

都市部におけるアンダーパスの急速施工法「URUP 工法」

三木 慶造・中村 俊明・日野 義嗣

都市部の交差点における慢性的な交通渋滞は、経済活動や周辺環境に多大な悪影響を及ぼしており、交通渋滞の解消は、活力ある都市活動の確保を目的とする都市再生プロジェクトの一つとして重要な位置付けを持つ。さらに NO_x（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）、CO₂（二酸化炭素）などの軽減により環境保全にも寄与する。URUP 工法は、そうした交通渋滞の解消を短期間で実現する工法である。シールドが地上から発進し、地上に到達することにより、1 台のシールドマシンで連続してアンダーパスを構築する。本稿では、URUP 工法の概要、世界でも例を見ないシールド機の地上発進・地上到達を実現した実証実験工事および本工法による CO₂ 削減効果について報告する。

キーワード：アンダーパス、シールド、急速施工、小土被り、実証実験、CO₂ 削減

1. はじめに

都市部の多くの交差点では慢性的に交通渋滞が発生している。この交通渋滞は、経済損失につながるだけでなく、通行車両の排気ガスにより、周辺の生活環境、さらには地球環境へ悪影響を及ぼしている。

このような交差点に対しては、アンダーパスによる立体交差化が効果的であるが、従来工法では、長期間にわたり工事による騒音・振動や二次交通渋滞を招くなど、工事の目的に相反して周辺環境を悪化させる施工となることが避けられなかった。

そのような背景から、周辺住民の立場に立って、周辺環境や地球環境にも配慮した工法を開発した。それが短期間にアンダーパスを施工することができ、さらには工事中においても騒音・振動や二次渋滞を最小限

にすることができる URUP (Ultra Rapid Under Pass : ユーラップ) 工法である。図-1 にイメージ図を示す。

2. URUP 工法

(1) URUP 工法概要

URUP 工法は、図-2 に示すようにシールドを地上から直接発進させ、交差点を小土被りで掘進し、再び地上に到達させる新しいシールド工法である。アプローチ区間を含むアンダーパス全線をシールドにより連続施工し、セグメントの組立と同時に覆工が完了するため、シールド到達時にはアンダーパスの構築が完了する。

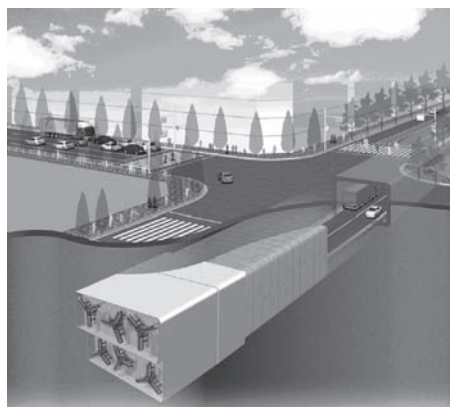


図-1 URUP 工法イメージ図

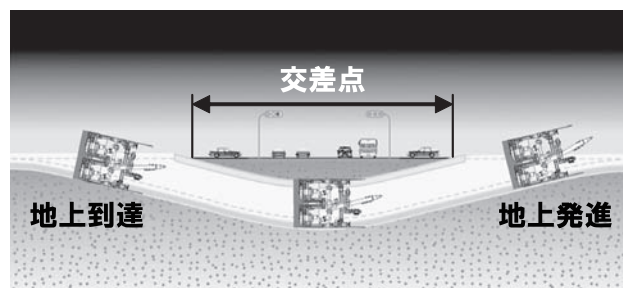
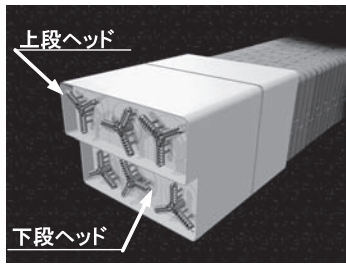


図-2 URUP 工法概要図

本工法では、図-3 に示すようにカッターを上段、下段に段差配置したマトリックスシールドを使用する。上段を先行掘削して切羽を分割掘削することで、一度に応力開放される範囲を小さくし、地表面に与える影響を抑制することができる。



図—3 マトリックスシールド

(2) URUP 工法の特徴

本工法の主な特長を以下に示す。

(a) 工事期間の短縮

本工法は、立坑が不要であり、シールドにてアプローチ区間を含めたアンダーパス全線を連続施工することで、工事期間を従来工法の約 1/3 に短縮することができる。(延長 500 m, 2 車線のアンダーパスで試算した場合) これにより、立体交差化による事業効果を早期に実現することができる。

(b) 工事による騒音・振動の低減

立坑やアプローチ部の構築に伴う開削工法の省略により、杭打機等の大型重機を使用しないため、騒音・振動を低減することができる。さらに、本工法で使用する機械設備(後方台車)は個別に防音パネルで囲うことができるため、騒音はほとんど発生しない。

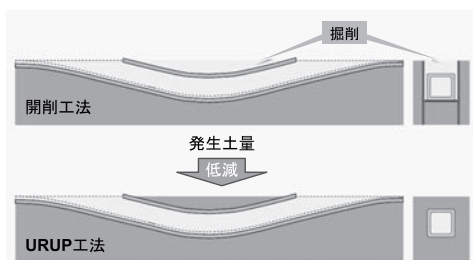
(c) 工事による二次交通渋滞の低減

立坑が不要な非開削工法であり、交差点部を占用せず、右折レーンを確保しながら施工することができるため、工事による二次渋滞を低減することができる。

また、道路が 4 車線の場合は 2 車線ずつに分割して施工し、完成した 2 車線を早期供用することで、全線の開通を待たなくても、早期に交通渋滞の大幅な改善が期待できる。

(d) 環境負荷の低減

杭打機等の大型重機を使用しないため、工事による排出ガスを低減することができる。さらに、工事期間の短縮や片側車線の早期供用により、渋滞による CO₂ の排出といった、環境への負荷を早期に低減することができる。また、構造物に必要な断面だけを掘削するため、建設発生土量を低減することができる(図—4 参照)。



図—4 掘削断面の比較

(e) マトリックスシールドの転用

シールドが地上に発進、到達するため、組立・解体作業が容易である。さらに、マトリックスシールドをユニット化することで、組立・解体を簡素化でき、転用することが容易である。また、様々な幅員の断面への対応も可能である。

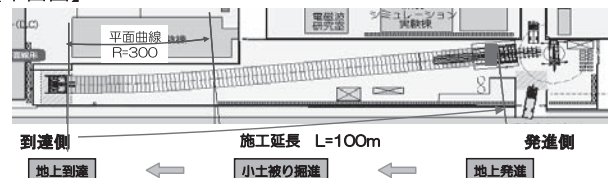
3. 実証実験工事

世界でも例を見ないシールド機の地上発進および地上到達と、掘削高さの 1/2 程度の小土被り掘進という新技術の成立性を確認するため、実証実験工事を実施した。以下に実験工事の概要と結果を示す。

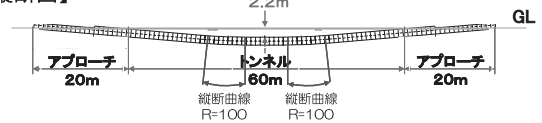
(1) 実証実験工事概要

- ・ 施工場所：東京都清瀬市 大林組技術研究所内
- ・ 施工延長：約 100 m (図—5 参照)
- ・ 土被り：最大 2.2 m (=掘削高さ程度)
- ・ 対象土質：関東ローム (N 値 3 程度)
一部沖積砂質土の人工地盤 (N 値 10 程度)
- ・ 線形条件：(平面) 平面曲線 R = 300 m
(縦断) 勾配 10%, 縦断曲線 R = 100 m
- ・ シールドマシン：泥土圧シールド横 2 列
幅 4.80 m × 高さ 2.15 m, 機長 5.65 m
側部カッター突出長：1.0 m (写真—1 参照)

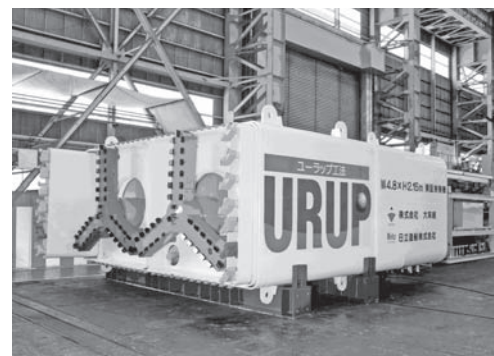
【平面図】



【縦断図】



図—5 実証実験工事概要図

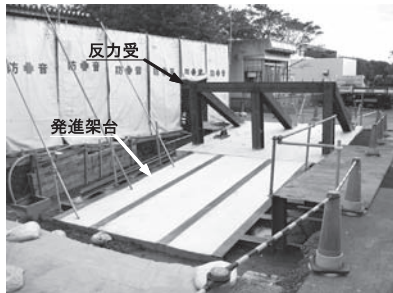


写真—1 シールドマシン

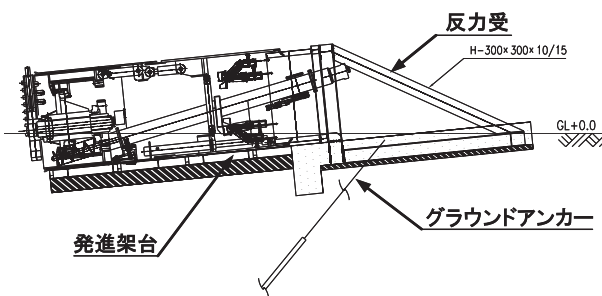
(2) 実証実験工事の施工状況

(a) シールドマシン発進設備 (写真—2, 図—6)

発進部には発進架台, 反力受を構築し, グラウンドアンカーによりシールド発進時の推力を確保した。



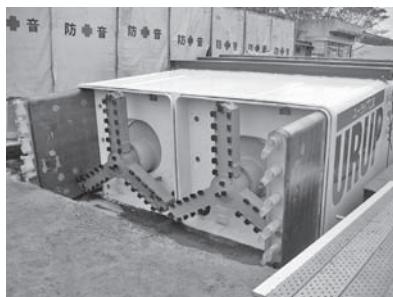
写真—2 発進架台・反力受



図—6 発進架台・反力受

(b) シールドマシン発進

側方地盤変状防止のため, 側部カッターを張り出して発進した (写真—3 参照)。



写真—3 発進状況

(c) 発進側アプローチ区間掘進状況 (写真—4)

周辺地盤を目視で確認することにより切羽土圧・添加材注入量を適切に管理することができた。

(d) 地中貫入状況 (写真—5)

地中貫入後, 土被りが 300 mm を超えるとマシン直上の土砂を取り込まずに掘進が可能となった。土被りが 500 mm を超えると, 地盤は完全にトンネル状態を形成した。

(e) トンネル区間掘削状況

最大土被りで 2.2 m という小土被り施工を実施した



写真—4 アプローチ区間掘進状況



写真—5 地中貫入状況

結果, 切羽土圧の管理, 滑材および裏込め注入圧管理により, 地盤沈下を抑制することができた。

(f) 到達側アプローチ区間掘進状況

土被りが 650 mm から地盤の隆起が発生した。発進側でトンネル状態を形成した土被りとほぼ一致する結果であった。写真—6 に到達状況を示す。



写真—6 到達状況

(3) 実証実験工事の施工結果

姿勢制御についてはシールドジャッキの選択や中折れ装置の使用といった従来のシールド工法とほぼ同様の方法で, アプローチ区間, トンネル区間ともに方向制御可能であった。

最終の地盤変位量は交差点想定部で ± 10 mm 以内, アプローチ区間におけるシールド側部 (1 m) では, ± 3 mm 以内であり, 全区間にわたり本工法による地盤変位抑制効果を確認できた。

4. 本工法による CO₂ 低減効果

URUP 工法の特長に挙げられる二次渋滞の低減や CO₂ の低減効果について, 開削工法と比較して検証を行った。

手法としては、アンダーパスの施工に掛かる工事期間を算出し、工事期間中の各施工段階における交差点1 km 手前から交差点中心までの車両通過時間を解析することで、二次渋滞の低減効果を検証した。また、それらの結果を基に、CO₂の排出量を算出し、CO₂低減効果の検証を行った。

(1) 解析条件

(a) 交差点の形態

片側3車線の道路（東西）に片側2車線の道路（南北）が交わる交差点

(b) アンダーパスの形態（図-7 参照）

片側2車線のアンダーパスと1車線の側道

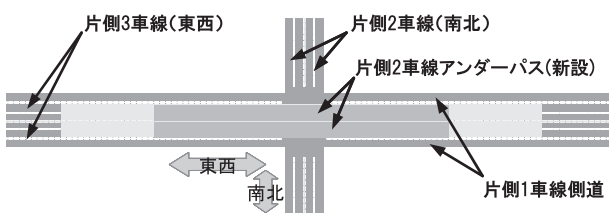


図-7 アンダーパスの形態

(c) 交通量

- ・東西方向の交通量は時間あたり2,000台とし、その内直進車両は70%とした。
- ・南北方向の交通量は時間あたり1,000台とし、その内直進車両は80%とした。
- ・信号時間は各々の場合の最適組合せとした。

(d) 道路使用条件

昼間は片側2車線の通行を確保する。

(2) 施工方法

(a) URUP 工法の場合

シールド断面は2車線断面の大きさとし（図-8 参照）、片側車線（往路）の到達後、Uターンしてもう片側の車線（復路）を施工する（図-9 参照）。

(b) 開削工法の場合

杭打、路面覆工、土留め・掘削、構築、埋戻の順に施工する（図-10 参照）。

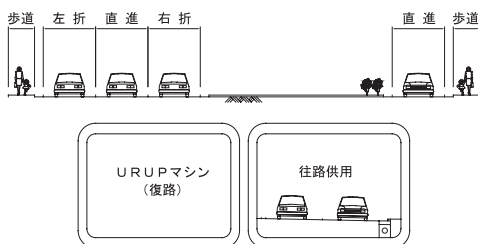


図-8 URUP 工法による施工

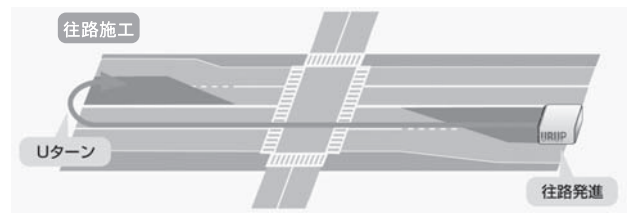


図-9 URUP 工法によるUターン施工

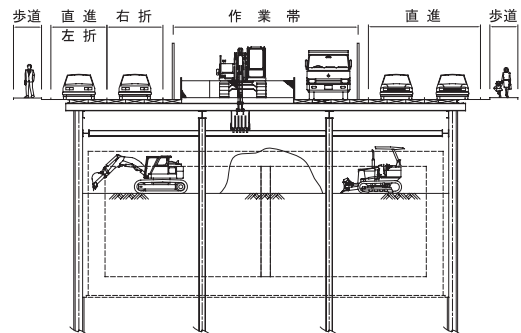


図-10 開削工法による施工

(3) 工事期間

工事期間の算出にあたり、URUP 工法および開削工法とも、埋設物調査および移設等の準備工が完了したものとし、本工事着工後の工事期間を比較する。

開削工法では、杭打や路面覆工等が必要であり、全線供用まで約4年必要であるのに対し、URUP 工法では、片側ずつ施工することで、2年目に片側1車線ずつを供用、そして3年目には全線を供用することができる（図-11 参照）。

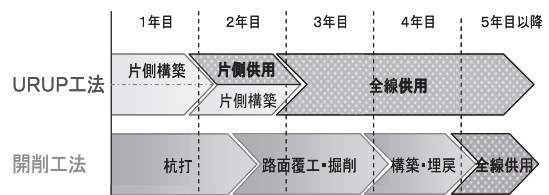
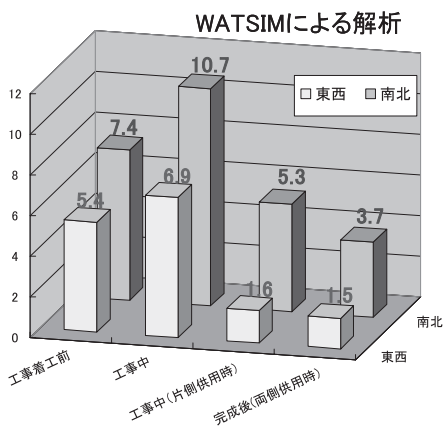


図-11 工事期間の比較

(4) URUP 工法の段階施工による渋滞の低減

開削工法では、作業に必要な道路占用にとまない車線が減少することで、着工前よりも渋滞が激しくなり、その状態が工事完了まで続く。

一方、URUP 工法では道路の占用に伴い、若干渋滞が増加するものの、その1年後に片側車線の供用を開始することで、渋滞が一挙に低減する。車両通過時間で示すと、工事着工により車両の通過時間が5.4分から、6.9分に増加するものの、片側1車線ずつを供用することで、1.6分まで低減することができる（図-12 参照）。



図一12 URUP 工法における車両通過時間

(5) URUP 工法による CO₂ 低減効果

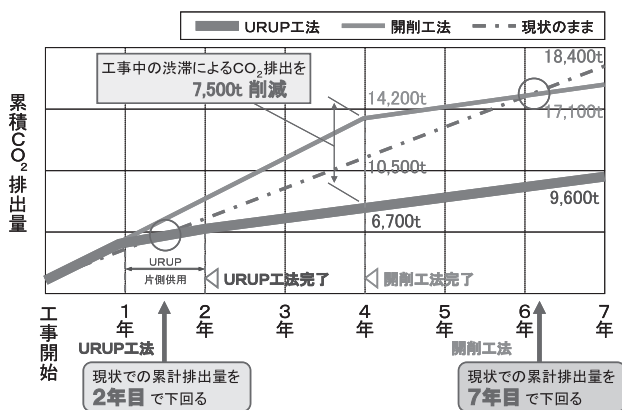
アンダーパス工事による主な CO₂ 排出要因は大きく3つ挙げられる。

- (a) 施工時の建設機械によるもの
- (b) 施工時の資材、土砂運搬車両によるもの
- (c) 工事に伴う二次交通渋滞によるもの

(a) について、開削工法では杭打機、クレーン、重機などが必要であり、軽油を使用するのにに対し、URUP 工法では電力を主に使用する。これらにより、約 15%の CO₂ 低減となる。

(b) について、開削工法では山留め、支保工、路面覆工といった仮設材料、鉄筋やコンクリートの本設材料、掘削土および埋戻土の運搬車両が挙げられる。一方、URUP 工法では、土留めや路面覆工が不要なため仮設材料の運搬はほとんど無く、本設材料のセグメントの運搬が主となる。また、掘削は必要な断面のみを掘削するため、発生土量が少ない。また埋戻しも必要としないため、土砂運搬が少ない。これらにより、20%の CO₂ 低減となる。

(c) について、前述した交差点の通過時間から、CO₂ の排出量を算出する。URUP 工法では二次渋滞



図一13 CO₂ 排出量の比較

を大幅に低減できるため、早期に大幅な CO₂ 低減が可能である。図一13 に工事中の通行車両による CO₂ 排出量を示す。

このように、URUP 工法自体が CO₂ の排出量が少ない工法であること、さらに、早期にアンダーパスによる CO₂ 低減効果が実現できることから、開削工法に比べ大幅に CO₂ の排出量を低減することができる。

5. まとめ

住民の立場に立って開発した URUP 工法は、「平成 19 年度推奨技術候補 (現名称：準推奨技術) (新技術活用システム検討会議 (国土交通省))」に選定されている。

アンダーパスを短期間に施工できるだけでなく、周辺環境に優しく、また地球環境にも優しいこの画期的なアンダーパス急速施工法が、住民にも理解される工法として、幅広く立体交差化事業に活用され、普及していくことを期待している。

JCMA

【参考文献】

- 1) 井澤昌佳・吉田公宏・林成卓・太田行：アンダーパスの急速施工法の開発と実証実験工事経過報告, (社)土木学会「土木建設技術シンポジウム 2005」, 2005 年 7 月
- 2) 井澤昌佳・三木慶造・横溝文行・吉田公宏・林成卓：アンダーパスの急速施工法 (URUP 工法) 開発の概要, (社)土木学会「第 61 回年次学術講演会, 第 VI 部門」, 2006 年 9 月
- 3) 林成卓・三木慶造・横溝文行・吉田公宏・井澤昌佳：アンダーパスの急速施工法 (URUP 工法) の実証実験, (社)土木学会「第 61 回年次学術講演会, 第 VI 部門」, 2006 年 9 月
- 4) 上田潤：URUP 工法 - シールドの地上発進, 地上到達によるアンダーパスの急速施工法, (財)建設物価調査会「土木コスト情報 2008 年 4 月 (春号)」, 2008 年 4 月

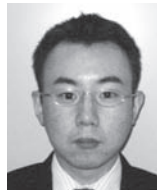
【筆者紹介】



三木 慶造 (みき けいぞう)
 (株)大林組 土木本部戦略工務第二部
 専門主事



中村 俊明 (なかむら としあき)
 (株)大林組 土木本部生産技術本部
 シールド技術部長



日野 義嗣 (ひの よしつぐ)
 (株)大林組 土木本部生産技術本部
 シールド技術部技術第二課 主任