

第25回 国土技術開発賞 優秀賞受賞

地下水対応型継手を用いた 外殻先行型トンネル構築工法 さくさく JAWS 工法

〔受賞者〕 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構／戸田建設株式会社

〔本稿執筆者〕 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 下津 達也

戸田建設株式会社 田中 孝, 田中 宏典

以下に、第25回 国土技術開発賞で優秀賞を受賞した「地下水対応型継手を用いた外殻先行型トンネル構築工法」を紹介します。

1. はじめに

近年、特に都市部において、地上部に制約があっても地下空間を構築できる非開削技術への需要が高まっている。その用途は、ライフラインの地下化や地下鉄・地下街の整備、水害や地震への安全対策としての地下利用など多岐にわたり、目的に応じた大きさや形状への対応可能な技術が求められている。

非開削トンネルのうち、シールド工法では施工が難しい大断面トンネルの構築には、主に外殻先行型の非開削トンネル構築技術が用いられてきたが、従来の技術では適用可能な断面形状の自由度

が低く、高水圧への対応が困難などのさまざまな課題があった。そこで、高水圧下においても大断面かつ自由な断面形状の地下空間の構築を可能とした、地下水対応型継手を用いた外殻先行型トンネル構築工法「さくさく JAWS 工法」（以下、「本工法」という）を開発するに至った。

本稿では、本工法の概要と現場の適用事例について紹介する。

2. 工法の概要

本工法は、推進工法により、先行して外殻構造体（図-1、2）を掘削形成する外殻先行型の非開削トンネル構築技術である。外殻先行型は、対象となる地下空間が大断面であっても個々の鋼製エレメントの施工断面が小さいため、施工時の周辺地盤への影響を抑制でき、都心部においても安全に施工できる。

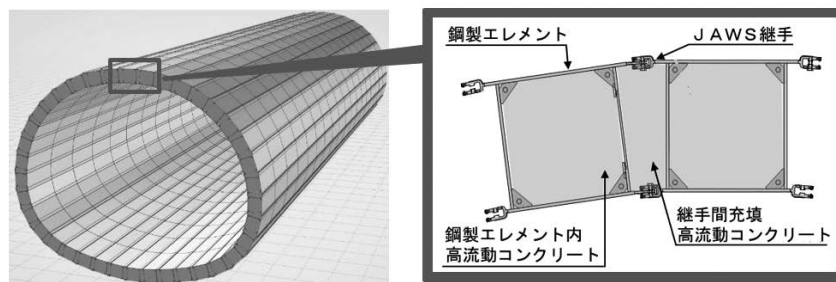


図-1 外殻構造体構造図

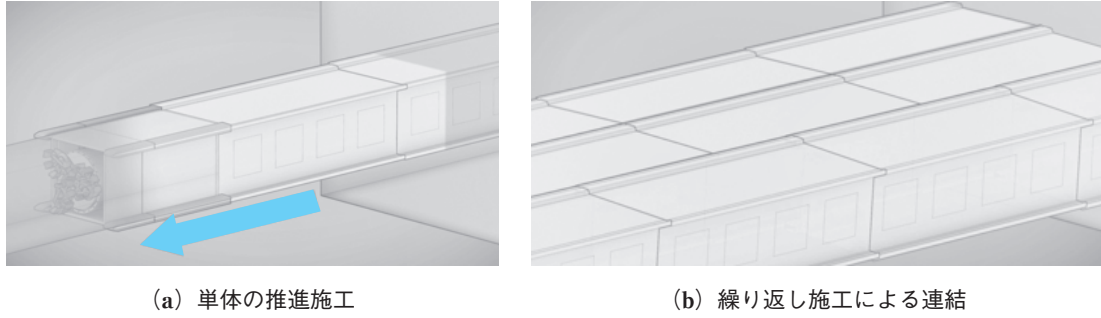


図-2 鋼製エレメント連結イメージ

大断面トンネルにおいては高い地下水圧が作用する機会が多いため、板バネによる止水機能を追加し、高水圧への適用を可能とした独自の継手（図-3）を開発した。また、継手部の長さが調整可能なため、矩形や円形に限らず任意の断面形状に対応でき、馬蹄形等、構造的に有利なトンネル断面形状にも適用が可能である。さらに、本工法は、継手の剛性を高め、外殻構造体の本体利用を可能としている。施工時においては、矩形推進機

のローリング制御や方向修正機能を付加した掘進機の採用、推進時の摩擦低減等により、施工可能延長の延伸を図ることができる。最終鋼製エレメント連結部では、推進時の精度管理と継手部の改良等により、止水性を維持しつつ施工誤差を吸収し、精度の高い閉合が可能である。

本工法の適用箇所は、地上施工が制約される開削工法の適用が困難な箇所（繰り返し荷重を受ける道路直下等を含む）となる。地上部に制約があ

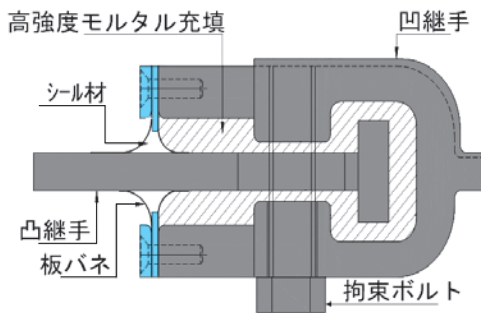


図-3 JAWS 継手構造図（嵌合時）

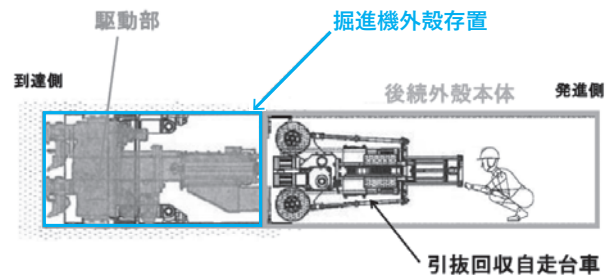


図-4 推進機駆動部の引き抜き機構

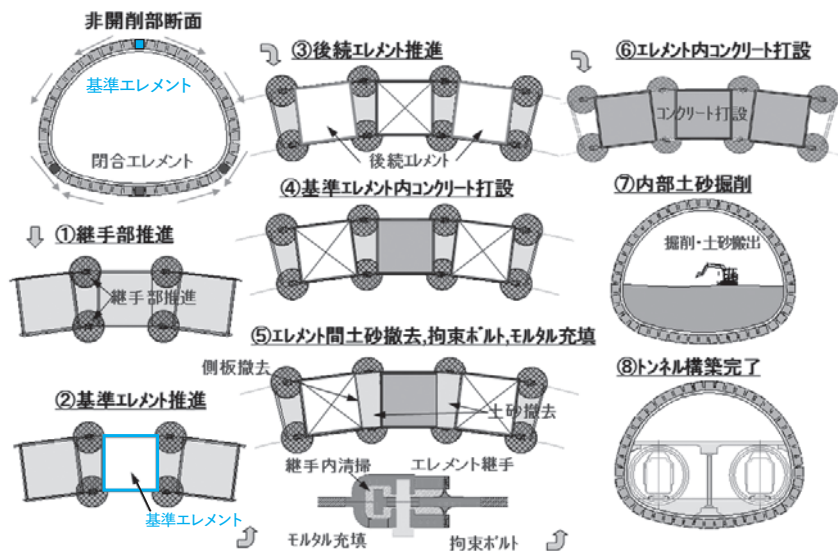


図-5 施工手順図

り到達立坑が配置できない条件であっても、専用の引き抜き装置により、推進機の内部（駆動部）を発進立坑側から回収することができるため（図-4）、本工法が適用できる。

本工法の施工手順を図-5に示す。

3. 工法の効果

本工法は、地下水対応型継手により、地下水位下においても薬液注入などの掘削断面周辺の地盤改良工事を省略できる。さらに、継手の有効配置と強化により、外殻構造体を本体構造物として利用でき、内部構築を省略することができるため、大幅な工期短縮を実現する。

また、周辺地盤への影響を最小限にすることができるため、都市部で地下空間が必要とされる際に、地域住民の生活を守る安全な非開削工法として、国土のさらなる有効利用の促進につながるものと期待される。

4. 現場適用事例

本工法を適用した工事は、相鉄・東急直通線の新綱島駅において、駅ホームを新設するために内空224 m²（高さ14 m × 幅19 m）を有した馬蹄形の大断面トンネルを構築するものであった（図-6）。相鉄・東急直通線は、神奈川東部方面線の一部として、相鉄・JR直通線の羽沢横浜国大

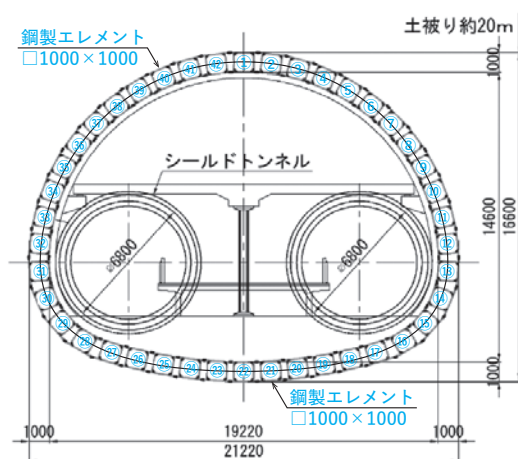


図-6 馬蹄形トンネル断面図

駅から東急東横線・目黒線の日吉駅までの区間に延長約10 kmの連絡線を整備するものである。新設する新綱島駅は最深部で深さ約35 m、幅員約14～25 mの島式ホームを有する地下駅であり、全長240 mのうち日吉側34.5 mの区間は非開削工法が選定されていた。

この非開削区間の地上部は病院および商業ビルなど堅牢な建物が密集して利用に制限があり、馬蹄形の特殊なトンネル断面形状や最大0.35 MPaの高水圧下との難しい施工条件に対して、従来の非開削工法より周辺環境への影響が少なく、地下水対応型である本工法が採用された。新綱島駅非開削部の施工条件を次に示す。

- ・トンネル土被り：約20 m
- ・対象土層：上総層群泥岩層，砂岩と砂の互層
- ・角形エレメント推進工：
 - 1,000 × 1,000 mm × 42 本
- ・継手部推進工：φ600 mm × 84 本

N値50以上の上総層において角形エレメント推進工を施工するにあたり、鋼製エレメントから張り出している継手部は、推進時に支障となる可能性があった。そのため、あらかじめ継手部推進工により継手が通過する範囲を地山より柔らかい充填材に置き換え（図-7）、その後角形エレメント推進工により外殻の構築を行う手順とした。また、発進側の立坑工事やシールド工事との兼ね合いから、上半部（17本）と下半部（25本）に分割して、継手部推進工と角形エレメント推進工を実施することにした（図-8）。

実施工では、掘進精度の管理値を±25 mm以内（基準管は±10 mm以内）として角形エレメント推進工を施工した。角形エレメント推進工の

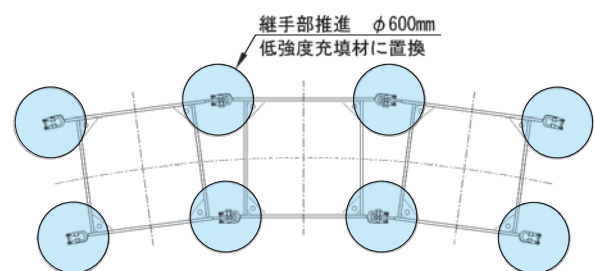


図-7 継手部推進配置図

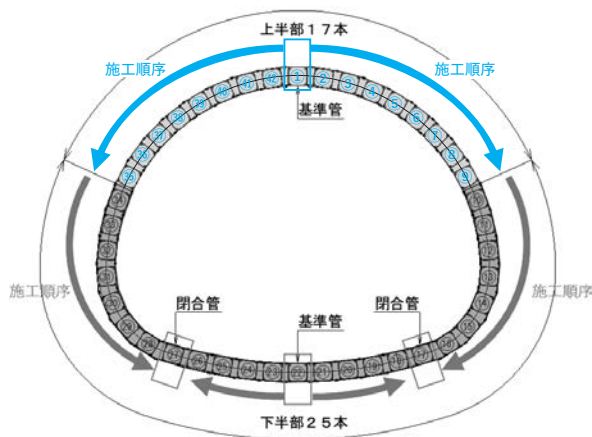


図-8 角形エレメント推進工 施工区分図

完了後は、鋼製エレメント間の土砂掘削と、継手内の拘束ボルトの取り付け、継手内の洗浄およびモルタル充填、鋼製エレメント内および鋼製エレメント間への高流動コンクリートの打設を実施してトンネルの外殻構造体を構築、最後にトンネル内部の掘削を実施した。

今回の工事では、立坑構築に合わせた上下の分割施工や、平行して進めるシールド工事との調整など、現場の状況に合わせた課題に対応しながらも、所定の外殻構造体を構築できた。実際に使用した継手付き掘進機と鋼製エレメントを写真-1、2に、内部掘削後の非開削区間のトンネル構築状況を写真-3に示す。

5. おわりに

本工法は、従来工法と比べて、矩形や円形以外の任意の断面形状に対応できるようになったことと、より長い距離のトンネルの構築が可能となったことで、大規模なライフライン施設をはじめ、これまで以上にさまざまな目的の施設および事業に提案できる。

今後も本工法を積極的に展開することで、都心部の地下空間を中心とした国土の有効利用の促進に貢献していきたい。

最後に、本工法の開発や適用現場の施工にあたり、ご指導、ご支援をいただいた皆さまに謝意を表する。

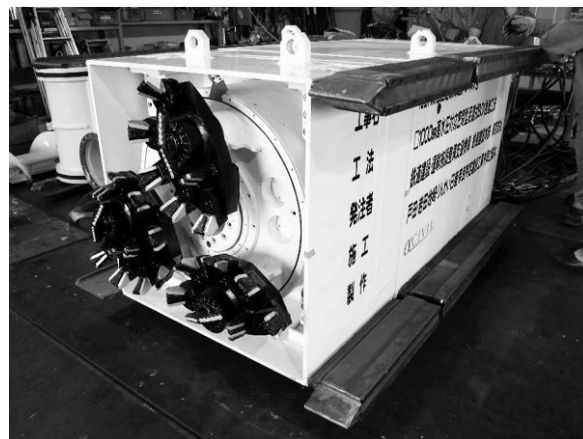


写真-1 継手付き推進機



写真-2 継手付き鋼製エレメント

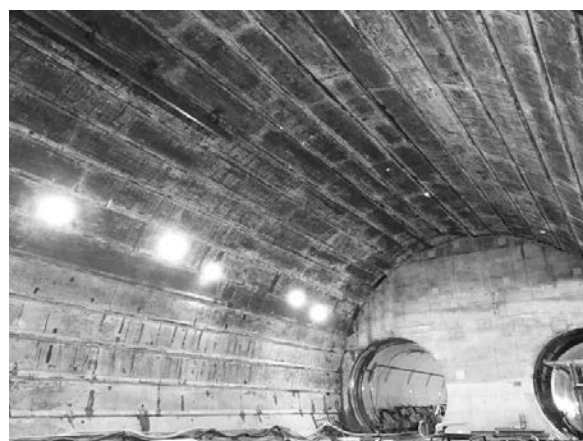


写真-3 本工法によるトンネル構築状況

【参考文献】

- 1) 鉄道 ACT 研究会：PR 対象工法
- 2) 田中宏典，下津達也：非開削トンネル構築技術「角形エレメント推進工法」の施工実績，建設機械，2023.10