

## 大深度(103m)・高水圧下(0.88MPa)のシールド長距離施工

(株)フジタ 正会員 和気 輝幸 フジタ・東急・馬淵・松尾 JV 正会員 森 俊之  
 (株)フジタ 正会員 渋谷 光男 フジタ・東急・馬淵・松尾 JV 正会員 宮崎 利明

## 1. はじめに

横浜市下水道局は、耐震強化事業の一環として送泥管を複条化し処理場間のループ化を図るため、幹線総延長22kmの南部方面管渠の工事を進めている。本工区はこのうち最長のシールド区間で工事延長は4,037mである。工事の特色は、路線が山越えルートのため、発進立坑は深さ約59mの大深度立坑で、シールド部も大深度（平均土被り83m、最大土かぶり103m）、高水圧（平均地下水圧0.7MPa、最大地下水圧0.88MPa）条件の施工となる。本稿では、大深度、高水圧、長距離、地中接合という厳しい施工条件を、各種技術で克服した施工実績について報告する。

## 2. 工事概要

発注者・工事名 横浜市下水道局・栄処理区東俣野幸浦線（第4工区）下水道整備工事  
 工事場所 横浜市栄区上郷町682-1～磯子区栗木3-15  
 工期 平成12年8月（立坑築造）～平成16年6月（シールド到達）平成17年現在、送泥管布設工施工中  
 施工者 フジタ・東急・馬淵・松尾建設共同企業体  
 施工内容 仕上り内径2,750mm泥水式シールド、施工延長4,037m、セグメント外径3,150mm

## 3. 施工結果

## 3.1 掘進進捗

一次覆工は平成14年4月より掘進を開始し、初期掘進延長141mを5月に完了後、7月より本掘進に入り27ヶ月後の平成16年6月に隣工区トンネルに地中接合で到達した。掘進実績は最大日進量で16m、最大月進量で306mを記録している。

## 3.2 カッターシールドの高水圧対策と改造

カッター回転軸の土砂シールドには、高水圧の地下水に対する止水性と長距離施工の耐久性が要求される。そこで、事前の耐圧試験（最大1.5MPa）で長期的に摺動面の摩耗量を少なく抑え、より止水性と耐久面で優れることが確認されたVDシールド3段構造を採用した。しかし細砂層中を掘進中、土被り100m（地下水圧0.86MPa）の地点で予期せぬ硬質巨礫に遭遇し、カッターシールドが損傷し泥水が機内へ噴出するトラブルが発生した。

原因は、土質データからは推測できない硬質巨礫の出現で、チャンバ内に堆積した礫が泥水の循環を妨げ、切羽水圧の瞬間的な変動が発生したこと、緊急圧抜装置の効果が不十分であったこと、高推力での施工を余儀なくされカッター軸受部に大きなスラスト力が作用したことなどの要因が複合的に作用したことによるものと考えられる。

損傷したカッターシールドの復旧は、次に示す全ての復旧をシールド機内から行える改造方法を考案した。

## (1) 機械構造面の改造

- ・機内からカッターシールド機構を新規増設
- ・新規カッターシールド部専用の給脂装置設置
- ・異常シールド部への連続給脂による延命措置

## (2) 施工管理面の改造

- ・補強改造箇所運転状態監視システムの構築（圧力・温度・流量センサー等）
- ・カッター駆動方式の変更（電動・油圧）による点検・メンテナンスの頻度向上

今回の、カッター土砂シールドのトラブルでは、その改造・復旧には約1ヶ月を要した。カッターシールドの常時監視装置などトラブルを未然に防止するための対策強化が今後の課題である。

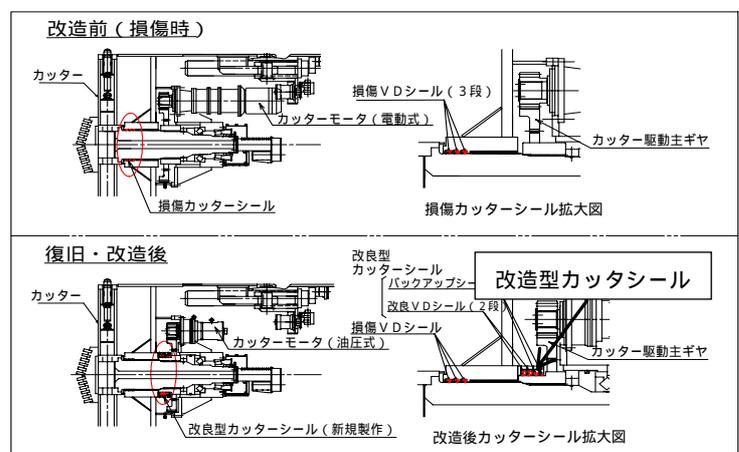


図-1 カッター土砂シールド改造図

キーワード：シールド・大深度・高水圧・長距離

連絡先：〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 TEL 03-3796-2298・FAX 03-3796-2304

### 3.3 カッタビットの摩耗対策と実績

カッタビットは、硬質地盤の掘進を考慮して、耐摩耗性に優れたE3材に真空焼結処理して高靱性を兼ね備えた特殊合金チップを採用した。また、長距離の対策として強化先行ビットを配置した。これらのビットは高さの異なる4種類の段差ビットで構成され、最大高さ量は210mmである。カッタビットの掘進可能距離は、過去の実績に基づく摩耗推定式でビット交換無しで全延長4,037mを掘進可能なものとした。さらに、補助ビットとして油圧駆動で出し入れ可能なカム式レスキュービットを装備した。

シールド到達時のカッタビットの摩耗調査結果を下記に示す。また、写真-1に到達時のカッタ面板写真を示す。

強化先行ビット（高）の最大摩耗量は62mm、計画実績比50%

カッタビット（高）の最大摩耗量は6mm、計画実績比20%

センタービットは10個（12個中）が摩耗脱落し限界だった

カッタビットの摩耗進行が小さかったことは、先行ビットの防護が有効であったことを実証する。しかし反面、土砂を取込む機能をもたない強化先行ビットだけが切削仕事をしていたため、カッタトルク値の上昇で掘進速度を制限されるという弊害を生じた。



写真-1 到達時カッタ面板

## 4. 新技術の導入結果

### 4.1 遠隔測量システム

シールド坑内の測量（シールド機の位置・方位と路線の出来形確認）は、職員が坑内作業交替時の限られた時間に行っており、シールド路線が長距離になるほど切羽への移動が長くなり、坑内往復移動は大きな負担となっていた。

本工事に採用した遠隔測量システム（写真-2）は、測量器に設置した位置出しカメラにより測量用基準点を画像認識し、測量器自身の位置を算出する。これにより、測量時のみ測量器を搭載した台車を基準点まで自走させて測量を行うことが可能となった。実際に使用した効果を下記に示す。

測量台車は台車格納方式のため、坑内の有効利用が可能となり、その他作業の妨げにならないため実用的である。

事務所からの遠隔操作にて測量が可能のため、シールドの長距離化に関係なく省力化が可能となった。

測量精度は、従来と比較した結果、誤差±10mm以内の高精度が実証され、十分に有効活用できることが判明した。



写真-2 遠隔測量システム

### 4.2 AEマシン位置検知システム

本工事の到達側は延長3,000mの既設トンネル（山岳トンネル工法）に地中接合となる。この箇所は、土被りが65mと深く地上からのボーリングによるシールド機の位置確認が困難であるなどの課題があり、シールド機を精度良くトンネル終点へ接合するための補助工法が必要であった。そこで、音響診断技術を応用したAEマシン位置検知システムを開発した。本システムはシールド接合位置の地中に設置したAEセンサ内蔵検知パイプ4本とAE計測装置で構成され、シールド機のカッタ切削音の検知パイプに接近する音を検出し、この音の変化を解析することでマシンの現位置をタイムリーに把握するものである。

実際の位置検知は、接合手前40m地点から本システムによる連続計測・解析を開始した結果、坑内測量による位置データと極めて近似していることが実証された。このため、マシンの姿勢方向制御はスムーズに行われ、到達誤差18mm（上10mm、右15mm）という高精度で隣工区トンネル内への地中接合に成功することができた。

## 5. おわりに

当工事は国内有数の大深度・長距離シールドで、特に地下水圧は0.86MPaと国内最高レベルを記録した。こうした未知の条件を克服するため、高水圧対策をはじめとする各機械設備の改良・開発や、セグメントについては施工時荷重の考慮や、継手の止水性確保などに独自の工夫を凝らしながら臨み良好な成果をあげた。

本工事における、大深度特有の予期せぬトラブルの対処や、長距離地中接合の高精度なマシン検知実績、その他耐久性の要素技術の検証結果は、今後も増加するとみられる大深度長距離シールドの技術的可能性を飛躍的に向上させるものと考えられる。