

現場拝見 レポート

JUC 工法（シールド坑内分岐・ 接合工法）の施工

三井住友・鴻池建設共同企業体（特）
杉並シールド作業所 工事課長

神山 淳

1 はじめに

シールドトンネルの分岐・接合部の施工は、一般に立坑を設置して行っているが、環境に対する意識変化や公共事業への意識変化にともない、特に都市部では、地上部を使用して昼夜間の工事を実施することが困難となってきている。また、大深度の施工では、工事費が増大するなどの課題もある。

JUC 工法は、このような問題を解決することを目的として開発された、非開削でシールドトンネルを分岐・接合する工法である。

本稿では、JUC 工法の概要と初適用施工（シールド坑内分岐）の結果について報告する。

2 工事概要

【1】工事概要

本工事は、東京都杉並区堀ノ内1・2丁目地域の豪雨時における浸水被害の低減を目的として、和田

弥生幹線へ雨水を導くための主要枝線を築造するものである。主要枝線管渠と、その中間に合流する分岐枝線管渠の2路線の築造が計画された。分岐部は狭隘な生活道路の交差点下のため、交通規制や埋設物の輻輳により、路上を占有する立坑等の施工が困難な状況であった。また、発進基地として使用できるのは主要枝線の発進立坑のみであった。

このため、主要枝線（先行シールド）管渠内からシールドを発進させ、分岐枝線（分岐シールド）管渠を施工できる坑内発進方式のJUC工法が採用された。図表1に路線平面図、次頁の図表2に工事概要を示す。

【2】地質概要

当地は武蔵野段丘と呼ばれる洪積台地に位置する。分岐箇所地層構成は上位より立川・武蔵野ローム層、下末吉ローム層、武蔵野礫層、東京層、東京礫層、江戸川層となっている。

シールド分岐部の地質は、N値50以上の東京礫層であり、0.14MPaの地下水圧を有している。

3 工法の概要

JUC 工法 (Joints in Underground Conveniently : 地下で便利に接合する)は、先行トンネル構築と同時に

図表1 路線平面図



図表2 工事概要

路線	主要枝線 (先行シールド)	分岐枝線 (分岐シールド)
工事件名	杉並区堀ノ内一、二丁目 付近枝線工事	杉並区堀ノ内一、二丁目 付近枝線その2及び二次 覆工工事
発注者	東京都下水道局	
施工者	三井住友・鴻池建設共同企業体(特)	
工期	平成14年8月5日～ 平成16年7月22日	平成16年4月2日～ 平成18年2月22日
シールド工法	泥水式シールド工法	
シールド外径	φ3,280mm	φ2,130mm
セグメント 外径	鋼製 φ3,150mm φ3,110mm(R15部)	鋼製 φ2,000mm φ1,990mm(R15部)
仕上内径	φ2,400mm	φ1,350mm
管渠延長	989.55m	478.65m
縦断勾配	-50.0、-1.5、-2.0‰	34.5、7.0‰
最小曲線半径	R=15m	R=15m

に分岐・接合部の坑口ならびに開口補強が完了するため、地上作業をともなわずトンネル会合部の施工が可能となるシールド坑内分岐・接合工法である。

本工法では先行施工するトンネルに特殊セグメントを使用するだけで、特殊なシールド機を要せずに、分岐・接合箇所の施工が可能であるため、立坑が不要となると同時に広範囲の地盤改良も節減でき、大幅な工期短縮と工費節減が図れる。

4 特殊セグメント

【1】構造

JUC工法に使用する特殊セグメント(写真1)の主要部材は、①シールド機の Cutterビットで直接切削できる開口部切削部材(高靱性モルタル、設計基準強度=170N/mm²)、②・③開口後の偏荷重を負担する開口補強部材、④着脱式の組立用補助部材、により構成されている。

特殊セグメントの組立ては、一般の標準セグメントと同様にエレクターにより行うことができ、組立完了と同時に、一次覆工機能と開口補強機能が完成

写真1 特殊セグメントの構造

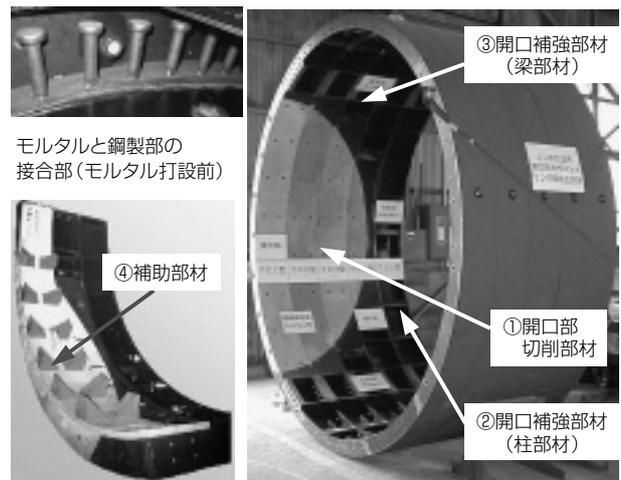
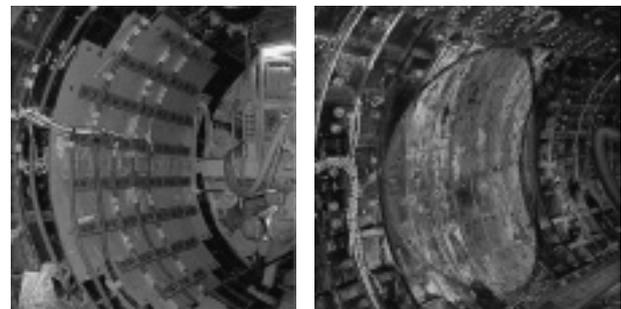


写真2 特殊セグメント組立状況



(a) セグメント組立時

(b) 補助部材撤去時

する。

写真1は地上での仮組立状態で、急曲線仕様の幅狭タイプ10リングのうち5リングの組立状況である。

【2】特殊セグメントの組立て

特殊セグメントの組立ては、先行トンネル施工時に組み立てられ、組立精度・時間とも問題なく施工できた。写真2に先行トンネル施工時の組立状況を示す。

5 分岐シールド

先行シールド機と分岐シールド機の主な仕様を次頁の図表3に示す。先行シールド機は、同図表のとおり特別な装備はない。

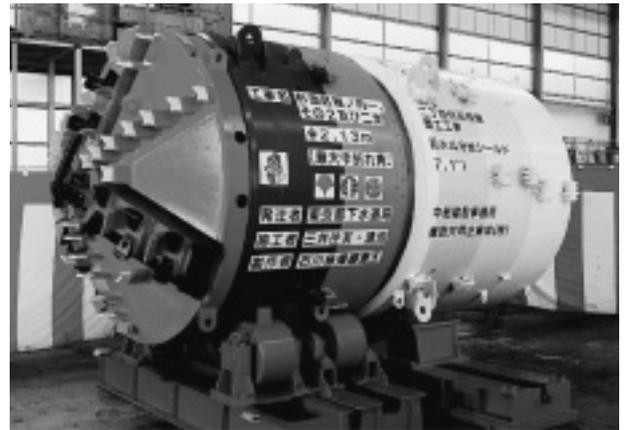
一方、分岐シールド機は、主な特徴として、

図表3 シールド機の主な仕様

機種	先行シールド	分岐シールド
形式	泥水式	泥水式
外径	φ3,280mm	φ2,130mm
機長	5,740mm	3,945mm
シールドジャッキ	総推力	800kN
	本数	12本
中折れジャッキ	総推力	1,000kN
	本数	8本
カッタ	トルク	563kN・m (α=15.9)
	回転数	1.74rpm

- ① 坑内搬送および坑内でマシン組立てを行うため、カッタ部、駆動部、ボディ部、中折れ球面部、テール部の7分割構造（写真3、図表4）で、かつ、既設天井クレーン（4.8t吊）で揚重可能な重量とした
 - ② カッタビットには高靱性モルタル切削用の先行ビット、礫地盤対応の強化型先行ビットおよびメインビットを装備
 - ③ セグメントの曲面に合わせて、カッタ中心から外周に向かって直接切削できるように、傘型のカッタ形状とした
- などが挙げられる。

写真3 分岐シールド



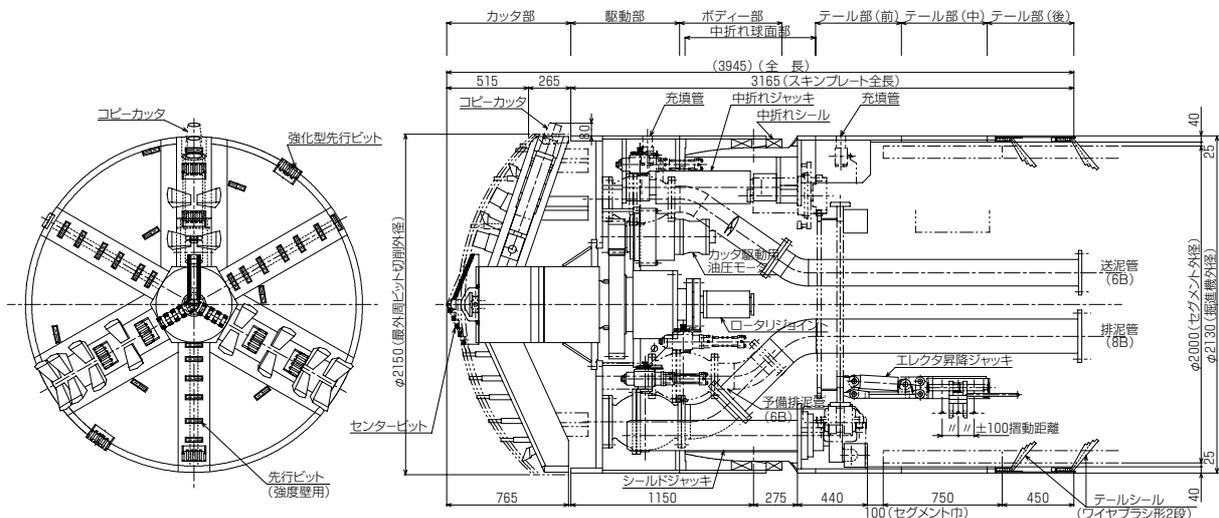
6 坑内発進

【1】坑内発進施工手順

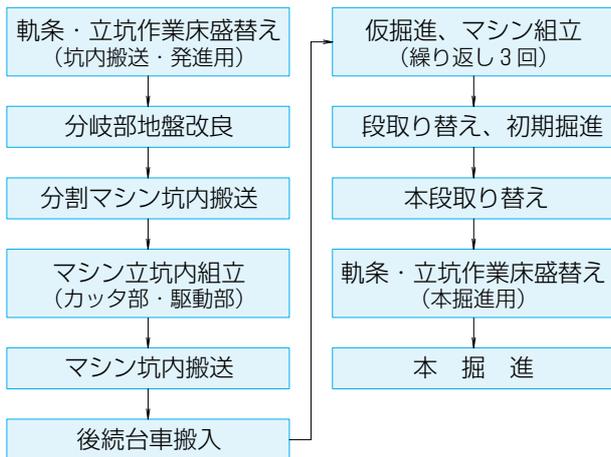
次頁図表5に分岐シールドの施工フローを示す。準備工として、坑内搬送およびマシン組立てに必要な空間を確保するため、坑内の軌条と立坑作業床の盛替えを行う。次に、分割されたシールド機を分岐地点より奥に搬送・仮置きしておく。

なお、カッタ部と駆動部は立坑作業床で組立てを行い、エントランスリングとともに坑内に搬送する。マシン組立は、仮掘進と組立てを3回繰り返して完了し、初期掘進・本段取替えを行い、本掘進を開始する。

図表4 分岐シールド全体組立図



図表5 分岐シールド施工フロー



【2】地盤改良

本工事においては、分岐箇所が急曲線部 (R=15 m) に位置し、先行シールド掘進時の余掘り量が大きく、地山の緩み域が広くなり、分岐シールド発進時の反力が得られないことが想定されたため、低圧浸透注入工法により地山の安定性・止水性を確保した。

【3】マシン立坑内組立

立坑内ではカッタ部・駆動部およびエントランスリングを組み立て、専用の搬送台車に搭載した。

写真4に立坑内マシン組立状況、写真5に坑内搬送状況を示す。

【4】仮掘進、マシン組立て

次頁図表6に分岐シールド坑内発進手順図を示す。

① マシン搬送、据付け

坑内搬送したマシンを分岐地点に据え付ける。

なお、搬送台車は車輪を撤去し、作業床に固定し発進架台として利用した。

② エントランス取付け

マシンをいったん後退させ、エントランスをセグメントに溶接接合およびコーキングを施した。

③ マシン組立て

ボディ部の組み立てを行い、ロータリージョイント、中折れジャッキ、送・排泥管を設置した。

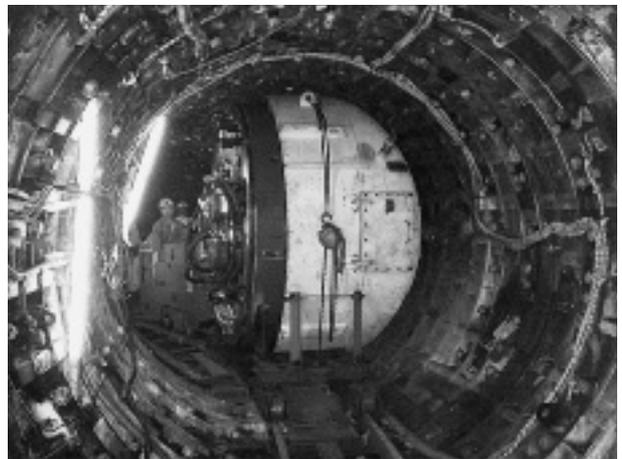
④ 第1回仮掘進

反力壁を設置後、中折れジャッキで1回目の仮掘

写真4 立坑内マシン組立状況



写真5 坑内搬送状況



進を行った。中折れジャッキはストロークが短いため、反力部材を継ぎ足しながら掘進を行った。

⑤ マシン組立て

バックリング防止を施した後、中折れ球面部を挿入、テール部(前)・シールドジャッキを組み立てた。

⑥ 第2回仮掘進、マシン組立

シールドジャッキを用いた2回目の仮掘進後、エレクターを組み込み、テール部(中)を組み立てた。

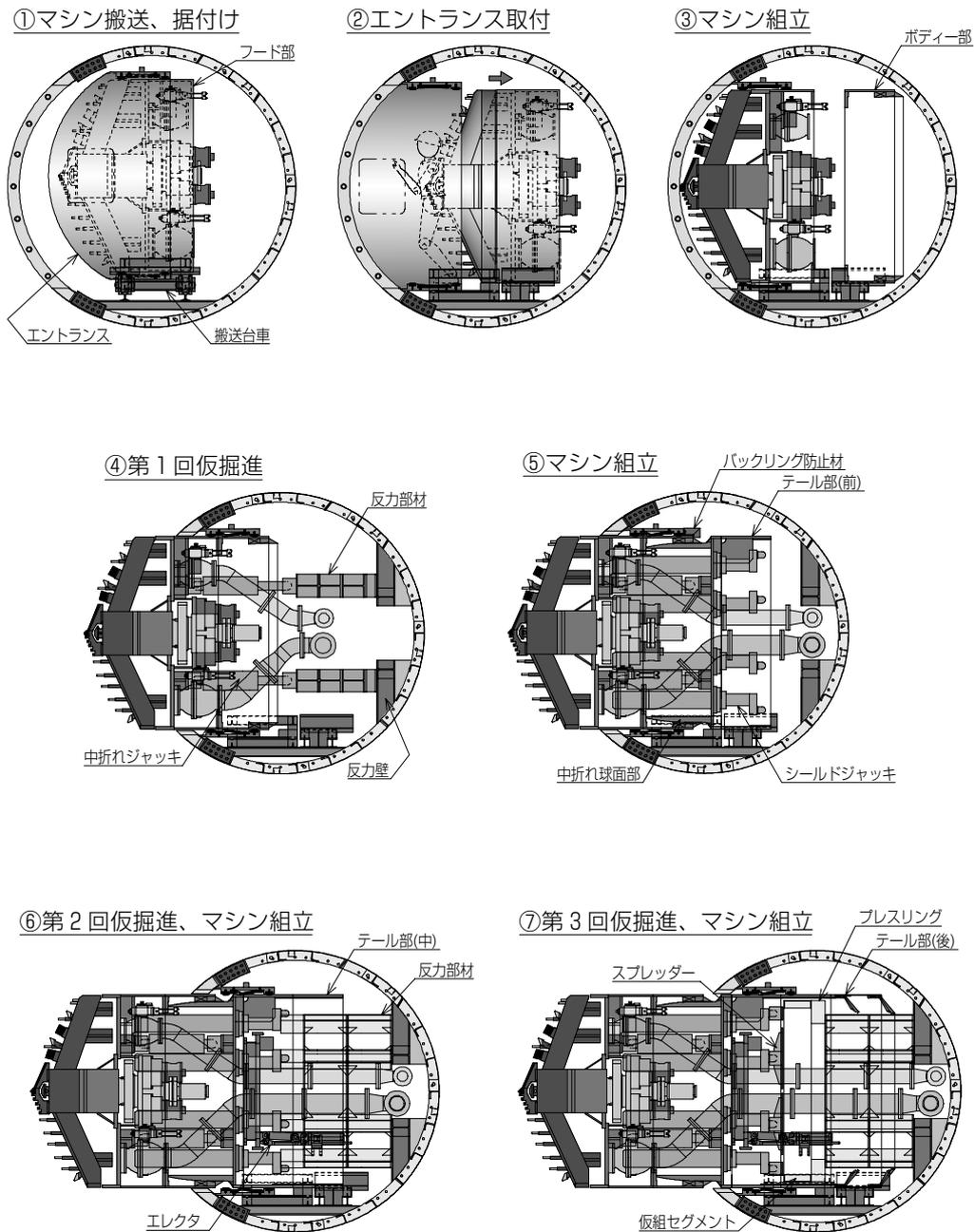
なお、テール部(中)は、半割の2分割とした。

⑦ 第3回仮掘進、マシン組立て

3回目の仮掘進後、テール部(後)を組み立てた。テール部(後)も(中)と同様、半割2分割としている。

また、反力部材は通常のセグメントより小径の構造としている。スプレッダーを取付後、プレスリング

図表6 分岐シールド坑内発進手順図



で図心位置を調整し、仮組セグメントを組み立てた。

次頁写真6に第1回仮掘進状況、写真7に分岐完了後の坑内状況写真を示す。

7 分岐シールド施工実績

次頁図表7に実施工程を示す。シールド機の組立では、平成16年10月の立坑内での組立開始より、坑

内における3回の仮掘進を含め、完了までに昼間施工のみで約2.3か月を要した。

分岐シールドの発進は、前胴のみの状態で4本の中折れジャッキを使用し、切削部材であるセグメントを直接切削して掘進を行った。

なお、シールド機がセグメントをすべて切削するために要する掘進距離は720mmであった。

切削時のカッタ圧力は切削部材とカッタの接触面

写真6 第1回仮掘進状況

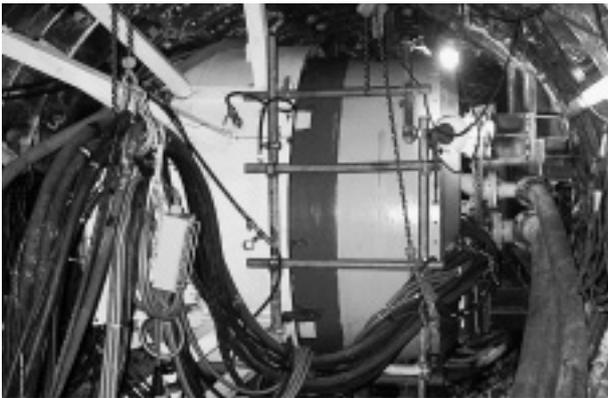


写真7 分岐完了後の坑内状況



図表7 実施工程

区分	工種	平成16年						平成17年				
		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
発進準備工	軌条盛替工(搬送用)	■										
	立坑作業床工(搬送用)	■										
	地盤改良工		■	■	■							
	シールド機組立工				■							
	坑内発進設備工				■							
	軌条盛替工(本掘進用)									■		
一次覆工	立坑作業床工(本掘進用)								■			
	坑内組立・仮掘進工					■	■					
	初期掘進工					■	■	■	■			
	本段取替工								■	■	■	■
	本掘進工									■	■	■

積が増加するにつれて上昇し、センタービットが切削部材を通過するまでは総推力にも上昇が見られた。

これらに起因したシールド機の揺動等は発生しなかったが、姿勢制御とシールド機への負荷を低減するために、断続運転と油圧・電気システムによる微速制御を行い、上昇を抑制しつつ掘進を行った。

また、分岐シールドの平面線形が先行トンネル法線に対し6.6度の分岐角度を持つこと、発進時の機長が短いこと等からシールド機の片寄りを問題視していたが、シールド機外周にローリングおよびピッチング抑止治具を取り付け、カッタの回転方向とジャッキ操作調整で対応することができた。

なお、切削部材の大割れによる排泥管の閉塞等は生じなかった。

セグメント直接切削時におけるカッタ圧・総推力

上昇要因としては、切削部材が高強度材質であること、ビットの形状・配置等が考えられ、今後の課題となろう。

8 おわりに

市街地等における非開削による分岐・接合トンネルや各種地下構造物にトンネルを接合させる需要は今後増加するものと思われる。

JUC工法は、地上環境によらず分岐・接合位置を任意に計画でき、類似する施工環境において適応性の高い工法であるといえる。

今回の施工により、本工法の安全性と実用性を確認することができた。今後、引き続き、施工性・経済性のさらなる向上を目指して開発を進める所存である。