

解説

変化する岩盤層の多曲線推進で輝いたアルティミット工法のシステム

おぜき じゅん
小関 純

東田中・丸三建設工事
共同企業体現場代理人



きたしま くにひろ
北島 邦浩

アルティミット工法協会



1 はじめに

近年、雨水対策のための管路敷設工事が多数発注され、大中口径管推進工法が再び増えてきています。日本の地層はさまざまであり、岩盤層でも推進工法が実施されていますが、岩盤層は同一種類で均一な条件だけではなく、堆積岩の中に泥岩や砂岩が激しく褶曲しながら混在する条件も多くあります。このような岩盤の推進施工に際しては、重大なトラブルを引き起こす可能性があります。最適な工法やシステムで実施する必要があります。

2 アルティミット工法の概要

アルティミット工法は、従来の泥水式、土圧式をもとに、多くのシステムや装置から構成されています。さまざまな施工条件にあわせた最適なシステムを選択でき、安全確実に効率のよい推進施工を提供できます。

アルティミット工法の適用範囲は、あらゆる施工条件に適用できますが、とりわけ長距離・急曲線施工に最適な工法です。適用管径は呼び径800～5000まで、適用土質は普通土から一軸圧縮強度200MN/m²まで対応可能です。

3 施工事例

本稿では、変化する岩盤層の多曲線推進工事での課題と対策を中心に、施工結果を報告します。

3.1 工事概要

工事名：中部4号幹線（2）築造工事

工事場所：福岡県福岡市中央区警固2丁目外地内

発注者：福岡市道路下水道局

建設部中部下水道課

施工者：東田中・丸三建設工事共同企業体

工法：泥水式推進工法（アルティミット工法）

管呼び径：1800

管種：下水道推進工法用

鉄筋コンクリート推進管

(L=1.2 (JC52)、2.43 (JC51・JC71) m)

推進延長：L=297.595m

曲線：①R=90m CL=28.959m

②R=300m CL=22.036m

③R=300m CL=33.235m 計3箇所

土被り：H=11.42～11.39m

土質：互層岩盤 砂質頁岩～礫岩、砂岩

(N≥50)

一軸圧縮強度：砂質頁岩9～12MN/m²

礫岩・砂岩68～103MN/m²

発進立坑：ライナープレート φ8,500mm
 到達立坑：ライナープレート φ4,500mm
 工 期：平成28年10月5日～平成30年3月23日
 (推進工期間：平成29年1月5日～9月6日)

3.2 工事内容

本工事は、福岡市天神周辺地区（警固2丁目、赤坂1、2丁目）における浸水対策を目的とした工事で「天神周辺地区下水道総合浸水対策緊急事業」雨水整備

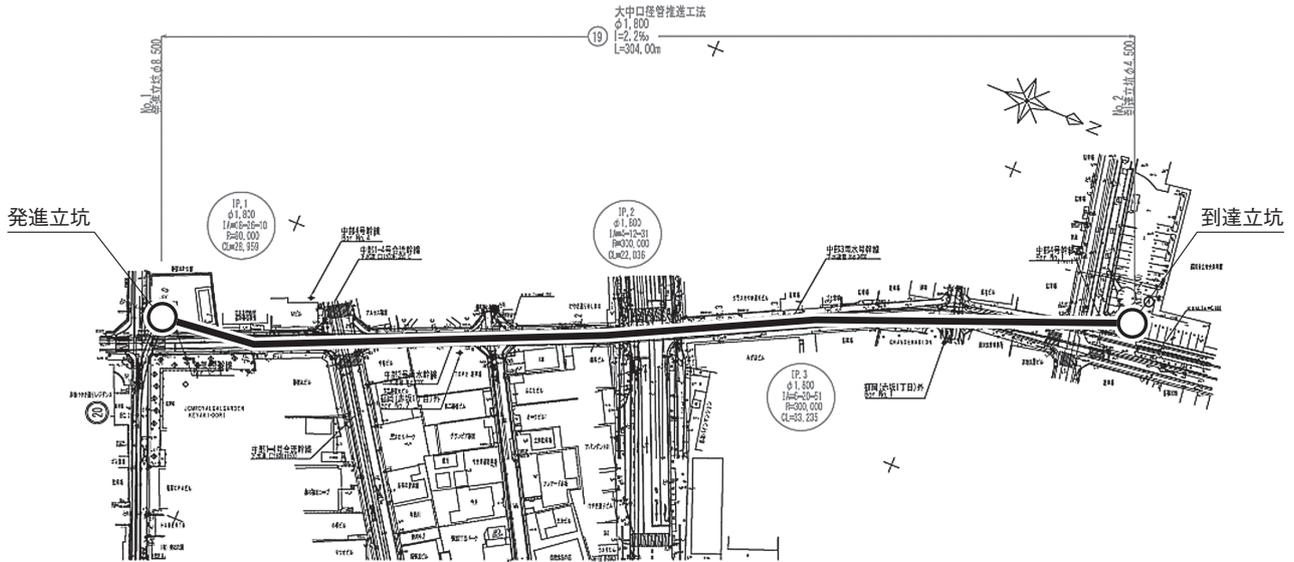


図-1 施工平面図

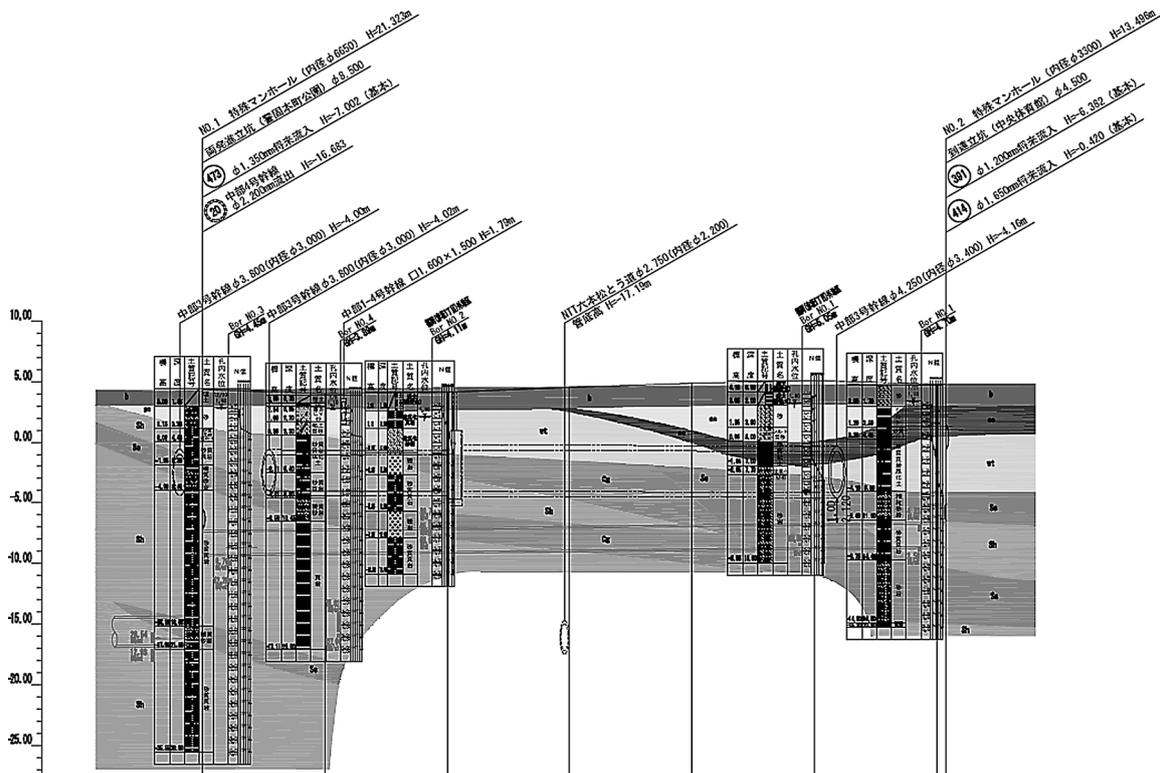


図-2 岩盤想定断面図

レインボープラン天神の一環として呼び径1800の雨水管
きよを築造する工事です。

推進管路の対象土質は発進立坑から到達立坑まで
全管路が岩盤層で、岩盤の種類は砂質頁岩、礫岩、
砂岩といった異なる性質・強度の岩盤層が混在していま
した。線形は、曲線半径 $R=90\text{m}$ と $R=300\text{m}$ が2箇所
の曲線区間が3箇所含まれる多曲線岩盤推進です。また、
管路上部に中部3号幹線の既設管路 $\phi 4,250\text{mm}$ (内
径 $\phi 3,400\text{mm}$ 離隔 $1.0d=2.12\text{m}$) が埋設されており推
進工事が与える影響が懸念されました。そのため、過
去の実績を踏まえ対策を講じました。

3.3 課題と対策および施工結果

本工事では、事前に考えられる課題を抽出し、入念
な対策を検討しました。以下にその内容を記します。

(1) 砂質頁岩層区間掘進時の面板閉塞対策

土質が砂質頁岩層であるため、ローラビットで切削し
た岩盤が泥土化することで面板に付着して開口部（土
砂の取込口）を塞ぎ、掘削土砂が取り込めなくなる現象
が懸念されました。

対策として、面板先端の中央部から補助的な送泥水
の配管ラインを設けて、通常の送泥ラインとは別系統で
毎分 $0.2\sim 0.4\text{m}^3$ の泥水を吐出することで面板に泥土化
した切削土砂が付着しないように洗浄しながら掘進作業
ができるようにしました。この対策の結果、実施工では
泥土化による面板閉塞はなく到達まで一定のスピードを
維持して掘進することができました（写真-1～3）。

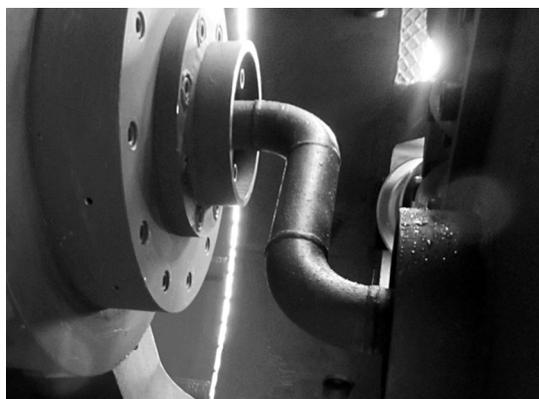


写真-1 チャンバ内部補助送泥ライン

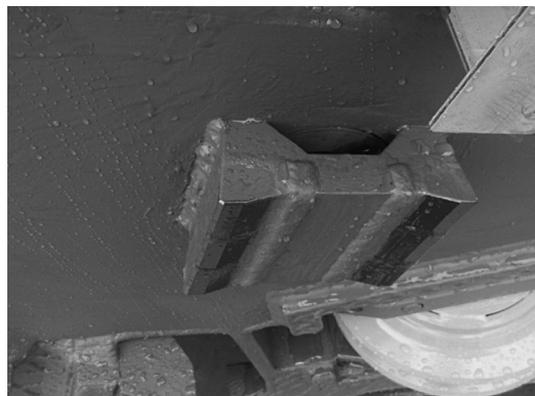


写真-2 カッタヘッド噴出口



写真-3 面板洗浄ライン噴出状況

(2) ビットの耐久力不足対策

推進管路部断面の岩盤は砂質頁岩、礫岩、砂岩で
あり、礫岩・砂岩の強度は $68\sim 103\text{MN}/\text{m}^2$ でした。また、
礫岩は岩塊となって破碎されやすい傾向が懸念され
ました。砂質頁岩の強度は $9\sim 12\text{MN}/\text{m}^2$ と比較的
低強度ですが泥土化する特徴を持っていました。岩盤
用面板は、掘削断面に対してビットの軌跡を全断面確
保する必要があります。ビットの摩耗は転動距離の長
くなる最外周に配置したものがより摩耗が促進されま
すが、本工事ではビットの耐久力が不足するという検討
結果になりました。

対策として、掘進機内部からビット交換ができる掘
進機を選定し、ビットの脱着が可能な特殊面板を製作
しました。ビットの外径は $\phi 280\text{mm}$ で、発進から 160.5m
までは高周波焼き入れのローラビットを採用し、その
後 250m 付近からは岩盤強度が高い（ $103\text{MN}/\text{m}^2$ ）区間

を掘削するため、超硬チップ埋込み型のローラビットに交換することとしました。

なお、転動距離の最も長い最外周ローラビットは交換を行うため1パス構造としました。

このような対策の結果、実施工で160.5m地点の交換位置でのローラビットを確認すると、想定どおりの摩耗量でした。また、到達時の面板状況を確認すると、特殊面板の母体やローラビット超硬チップの摩耗および欠損は軽微なものでした（写真-4～7）。



写真-6 機内ビット交換状況



写真-4 呼び径1800アルティミット工法・泥水式掘進機
(岩盤・曲線用機内ビット交換用掘進機)

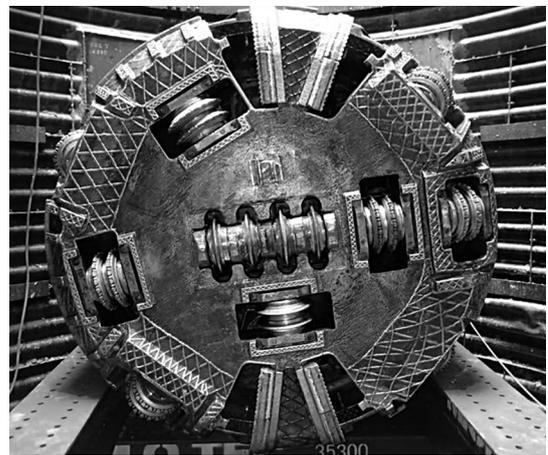


写真-7 掘進機到達状況

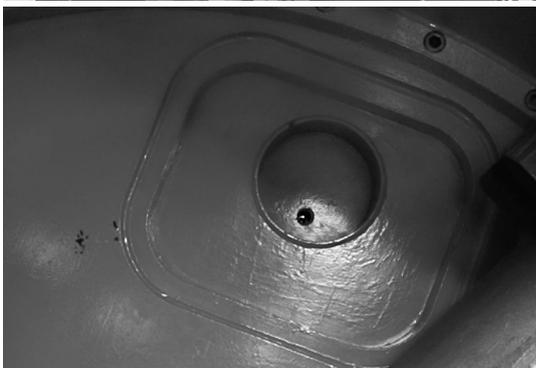
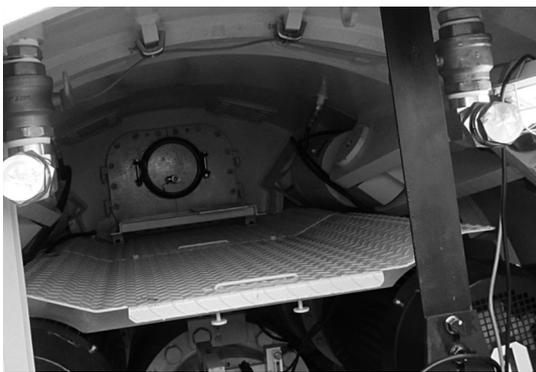


写真-5 ビット交換用内部ハッチ

(3) 掘進機のチャンバ内部および排泥管の閉塞対策

ローラビットで一次破碎した岩塊は、掘進機チャンバ内および排泥管内で閉塞を起こすことが懸念されました。

対策として、掘進機チャンバ内に取り込んだ岩塊を挟み込む形で破碎する構造のアームクラッシャ設備を導入



写真-8 偏芯破碎型ラインクラッシャ



写真-9 ローリング防止・テールボイド洗浄用補助設備筒

しました。また、掘進機内には、コーン閉塞を防止できる偏芯破碎型ラインクラッシャを設置しました。

なお、流体輸送管は6Bを使用しましたが、掘進機排泥管口からラインクラッシャまでの区間は大きな岩塊が詰まらないように8B流体管で配管しました。

この対策の結果、実施工ではチャンバ内および排泥管での閉塞もなく、岩塊は細かく破碎され流体輸送によって坑外へ排出できました（写真-8）。

(4) ローリング対策

岩盤用の掘進機は通常の掘進機よりも高い切削トルクを有しており、掘進機のローリングが懸念されました。

対策として、掘進機の回転反力を直接吸収するために掘進機後方にローリング防止補助設備筒を導入しました。また、長穴式の推進管緊結金具を推進管1～5本目まで設置しました。このような対策の結果、実施工で掘進機は一度も激しくローリングすることはありませんでした。

(5) 切粉滞留対策（推進力上昇防止対策）

本工事では、比較的岩盤強度の高い砂岩層等を掘進機で切削した際の岩片（切粉）が、推進管路のテールボイドに蓄積することにより締め付け作用を発生させて、周面抵抗力を上昇させることが懸念されました。

対策として、前述の補助設備筒に2B孔を上下6箇所装備した管外周洗浄孔を設置し、推進完了1本ごとに管外周の洗浄を行うことにしました。その結果、切粉の蓄積を防止でき、推進力の急激な上昇が起こることはありませんでした（写真-9、10）。

(6) 推進力低減対策

推進延長約300mの岩盤多曲線推進であるため、想定外の推進力の上昇が懸念されました。

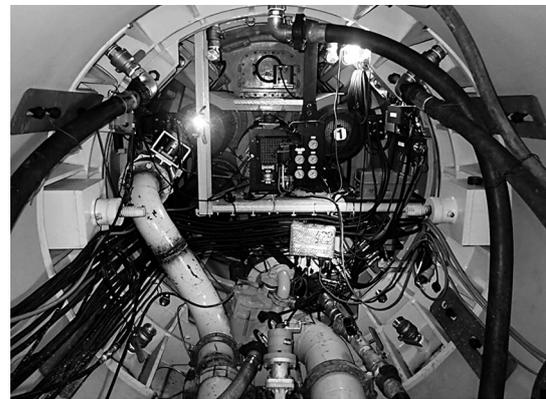


写真-10 掘進機・補助設備筒内部状況

対策として、推進力低減装置であるアルティミット滑材注入システム（ULIS）を導入しました。実施工では、ULISを使用することで掘進機のオペレータは注入圧力、注入量、注入箇所等を中央制御室で一括集中管理できるので、テールボイドへの滑材充填がより確実なものとなり、推進力の低減を図ることができました（写真-11）。



写真-11 ULIS管内バルブユニット

(7) 岩塊でのグラウトホールの巻き込み防止対策

掘進機で切削した岩塊が推進管グラウトホール（GH）の溝に巻き込まれることによって、周面抵抗力の上昇や推進管の破損が懸念されました。

対策として、推進管グラウトホールに推進管用GHキャップを使用しました。その結果、推進力の上昇および推進管の破損等を防止することができました（写真-12）。

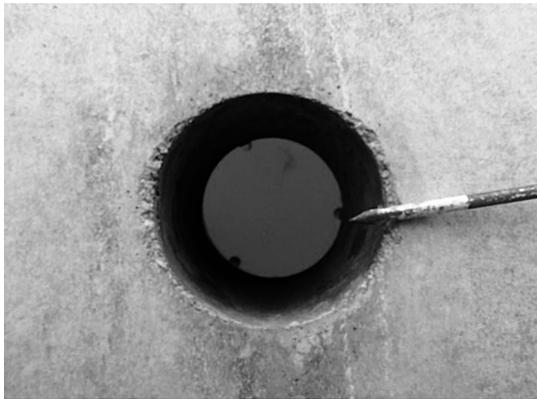


写真-12 GHキャップ

(8) 推進精度の管理対策

岩盤の強度への対応から特殊構造の面板を装備した機内ビット交換型掘進機を採用し、また岩盤層での多曲線施工にも対応するため通常の掘進機よりも先導部機長が長くなり、推進精度の保持、方向制御の困難さが懸念されました。

対策として、ジャイロコンパスによる方位検出、液圧差レベル計、自動測量システム等を導入しました。その結果、リアルタイムに掘進機の姿勢を把握し方向制御を行うことができました。また、自動測量システムの使用により1回の測量に要する時間を短縮したことで測量頻度を増やすことができ、より質のよい精度管理を実施することができました。

3.4 施工結果の報告

今回の現場は、発進立坑専用基地が約350m²と限られた作業ヤードの中でφ1,800mmの泥水プラント基地を配置する計画であったので、掘進機の坑内への設置（搬入・吊り下ろし）、プラント・資機材の設置に対して、より綿密な計画を立案しました。推進作業中も推進管の

ストックヤードが限られていたことで、掘進作業以外の作業に多くの時間を費やしました。また、到達立坑基地も約230m²と狭い作業ヤード内での分割回収作業でした。

掘進作業ではビット交換後の250m付近の砂岩でジャッキスピードが5mm以下になることもありましたが、大きなトラブルもなく当初計画していた平均日進量を確保することができました。

当初懸念されていた推進力は、ビット交換休止後の周面抵抗が多少上昇した区間がありましたが、ほぼ計画推進力どおりで到達することができました。また、到達精度も鉛直方向は下側9mm・水平方向は左33mmの良好な精度で到達することができました。

4 おわりに

本稿では、変化する岩盤層の多曲線推進施工の事例を紹介しました。互層岩盤層であったことなど厳しい施工条件でしたが、計画の段階から細部にわたって検討を繰り返して対策を試みたことや、細心の注意をはらい推進工事全体の施工管理を行ったことが、大きなトラブルもなく無事に工事を完成させることができた大きな要因であったと考えます。

工事完成にあたり、ご協力をいただいた関係者の皆様には誌面をお借りしてお礼申し上げます。

本工事の結果が、今後の岩盤曲線推進工事に活用されることを期待いたします。

○お問い合わせ先

アルティミット工法協会

<http://www.ultimate-method.jp>

[東京事務局]

〒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 : 03-5289-4774 Fax : 03-5294-1281

[大阪事務局]

〒553-0003 大阪市福島区福島4-6-31 機動ビル

Tel : 06-6458-7087 Fax : 06-6454-0274