

シールド機を用いた地中接合工事の現場報告

[T-BOSS/S 方式]

水谷 英徳

経済規模が飛躍的に拡大した高度経済成長期以来、日本各地で急激に都市化が進展した。都市化に伴いアスファルトやコンクリート等による土地被覆面積が拡大し、雨水が地中に浸透する割合が減少した。その結果、雨水の大部分が直接下水道に流入するようになり、さらに近年の異常気象等により土砂災害・水害等の気象災害は、激甚化・頻発化するようになった。

本報告では、東京都下水道局が浸水対策を行っている再構築工事において、当社が受注し施工した、既設管きょを直接シールド機で切削し、新設管きょと接合した下水道の主要枝線工事の事例を報告する。

キーワード：トンネル、下水道、シールド、地中接合

1. はじめに

高度経済成長期以前の昭和初期では、雨水の多くが地下に浸透し、その残りが下水道に流入していたが、都市化による浸透域の減少により、下水道への流入量は、当時と比較し格段に増えていった。

本報告では、特殊なシールド機を用い、地下約40 mに建設された雨水幹線へ、直接切削接合した事例を紹介する。

なお、現場となった都道は交通量が極めて多く、地下埋設物が多く布設されており、地上からの施工が困難なことから、地中接合法であるT字接合シールド工法（T-BOSS工法）が採用された。

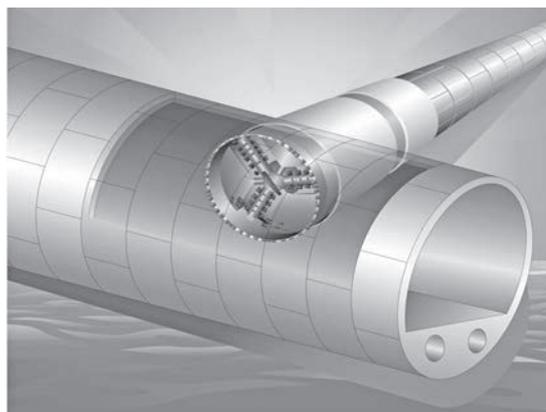
2. T字接合シールド工法の概要

(1) 工法の概要

従来のシールド工法による地中接合は、既設管きょ近傍に接合用の到達立坑を構築する方法や、周辺を地盤改良し地中から切り抜ける工法が一般的であった。

T字接合シールド工法は、シールド機に格納装備されたビット付きの切削リングにより、既設管きょを直接切削・貫入することで、既設管きょの開口時に地山を開放することなく、機械的かつ安全に側面接合するシールド工法である（図—1）。

なお、本工法は施工条件により、切削リングが二重のT-BOSS/W方式と一重のT-BOSS/S方式があり、今回はS方式で施工を行った（写真—1, 2）。



図—1 T字接合シールド工法イメージ図¹⁾

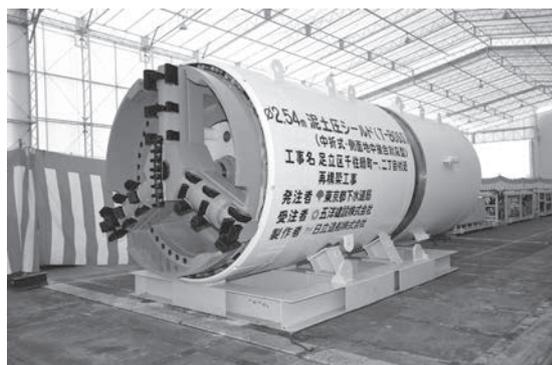
(2) 切削ビット

切削リングに取付けられた切削ビットは、母材に棒状の超硬チップが埋め込まれており、切削に伴い母材の摩耗が進行すると、チップの過度な露出が起これ、チップが欠けることで新たな鋭利面が出現し、持続的な切削性を確保する構造となっている（図—2）。

3. 工事概要

本工事は、足立区千住緑町一、二丁目及び千住河原町付近（図—3）の雨水排除能力の増強を図るため、千住スポーツ公園内の発進立坑より2路線（上流路線・下流路線）の管きょを泥土圧式シールドで新設するものである（表—1）。

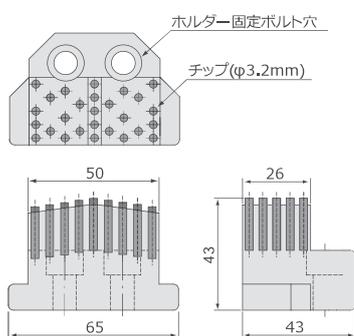
上流路線は、発進立坑から千住スポーツ公園内を通り、京成線を横断し、(株)ニッピ跡地の再開発地内まで



写真一 通常掘進時のシールド機



写真二 切削リング押し出し時

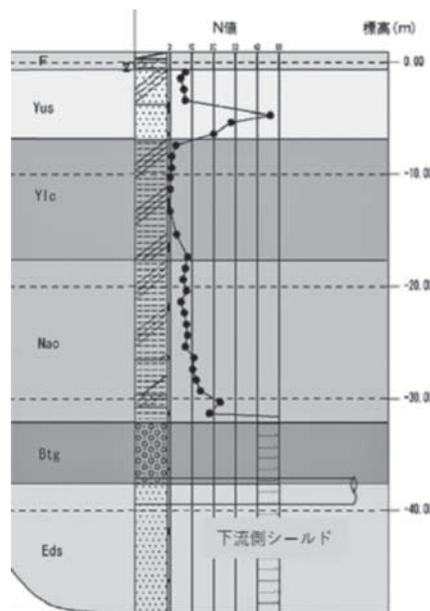


ビット構造 (切削実験時)

図一 切削ビット (切削実験時)²⁾

表一 工事内容

項目	内容
工 事 件 名	足立区千住緑町一、二丁目付近再構築その2工事
工 事 場 所	東京都足立区千住緑町1,2丁目～千住河原町
発 注 者	東京都下水道局
施 工 者	五洋建設(株)
工 期	2020年7月27日～2023年4月8日
工事内容	泥土圧シールド T-BOSS/S工法
	シールド機φ2540mm、仕上内径φ2000mm
	施工延長 上流=623.35m、下流=109.80m



図一 土質断面図

された供用開始前の既設管きよまでの路線延長 L = 109.80 m となっている。

また、掘削の対象となる土質断面は図一 4 の通りとなっている。

4. 施工報告

(1) T-BOSS/S 方式シールド機

外径φ2,540 mm のシールド機 (図一 5) は、前胴に地中接合用の切削リングを格納している。また、曲線施工を行うことから中折れ機構を装備し、さらに高水圧対応の3段テールブラシとなっているため機長は、7,225 mm と同径としては、かなり長くなっている。また、ボーリング調査から最大 100 mm の礫が確認されており、最大礫径φ250 mm まで対応できるリボンスクリューを採用した。

地中接合の機構としては、カッタースポーク伸縮ジャッキが2本とストローク 600 mm の切削リング押し出しジャッキを3本装備した (表一 2)。



図一 施工位置図

の路線延長 L = 623.35 m となっている。

下流路線は、同発進立坑から、墨堤通り直下に施工

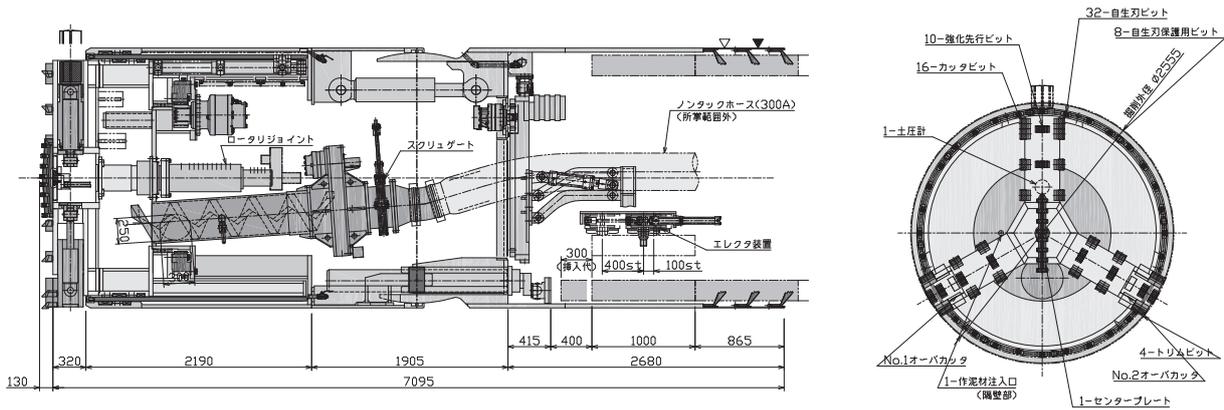


図-5 シールド機全体構造図

表-2 地中接合に関する装備一覧

◆切削リング旋回用機器	
駆動トルク	(掘進時) 274(低トルク時)/411(高トルク時)kN-m[$\alpha=18.7/25.1$] (接合時) 132kN-m[$\alpha=9.3$]
回転数	(掘進時) 2.25(低トルク時)/1.5(高トルク時)min ⁻¹ (接合時) 5.37min ⁻¹ (切削リング周速度=39.97m/min)
駆動用油圧モーター	(掘進時) 13.17/19.76kN-m×18.6/24.9MPa×3台 (接合時) 19.03kN-m×23.9MPa×1台
油圧ポンプ (パワーユニット)	(掘進時) 117/78L/min×18.6/24.9MPa×2台 (接合時) 94L/min×23.9MPa×2台
電動機 (パワーユニット)	45kW×4P×50Hz×400V×2台
◆切削リング押し出し用機器	
押し出しジャッキ	110kN×805st×14MPa×3本
◆伸縮スポーク用機器	
伸縮スポークジャッキ	250kN×140st×21MPa×2本
油圧ポンプ (パワーユニット)	27L/min×21MPa×1台
電動機 (パワーユニット)	15kW×4P×50Hz×400V×1台

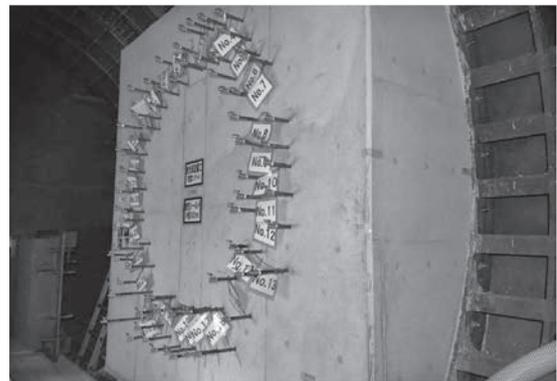


写真-4 既設管きよ内防護コンクリート

(2) 切削ビット

切削ビットの配置は、これまでの実験と実績に基づき、内周側用と外周側用それぞれ16個ずつ配置し、それらのビットの側面からの摩耗対策として保護ビットを8個配置した(写真-3)。

(3) 既設管きよと接合条件

T-BOSS/S方式は、W方式と異なり切削リングが一重構造となっている。そのため、接合時の止水を目的とし、既設管きよ内に防護コンクリートが施工されている(写真-4)。また、その他の接合条件は、表-3の通りとなっている。



写真-3 切削ビット配置状況

表-3 地中接合条件

項目	内容
既設管きよの条件	鋼製セグメント (外径5500mm、内径4950mm、桁高275mm)
	防護コンクリートあり
	二次覆工なし 既設隔壁あり
接合位置	鉛直方向：既設管きよ中心 水平方向：直角
土質条件等	N ₆₀ ≥50 砂礫 地下水圧 350kPa 土被り 約38m

(4) 接合手順

切羽圧を保持したままシールド機先端から50mmの位置まで掘進し、シールド機を停止した。その後、シールド機内で接合用機器の取付けを行い、操作モードを通常の掘進モードから接合モードに切り替えを行った。

接合手順は、図-6の通りであるが、特に管理すべき項目として、切羽圧・カッター圧力・カッター回転速度・切削ビットの冷却水・ジャッキ速度・カッターシール温度とし、既設管きよ内とは、ポータブルWiFiやiPadを使用した連絡手段を構築し、情報共有を図った。

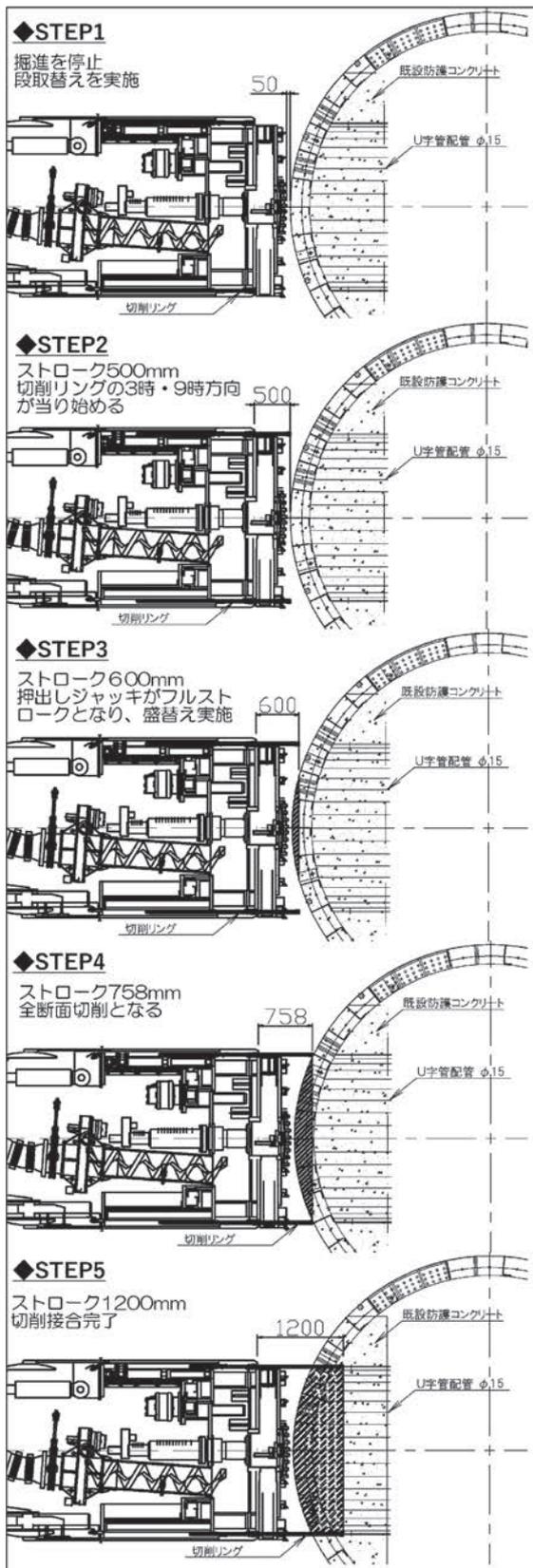


図-6 接合ステップ図

また、全ての接合作業が目視出来ない地中で行われるため、接合状況をリアルタイムで確認できるよう掘進管理システムと連動した3次元可視化システムを導入した(写真-5)。

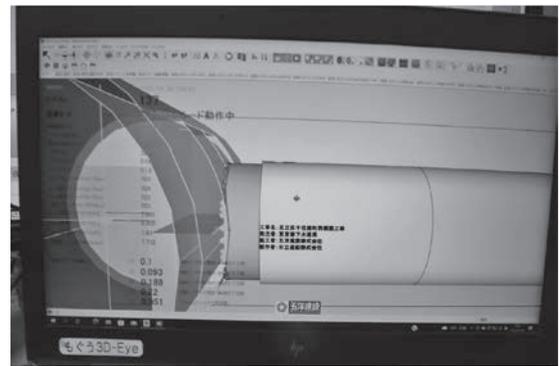


写真-5 3次元可視化システム

(5) 施工状況と結果

切削開始から完了までをストローク毎に、押し出しジャッキ圧力・カッター圧力・カッターシール温度の推移を整理した(図-7)。

①押し出しジャッキ圧力

切削リングのスプリングラインが既設管きょに当たり始めて、ジャッキの盛替え作業が発生するストローク600mmまでは、概ね6MPa付近で安定している。その後、ストローク758mmの全断面切削が近づくにつれ、振れ幅が大きくなるとともにジャッキ圧も上昇。接合完了時でも10MPa程度と装備圧力の7割程度で収まった。

②カッター圧力

ジャッキ圧同様に、既設管きょに当たり始めるストローク500mmまでは、概ね8MPa程度で安定しているが、その後、全断面切削に伴う切削量の増大と共にカッター圧も上昇傾向となった。

また、圧力の振れ幅は、既設管きょに当たり始めた

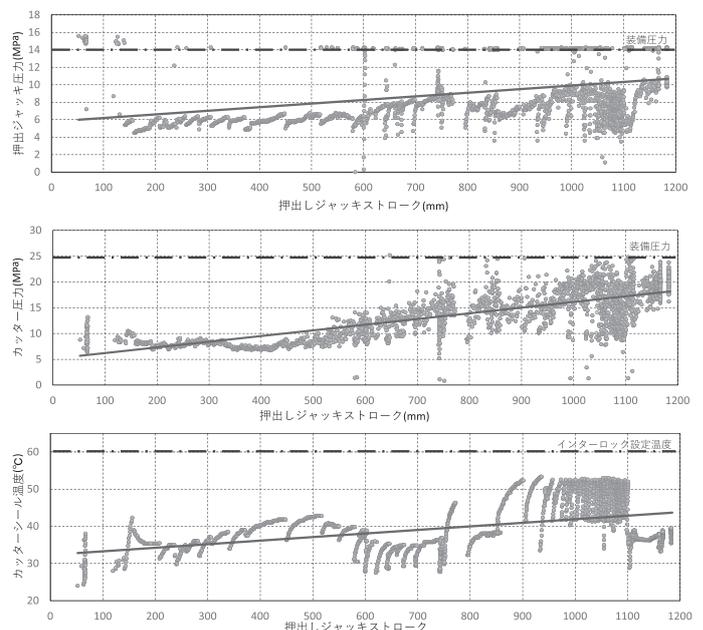


図-7 切削接合時の推移

のち徐々に大きくなり、全断面切削となるストローク 758 mm 以降はおおよそ一定の振れ幅となった。

③カッターシール温度

接合開始から徐々にカッターシール温が上昇し、概ね 40℃ となるが、切削リングが 850 mm 程度押し出された時点からの温度上昇が顕著となり、インターロックによりカッターが頻繁に停止するようになった。

原因としては、切削リングの押し出し長が長くなることで、リングの重心が変わり、全体的に前傾の偏心が発生したことが考えられる。

(6) 切削ビットの摩耗状況

摩耗係数は、内周側と自生刃保護ビットでは、ほぼ想定通りの結果となったが、外周側は想定は 2 倍以上となった。これは、外周側は内周側に比べ、切粉の排出が容易であると想定していたためであるが、両側とも同程度の摩耗係数となったことから、内・外周側の切粉の排出に大きな差がないという結果が得られた。

また、これまで参考とした実績が泥水式シールドであったのに対し、本工事は土圧式シールドであったため、切粉の排出が難しかったことや、ビットの冷却効果の相違などが影響したことも考えられる(写真—6)。



写真—6 摩耗した切削ビット

5. おわりに

本工事では、接合部への事前の地盤改良なしで試みた地中接合であったが、機械的にも施工的にも問題なく完了することができた(写真—7, 8)。切削ビットについては、内周側が想定していた摩耗係数の 2 倍以上となり、土圧式シールドでの課題も新たに見つかった。

既設管きょへのアクセスが、約 1 km 離れた千住西ポンプ所からであったが、既設管きょ内で WiFi 環境を整えることで、掘進管理システムのモニターを当該



写真—7 接合完了



写真—8 接合部二次覆工完了

管きょ内の任意の場所で確認することができた。また、既設管きょ内とシールド機側および中央管理室との連絡をリアルタイムにとることができた。

今後の課題としては、先述した土圧シールドでの切削ビットの摩耗対策、各所注入管の閉塞対策、T-BOSS モード切替時の作業の簡略化などが挙げられる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 五洋建設株式会社資料
- 2) T字接合研究会：T-BOSS 工法技術資料（第 1.2 版）2015 年 5 月

【筆者紹介】

水谷 英徳 (みずたに ひでのり)
五洋建設
東京土木支店 千住シールド工事
工事所長

