

# 解説 大土被り高水圧下

## 軟弱シルト層での 大土被り高水圧下の急曲線施工



和田 浩治

機動建設工業(株)  
関東支店支店長

### 1 はじめに

本工事は、川崎市水道局発注の「夜光2丁目配水管600mm・400mm及び工業用水道2号配水支管800mm・600mm布設替工事」に伴い、本管となるφ1,000mm鋼管のさや管としてφ2,000mmの推進工法用鉄筋コンクリート管を推進工法で敷設するものである。

現場の地質は、地下水位の高い軟弱

なシルト層で土被りが23.0mあることから、大土被り高水圧下での施工となる。また、推進線形は発進立坑から直線で千鳥運河下を約45.8m推進し、運河の途中から曲線半径R=30mで左側に進み、運河の向こう側の国道を斜めに横

断して歩道との境界に設けた到達立坑に到達するという管呼び径15倍の急曲線区間を含む厳しい施工条件となっている。

本稿では、工事の概要、課題と対策、施工結果等を報告する。

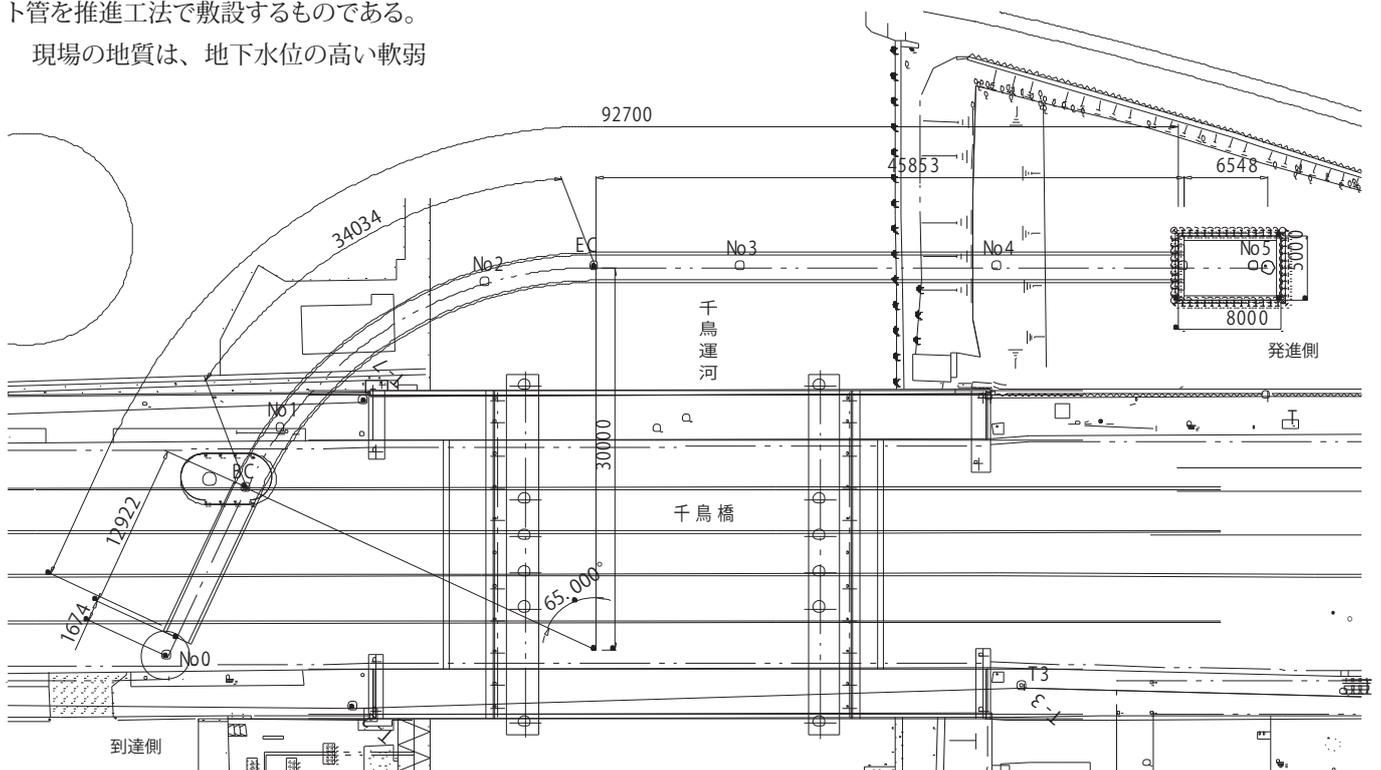


図-1 推進路線図

## 2 工事概要

工事名：夜光2丁目配水管600mm  
・400mm及び工業用水道  
2号配水支管800mm・  
600mm布設替工事

工事場所：神奈川県川崎市夜光町地内  
工期：平成21年10月1日  
～12月30日

発注者：川崎市上下水道局

工事内容：

工法 泥水式アルティミット工法  
さや管 内径2,000mm推進工法  
用鉄筋コンクリート管  
(鋼・コンクリート合成管)

推進延長 L = 92.7m

曲線半径 R = 30.0m

土質 シルト層 N = 5

土被り 23.0m

地下水位 G.L. - 2.5m

(図-1)

## 3 推進施工上の課題と対策

### 3.1 掘進機の選定

#### (1) 課題

高水圧下の推進施工であるため、切羽の制御が確実にできる工法（掘進機）の選定が必要となった。また、運河を横断することから、万一の場合の緊急避難の状況を考えると、少なくとも掘進中は掘進機内および管内に作業員が立ち入る必要のない掘進方法が求められた。

#### (2) 対策

このため、高水圧下でも、泥水圧により切羽の安定制御が確実にでき、曲線施工においても遠隔操作で集中管理が確実にできるアルティミット泥水式推進工法を採用した。アルティミット泥水式推進工法は、掘進機の遠隔操作とジャイロコンパス等の計測装置を用いたリアルタイム計測システムにより切羽安定管理に必要な情報と掘進機の位

置・姿勢等の情報をリアルタイムに把握することができ、掘進管理に伴う一連の作業を集中制御できるという利点がある。

### 3.2 推進力の低減

#### (1) 課題

曲線施工では推進力の曲線外側方向への分力による側方地盤と管外周面との摩擦抵抗力が付加される。また、推進管路部の地盤は、軟弱なシルト層であり、掘進作業休止時の土圧による推進管の外周を締め付ける縁切り推進抵抗力の増加が懸念された。このような推進力の増加は、トラブルの大きな要因となり、推進管の破損や周辺地下構造物への悪影響が懸念される。

#### (2) 対策

推進力を低減させるために一次・二次注入を基本としたアルティミット滑材注入システム（ULIS）を採用した。注入材料としては、一次・二次注入ともに減摩性能が特に優れた高粘性滑材（1液性）のアルティーKを用いた。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計画から、注入量はオーバカット量の全量で管理した。

ULISの二次注入は、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、注入管理は量管理とともに圧力管理を併用した。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压注入する（図-2）。

### 3.3 バッキングの防止

#### (1) 課題

高水圧下の推進施工の場合に発生する大きな課題として、バッキング現象がある。これは後続の推進管の据付け作業時に、元押ジャッキを後退させたときに、掘進機面板にかかる水圧により掘進機が発進立坑側に押し戻される現象である。バッキング現象は、切羽地山の崩壊を招来し、路線部の陥没や精度不良というトラブルを発生させる。本工事の土被りは23mあり、地下水位も高いことから事前の検討で大きなバッキング力が想定され、十分な検討を行った。

#### (2) 対策

想定されたバッキング力は約1,190kNであった。この対策として、インサート方式のバッキング防止装置を装備した。バッキング防止装置は、推進管外側に

自動滑材注入方式

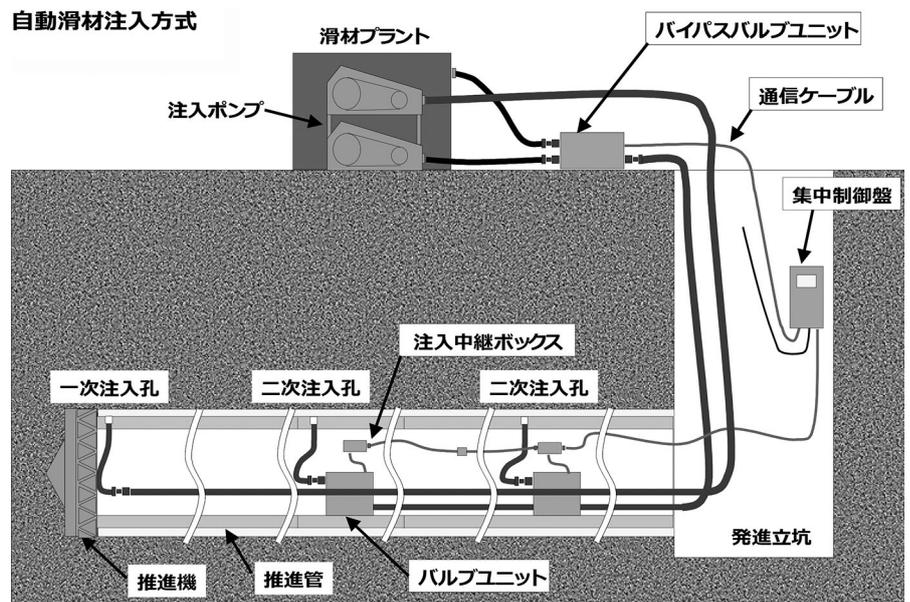


図-2 ULIS系統図

埋め込まれたインサートアンカに固定ブラケットを取付け、鋼材によって組み立てられた反力枠で固定ブラケットを押さえることによりバックリングを防止するものである。固定ブラケットの設置は4箇所、想定されたバックリング力の約1.3倍の能力をもった構造とした（図-3）。

### 3.4 急曲線推進の対応

#### (1) 課題

工事概要にあるように、本工事は地下水位の高い軟弱なシルト層を推進管呼び径の15倍という急曲線で到達させる難工事であり、推進管の各継手部に作用する推進力および止水性能の確認など、的確な曲線検討が必要となる。また、曲線形成の悪化は推進力の増加や管継手部の破損等による推進停止や管路部の陥没等を招くことが懸念されるため、掘進機による確実な曲線造成が推進管列の精度管理にも重要な影響を与える検討課題となる。

#### (2) 対策

このため、掘進機の折れ角が設計の曲線半径を造成するための折れ角よりも約2.6倍（通常は1.5倍以上）の安全率をもった急曲線用掘進機を採用し、確実な曲線造成ができるようにした。また、推進管列の曲線保持は管の継手部に塑性領域の広い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、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し、掘進機が造成した曲線に正確に推進管を追随させることができる。

さらに、掘進機内には方位と高さを常時把握するために、リアルタイム計測システム（ジャイロコンパス、液圧差水レベル計）を装備した。推進管列の変位は、自動追尾式トータルステーションを使用し、より厳しい自主管理基準を設定し管理した（写真-1）。

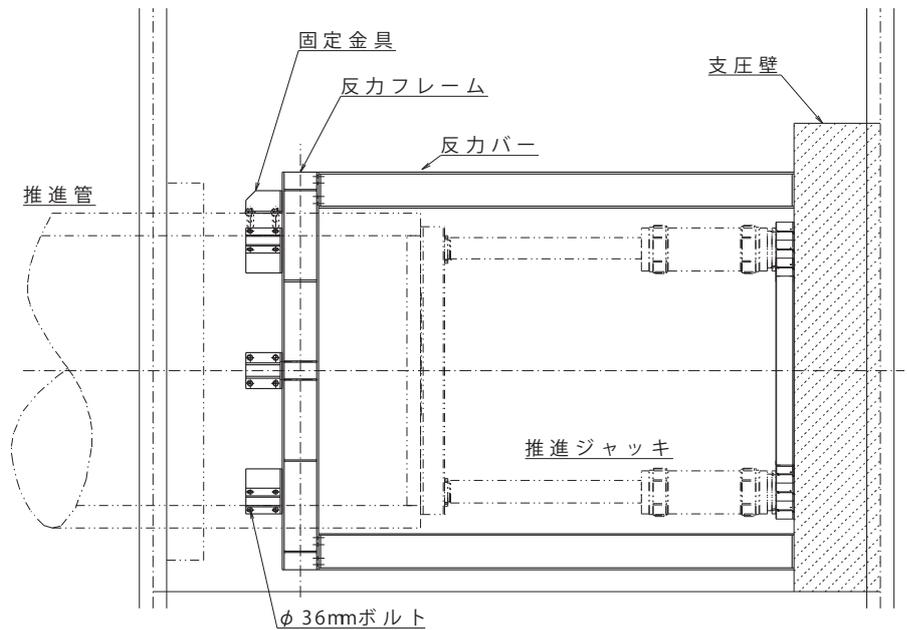


図-3 バックリング防止装置平面図

## 4 施工結果

前述の対策を講じた本工事の施工結果について、以下に報告する。

### 4.1 掘進機の選定

管路部の地盤は高水圧で軟弱なシル

ト層であったが、切羽面の土圧および水圧に対し、掘進機のカッタチャンバ内に充填させた泥水の圧力で対抗させて切羽の安定を図ることができた。また、アルティミット泥水式推進工法の採用により、掘進機の遠隔操作とリアルタイム



写真-1 急曲線用泥水式掘進機



写真-2 掘進機推進状況

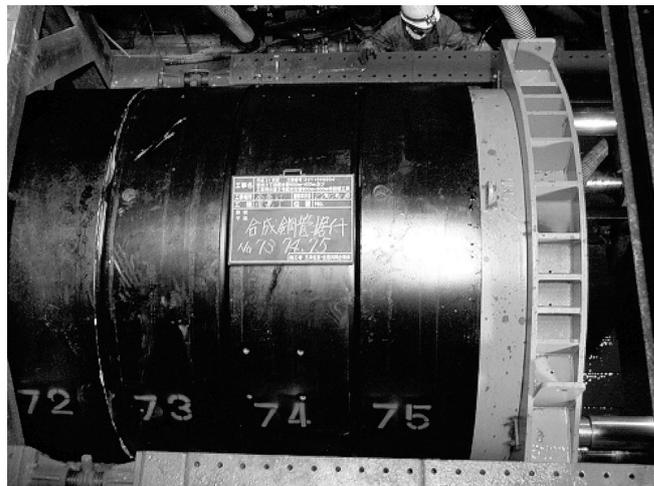


写真-3 曲線区間用推進管の推進状況

な掘進機の位置・姿勢計測が可能となり、掘進中は掘進機内や推進管内には作業員が立ち入る必要がなく、安全で効率の良い推進施工が実施できた（写真-2、3）。

#### 4.2 推進力の低減

推進力は、アルティミット滑材注入システム（ULIS）による継続的な滑材注入を実施した。一次・二次注入を基本とした注入方式により、一次注入滑材の希釈や摩耗に対しても補足注入で新たに充填された滑材がさらに減摩効果を発揮し、大幅な推進力の低減が図れた。また、掘進作業停止中の土圧による推進管外周を締め付ける縁切り推進抵抗に対しても大きな効果を発揮した。最終計画推進力2,272kNに対し、最終縁切り推進力約1,200kN、最終実推進力約1,200kNと約52%で到達した。



写真-4 バッキング防止装置

#### 4.3 バッキングの防止

鳥居型に組んだ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を図ることができた（写真-4）。

#### 4.4 急曲線推進の対応

曲線造成は、十分な安全率をもった急曲線用泥水式掘進機を採用したことにより、確実な曲線造成が実施できた。

また、後続する推進管列は最適のセンプリングを貼り付けることにより、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、正確な曲線を形成した。

掘進機の遠隔操作とリアルタイム計測システムにより、リアルタイムで掘進機の位置・姿勢を把握し、的確な掘進中の方向制御が可能となり、到達精度は左14mm、+16mmと設定した自主管



写真-5 掘進機到達状況

理基準を十分に確保できた。また、推進管列の変位についても、自動追尾式トータルステーションの採用により測量時間の短縮や管理者労力の削減が可能となり、前述したセンプラカーブシステムの効果とも相まって安定した掘進精度と日進量が確保できた（写真－5、6）。

## 5 おわりに

本工事は、大土被りで高水圧の運河下に、配水本管のさや管を急曲線で推進埋設するという難工事であったが、工事の計画段階から綿密な検討と計画を行った。これが実施工において活かされ、安全に高精度で工事が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を、今後の推進工事に活用していきたいと考えている。



写真－6 推進管内状況

### ○お問い合わせ先

機動建設工業(株)

[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

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