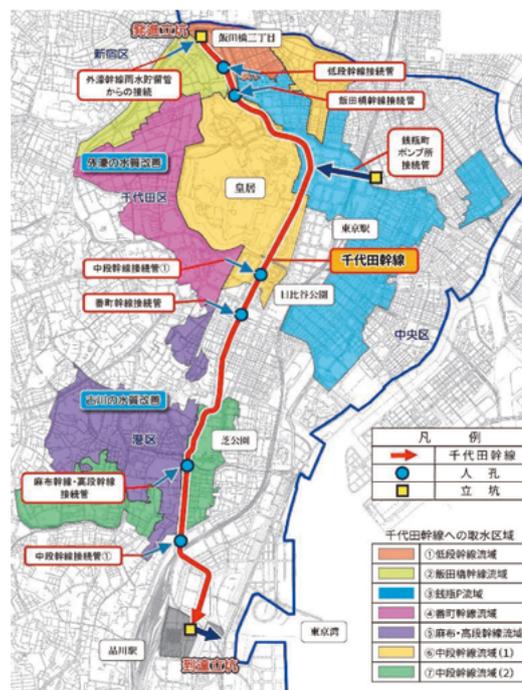


図 1 平面図

3. 施工上の課題

本工事を進める上で、長距離施工であることと狭隘な発進基地ヤードであることの2点が大きな課題であった。長距離施工では、シールド機の耐久性向上などはもちろんのことであるが、特に日々の掘進サイクルを効率化し、長期間同作業が連続することによるヒューマンエラーを防ぐことが必要であった。また、本工事の発進基地ヤードの敷地面積は920㎡と泥水式シールド工法で施工するには非常に狭く、省面積化、安全管理への特段の配慮が不可欠であった。加えて、立坑の一部が道路下にあり、開口部が狭いため、セグメントの投入等揚重作業には工夫が必要であった。

4. 課題への対策

・坑内自動運行（図2）

本工事では、坑内の資機材運搬に電気消費量が少ないデジタルサーボ式バッテリー蓄電車を採用した。これにより片番1台あたり8.7kmを3往復することが可能となり、蓄電池の交換作業回数を削減、効率化を図った。また、運搬距離が長くなることで運転手の集中力低下による操作ミスや運行速度超過のリスクが高くなるため、運転手なしの自動で運行管理を行い、安全性の向上と省力化を図った。自動運行管理では、セグメント資機材を積んだ蓄電車は、坑口でのボタン操作により切羽の後続台車後方まで自動で走行し、停止する。中間に2箇所設けた離合部で必ずすれ違い、直線区間と急曲線区間でそれぞれ設定した制限速度を守り走行する。中央監視室からの遠隔管理もでき、安全で確実な資機材運搬が可能となった。

・切羽部作業環境の向上

掘進は昼夜2交代制の片番約8時間の作業で進めた。切羽までの移動に最大約1時間を要するため、作業中は一度も坑口には戻ることなく、休憩等も作業場でとらざるを得なかった。そのため、シー



図2 坑内自動運行状況



図3 トイレ台車



図5 発進基地防音ハウス平面図

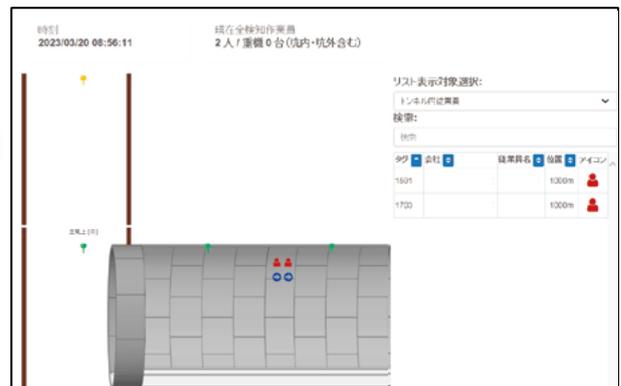


図4 入坑者管理システム

ルド機後続台車にはエアコンや冷蔵庫を完備した休憩室やバイオトイレ（図 3）を備え、作業員の作業環境向上に努めた。また、坑内は Wi-Fi 通信設備を整え、切羽部でも簡易的な PC 作業等ができるようにした。

・ Wi-Fi を用いた入坑者管理システム（図 4）

長距離トンネル内では多数の作業員が作業に従事するため、本工事では Wi-Fi 通信を使った入坑管理システムを導入し、入坑状況を中央管理室で一括把握できるようにしただけでなく、各人の位置も確認できるようにしたことでより安全な入坑者管理を実施した。

・ 防音ハウスの 3 階構造（図 5）

本工事では、防音ハウスを 3 階構造としたことで 2,200 m²の延床面積を確保した。1 階には土砂搬出設備、2 階には泥水処理設備とセグメントストックヤード、3 階には中央管理室と作業員の休憩所を配置し、限られたスペースを無駄なく使用することで、施工上必要な設備を備えながら作業員の作業環境の十分な整備を図った。

・ 吊り荷安全警告システム

立坑への資機材投入時は、押しボタンによる警報発報が一般的であるが、本工事では立坑開口部に設けたレーザーバリアにより、吊り荷運搬時に自動的に警報を発するようにし、ボタンの押し忘れといったヒューマンエラーを防いだ。併せてクレーンフックに取り付けた作業員へ警告を行うフックコールによる二重の対策を講じ、吊り荷下の確実な人払いを徹底した。

・ 荷振れ防止対策（図 6）

前述の通り、本工事では立坑開口部が狭く、かつ大深度であるため、楊重作業時の荷振れ防止が欠かせない。そこで、立坑にガイドレールを設置し、セグメント投入時には専用の把持・投入装置（セグメントグラブ）を使用することで、荷振れさせずに確実かつ短時間で定位に下ろすことができた。



図 6 セグメントグラブとガイドレール

5. 終わりに

本工事では、8.7km という超長距離、大深度でのシールド施工において、様々な制約条件がある中で、施工環境を踏まえ、最大限安全性の確保と高効率化を図り、重大なトラブル等なく到達を残すのみとなった。

施工にあたっては、関係官庁だけでなく、他業種の工事関係者、学生、一般都民など様々な立場の人へ向けて、現場視察やオンラインでの現場見学ツアー（図 7）を実施し、工事の情報発信、意見交換を積極的に行ってきた。



図 7 オンライン現場見学ツアー

都市化が進み、十分な施工環境が整えられないケースがより一層増えてくることが想定される。その中で、シールドの施工延長は技術の進歩と共に長距離化すると考える。作業の機械化は急速に進んでいるが、最後は現場で作業に従事する人の手でシールド工事が成

り立っていることは変わらない。作業員にとっては作業環境が過酷，危険になっていく一方で，その環境の改善，安全管理は公共工事を確実に推進していくうえで必要不可欠である。

本工事の施工事例が今後の長距離シールド施工を安全かつ効率的に進める一助となれば幸いである。