

解説 小土被り近接施工

小土被りと急曲線めがね推進工法

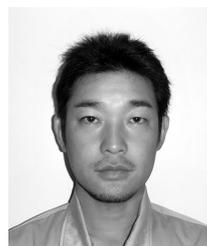
わたなべ こうき
渡辺 公樹

西松建設株式会社
西日本支社中部支店土木工部



よしだ けいぞう
吉田 桂三

機動建設工業株式会社
土木本部技術課技術課長



1 はじめに

愛知県西三河地方を北から南に貫流する矢作川の沿岸には、昔から農業用水の取り入れ口がたくさんあった。しかし、高度経済成長期の建設ブームや伊勢湾台風の災害復興などにより矢作川の砂が大量に使用され、矢作川の河床低下が進行し、取水が困難となった。そこで昭和38年度から53年度にかけて、農業用水の取り入れ口と農地へ水を送る水路を新たに作り直した。

その後、時代の経過とともに水路の継手から漏水するなど施設の老朽化と、農地の真ん中を流れていた水路の周辺が次第に宅地化してきたことから家庭雑排水やゴミが流れ込むようになり、水質を保全するのが困難になった。

農業用水を安定的に流すための維持管理の手間や費用が増大してきたため、これまでの水路を新設することとなった。これが、平成6年度から実施されている国営新矢作川用水土地改良事業計画の概要である。

本工事は、前述の国営新矢作川用水土地改良事業計画に基づき、北野幹線水路および本郷幹線水路の改築を推進工法で築造する工事である。

本報告では、工事の概要、本工事の特異性、施工計画、施工結果等を報告する。

2 施工事例

2.1 工事概要

工事名：平成18年度新矢作川用水地区北野・本郷幹線水路西本郷工区工事

工事場所：愛知県岡崎市東本郷町・西本郷町および富永町地内

工期：平成19年3月22日～平成20年3月31日

発注者：東海農政局

施工概要：

工法：

(1) アルティミット泥水式推進工法(めがね推進)

管径：2,400mm

管 材：鉄筋コンクリート管(鋼・コンクリート合成管)

①推進延長：L = 96.7m

曲線半径：R = 39m

②推進延長：L = 99.0m

曲線半径：R = 43m

土 質：砂質シルト

N = 17

土被り：4.3m

地下水位：GL - 0.9m

(2) アルティミット泥水式推進工法

管 径：2,000mm

管 材：鉄筋コンクリート管

(鋼・コンクリート合成管)

①推進延長：L = 359.7m

(1 スパン)

曲線半径：R = 300m

土 質：砂質シルト

N = 17

土被り：8.5m

本工事は、岡崎市東本郷町・西本郷町および富永町地内に、仕上り内径φ2,400mmとφ2,000mmの農業用水管きよを埋設する推進工事である。

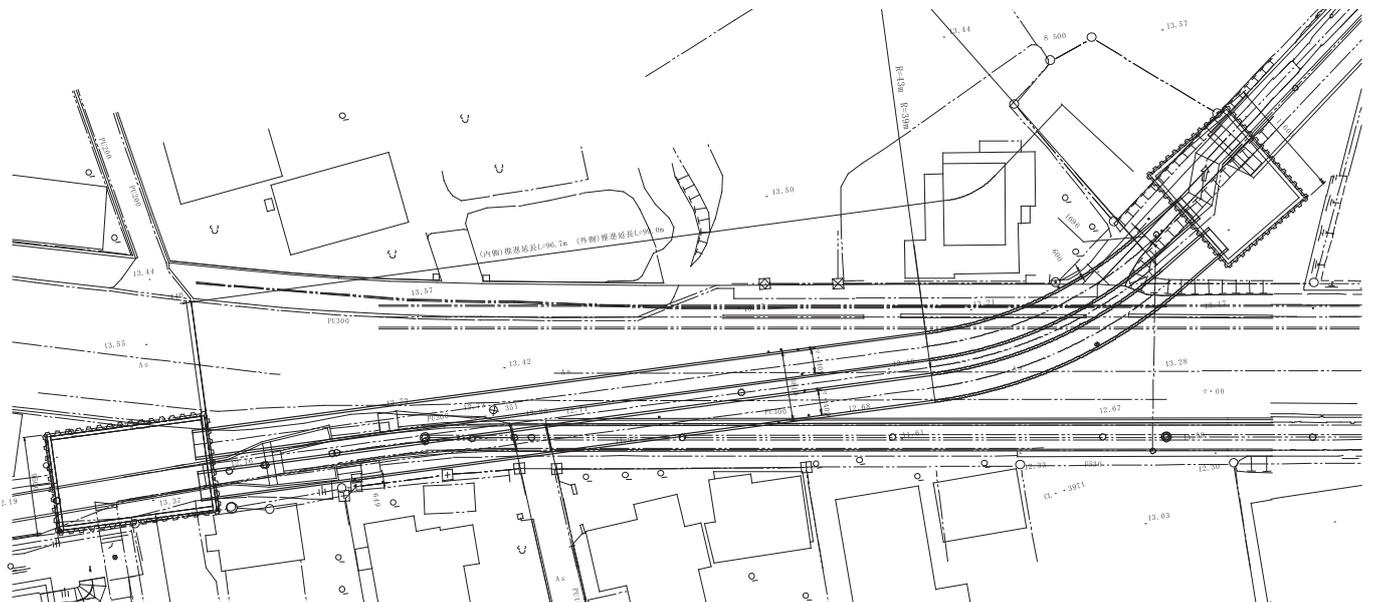


図-1 推進路線図

φ2,400mmのめがね推進は、お互いの離隔が1.2mと非常に狭く、曲線半径R=40m前後の急曲線を含み、土被りも1.5Dと浅く厳しい施工条件となっている。φ2,000mmの推進では、他方の発進立坑からめがね推進が行われた立坑に向かって、めがね管きよの下に到達するという計画である。

本稿では、小土被りで急曲線のめがね推進について報告する(図-1)。

2.2 本工事の特異性

(1) 小土被り

(公社)日本下水道協会の「下水道推進工法の指針と解説」では必要な最小土被りは、一般に1.0~1.5D(D:推進管外径)とされており、大口径管推進工法では1.5D以上は必要であると規定している。

本工事における土被りは、推進管外径の1.5Dと必要とされる最小の土被りとなっている。また、口径が大きいこともあり、切羽地山の崩壊や路線部の陥没等による周辺環境への影響が懸念された。

(2) 急曲線を含むめがね推進

本工事は、曲線半径がR=39mおよ

び43mという管呼び径の20倍前後の急曲線推進を含むめがね推進でその離隔も1.2mと狭く、掘進機の曲線造成や推進管列の曲線形成および隣接するお互いの管きよへの影響が懸念された。

(3) 推進力

急曲線を含む大口径のめがね推進であり、推進力の増加は隣接する管きよや曲線形成に悪影響を与えることが想定された。

(4) バッキング

本工事は、ボーリング調査結果より地下水位が変動し、かつ地表に自噴するほどの水圧が確認されている。従って、掘進機面板には、発進立坑側へ押し戻そうとする力(バッキング力)が作用することが想定された。

以上のように想定される種々の課題に対して、安全確実な推進施工を行うための対策を計画段階より十分な検討を行った。

2.3 施工計画

(1) 小土被り

本工事は、泥水式推進工法が計画されているが、大口径で土被りが掘削外径の1.5Dであることから綿密な検討を



写真-1 急曲線用泥水掘進機

を行い、以下のような対策を採用した。

切羽崩壊の防止対策としては、通常泥水よりもさらに粘性をもたせた泥水(粘性30秒以上)を計画した。また、掘進機面板にはスリット開閉可能な掘進機を選定し、掘進停止中は全閉することにより切羽の安定を図ることとした。さらに、通常の掘進機よりも開口率を下げた面板形状に改造することにより、取り込み制限を行った(写真-1)。

(2) 急曲線を含むめがね推進対策

φ2,400mmのめがね推進は、曲線半径R=39mおよび43m前後の急曲線があり掘進機の最大折れ角は設計の曲線半径を造成するための折れ角より

も1.3倍の安全率をもたせた急曲線用泥水掘進機を選定した。しかしながら、通常の曲線施工では安全率が1.3倍であればほぼ満足でと考えられるが、急曲線では地山反力の低下や予期せぬ障害物（流木、転石等）が出現した際に対応できないことがある。したがって、曲線造成能力を向上させるために、曲線造成補助筒の装備を計画した。

掘進機が造成した軌道に推進管列を正確に追従させるために、高精度で効率の良い推進施工が行えるセンプラカーブシステムを採用した。センプラカーブシステムは、推進管列の継手部に低発泡の推進力伝達材（センプラリング）を上下に設置することにより、曲線部でも推進合力の作用点を管の中央に近づけるとともに広い範囲で推進力を伝達、推進管列を掘進機が造成した曲線軌道に追従させるものである。本システムは、シミュレーションソフトにより曲線形状と推進力に見合う適切な推進力伝達材の選定が行われる。

また、めがね推進の急曲線施工は、推進力の曲線外側方向への水平分力が側方地盤に作用して外側の管きよに悪影響を与える。特に、本工事のような大口径管の急曲線施工では大きな水平分力が想定される。このため、めがね推進の順序は、内側スパン（左側）より開始し、内側スパン完了後に外側スパン（右側）の推進施工を行う方法で



写真-2 センプラリング貼付状況

計画した（写真-2）。

(3) 推進力の低減対策

急曲線を含む大口径管のめがね推進であり、推進力の増加は隣接する管きよや曲線形成に悪影響を及ぼし大きなトラブルの要因となる。

このため、アルティミット工法の滑材注入システム（ULIS）を採用した。滑材注入システムは、地山と管の外周抵抗を減ずるとともに、管周辺地盤の緩み防止を目的として一次・二次注入を基本としている。

一次注入は、掘進機直後のオーバカット部分を速やかに充填する目的から、注入量はオーバカット量の全量とした。二次注入は、一次注入滑材の地下水による希釈や摩耗に対する補足注入を目的とすることから、注入管理に量管理とともに圧力管理を併用した。ULISの二次注入は、自動的に後続推進管の注入箇所を移設しながら全線均等に連続して低圧力注入を実施できる。

本工事は小土被りで地上への噴出や地山の崩壊が懸念されることから、一次注入滑材としては超高粘性を維持し地中への逸失がなく、地盤から受ける圧力に対しても高い圧縮強度を発揮する二液性滑材のアルティークレイを採用した。また、二次注入の滑材としては、

高吸水性樹脂を主成分とした一液性滑材で、ベアリング作用による潤滑効果が働き、地盤と管の摩擦抵抗力を低減させるアルティー Kを採用した。

(4) バッキング

バッキング防止対策としては、インサート方式を採用した。インサート方式は、推進管の外周にアンカボルトで固定した複数個の固定金具を、鋼材を鳥居型に建て込んだ支持枠に支持させる方法である。

事前検討で想定されたバッキング力は約427kNであった。固定金具は、推進管の外周に4箇所設置を計画した。固定金具の固定は、1箇所当たりM22のアンカボルト6本で計画した（図-2）。

2.4 施工結果

めがね推進の施工は、順調に推移し大きなトラブルもなく無事工事を完了することができた。前述した各種の施工上の特異性と対応の結果について、以下に報告する。

(1) 小土被り

本工事は、大口径で小土被りの推進施工であり、泥水の逸泥による地盤の崩壊等に留意し、通常の逸泥対策としての比重・粘性管理を行い、土質条件に合わせて掘進機面板のスリット開閉を調整するとともに掘進停止中はスリッ

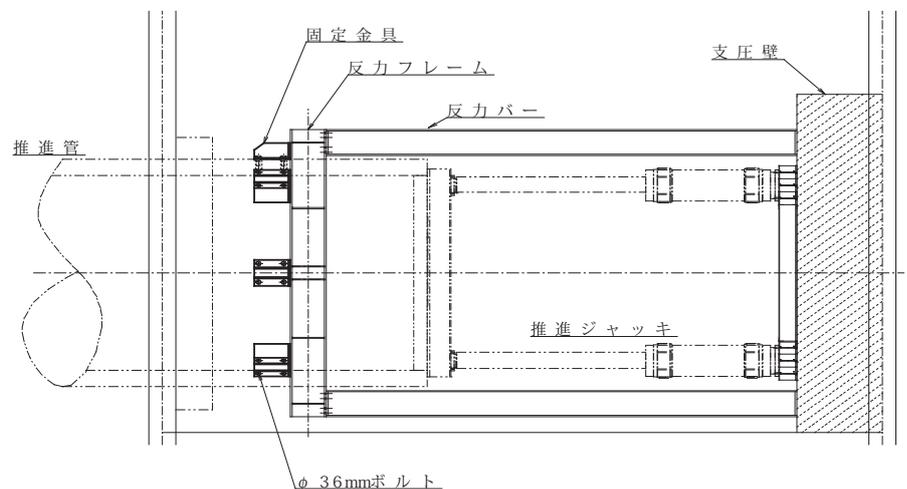


図-2 バッキング防止装置図



写真-3 左側 掘進機発進状況



写真-4 左側 鋼・コンクリート合成管推進状況

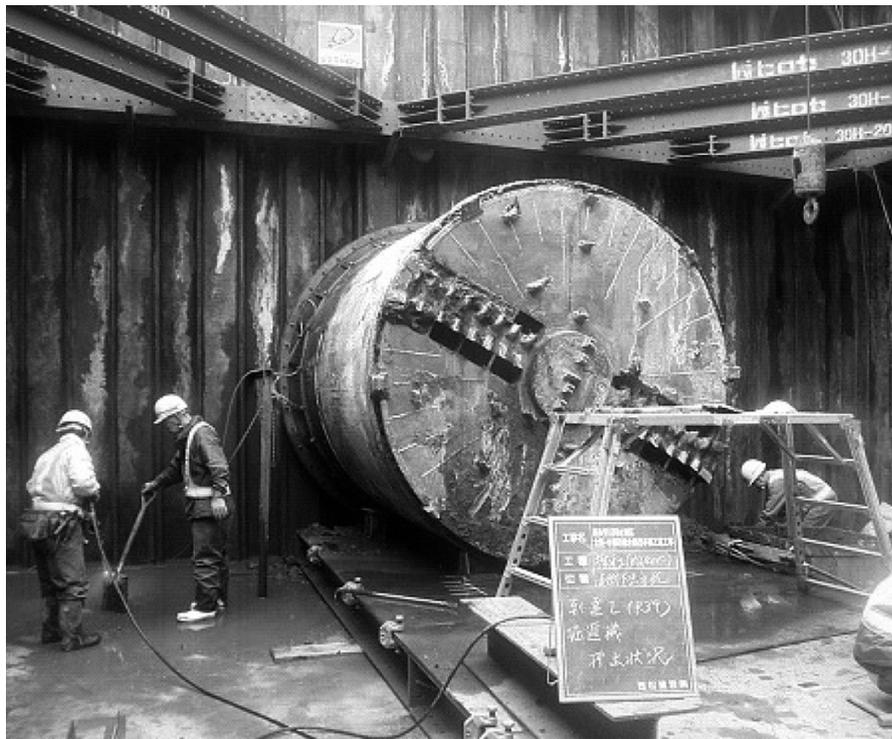


写真-5 左側 掘進機到達状況

トを全閉することにより対応した。このような対策により、実施工では切羽地山崩壊等のトラブルもなく安全な推進施工が提供できた(写真-3~6)。

(2) 急曲線を含むめがね推進対策

設計折れ角に対して余裕をもった急曲線用泥水掘進機を選定したことに加え、曲線造成補助筒を装備したことにより、的確な急曲線の造成が行えた。後続する推進管列も事前に検証した最適のセンブラリングを貼付することで、管継手部の応力集中を抑制するとともに

各継手部が均等に開口し、正確な曲線が形成できた。

めがね推進施工の順序を内側スパンより先行させ、滑材注入システムによる推進力の低減、急曲線用掘進機およびセンブラカーブシステムによる推進精度の確保等により両推進施工ともに安全で高精度に施工を完成した。

到達精度は、次のとおりである。

【右側推進(外側)】

レベル -14mm
センター 右8mm

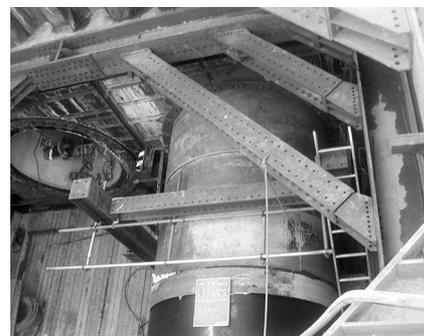


写真-6 右側 掘進機発進状況

【左側推進(内側)】

レベル -15mm
センター 右10mm

(写真-7、8)



写真-7 右側 鋼・コンクリート合成管推進状況



写真-8 右側 掘進機到達状況

(3) 推進力の低減対策

推進力は、前述した急曲線の的確な精度管理とともに、滑材注入システムによる継続的な注入が実施されて効率の良い減摩効果が発揮され、周面抵抗力の低減が図れた。計画推進力と総推進力は、次のとおりである。

【計画推進力】

約26,400kN(右側・左側推進共)

【総推進力】

約15,500kN（右側・左側推進共）

（写真-9）

(4) バッキング

インサート方式のバッキング防止装置は、機能的に作用しバッキング現象によるトラブルもなく、推進作業の効率化が図れた。

3 おわりに

本工事は、小土被りで急曲線のめがね推進という厳しい施工条件であった。施工計画段階から本工事の特異性や推進施工の順序等の綿密な検討を行ったこと、また、推進施工に際して細心の注意を払い推進作業管理を行ったことが本工事を成功裏に完成できた大きな要因と考える。

本工事で得られた種々の課題に対する対応策を、今後の推進工事に活かしていきたいと考えている。

○お問い合わせ先

西松建設㈱

西日本支社中部支店土木工事部

〒461-8558

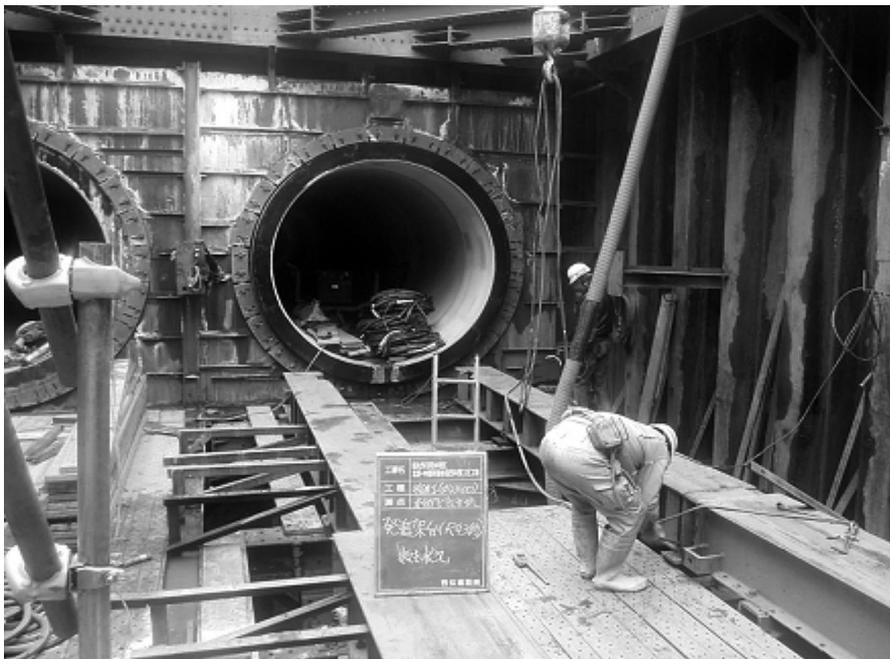


写真-9 めがね推進完了（発進立坑側）

名古屋市東区泉2-27-14

Tel : 052-931-8476

Fax : 052-931-3617

<http://www.nishimatsu.co.jp/>

機動建設工業㈱

[技術本部]

〒553-0003

大阪市福島区福島4-6-31 機動ビル

Tel : 06-6458-6183

Fax : 06-6545-0274

[関東支店]

〒101-0035

東京都千代田区神田紺屋町38

エスポワールビル6階

Tel : 03-5289-4771

Fax : 03-5294-1281

<http://www.kidoh.co.jp>