

長距離、小口径、大深度、急勾配泥水シールド工事の施工

○戸田建設（株）	伊藤 耕一
戸田建設（株）	丹生 光侯
戸田建設（株）	原 昌広
戸田建設（株）	松田 陽一

1. はじめに

地下埋設物が輻輳する都市部の道路下や重要構造物下に敷設されるライフライン等の整備には、非開削工法が多く用いられてきた。特に河川や鉄道等の重要構造物直下を通過するトンネルについては、周辺地盤への影響や施工の信頼性からシールド工法が採用される場合が多い。本工事においても、長距離、小口径、大深度、急曲線、近接構造物等の厳しい施工条件の中でのシールド工法による施工となった。本文では、これらの問題点と対応策、施工実績について報告する。

2. 工事概要

本工事は、千葉県松戸市に位置する（仮称）江戸川浄水場と既設の古ヶ崎浄水場までの約4.9km区間の配水本管（ $\phi 1,200\text{mm}$ ）の整備計画のうち、上矢切～古ヶ崎までの3,684.9m区間を泥水式シールド工法にて、配水本管敷設用トンネルを築造するもので、シールド機外径 $\phi 2,146\text{mm}$ 、セグメント内径 $\phi 1,850\text{mm}$ である。

工事区間は、千葉県北西部の江戸川低地地帯に位置する。周辺は、西側を流下する江戸川左岸に位置し、東側は下総台地が分布している。路線の標高は、YP+3.5～5mの低地である。

シールド通過部の土質は、上岩橋層の砂質土層と粘性土層である。砂質土層はN値50以上で非常に密実であるが均等係数3.7の崩壊性の高い土質である。粘性土層は非常に硬くN値24である。また、事前のガス調査において中間地点で微量なメタンガス（地下水中溶存ガス0.21vol%）が確認されている。

3. 工事の特徴と問題点

掘進延長は、3,684.9mであり、外径 $\phi 2.0\text{m}$ クラスの小口径シールド工法では全国的にみてもあまり例がない長距離掘進である。また、鉄道、道路や地下埋設物の制約により途中で中間立坑や地上からの防護工が出来ないため、掘進途中でのビット交換はできない。

土被りが最大で36.4m、最大水圧0.3Mpaである。

発進立坑から210mは下り5.0%の急勾配で掘進し、その途中にR=30mの急曲線がある。

シールド路線上に近接して多くの既設構造物が存在する。主な構造物は江戸川流域下水道管、東京外かく環状道路矢切高架橋、一般国道6号線、JR常磐線、NTTとう道、坂川に架かる小山樋門橋、春雨橋、弁天橋及び古ヶ崎浄水場配水池などがある。

微量なメタンガスが確認された。



図 - 1 事業概要位置図

キーワード : シールド, 長距離, 急勾配, 小口径, 安全管理

連絡先 (千葉県松戸市上矢切 453-1 TEL 047-360-0112 FAX 047-360-0223)

4. 対応策

長距離掘進のため、シールドマシンのカッタービットの材質を耐摩耗性に優れた新素材ビット（E3種シタチップ処理）にし、特殊先行ビットと先行ビットはカッタービットより35mm高く取付け、特殊先行ビットはチップ量の多いシェルビットを採用し、2箇所油圧式摩耗検知ビットを装備（検知高さ10mm、15mmの2段階）した。シールドマシンのテールブラシは、交換可能な3段配列とし自動給脂装置を装備した。

土質の変化に素早く対応するため、当社の特許技術であるリアルタイム切羽安定管理システムを採用して泥水の粘性管理をリアルタイムで行った。

掘進サイクルタイムを確保するため、セグメントを2リング船積み（横積み）で坑内運搬出来るように後続台車、中継ポンプを改造して小型化を図った。

安全対策として、坑内でのバッテリーロコと入坑者の通行の安全性を高めるために、戸田建設・西松建設で共同開発したICタグを使用したバッテリーロコ運行管理システムとPHSによる入坑管理システムとを採用した。

大深度のため、セグメントは3本主桁の軸方向挿入型でシールド溝付きのスチールセグメントを採用した。

5%下り勾配区間には、台車の逸走を防止するために逸走防止装置と後続台車に逸走防止台車を設置した。また、急曲線部は、袋付きセグメントを使用することで地盤変状を抑制した。

国道6号線、JR常磐線、古ヶ崎浄水場については、トライアル区間で事前に掘進管理値を設定すると共に、自動計測によるリアルタイム監視体制で臨んだ。

坑内環境の監視方法は、ガス管理基準を定め、坑内250m毎に定置式ガス検知自動警報装置を設置し中央監視室で監視した。

5. 施工実績

シールド一次覆工は、平成16年10月4日から鏡切りを開始し、初期掘進を11月12日まで行った。その後、段取り替えを行って12月1日より本掘進を開始した。リアルタイム切羽安定管理システムによる掘進管理とバッテリーロコ運行管理システムによる安全管理により、大きなトラブルもなく順調に進み、計画より2ヶ月早い平成17年10月18日に無事故で所定の位置に到達した。セグメント2リング船積み運搬により1日の平均掘進量は16m/日であり、また、最大月掘進量は536m/月を記録した。

長距離施工によるビットの摩耗は、摩耗量10mm、15mmを検知できる摩耗検知ビットにより測定したが、到達まで異常は検知されなかった。これは砂質土に対する想定摩耗量を算定した掘進スピード25mm/minに対して、実際には適正な掘進管理により平均掘進スピード46mm/minで掘進できたためと推察できる。

シールドの掘進精度については、坑内出来形管理基準値（水平、鉛直 $\pm 100\text{mm}$ ）以内で、発進より3,325m付近で行ったチェックボーリングにより地上との測量チェックを行った結果、許容誤差100mmに対して水平41mm、距離33mmの誤差であった。

近接構造物、路面には変状は見られなかった。また、メタンガス等の有害ガスは、検知されなかった。

6. まとめ

本工事では、小断面、長距離施工に対して、ビットの摩耗低減、坑内のセグメント運搬の安全性確保、高速な施工、施工精度の確保など、良好な施工結果を得ることができた。尚、本工事で使用したバッテリーロコ運行管理システムはトンネル工事用に改良し、現在長距離（5316m）のTBM工事に適用中である。

本工事で培った小断面、長距離工事の経験を活かし、今後のシールド工事やトンネル工事の計画、施工管理に反映させる予定である。



写真 - 1 シールド機