

長距離推進工事における、

機内ビット交換に圧気工法を用いた長距離推進工事

むらかみ としあき
村上 敏昭

機動建設工業(株)
九州支店長



ふじた けいじ
藤田 啓司

機動エンジニアリング(株)
工事課課長補佐



1 はじめに

福岡地区水道企業団においては、構成団体への安定供給を図るため、老朽化した管路の更新、大規模地震に備えた耐震化および危機対応のための機能強化を計画的に進めており、現在、送水路線の二重化が行われています。その中で、本工事路線である夫婦石系幹線管路における泥水式推進工法での施工結果について報告させていただきます。

2 工事概要 (図-1、2)

工 事 名：夫婦石系松木地区送水管布設工事
工事場所：福岡県那珂川市松木6丁目地内外
発 注 者：福岡地区水道企業団
施 工 者：東田中・丸三・機動建設工事共同企業体
施工期間：2024年5月21日～2025年3月26日
(推進工事)
工 法：泥水式推進工法(ユニコーンロング工法)
呼 び 径：1650
管 種：推進工法用鉄筋コンクリート管
JC51推進管
JC71推進管(中押管1組含む)
推進延長：692.550m
曲 線：平面曲線 R=700m×2箇所

縦断曲線 R=up1931m

勾 配：上り10.4%
土 被 り：19.30～7.58m
土 質：風化花崗岩
粒度構成：礫分10.0%、砂分50.0%
シルト・粘土分40.0%
N 値：50以上
岩盤強度：一軸圧縮強度4.05～5.16MN/m²
地下水位：GL-1.52～8.47m
発進立坑：鋼矢板立坑(IV型)
L=10.8m B=4.4m H=10.4m
到達立坑：ライナープレート立坑φ3.5mH=10.2m

3 本工事の検討課題と対応

3.1 長距離推進(692m)の施工

長距離推進のため、推進力増大により推進不能に陥るリスクが懸念されました。そのため、長距離推進を対象に開発されたユニコーンロング工法にて計画し、各種の検討課題に対応するため、アルティミット工法の一部の要素を取り入れて施工する方針としました。

3.2 推進力増大への対応

(1) 特殊拡張リング

掘進機には、カット直後の胴殻に溝を切った特殊拡張リングを装備しました。泥水式推進工では、掘進機前



図-1 推進工事概要 (Google アースに筆者追記)

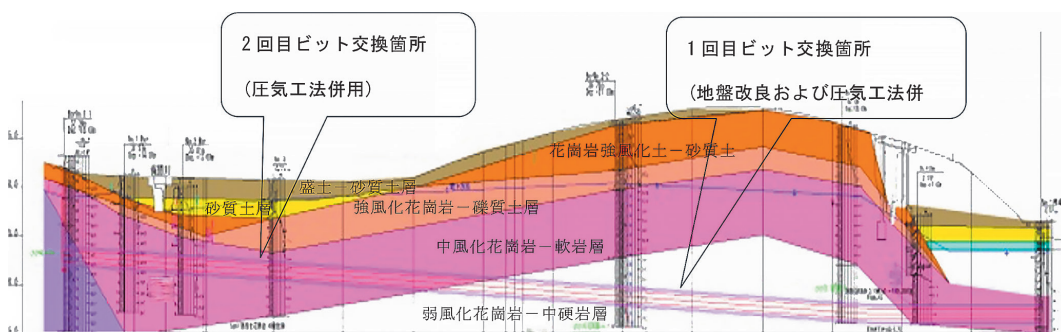


図-2 縦断

面から泥水安定液の一部が特殊拡幅リングの溝を通って掘進機や推進管周囲のクリアランスに均等に充填されます。このように、泥水式では特殊拡幅リングと泥水（安定液）の働きにより第1段階の周面抵抗力の低減を行います。（図-3、写真-1）

(2) ULIS（アルティミット滑材注入システム）

掘進機直後の推進管から一次注入としてクリーンFD-II型（固結型、二液性）を注入してテールボイドを充填し、さらに二次注入で、高粘性滑材アルティー K（一液性）を一次注入孔より後ろ50m 間隔に電動バルブを

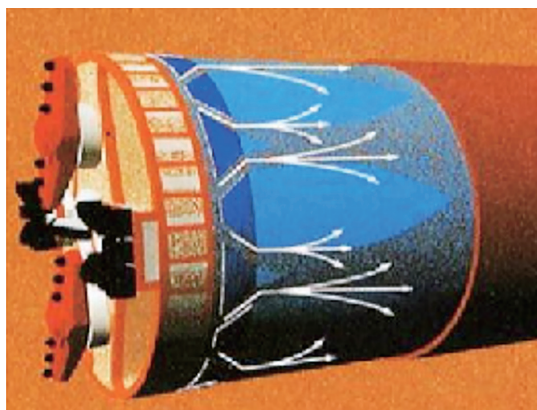


図-3 特殊拡幅リング



写真-1 特殊拡幅リング

設置し自動注入を行いました。アルティミット滑材注入システム（ULIS）を使用することで周面抵抗力の低減を図り同時に、地山の緩みを防止します。二次滑材注入は、ULISにより注入量、注入圧力および注入位置を集中制御し、完全に自動化しました（写真－2）。



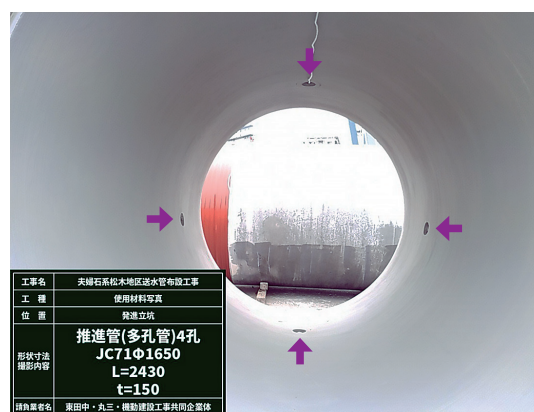
写真－2 自動滑材注入システム（ULIS）

しかし、発進直後より推進力の上昇傾向がみられたことから（図－4）、グラウト孔からテールボイドを確認したところ、希釈された滑材が採取されました。原因追及のため地下水を採取し試験を行った結果、金属イオンが検出されました。滑材は地下水中に含まれる金属イオンに影響を受けて劣化されやすいため、金属イオンへの迅速な対応が必要とされていました。そこで推進延長L=260mから到達までの間、一次滑材を金属イオンに影響されにくく、長期間高粘性を維持することができる、ま

た地盤から受ける圧力に対しても高い強度を発揮するアルティークレイ（流動性可塑剤・二液性）に変更しました。

(3) 多孔管（滑材注入用）

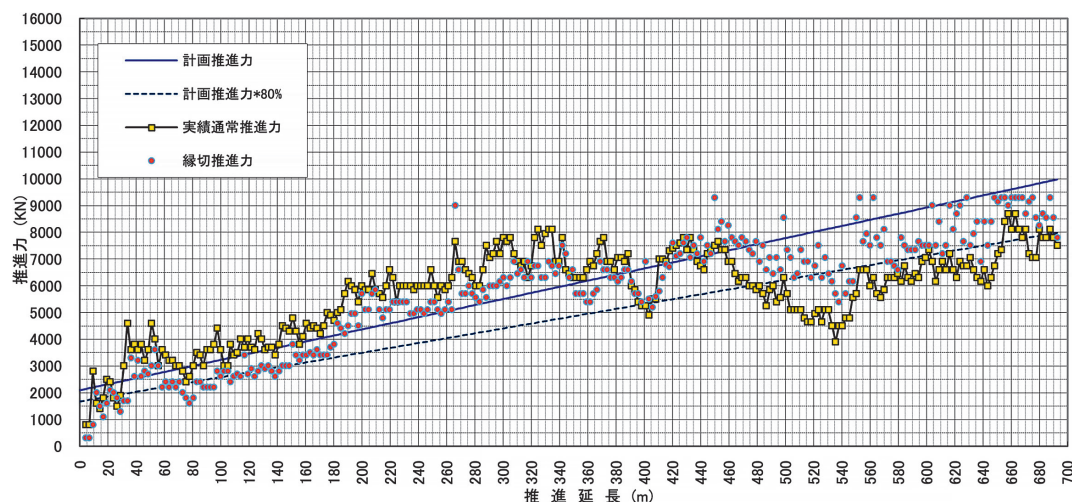
推進管路内の50m毎に滑材注入用の多孔管を設け、二次滑材が推進管外周全域に万遍なく充填できるようにしました（写真－3）。



写真－3 呼び径1650多孔管（滑材注入用）

(4) コンクリートマニキュア剤Ⅱ（塗布型滑材）

さらなる周面抵抗力の低減を追及するため、推進管外周面にコンクリートマニキュア剤Ⅱ（塗布型滑材）の塗布を行いました。塗布することで、推進管表面は平滑な塩化ビニル管のような状態に改質されることが見込めるため、推進力低減対応策のひとつと考えられます（写真－4）。



図－4 推進力管理



写真-4 コンクリートマニキュア剤II

(5) 泥土化による面板前面閉塞への対応

中風化花崗岩～軟岩層の切削時においては、切削土が泥土化し面板への付着または堆積により面板閉塞が発生することで切削能力の低下を誘発し、推進力の

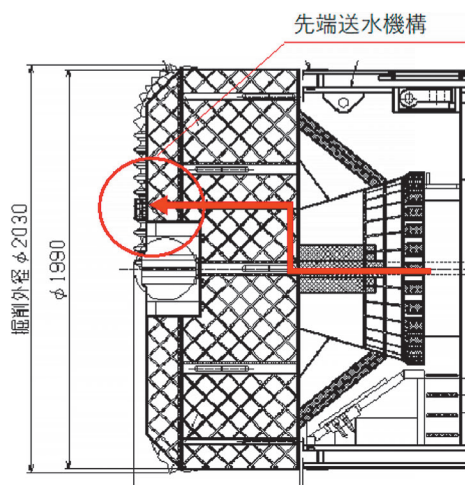


図-5 先端送水機構

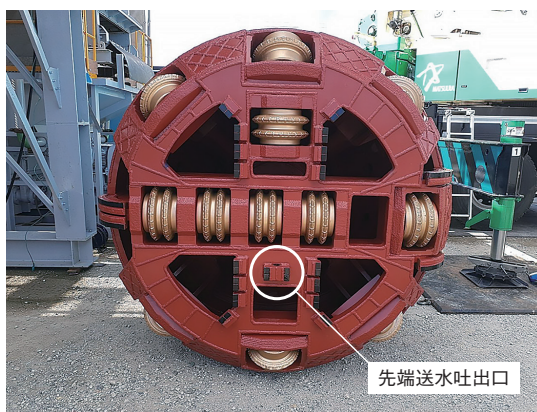


写真-5 先端送水機構

増大や推進不能に陥るリスクがあります。そのため、切羽面への送水が可能な先端送水機構を設けて掘進と並行して面板洗浄が行うことができる仕様になりました。また、先端送水機構が不十分な場合には掘進機後方筒下部からの外部送水機構により、面板洗浄を行いました(図-5、写真-5、6)。



写真-6 外部送水機構

4 圧気工法併用ビット交換の施工

4.1 ビットの配置

管路全体において弱～中風化花崗岩で岩の強度 $\sigma_c = 4 \sim 5 \text{ MN/m}^2$ であり軟岩に分類されますが、風化花崗岩は未風化の部分が存在する可能性があるため、ローラビットおよび、スクレーパビットを機内から交換できる構造としました。カットには掘削軌跡を全断面確保するように12個のチップインサート型ローラビットと4個のスクレーパビットを配置し、最大 200 MN/m^2 以下の岩盤まで対応できる仕様としました。

4.2 圧気工法併用機内ビット交換

本工事では、推進途中の機内ビット交換を2回行うこととなりました。ビット交換時の切羽前面の地盤改良については、1回目交換時は地上からの薬液注入工と圧気工法を併用、2回目交換時は現場環境的に地上からの薬液注入工ができない箇所であったため、圧気工法のみを採用しました。

圧気圧は、地下水圧に対する理論圧気圧を基準とし、その他の要素を考慮して決定します。基準となる圧気圧の取り方は、大口径の場合（おおむね呼び径2000以

上)は、管径の下側1/3の位置に、中口径の場合は推進管中心線位置の地下水圧と等しい圧力にするのが一般的です。今回は、切羽でのビット交換作業が目的で、作業は切羽面の下部で行われます。したがって基準となる圧気圧は管径の1/3の位置に設定しました。1回目ビット交換箇所(推進延長L=260m付近)では、計算上の自然水圧が0.119MPa以上となるため、切羽面の保持・止水目的で地盤改良を施工した後、圧気工法を併用しました。圧気使用時の吐出圧力を0.07~0.08MPaに設定し、ビット交換を行ったところ、風化花崗岩の一部が肌落ちてきたため、補足注入を行い無事交換することができました。また、2回目ビット交換箇所(推進延長L=545m付近)の路線は掘削規制のため、地盤改良を行うことができない箇所であり、圧気だけの施工が強いられていました。計算上の自然水圧0.075MPaとなり、圧気使用時の吐出圧力を0.07~0.08MPaで行ったところ湧水を抑えることができ、安全にビット交換ができました(写真-7)。

※加圧送気ユニットの仕様は、最大吐出力0.08MPa

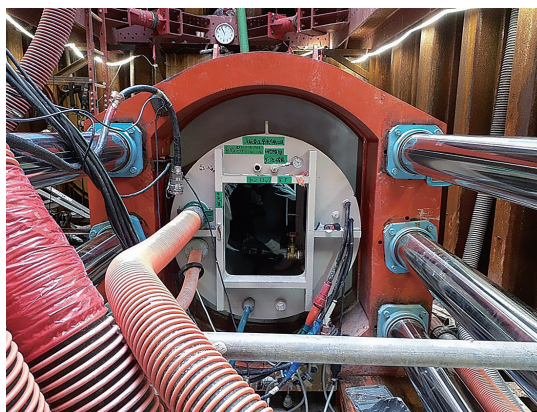


写真-7 ロック室

5 おわりに

本工事は、長距離推進であり推進力の増大や風化花崗岩によるカット閉塞が懸念され、推進不能に陥るリスクがありました。しかし、アルティミット工法の要素を取り入れた対応策やビット交換時の圧気工法の併用により無事到達することができました。また、泥水式推進工法で圧気工法を使用したビット交換が可能であることが実証され、施工実績もできたことから、次施工で圧気を使用した推進に携わる機会があれば、今回の施工を参考とし、より安全性の高い施工ができるように改良・改善していきたいと思います。

最後になりますが、発注者の福岡地区水道企業団をはじめ、東田中・丸三・機動JVの皆様、またご協力いただきました関係者の皆様にはこの場をお借りし、心よりお礼を申し上げます。

○お問い合わせ先

機動建設工業(株)

<https://kidoh.co.jp/>

[九州支店]

〒812-0892 福岡市博多区東那珂2-14-28

Tel : 092-472-0151 Fax : 092-481-2407

[土木本部]

〒553-0003 大阪市福島区福島4-6-31 機動ビル

Tel : 06-6458-6183 Fax : 06-6454-0274