

トンネル 特集

T字型接合シールド工法を採用した地中接合工事

— T-BOSS/W方式 —

高橋 範 俊・平間 利 昭・原田 喜 可・山崎 幸 司

T-BOSS工法は、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字型に機械接合する新しい地中接合工法である。本工法には、切削補強リングが二重構造のもの（W方式）と一重構造のもの（S方式）の2種類があるが、今般、W方式を採用した工事が完了した。W方式では、内周リングをカタヘッドにより旋回させて既設管を切削し、外周リングから既設管切削部の空隙へ止水充填材を注入する。本報文では切削補強リング部の構造と仕様について説明し、施工手順および施工状況について報告する。

キーワード：トンネル、シールド工法、大深度、高水圧、機内注入、T字型接合

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、輻輳化していく傾向にある。シールドトンネル同士の接合は、接合箇所立坑を設置して行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（東京都下水道サービス株式会社、株式会社熊谷組、五洋建設株式会社、清水建設株式会社、東急建設株式会社、西松建設株式会社、株式会社間組、ジオスター株式会社、日立造船株式会社、三菱重工業株式会社）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字型に機械接合する「機械式T字接合シールド工法（T-BOSS工法；T-type Basement Branch off Shield System）」を開発し、東急・竹中土木・熊谷JVが東京都下水道局発注のシールド工事にて施工を行った。

2. 工事概要

T字型接合シールド工法を適用した工事概要、地質環境は以下のとおりである。

・工事件名：東京都港区赤坂一丁目、六本木二丁目付

近再構築工事

・工事場所：東京都港区赤坂1, 2丁目、六本木1, 2丁目（図-1）

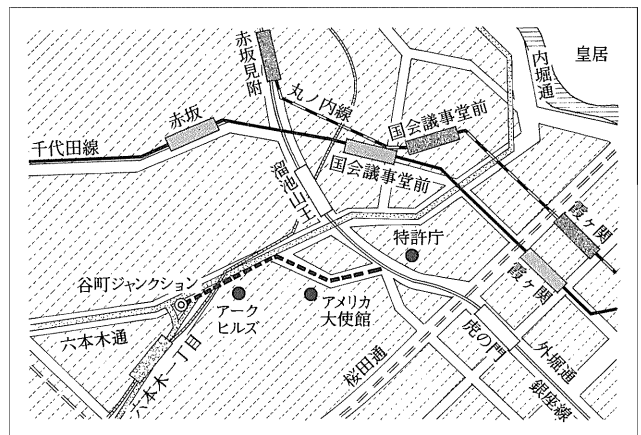


図-1 施工位置図

- ・発注者：東京都下水道局
- ・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φ2,400mm, 施工延長877.8m
- ・地質：江戸川層/砂質土層・粘性土層（図-2）

3. 採用の経緯

地中接合地点は外堀通りの交差点で交通量も多く、

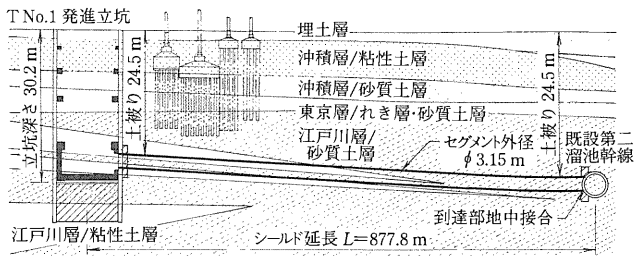


図-2 地質断面図

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0.43 MPaの高水圧であり，このような厳しい条件のなかで，

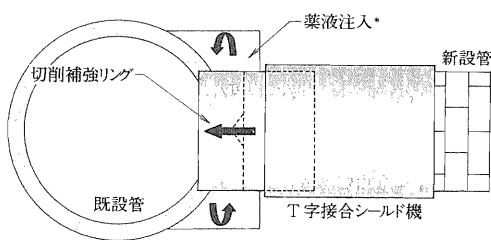
- ① 止水対策が確実な工法であること。
- ② 既設管渠内の作業が不要であること。
- ③ 機構的に地山のゆるみが発生しにくいこと。

などの理由から T-BOSS/W 工法が最も安全で合理的と判断して，本工事への採用を決定した。

なお，接合先である第二溜池幹線は，仕上り内径φ6,500 mm，セグメント外径φ7,750 mmで深さ（管芯までの距離）44.1 mである。

4. 工法の概要

T-BOSS 工法は，シールド機に格納装備された切削ビット付きの鋼製リング（切削補強リング）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 字型に機械接合する新しいシールド地中接合工法である（図-3）。



*薬液注入の要否は施工条件による。

図-3 T-BOSS 工法概要図

本工法には S 方式と W 方式の 2 種類の接合方法があり，高水圧下での接合となるため，外周リングから充填材を注入できる構造を持つ W 方式を当工事では採用した。

① T-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事により止水性を確保して貫通する方法。

② T-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。

5. 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φ3,290 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 と長いことが特徴である（写真-1）。

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内周リングの溝にはめ込むことでカッターの回転力を内周リングに伝達させ，切削を行う。外周リングは，回転せず内周リングと共に前方へスライドし，止水充填材注入後前胴に固定される（写真-2）。

6. 切削装置の仕様

(1) 切削ビット

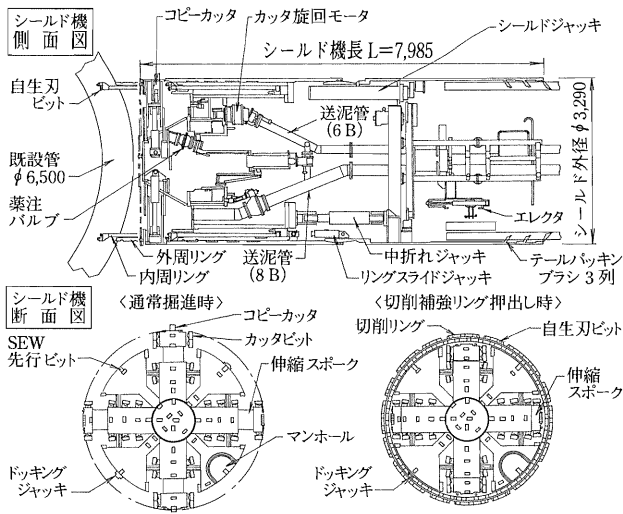
- ① 切削ビットは棒状の超硬チップを母材に埋込んだ構造の自生刃ビットを採用した。



写真-1 シールド機（通常掘進時）



写真-2 シールド機（切削リング押し出し時）



カッタ・T-BOSS 装置の仕様

| | |
|-------------|--|
| カッタ回転数 | 1.51 rpm (常用), 4.6 rpm (最大) |
| カッタトルク | 442 kN・m ($\alpha=12.4$), 573 kN・m ($\alpha=16.1$) |
| スポーク伸縮ジャッキ | 400 kN×260 s×35 MPa×4 本 |
| ドッキングジャッキ | 70 kN×75 s×21 MPa×2 本 |
| リングスライドジャッキ | 200 kN×250 s×25 MPa×8 本 |

図-4 機械式 T 字接合シールド機全体構造図

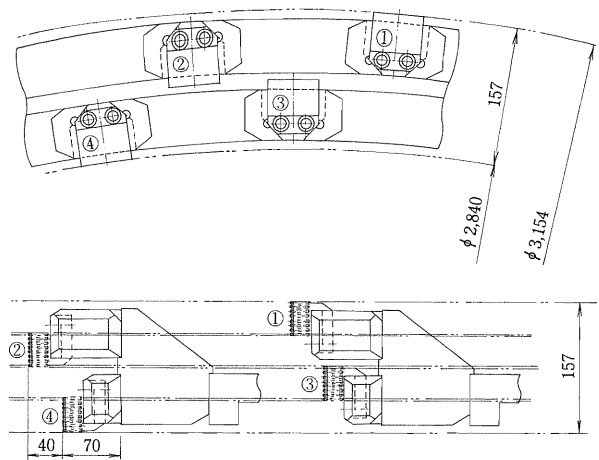


図-5 切削ビット配列図

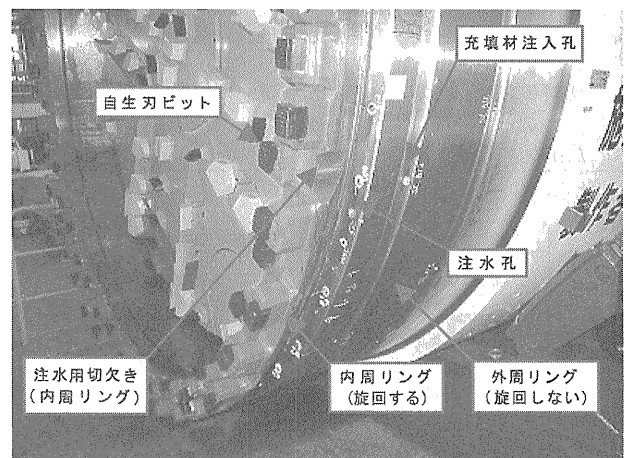


写真-3 切削ビット

- ② 切削ずりの排出性を考慮し、所要切削幅 157 mm に対しビットを内周・外周に分け、外周側ビットを 40 mm 切羽側に突出させた。更に、内周・外周の各々について 2 列のビット配置とし、合計 4 列とした (図-5、写真-3)。
- ③ ビット 1 個の切削幅は 41 mm とし、1 列当たり 21 個配置として、合計 84 個を装備した。
- ④ 外周リング先端に注水孔を設け、更に内周リングのビット間に注水用の切欠きを設けることで、注水による切削ずりの排出性向上を可能とした。

(2) 切削リング部の構造

切削リング部の構造を以下に述べる。

- ① 噛込み等の不測事態に備えて後退可能な構造とした。
- ② 内周リングの溝へカッタヘッド部のドッキングジャッキが正確に収まるよう、シールド本体に位置決めピンを設置した。
- ③ 止水充填材注入後の内周リングのみのスライドに対応するため、内周・外周リング接続ピン穴を利用し、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 (図-6)。
- ④ 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

10 L/min, 注水圧 0.5 MPa)。

(3) 切削リングの回転速度とトルク

切削リングの回転速度、装備トルク、安全率を以下のように設定した。

- ① 安定切削に必要な回転周速は 40 m/min 以上に設定し、回転数は 4.6 rpm とした。

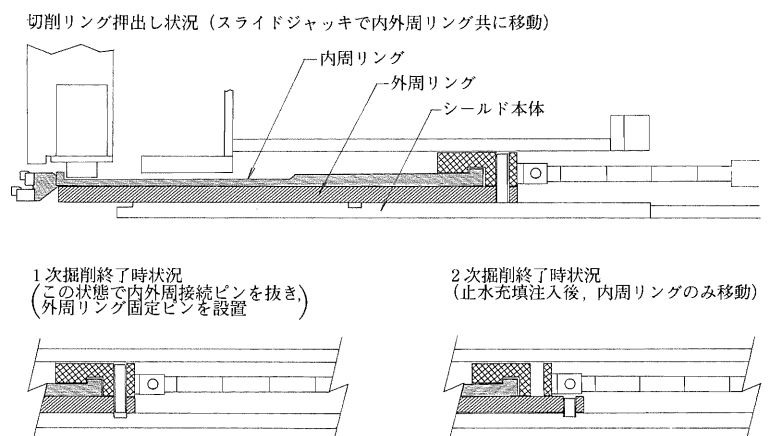


図-6 切削リング部詳細図

- ② 装備トルクは所要トルクに対する安全率を3に設定し 573 kN・m とした (掘進速度：1 mm/min)。

7. T字型接合法の施工実績

T字型接合法の施工フローを図一7、写真一4、

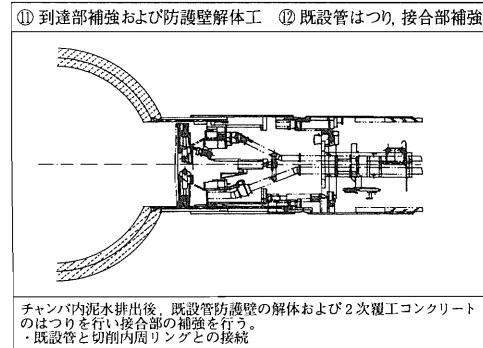
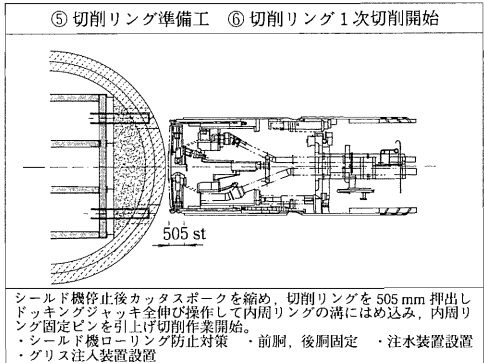
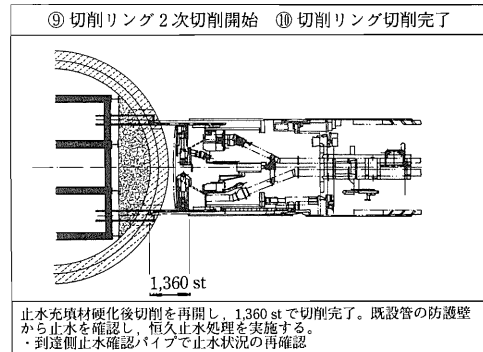
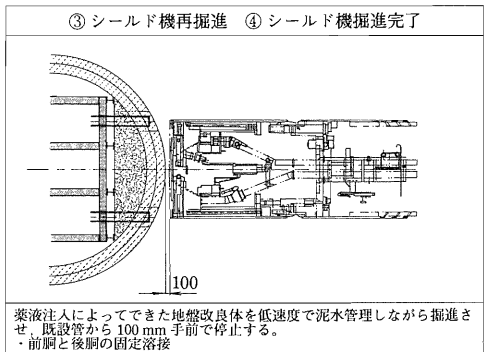
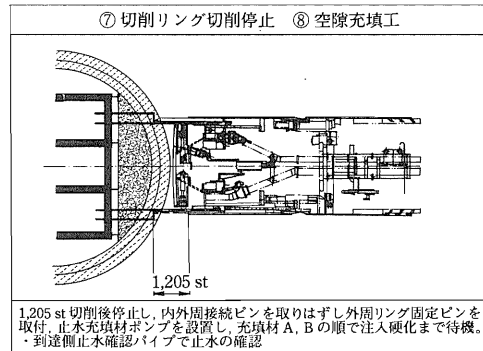
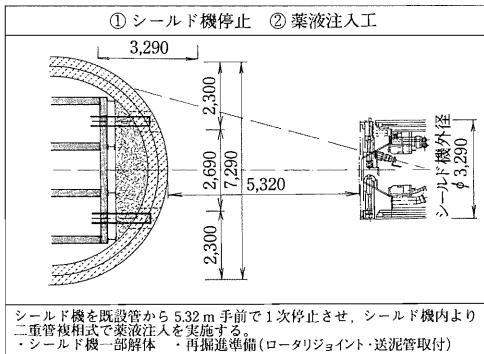
- | | |
|-----------------|---------------------|
| 1. シールド機停止 | 8. 空隙充填工 |
| 2. 薬液注入工 (写真一4) | 9. 切削リング2次切削 |
| 3. シールド機再掘進 | 10. 切削リング切削完了 |
| 4. シールド機掘進完了 | 11. 到達部防護壁解体 (写真一5) |
| 5. 切削リング準備工 | 12. 既設管接合部補強 |
| 6. 切削リング1次切削 | 13. シールド機解体 |
| 7. 切削リング切削停止 | 14. 2次覆工コンクリート打設 |

写真一5 に示す。

8. 技術的・経済的効果

接合箇所における制約条件が少ない T 字接合法の技術的、経済的効果を以下にまとめる。

- ① 新設トンネル側の作業が主体であるため、道路上での作業を必要としない。
- ② 切削ビットは鋼製および RC セグメントともに切削可能である。
- ③ 既設管の開口補強など事前準備なしでの接合が行える。
- ④ 既設管が供用中であっても接合可能である。
- ⑤ 切削補強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。
- ⑥ 切削補強リングによる機械的な接合法のため、



図一7 T字型接合法

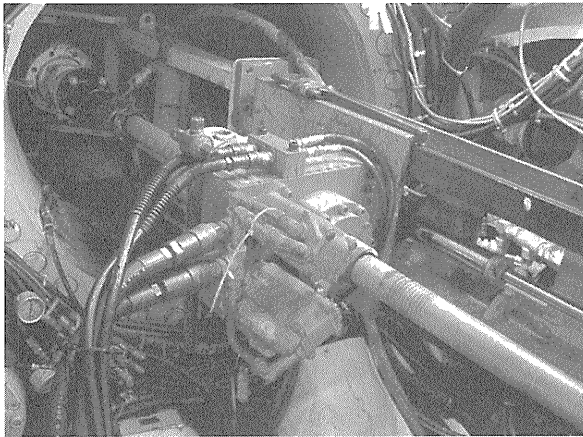


写真-4 機内薬液注入状況



写真-5 到達状況

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。

9. おわりに

今回のシールド機は、平成14年3月発進基地に搬入され、11月に機内薬液注入およびシールド掘進を終了、12月には地中接合を開始し、既設第二溜池幹線（仕上り内径φ6,500mm、セグメント外径φ7,750mm）の切削、既設管と本トンネルとの接合部の止水、シールド機の一部解体を実施した。

平成15年1月に既設管の解体、シールド機カッター部を解体し、2月に予定どおり接合を終了した。

今後都市部においては、地下構造物が輻輳するとともに、立坑設置位置が交通量の多い道路上であるなど、地上での制約条件も厳しくなり、立坑施工や地盤改良

などの補助工法ができないケースがますます増加してくると思われる。本T-BOSS工法（図-8）も今回の実績からこのような厳しい条件下でも管路同士の地中接合を可能にする工法の一役を担う方式であると期待される。

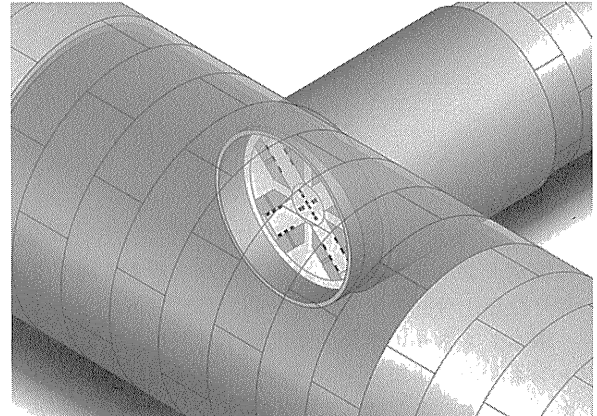


図-8 T-BOSS工法イメージ図

最後に本シールド機の採用・計画にあたり、ご指導、ご協力いただいた東京都下水道局、T字接合研究会をはじめ関係各位に対し、深く感謝します。 **JCMMA**

[筆者紹介]

高橋 範俊（たかはし のりとし）
東京都下水道局
南部建設事務所
工事第一課
工事第二係
主任



平間 利昭（ひらま としあき）
東急建設株式会社
営業推進本部
機械技術部
機電技術G
グループリーダー



原田 喜可（はらだ きよし）
東急建設株式会社
首都圏本部
土木事業部
港区赤坂一丁目、六本木二丁目付近再構築工事
現場代理人



山崎 幸司（やまざき こうじ）
三菱重工業株式会社
神戸造船所
建設機械部
設計課
課長代理

