

機械式 T 字接合シールド工法 (T-BOSS 工法) による実施工報告
Report of an actual construction using T-BOSS(T-type basement Branch off Shield System)

外裏 雅一*，高松 伸行**，原田 喜可***，山森 規安****

Masakazu SOTOURA，Nobuyuki TAKAMATSU，Kiyoshi HARADA and Noriyasu YAMAMORI

This paper describes the T-type basement Branch off Shield System(T-BOSS), which has been currently developed by Study group of T-type shield docking. The system can construct T-type basement Branch off shield tunnel mechanically. The shield machine within cutting ring are used in this system.

This time we gave an actual construction for sewerage tunnel, so we introduce the outline and result of the actual construction.

key words: shield machine, underground docking, sewerage tunnel, T-BOSS

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、接合箇所には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(東京都下水道サービス㈱、㈱熊谷組、五洋建設㈱、清水建設㈱、東急建設㈱、西松建設㈱、㈱間組、ジオスター㈱、日立造船㈱、三菱重工業㈱)では、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T字接合シールド工法(以下 T-BOSS 工法と呼ぶ)の開発を行っている。

本文は、東急・竹中土木・熊谷建設共同企業体が下水道再構築工事において適用した、初めての T-BOSS 工法実施工について、その概要および施工結果を報告するものである。

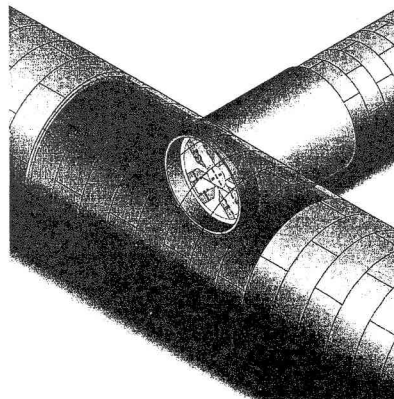


図-1 T-BOSS 工法イメージ図

キーワード: シールド，地中接合，下水道トンネル，T-BOSS 工法

* 東急建設㈱ 土木エンジニアリング部

**正会員 工博 東急建設㈱ 土木エンジニアリング部

*** 東急建設㈱ 首都圏本部

**** ㈱熊谷組シールド技術部

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)工法は図-2に概要を示すように、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。

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。切削ビットは鋼製およびRCセグメントともに切削可能である。

②地盤改良を大幅に低減

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工法のため、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。

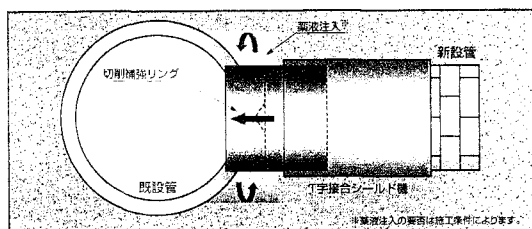


図-2 T-BOSS 工法概要図

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

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:一次覆工(泥水加圧式シールド工法、仕上り内径φ2,400mm、延長877.8m)

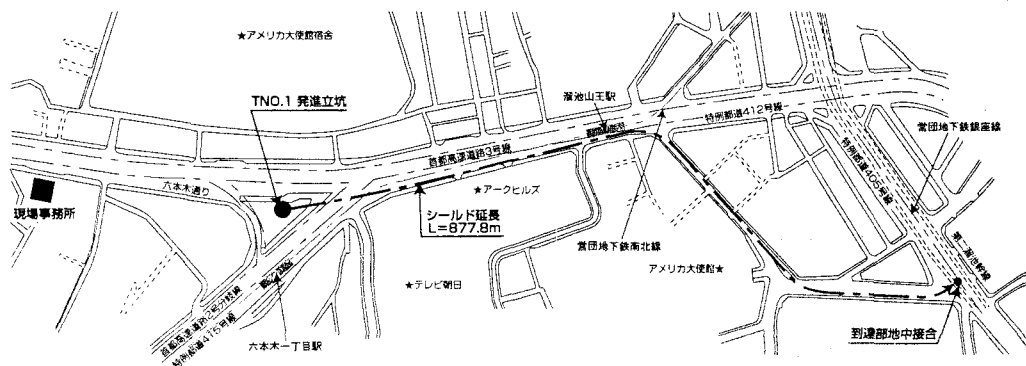


図-3 施工区間平面図

3. 2 T-BOSS 工法の採用経緯

地中接合地点は外堀通りの交差点で交通量も多く、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。(図-4 参照)

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、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、接合先である既設の第二溜池幹線は、仕上り内径 $\phi 6,500\text{mm}$ 、セグメント外径 $\phi 7,750\text{mm}$ 、管芯までの深さは 44.1m であり、到達部のセグメントは鋼製で、あらかじめ二次覆工内に鋼材で開口補強を行っている。また到達部の地盤はN値 50 以上の砂質土層であった。

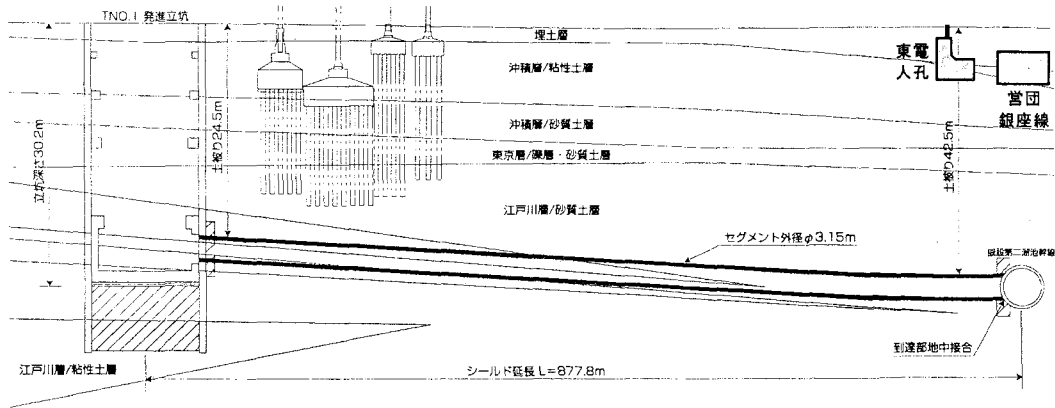


図-4 施工区間断面図

3. 3 シールド機の概要

シールド機の全体構造を図-5 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 と長いことが特徴である。

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。

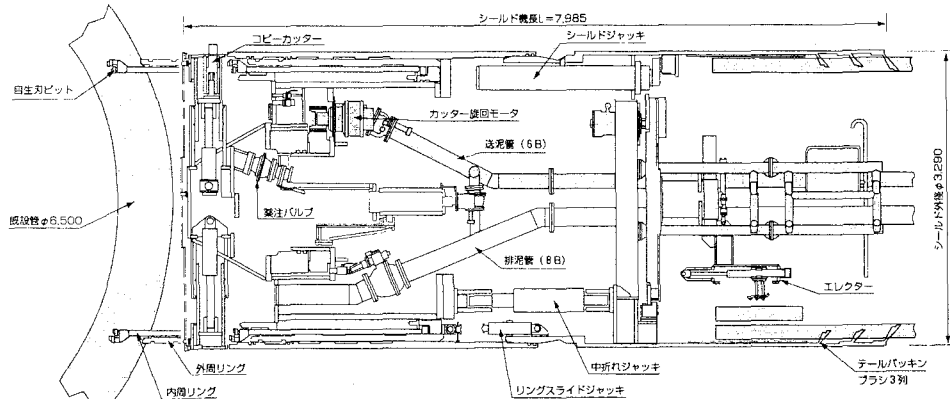


図-5 シールド機側面図

図-6 左に通常掘進時、図-5 右に既設管切削時の切削補強リングを押し出した状態の写真を示す。

切削補強リングは内周リングと外周リングの二重構造になっており、外周リングは回転せずに前進し、外周面に止水充填材の注入孔を設けてある。(図-7 参照)また内周リングは既設管を切削するための切削ビット(自生刃ビット)がついており、カッタにより回転しながら専用のスライドジャッキにより前進する構造である。

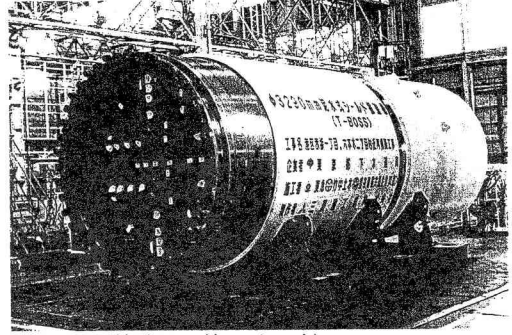
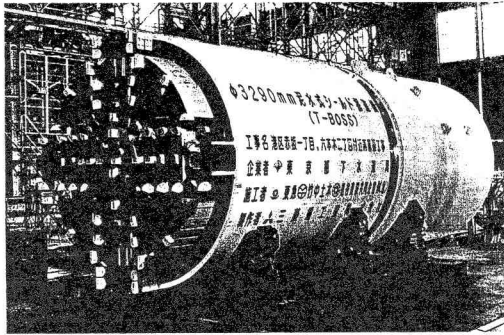


図-6 シールド機写真(左:通常掘進時、右:切削補強リング押し出し時)

3. 4 切削装置の仕様

(a) 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め込んだ構造の自生刃ビットを採用した。
- 2) 切削ブリの排出性を考慮し、図-3、4に示すように所要切削幅157mmに対しビットを内・外周に分け、外周側ビットを40mm切羽側に突出させた。さらに、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。
- 3) ビット1個の切削幅は41mm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、さらに内周リングのビット間に注水用の切り欠きを設けることで、注水による切削ブリの排出性向上を可能とした。

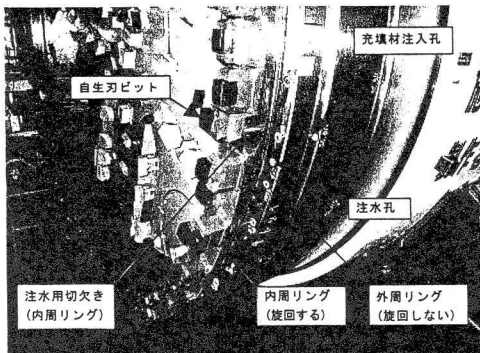


図-7 切削リングおよび切削ビット

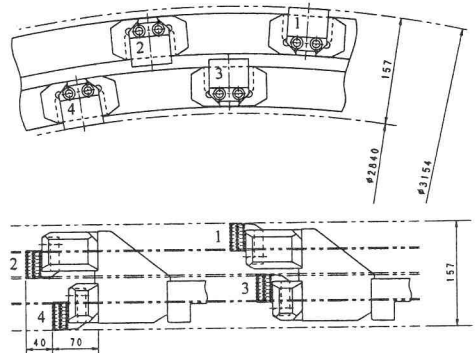


図-8 切削ビットの配列

(b) 切削リング部の構造

- 1) 噛み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に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・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。
- 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。(注入量 10L/min 注水圧 0.5MPa)

(c) 切削リングの回転速度とトルク

- 1) 安定切削に必要な回転周速は40m/min以上と設定し、回転数は4.6rpmとした。
- 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573KN・mとした。(掘進速度:1mm/min)

3.5 施工手順

今回のT-BOSS工法の施工手順を下図に示す。

今回は本工法初の実施工であることから、安全性を確認するための防護壁を既設管内に構築した。

手順図中 2.のシールド機内からの薬液注入状況写真を図-9 に示す。また、手順図中 11.の防護壁を解体した後に既設管内からシールド機面盤を撮影した写真が図-10 左である。

これらの施工手順の後にシールド機を解体した状況が図-10 右である。さらに二次覆工を施工して接合部の構築は完了となる。

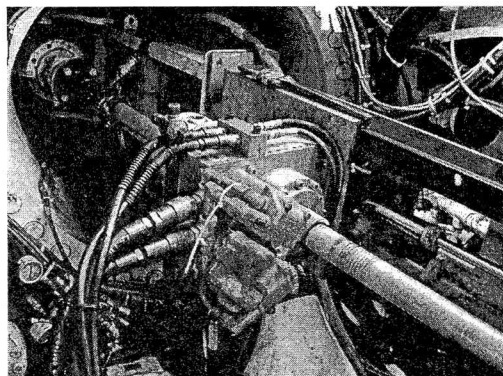
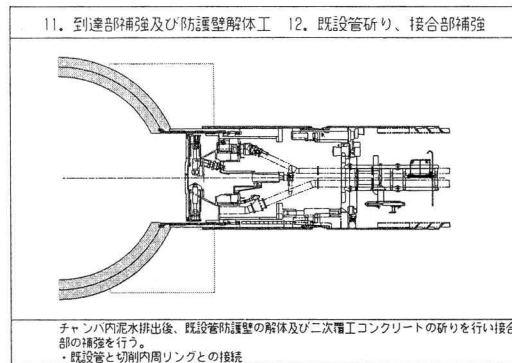
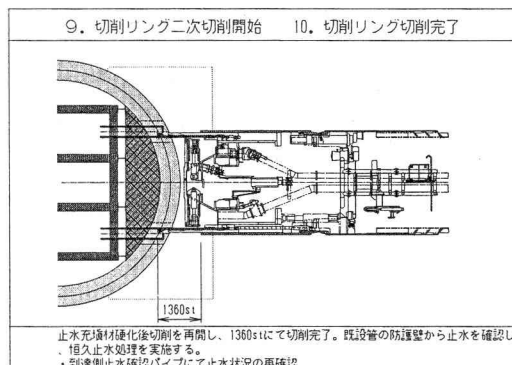
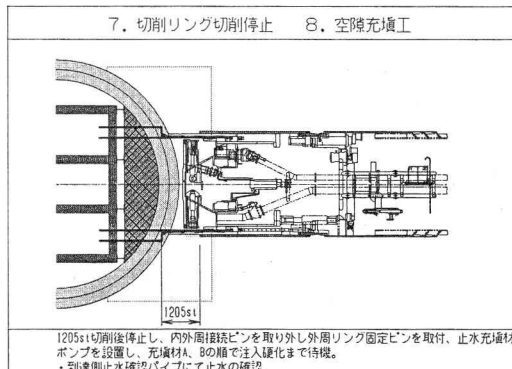
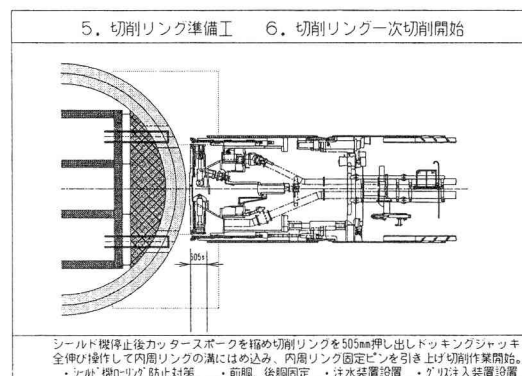
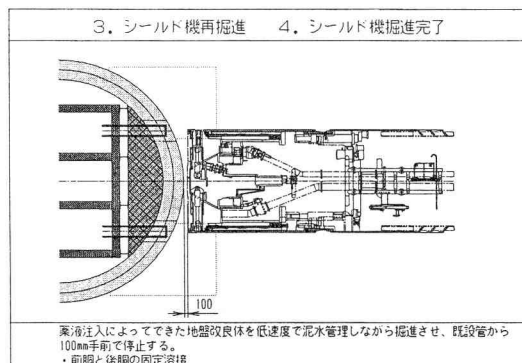
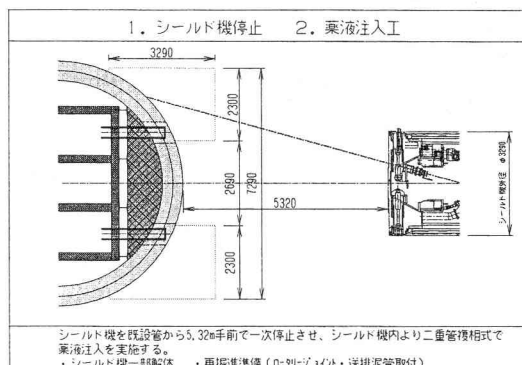


図-9 機内薬液注入状況

3. 6 施工結果

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し、12 月には一次切削、二次切削および充填工を終えた。さらに、平成 15 年 1 月に既設管および到達部に設置した防護壁とシールド機カッタ部を解体して 2 月に接合作業を終えた。現在は、到達部の二次覆工も施工し、接合部の構築は完了している状態である。

既設管切削時のスライド速度は約 1mm/分であった。また大きな振動もなく、推力およびトルクも装備したもので計画どおり施工することができた。

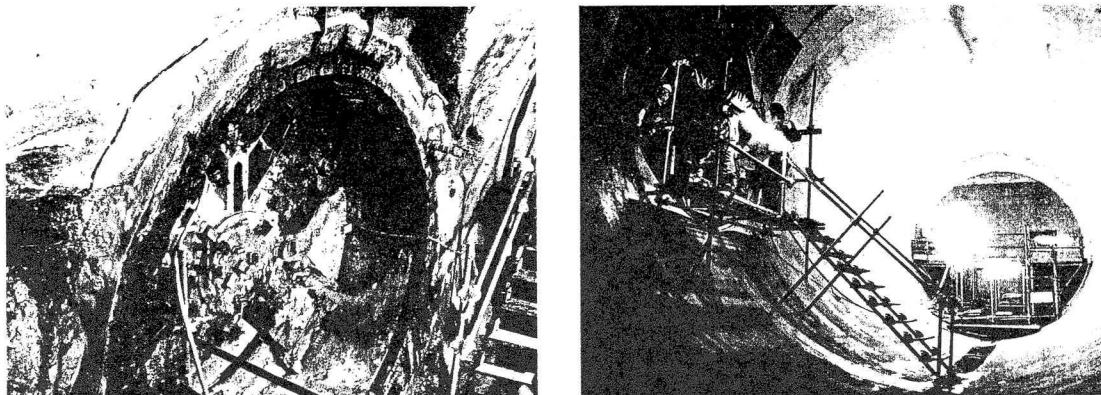


図-10 既設管内部からの施工状況写真(左:防護壁解体後、右:シールド機解体後)、左側から到達

4. おわりに

近年、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増加している。T-BOSS 工法は、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ものである。

今回、この工法を実工事において初めて適用し、T-BOSS 工法の既設管切削能力は十分に検証された。したがって、今後は、この実績をもとに改良を加えて、都市部での地中接合法としてさらに適用性の高い工法として開発を進めていきたい。

最後に本工法の採用・計画にあたり、ご指導、ご協力いただいた東京都下水道局およびT字接合研究会をはじめ関係各位に深く感謝いたします。

5. 参考文献

- 1)関 他 : 切削補強リング付きシールドによる T 字型地中接合法(その 1)、土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集、1997 年 9 月
- 2)田中 他: 切削補強リング付きシールドによる T 字型地中接合法(その 2)、土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集、1997 年 9 月
- 3)松浦 他: 切削補強リング付きシールドで地中側面接合 東京都下水道局港区赤坂六本木再構築工事、トンネルと地下、2002 年 2 月
- 4)高松 他: 機械式 T 字接合シールド工法(T-BOSS 工法)による実施工報告、土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集、2003 年 9 月