

11. 機械式T字接合シールド工法 (T-BOSS工法) のシールド機

東急建設(株)：*平間 利昭、平井 幸雄、
高松 伸行

1. はじめに

近年、都市部におけるシールドトンネルは大深度化、幅員化していく傾向にある。シールドトンネル同士の接合は、接合箇所¹⁾に立坑を設置して行うのが一般的であるが、大深度の立坑を構築するためには費用がかかり過ぎることや、交通量の多い道路上では設置そのものが困難な場合が多く、立坑を必要としない管渠同士の地中接合方法が要求されている。

T字接合研究会¹⁾は、シールド機に格納装備された切削補強リングにより既設トンネルを直接切削・貫入し、新設トンネルをT字形に機械接合する『機械式T字接合シールド工法(T-BOSS工法)』を開発し、東京都下水道局発注のシールド工事にて世界初の実証施工を行うことになった。

本稿では、機械式T字接合シールド工法の概要および実証施工に向けて製作したシールド機について説明する。

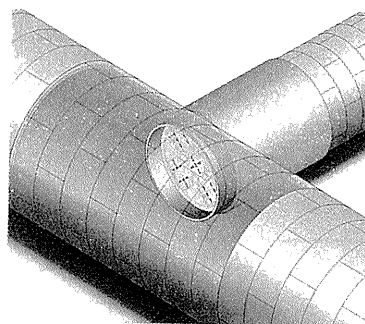


図-1 T-BOSS工法のイメージ図

2. 機械式T字接合シールド工法(T-BOSS工法)の概要

2-1.工法概要

T-BOSS(T-type basement Branch off Shield System)工法は、シールドに格納装置された切削ビット付きの鋼製リング(切削リング)をカッターヘッドの回転トルクを利用して回転させ、既設管を直接切削・貫入し、新設トンネルをT字形に機械接合する新しいシールド地中接合工法である。(図-1参照)

本工法には以下の2種類の接合方法があり、既設管内作業の制約等の条件により、適切な接合方法が選択可能である。

- ①T-BOSS/S方式・・・切削リングが一重構造で、既設管内に防護コンクリートを設置することにより止水性を確保して貫通する方法。
- ②T-BOSS/W方式・・・切削リングを二重構造とし、外周リングと充填材により止水性を確保した後、内周リングのみ回転しながら押し出し、切削・貫通する方法。

2-2.工法の特長

以下に本工法の特長を示す。

①接合時の制約条件が少ない

新設トンネル側の作業が主体であるため、既設管が供用中であっても接合可能である。切削ビットは鋼製

¹⁾ 東京都下水道サービス(株)、(株)熊谷組、五洋建設(株)、清水建設(株)、東急建設(株)、西松建設(株)、(株)間組、ジオスター(株)、日立造船(株)、三菱重工業(株)

およびRCセグメントともに切削可能であり、既設管の開口補強など事前準備なしでの接合が行える。

②地盤改良が大幅に低減

切削リングが接合時の山留めと止水の機能を有するため、地盤改良を大幅に低減することができる。

③工期短縮が可能

切削リングによる機械的な接合法のため、安全かつ効率的な接合ができ工期短縮を実現できる。また、地盤改良の低減により、なお一層の工期短縮も可能となる。

3. 実施工への適用

3-1. 工事概要

工事件名: 港区赤坂一丁目、六本木二丁目付近再構築工事

工事場所: 港区赤坂1,2丁目、六本木1,2丁目 (図-2)

発注者: 東京都下水道局 南部建設事務所

施工者: 東急・竹中土木・熊谷建設共同企業体

シールド機製作者: 三菱重工業株式会社

工期: 平成13年5月～平成15年3月

工事内容: 泥水加圧式シールド工法一次覆工

仕上り内径 $\phi 2,400\text{mm}$ 、施工延長 877.80m

地質: 江戸川層/砂質土層・粘性土層 (図-3参照)

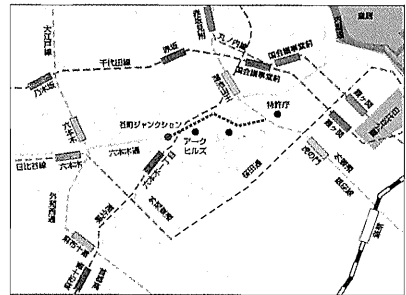


図-2 施工位置図

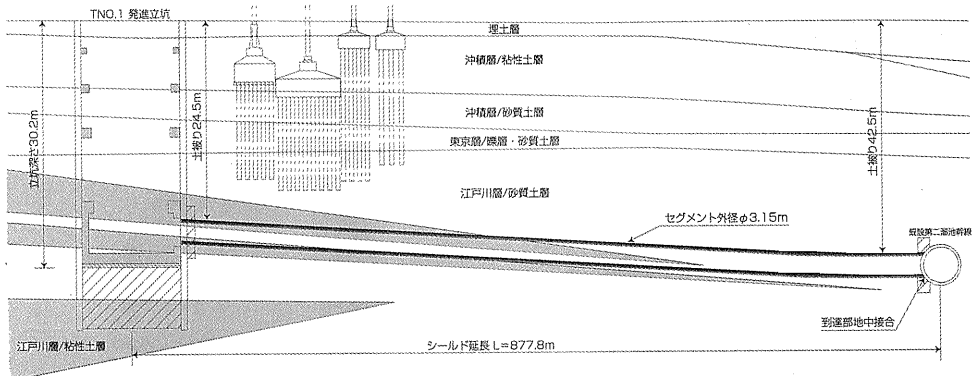


図-3 地質想定縦断面図

3-2. T-BOSS/W 方式の採用経緯

地中接合地点は外堀通りの交差点で交通量も多く、(写真-1)接合点直上の地下には営団地下鉄銀座線、電力洞道、電力マンホールなどが輻輳しており地上から開削できない状況にある。

また、地下水圧は 0.43MPa の高水圧であり、このような厳しい条件のなかで、

- ① 止水対策が確実な工法であること
- ② 既設管渠内の作業が不要であること

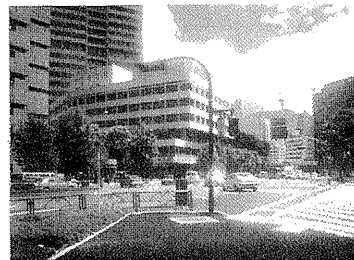


写真-1 到達(地中接合)部

③ 機構的に地山のゆるみが発生しにくいこと

などの理由からT-BOSS/W 工法が最も安全で合理的と判断されて、本工事への採用が決定した。

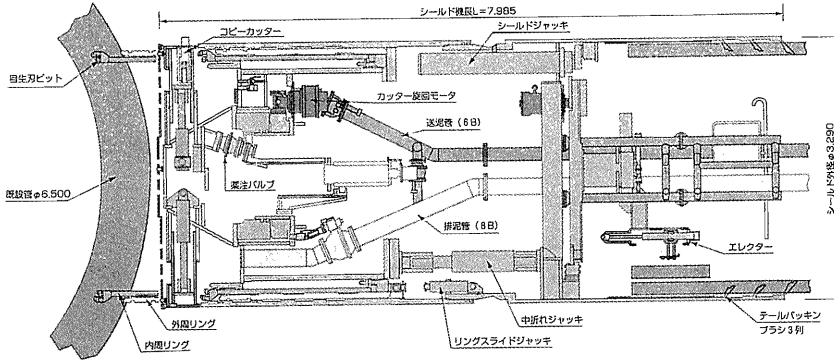
なお、接合先である第二溜池幹線は、仕上り内径 $\phi 6,500\text{mm}$ 、セグメント外径 $\phi 7,750\text{mm}$ で深さ(管芯までの距離)44.1mである。

3-3. シールド機の概要

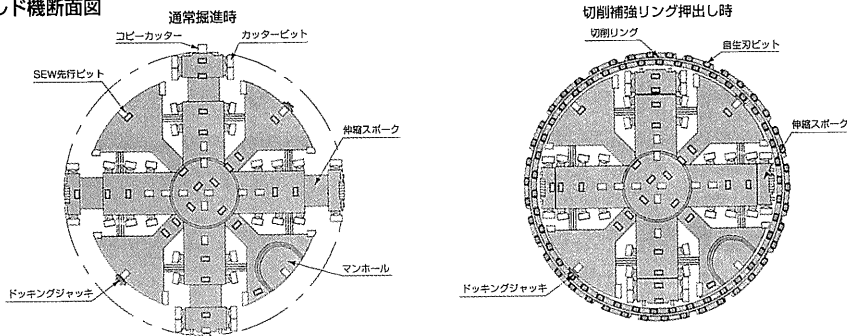
シールド機の全体構造を図-4に示す。シールド外径は $\phi 3,290\text{ mm}$ で機長は前胴内側に切削リング(内周リング・外周リング)が格納装備されていることから、7,985 mmと長いことが特長である。(写真-2参照)

既設管切削時は4本の伸縮スポークを縮め、切削リングをリングスライドジャッキにて前方へ押し出し、ドッキングジャッキをはめ込むことでカッタの回転力を切削リングに伝達させ切削を行う。(写真-3参照)

シールド機側面図



シールド機断面図



シールド諸元

| シールド関係 | | |
|--------------|------------------------|----|
| 名称 | 仕様 | 備考 |
| シールドジャッキ | 1200kNx1450x35MPax10No | |
| 切羽単位面積当り推力 | 1412 kN/m ² | |
| シールドジャッキ伸縮速度 | 5.0 cm/min (全数作動時) | |

| カッタ関係 | | |
|-------|--|----|
| 名称 | 仕様 | 備考 |
| 回転数 | 1.51rpm(常用)、4.6rpm(最大) | |
| 掘削トルク | 442kN・m($\rho=12.4$) 573kN・m($\rho=16.1$) | |

| ドッキング関係 | | |
|---------------|---------------------|----|
| 名称 | 仕様 | 備考 |
| カッタスポーク伸縮ジャッキ | 400kNx260x35MPax4No | |
| ドッキングジャッキ | 70kNx75x21MPax2No | |

| 中折ジャッキ関係 | | |
|----------|----------------------|----|
| 名称 | 仕様 | 備考 |
| 中折ジャッキ | 1200kNx400x35MPax8No | |
| 中折角度 | 左7.5° 右6.0° 上1.0° | |

| エレクタ関係 | | |
|--------|----------|----|
| 名称 | 仕様 | 備考 |
| 形式 | リングギヤ門形式 | |
| 回転数 | 2.0 rpm | |
| 回転取扱重量 | 約 210 kg | |

| 切削リングスライド装置関係 | | |
|---------------|---------------------|----|
| 名称 | 仕様 | 備考 |
| リングスライドジャッキ | 200kNx250x25MPax8No | |

図-4 機械式 T 字接合シールド機全体構造図

3-4. 切削装置の仕様

本シールド機の接合装置関係の仕様および選定理由について以下に示す。

(1) 切削ビット

- ・切削ビットは棒状の超硬チップを母材に埋め込んだ構造の自生刃ビットを採用した。
- ・切削ズリの排出性を考慮し、所要切削幅 157 mm に対しビットを内・外周に分け、外周側ビットを 40 mm 切羽側に突出させた。
- ・ビット1個の切削幅は 41 mm とし 84 個を装備した。
- ・内周リングのビット間に注水用の切り欠きを設け、注水による切削ズリの排出性向上を可能とした。

(2) 切削リングの構造

- ・噛み込み等の不測事態に備えて後退可能な構造とした。
- ・内周リング溝とカッタ部のドッキングジャッキが正確に収まる様、シールド本体に位置決めピンを設置した。
- ・内周リングのみでの掘削に対応するため、内・外周リング固定用ピン穴を利用し、外周リングとシールド本体を別途ピン接合が可能な構造とした。

- ・土砂侵入を防止するため、内周リング内側に注水装置を装備した。(注水量 10L/min 注水圧 0.5MPa)

(3) 切削リングの回転速度とトルク

- ・五洋建設㈱「鋼製セグメント切削実験結果報告書」平成 11 年 3 月より、安定切削に必要な回転周速は 40m/min 以上とあり、回転数は前述の値を確保できるように 4.6rpm とした。
- ・装備トルクは所要トルクに対する安全率を3に設定し 573KN・m とした。(掘進速度を 1 mm/min に設定し算出)

4. おわりに

今回計画・製作したシールド機は、平成 14 年 3 月に現地に搬入され、7 月末現在で約 200m 地点まで順調に掘進を行っている。

今後、ますます大深度化されていく地下構造物に対応すべく地中接合方式は、さまざまな検討がなされており、本工法もその一役を担う方式として、当現場にてその成果が確認されることを期待される。

最後に本シールド機の採用・計画にあたり、ご指導、ご協力いただいた関係各位に対し、感謝いたします。

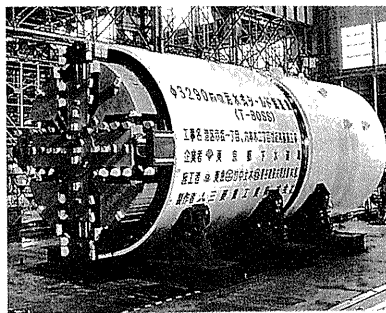


写真-2 シールド機（通常掘進時）

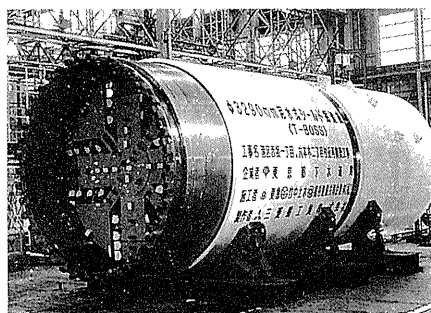


写真-3 シールド機（切削リング押し出し時）



写真-4 現地設置状況

参考文献：1) 松浦将行・小川勝：「切削補強リング付きシールドで地中側面接合 東京都下水道港区赤坂、六本木再構築工事」トンネルと地下 2002.2