

37. 回収型掘進機を利用した環境負荷低減対策

株式会社 奥村組 東日本支社 機械部 ○ 宇留間 高広
 株式会社 奥村組 東日本支社 土木部 高畠 哲朗
 株式会社 奥村組 東日本支社 土木部 川嶋 英介

1. はじめに

本工事は都市部における国道直下の共同溝工事であり、施工箇所周辺への騒音・振動および路上規制による交通への影響などの環境負荷低減対策が必要であった。そこで、当初計画では開削工法での施工が立案されていたが、推進工法を用いた非開削工法に変更し、さらに到達立坑の省面積化と掘進機の回収作業縮減を目的とした回収型掘進機を採用した。

また、さらなる周辺環境への影響低減を図るため、推進工法施工区間において掘進機を地中到達させ、到達立坑を路下で築造する施工方法を考案したので以下に報告する。

2. 課題背景

(1) 工事概要

本工事は、既設高輪共同溝と既設三田共同溝の間、約 151m を接続する工事である。

新設する共同溝約 151m のうち過年度工事において築造された路下ヤード部分は現場打ちボックスカルバート構造であり、交差点を含む未開削部分 75.1m は、路下ヤードを発進基地とした呼び径 2,600 の泥土圧推進工によって施工する。

平面図及び工事概要、到達立坑周辺状況写真を図-1、表-1、写真-1 に示す。

(2) 施工条件

施工条件は以下のとおりである。

- 交通量が 45,000 台/日と多い国道 1 号での工事
- マンション、店舗等が隣接している中での施工
- 特に到達立坑周辺は埋設物が輻輳している

表-1 工事概要

発注者	国土交通省関東地方整備局
工事場所	東京都港区高輪 1 丁目地先
工事延長	L=151m
工事内容	実施設計 1 式（設計施工一括発注方式） 推進工（φ2,600mm 泥土圧推進）L=75.1m 現場打躯体工 L=55.6m（特殊部 3 箇所） 到達立坑築造 B=6.6m L=11.0m H=12.3m 路下ヤード撤去、歩車道復旧工



写真-1 到達立坑周辺状況

(3) 考案技術

厳しい施工条件に対応するため、推進工法には回収型掘進機を採用し、到達立坑での掘進機解体搬出作業を軽減させる計画としていた。

しかし工事受注後地元へのヒアリングを実施した結果、特に到達立坑付近における騒音・振動対策や交通安全対策といったさらなる環境負荷低減対策が必要であることがわかった。そこで以下に示す点について技術的な検討を行った。

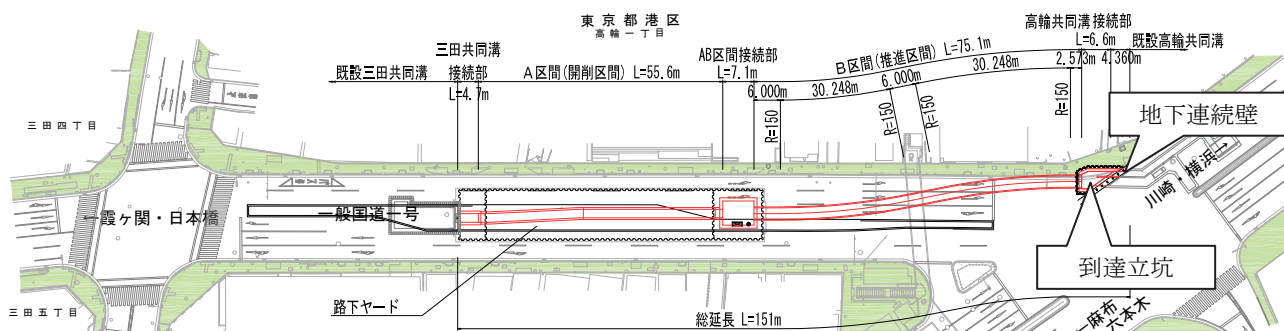


図-1 平面図

- a. 騒音・振動や、一般交通への影響を考えると到達立坑築造における地上での作業量を軽減することが必要であると考えた
- b. 到達立坑は回収型掘進機を用いることで省面積化を図っていたが、共同坑内に敷設するケーブル切回し断面を確保する必要がある等、省面積化による施工量軽減には限界がある
- c. 回収型掘進機を使用していることから、掘進機回収後はトンネル坑内を運搬路として使用可能である

これらの条件を勘案し、回収型掘進機の特徴を生かし、推進工法施工区間において掘進機を地中到達させ到達立坑を路下で築造することで、地上での立坑築造作業を軽減することとした。

3. 回収型掘進機「やどかり君」工法について

本施工方法を実施する上で前提となる回収型掘進機を用いた到達方法について、その概要を以下に記述する^{※1)}。

(1) 概要

回収型掘進機は、従来到達後に解体・埋め捨て処分されていた推進・シールド工法用の掘進機を、簡易に組立、回収、再利用をできるようにし、またその特性から地中接合、大口径管推進工事へ優れた適用性を備えた掘進機である。今回使用した回収型掘進機を写真-2 に示す。

回収型掘進機はカッターと駆動部を一体構造とした「内殻」、スキンプレートとしての「外殻」および内殻と外殻の接続調整部材である「中殻」から構成される3重分割構造である。掘進機のカッターは、中殻・内殻とともに管路を通じて発進ないし到達側の両者への回収を可能とする分割構造あるいは縮径機能を備えており、各構造部材の接合は主にボルト接合として組立・解体を容易にしている。

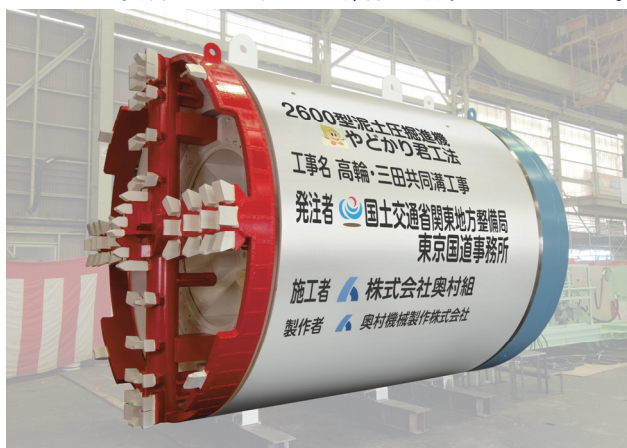


写真-2 回収型掘進機

(2) 特徴

工法の特徴を記述するとともに、回収型掘進機の基本構造と解体・回収手順例をそれぞれ図-2、図-3 に示す。

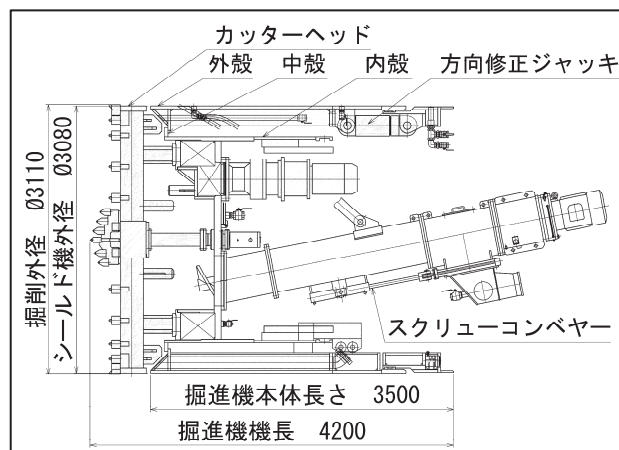


図-2 回収型掘進機基本構造

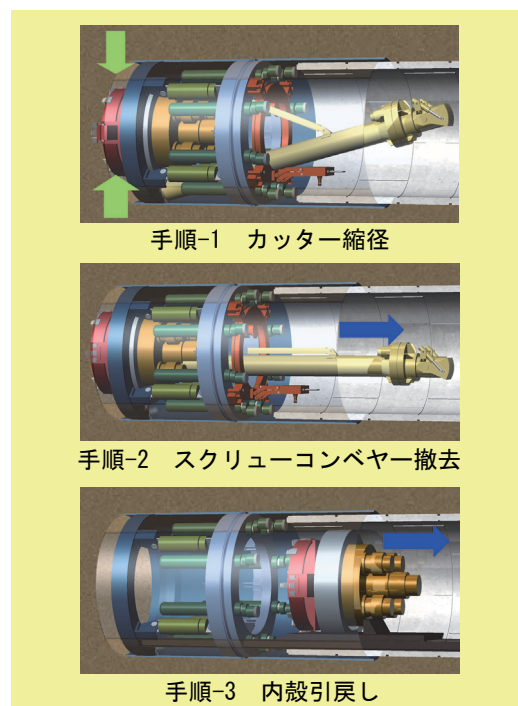


図-3 解体・回収手順例

a. 経済性

- ・到達立坑の省面積化が可能であり、既設構造物への直接到達も可能である
- ・内殻を回収して再利用することが可能である
- ・中殻を交換することにより一つの内殻で数種類のトンネル外径へ適用可能である
- ・テール部交換により「推進/シールド」工法どちらでも適用可能である

b. 安全・環境

- ・構造がボルト接合主体で、解体時の溶断作業を低減できる
- ・ボルト接合主体であるため、組立・解体が容易で安全に作業を行う事ができる

c. 輸送・運搬

- ・内殻部分はトレーラーに積載可能な寸法で一体運搬が可能

4. 到達立坑路下築造方法

環境負荷軽減対策として本工事で立案した到達立坑路下築造方法について、施工方法および施工結果を以下に記述する。

(1) 施工フロー

施工フローを図-4に示す。

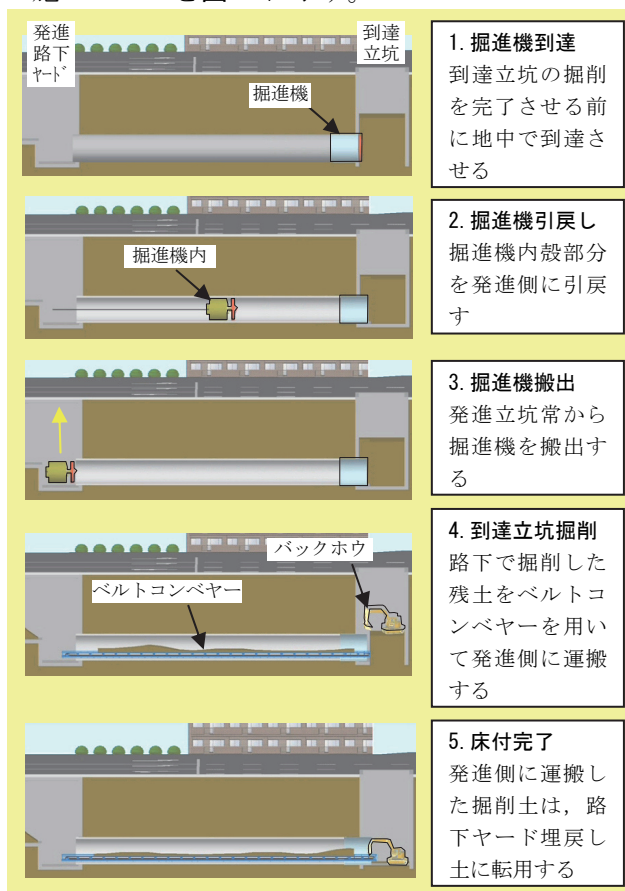


図-4 施工フロー

(2) 課題と対策

地中到達、到達立坑路下築造方法の計画立案には以下の点が施工上の課題となったが、それぞれ対策を実施することで克服した。

a. 地中到達用掘進機仕様

地中到達では掘進機が到達立坑内まで掘進した後、地中で切羽前面に出て掘進機回収のためのカッタスポークや外・内殻連結部分の切断作業が発生する。この際の地山の安定が課題となる。

そこで掘進機は、カッターヘッドに外周リングを設置し切羽外周の土留めとした。

また掘進機外周からの出水防止のため掘進機外殻を貫通させる形で裏込注入用の配管を4箇所設置し、さらにチャンバー内の状況を確認するための点検用2B配管とチャンバー内清掃用の4B排土管をバルクヘッドに設置した。

b. 切羽・土留欠損部防護注入

到達立坑は土留施工後に掘進機を到達させるが、今回は地中での到達となり、いわゆる鏡切作業がないため、土留め壁のトンネル部分は施工せずに

欠損部とした。またa.に記述したように、掘進機の到達後に切羽での人力作業が発生するため、地山の安定が課題となった。

そこで、欠損部と切羽部に地盤改良を実施する計画とした。地盤改良は対象土層が透水係数 $2.2 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ 程度の礫質土であったため、二重管ストレーナ複相式による薬液注入工法とし、溶液型注入材を採用した。注入量は約88,000Lで注入率は土質に応じて14%~36%とした。

c. 掘削土砂の運搬方法

掘削土砂は施工した推進管路内を利用し発進側へ約71m搬送する。よって、内径2600mmという狭隘な空間で、掘削作業に影響を与えない搬送設備の選定が課題となった。

掘削土の運搬は、鋼車による運搬、自走式台車による運搬、ベルトコンベヤーによる運搬を検討した。鋼車の場合は発進側でクレーン設備が必要となること、自走式台車の場合は坑内の換気と運行時の後退走行による安全性が課題となる。これらを比較した結果、連続作業が可能であり、坑内に安全通路を設ける事のできるベルトコンベヤーによる運搬方法を採用した。ベルトコンベヤーには安全通路を確保した上で設置可能な最大幅450mmのものを使用したことで、運搬時間が掘削作業に与える影響は軽微なものとなった。

5. 施工結果

(1) 施工手順

実際に施工した手順および具体的な施工方法を以下に記述する。

①立坑地上掘削

到達立坑の築造は、タイヤクラムの掘削能力と防護注入路下施工のために必要な空間を考慮し、GL-6.7mまでを路上から掘削することとした。施工日数は9日で騒音振動についても昼間作業としたことで特に問題とはならなかった(写真-3)。

②切羽・土留欠損部防護注入

欠損部と切羽部には防護注入を実施した。周辺への騒音・振動の影響を抑制するため、注入量の約半分は路下施工とした(写真-4)。

③掘進機地中到達

掘進機を地中で立坑内の所定の位置まで推進し到達とした。到達後は外殻を貫通させ設置した注入孔から、推進工法用裏込め材による裏込め注入を実施した(写真-5)。

④内殻回収

回収型掘進機の内殻を発進立坑へ引き戻すため、チャンバー内の土砂を撤去し、引戻しに支障となるカッタスポークの縮径作業をチャンバー内で行った。引き続きチャンバー内で外殻と内殻を接続する中殻を切断し、内殻を発進立坑へ引き戻した

(写真-6～10)。

⑤到達立坑路下掘削

掘進機の引き戻し完了後、到達立坑に投入した0.1m³級バックホウを用いて施工した。掘削残土は推進管路に幅450mm、機長7mのベルトコンベヤを設置し、発進立坑へ搬送、発進坑口付近に仮置きした。その後、構築の進捗に合わせて路下ヤードの埋戻し土に転用した。(写真-11～14)



写真-3 立坑地上掘削



写真-4 防護注入



写真-5 地中到達



写真-6 中殻切断



写真-7 機内設備撤去



写真-8 内殻引戻し

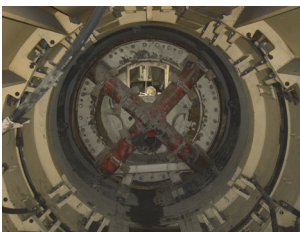


写真-9 内殻引戻し

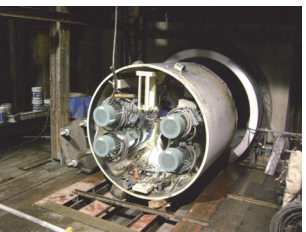


写真-10 引戻し完了



写真-11 立坑路下掘削



写真-12 管内土砂搬送



写真-13 土砂仮置き

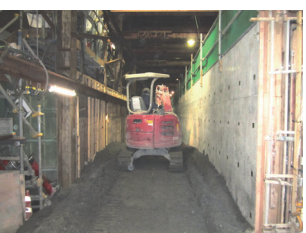


写真-14 発進側埋戻し

(2) 環境負荷低減効果

回収型掘進機の採用により実施した到達立坑の省面積化と掘進機の地中到達、到達立坑路下施工の結果、在来工法と比較して以下の効果が得られた。

- 夜間の交通規制日数を掘進機の回収作業で2日、立坑掘削で8日の合わせて10日短縮できた。
- 到達立坑の省面積化(26%縮小)により掘削土砂を165m³削減できた。
- 到達立坑を路下施工とした結果、到達立坑掘削土砂の約260m³を転用し、また路下ヤード埋戻し土の260m³を削減できた。
- 以上の結果、運搬車両台数を116台削減し、また路上作業期間の短縮および掘進機到達後の掘削作業を全て路下作業とすることで、作業で発生する騒音・振動の抑制効果があった。
- コストと工期の面では、在来の推進工法および立坑の築造方法と比較して、コストを18%削減し、工期で20%短縮できた。コストの削減については立坑の省面積化により土留め延長が短くなった点、路面覆工の範囲を縮小できた点、到達立坑路下築造において汎用の設備を使用したことも要因の一つである。

6. おわりに

本工事は国道直下の共同溝工事であり、周辺環境への影響低減対策が特に重要であった。

環境負荷低減対策として実施した回収型掘進機と地中到達はそれぞれ既存の技術ではあったが、課題解決のためにその2つを合わせて到達立坑路下築造という新たな施工方法を立案することで、十分な環境負荷低減効果が得られたことを確認した。

今回の施工では比較的土被りが浅いことや、発進側に掘削残土をストックすることができたことでこれらの対策実施が可能となった。今後も路上規制が困難な都市部における大断面のシールドや大深度にも適用範囲を広げていきたい。

最後に本工事を行うにあたり、ご指導、ご協力を頂きました関係機関の方々に、この場を借りて感謝致します。

参考文献

- 木下茂樹：地中接合技術－大口径管推進工事における既設管きよの側面及び正面への地中接合回収型掘進機「やどかり君」工法の適用事例，月刊推進技術，Vol.25 No.2，pp.18～21,2011