

世界初の地上発進、地上到達を採用したシールド工法（ユーラップ工法） URUP (ULTRA RAPID UNDER PASS) METHOD THE FIRST SHIELD TUNNELING METHOD FOR LAUNCHING AND ARRIVAL AT THE GROUND LEVEL

藤木 仁成¹・黒木 秀一¹・中村 鉄也²・井澤 昌佳²
Hitonari FUJIKI・Shuichi KUROKI・Tetsuya NAKAMURA・Masayoshi IZAWA

URUP (Ultra Rapid Under Pass) method is the first tunneling method in the world which enables to launch a shield machine from the ground level and to achieve its arrival at the ground level. The URUP method was selected for the construction of Oi Tunneling Section of the Central Circular Sinagawa Route planned by Tokyo Metropolitan Government Office.

Key Words :Road tunnels, Shield, Starting and ending shield tunneling at ground level, Rapid construction, Reduction in environmental loading

1. はじめに



図-1 工事位置図¹⁾

首都高速中央環状線は、都心から半径約 8km に位置する全長 47km の環状道路である。この路線は、都心内における慢性的な交通渋滞の解消のため、社会的なニーズも高く、早期整備が望まれている。

中央環状品川線は、中央環状線の南側部分を形成し、高速湾岸線大井ジャンクションから分岐したのち、山手通りの地下空間をトンネル構造で北上し、現在建設中の中央環状新宿線及び高速 3 号渋谷線大橋ジャンクションに接続する延長約 9.4km の路線である。このうちほぼ全線に亘る延長約 8.4km の区間において、周辺にお住まいの方にも優しいトンネル構造を採用したことにより、換気所を 4 箇所設置する計画である。

施行は、東京都と首都高速道路株式会社との合併施工方式により実施している（図-1 参照）。

今回報告する大井地区トンネルは、橋梁構造である高速湾岸線と大深度トンネル構造である中央環状品川線を接続する工事であり、地上からトンネルへの接続区間に URUP (Ultra Rapid Under Pass) 工法を採用した。本報告では、世界でも例を見ない地上発進、地上到達を可能とする URUP 工法と、大井地区トンネル工事において、URUP 工法が採用に至った経緯を報告する。

キーワード：道路トンネル、シールド、地上発進・地上到達、急速施工、環境負荷の低減

¹ 正会員 東京都建設局 道路建設部

² 正会員 大林・西武・京急建設共同企業体

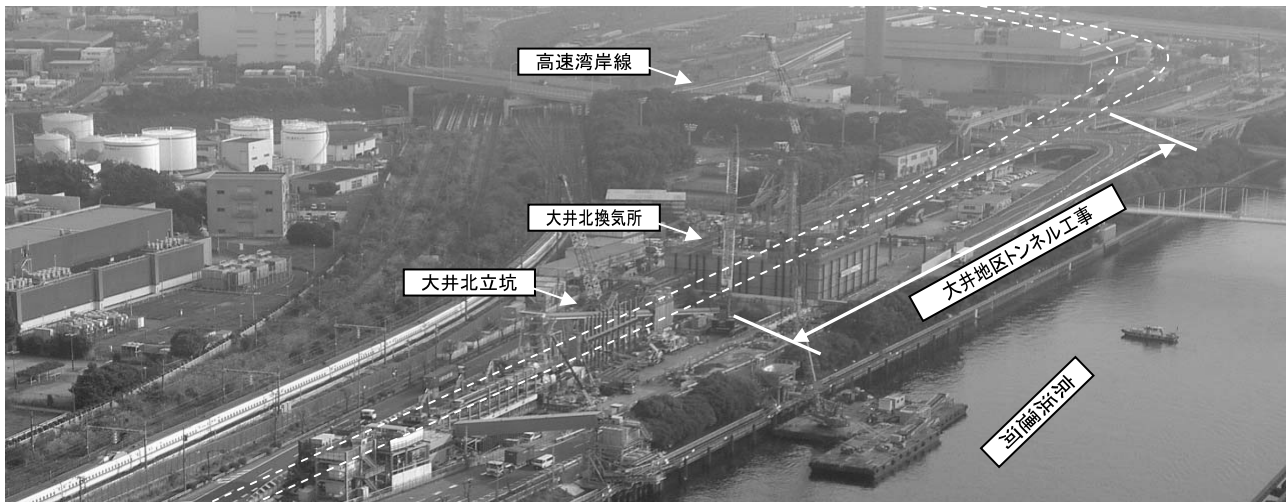


写真-1 大井地区状況（2009年10月29日撮影）

2. URUP工法^{2), 3)}

(1) URUP工法の概要

URUP工法は、シールドを地上から直接発進させ、地上を占有することなくトンネル区間を小土盛りで掘進し、再び地上に到達させる、新しいシールド工法である（図-2参照）。

この工法は、当初、都市部の交通渋滞が発生している交差点において、短期間にアンダーパスを構築するために開発されたものである。アンダーパス全線を1台のシールド機で連続して施工するため、立坑が不要となり、短期間でアンダーパスを構築できる。

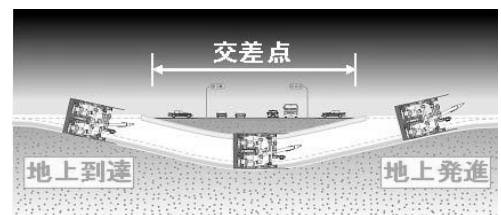


図-2 URUP 工法概念図

(2) URUP工法の特徴

アンダーパス工事の従来工法には、開削工法と非開削工法がある。開削工法は、交差点を含む全線を地表から掘り下げてアンダーパスを構築、その後上部を埋めて再び道路を復旧させるものである。工事期間が長く、交差点部の道路占用の必要があるため、工事による渋滞が長期間にわたるという課題があった（図-3参照）。

一方、交差点の道路占用の必要がない非開削工法でも、立坑を構築し、掘削設備を設置してトンネル部を掘削、最後にアプローチ部の開削というように工事が3工程に分かれ、長い工事期間を要するという課題があった（図-4参照）。

それに対して、URUP工法はシールドによりアンダーパス全線を連続施工するため、以下に示す効果が期待できる。

・工期短縮

発進・到達立坑が不要であり、セグメントの組立と同時に構築が完了するため、短期間で施工が可能である。

・工事に伴う二次交通渋滞の低減

道路占有範囲を最小限にできるため、二次交通渋滞を低減できる。

・環境負荷の低減

立坑・開削工事が不要で、杭打機・大規模掘削重機などを使用しないため、騒音や振動の発生及びCO₂の発生を抑制できる。

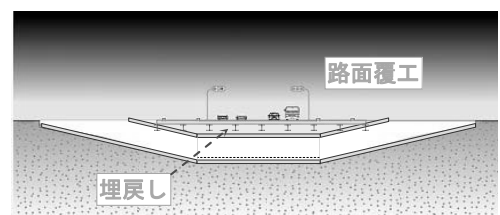


図-3 従来工法：開削工法概念図

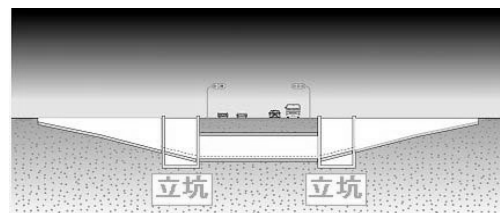


図-4 従来工法：非開削工法概念図

(3) URUP工法の実現性

世界でも例を見ないシールド機の地上発進・地上到達という新技術の実現性を実証実験工事により確認した。

実証実験工事では、高さ2.15m、幅4.8mの泥土圧シールド（写真-2参照）であり、施工延長100m、曲線半径300mの平面線形、曲線半径100mの縦断曲線を設定した（図-5参照）。また、検証項目は「地上からの斜め発進・到達の施工性」と「小土被り掘進」とした。

以下に検証結果を示す。

a) 地上からの斜め発進・到達

アプローチ部掘進においては、掘進中の周辺地盤を目視で確認でき、適正な切羽土圧・添加材注入量の管理が可能となるため、切羽前面以外の地盤を乱すことなく掘進できることが確認できた（写真-3参照）。アプローチ区間の各測点（シールド側方1m）における最終地盤変位量は±3mm以内となり、側方地盤の変状はほとんど発生していない（図-6参照）。また、ジャッキの選択や中折れ調整等の従来とほぼ同様な手法で、掘進時の姿勢制御できることが確認できた（図-7参照）。

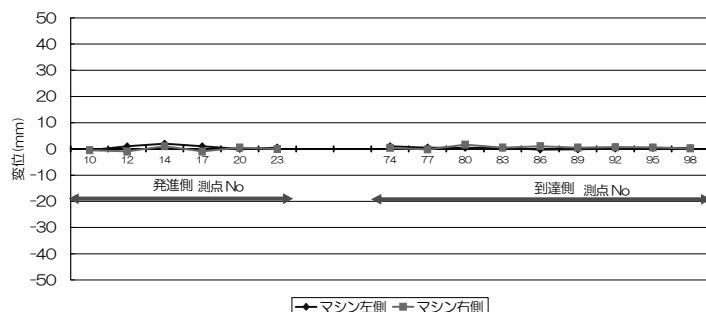


図-6 アプローチ区間の最終地盤変位量

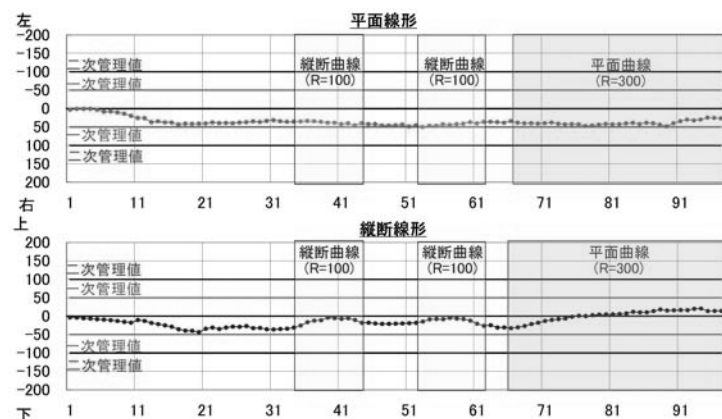
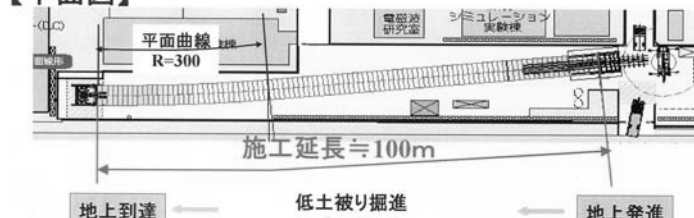


図-7 平面・縦断出来形図

【平面図】



【縦断図】



図-5 実験工事 平面図・縦断図

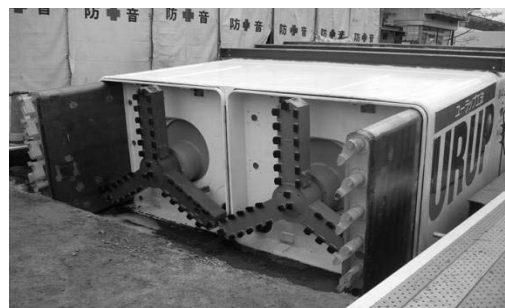


写真-2 地上発進状況



写真-3 アプローチ部掘進状況



写真-4 アプローチ部掘進状況

b) 小土被り掘進

一般の泥土圧シールド工法における切羽土圧は、主働土圧から静止土圧の間で管理するが、実証実験工事では小土被り対策として、切羽土圧は全土被り圧を設定値とした。

切羽土圧を保持して掘進した結果、最終地盤変位量を±10 mm以内とすることができた。切羽土圧、裏込注入圧力に加え、滑材を使用することにより地盤変位を抑制できることが確認できた（図-8 参照）。

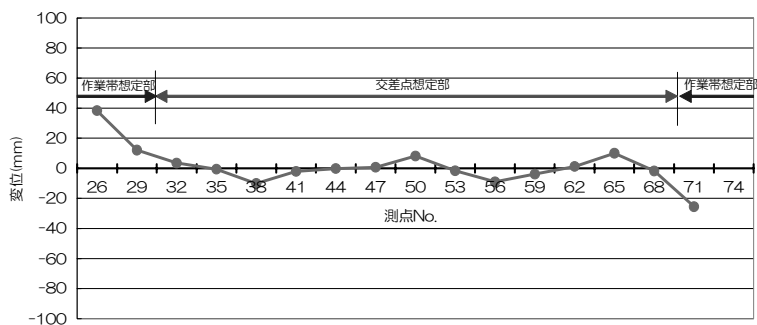


図-8 トンネル直上の最終地盤変位量



写真-5 地上到達状況

(4) アンダーパス以外の工事への適用

実証実験工事から、URUP 工法の実現性を確認できた。また、実証実験工事で得た知見により、適切な切羽土圧・添加材注入量・姿勢制御の管理を行うことで、矩形シールドによるアンダーパスの構築に限らず、地上へのアプローチが必要な円形シールドによるランプ線シールドなどに適用できると考えている。

3. 大井地区トンネル工事概要⁴⁾

(1) 工事内容

中央環状品川線大井地区トンネル工事は、京浜運河沿いに大井北換気所の下部工と大井方向、大橋方向の道路トンネルを構築する工事である（図-9参照）。表-1に工事概要を示す。

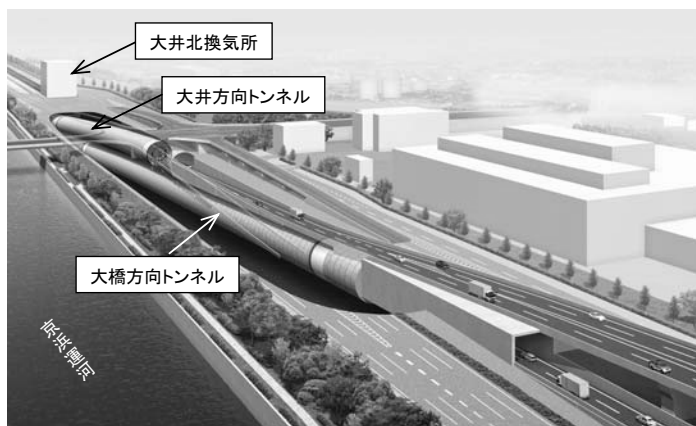


図-9 大井地区トンネル工事概要図

表-1 大井地区トンネル工事概要

工 事 概 要	
工事件名	中央環状品川線大井地区トンネル工事
工期	2008年6月25日～2011年6月30日
発注者	東京都
工 事 内 容	
トンネル部：シールド工法（URUP 工法）	換気所：ニューマチックケーソン工法
シールド形式：泥土圧シールド工法 シールド外径：φ13.6m セグメント外径（内径）：φ13.4m（φ12.5m） セグメント幅：1700mm シールド延長：895m（345m＋550m）	躯体平面形状：39m×35m 内空断面：32m×28m 掘削深度：44m
擁壁・カルバート部：開削工法	橋梁区間：二径間 PC 橋梁
擁壁延長：265m（205m＋60m） カルバート延長：80m	橋長：60m 橋脚：3 基

(2) URUP工法の採用

本工事は、技術提案型総合評価方式に加え、実施設計を含めた設計施工一括方式で発注した。施工条件と課題を以下に示す。

[施工条件] (図-10 参照)

- ・対象土質が軟弱粘性土である。
- ・トンネルの最大土被りは約 25m である。
- ・トンネルの周辺には、火力発電所からの大規模な放水路や電力洞道など既設構造物が存在している。
- ・周辺に団地が近接している。

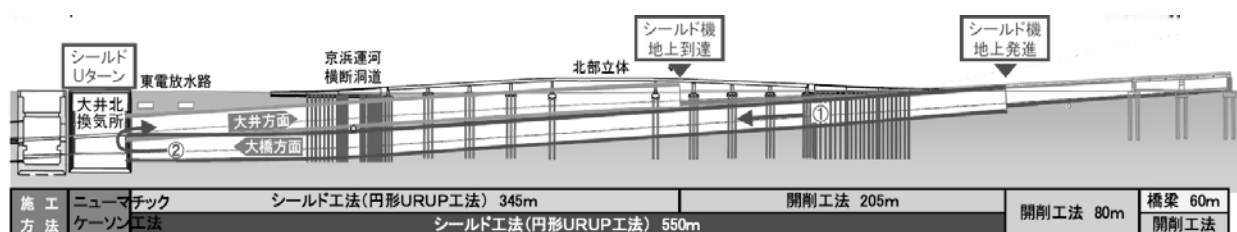


図-10 大井地区トンネル工事縦断面図

[課題]

- ・大規模な埋設管の切り回し作業の発生
- ・大深度での開削作業
- ・既設構造物への影響
- ・騒音・振動等の周辺環境への負荷

これらの課題を解決すべく URUP 工法を採用した。

立坑を省略し、開削区間を最小限にできる URUP 工法による効果を以下に示す。

a) 開削面積の低減

開削工法を適用した場合、すべて地上から行うため、すべての埋設物の切り回しが必要であり、大規模な土留めによる大深度のトンネル構築となる。これに対して URUP 工法では、埋設物の切り回し作業が低減でき、すべて開削工法を行った場合に比べて開削面積を 82%低減できる。

b) 既設構造物への影響抑制

開削工法を適用した場合、対象土質が軟弱な粘性土であるため、地盤変状や既設構造物への影響を抑制する補助工法に多大な費用が必要となる。これに対して URUP 工法は、泥土圧シールドで、これまでに近接施工実績が多数あり、適切な土圧管理を行うことで、特別な補助工法を行う必要なく、既設構造物への影響を抑制できる。

c) 周辺の環境負荷の低減

開削工法を適用した場合、大深度の区間も地上から掘削するため、構造物上の空間の掘削や埋戻しが必要となる。掘削には大型重機が必要となるため、騒音や振動が発生し、環境負荷が大きくなる。これに対して URUP 工法では、立坑の構築を省略できるため、大型重機が必要なくなり、騒音や振動を抑制できる。また、構造物の必要断面だけを掘削するので、工事に伴う発生土量を低減でき、環境負荷を低減できる。

(3) トンネル構築の施工手順

本工事の URUP 工法により構築するトンネル部の施工手順を以下に示す。

- ①地上から発進し、大橋方向のトンネルを構築し、大井北換気所に到達する (図-11 参照)。
- ②大井北換気所に到達後、シールド機の回転・引上げをおこなう (図-12 参照)。
- ③大井北換気所で再発進し、大井方向トンネルを構築し、地上へ到達する (図-13 参照)。

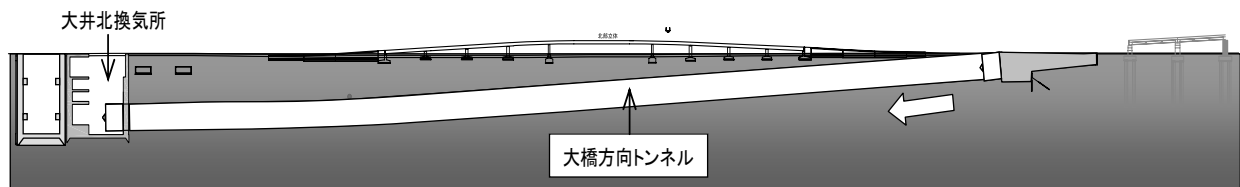


図-11 大橋方向トンネル構築概要図

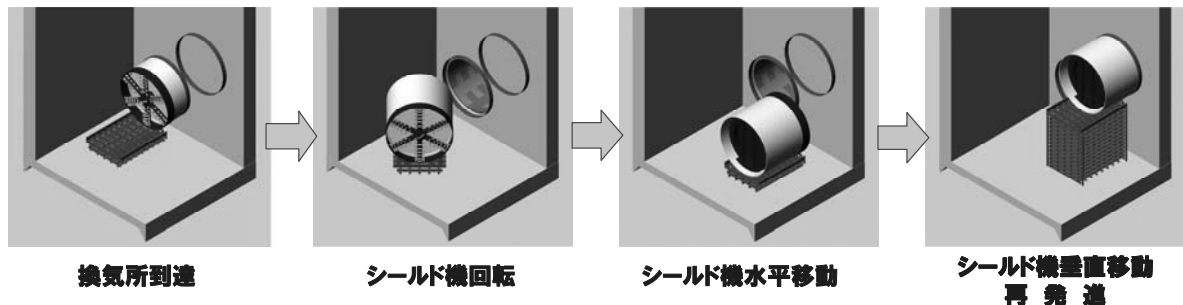


図-12 シールド機の回転・引上げ概要図

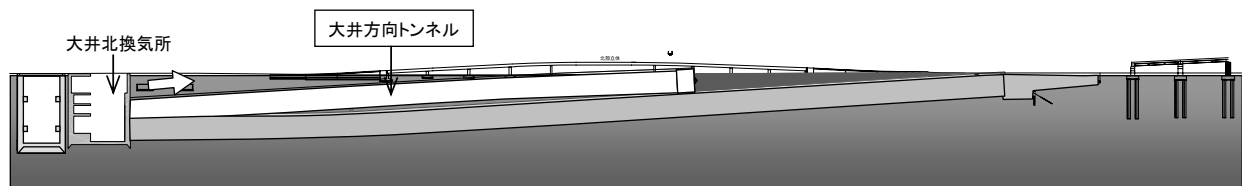


図-13 大井方向トンネル構築概要

4. あとがき

アンダーパスの急速施工を目的として開発された URUP 工法は、本工事がかかえる課題を解決すべく採用され、今まさに実現しようとしている。

今後の予定であるが、2009年11月にシールドマシンの現地組立を開始し、2010年2月に発進する予定である（図-14 参照）。計測を含め確実な施工管理を行い安全、確実な施工を進めていきたい。

中央環状線は、2013年度の全線開通に向け、いよいよ最終段階に差し掛かっている。本路線では、本工事の他にも長距離シールドトンネル工事、大深度ケーソン工事等、高度な技術が求められる施工を行っている。今後、このような地下空間における先進的な取り組みについて、報告できる機会が与えられれば幸いである。



図-14 地上発進予想図

参考文献

- 1) 中央環状品川線工事概要パンフレット
- 2) 井澤昌佳ほか：アンダーパスの急速施工法 (URUP 工法) の実証実験，第 61 回年次学術講演会，6-243, 2006.
- 3) Fujiki, Nakamura, Izawa : URUP method the first shield tunneling method for launching and arrival at the ground level, ITA-AITES World Congress2009, CD-ROM, 2009.
- 4) 藤木仁成, 井澤昌佳：都市高速品川線で採用した世界初のシールド工法 (URUP 工法)，第 28 回日本道路会議，CD-ROM, 2009.