

解説

アルティミット工法施工事例で見る 泥水式推進工法の基本

こもり きょうじ
小森 恭司

アルティミット工法協会
大阪事務局技術担当



1 はじめに

推進工法は、道路交通の確保、市民生活の支障の低減、周辺環境への悪影響の抑制といった都市土木における制約条件に工法の利便性・優位性が合致したことから、下水道をはじめ水道・電力・ガス・通信などのライフラインの管きょ構築に用いられるようになりました。その中で泥水式推進工法は1965年に密閉型推進工法としては初めて採用されて以降、掘削と排土が一連の循環回路となっていて管内への排土がないという安全性と掘進効率の良さによる進捗の良さを利点として、下水道等の築造に活用されています。

アルティミット工法は、パイプライン敷設において、過密化する市街地での超長距離・急曲線推進の要求や、礫、玉石互層の難土質への対応するため、超長距離・急曲線推進をより安心、高精度に推進施工できる工法として開発されました。今回は本工法で施工された泥水式推進工法の施工例を示して、泥水式推進工法の基本の一部について記述します。

2 アルティミット工法による泥水式推進工法

2.1 泥水機推進工法施工例

以下に、泥水式で施工した推進工事例を基に説明します。

(1) 工事概要

用途：雨水幹線築造
工法：泥水式推進工法（アルティミット工法）
推進管径：呼び径 2200
推進延長：439.33m
曲線線形：曲線半径 $R=300$ 、 300 m
土被り：7.804～10.546m
地下水位：GL-0.9m～-4.29m
掘削対象土質：砂質粘性土 N値 39
礫率 0.1%
砂分率 45.9%
粘性分 54.0%
含水比 36.7%

① 推進線形

曲線半径 $R=300$ m の曲線 2 箇所を含む推進延長 439.33m の推進で、概要平面図を（図-1）に示します。推進線形としては特に特殊なものではなく、一般的な線形です。

② 使用した掘進機

対象土質が、砂質粘性土であるため、礫破碎機構がなく粘性土が取り込みやすいような板面板の構造のカッタを持つ掘進機を選定しました。急曲線には当たらないため、通常の中折れ 1 段の掘進機としました（写真-1）。

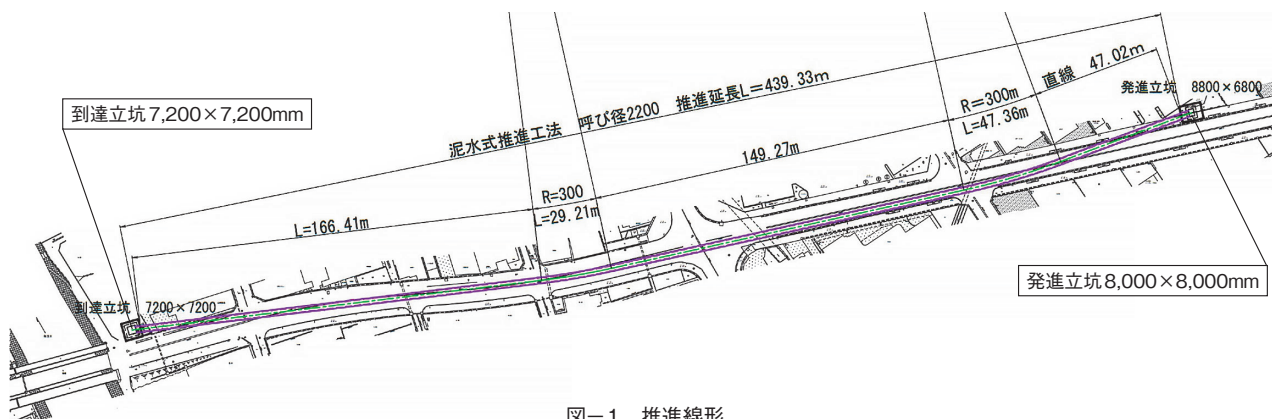


図-1 推進線形



写真-1 中折れ1段の泥水式掘進機

③推進作業ヤードと泥水処理プラント

推進工法では推進管の荷受けおよび立坑坑内投入準備をする作業ヤードが必要です。泥水式ではこのほかに泥水プラントの設置場所も必要です。ここでは立坑に隣接して作業ヤードがある例として作業状況写真を示します（写真-2）。



写真-2 発進ヤード

呼び径が大きくなると管の搬入スペースや保管スペースが大きくなります。計画日進量により推進管を置くスペースを考慮する必要があります。

泥水処理プラントは、対象土質が砂質粘性土のため二次処理が選択されていました。二次処理設備は、フィルタープレスを設置しました。また、残土搬出には一次処理土と二次処理土を分けるために、それぞれ残土槽を別々とした設備としました。運搬車への積み込みはバックホー積み込みを選択しました。泥水プラント配置計画図を（図-2）に示します。全景写真を（写真-3）に示します。

④泥水管理

泥水式推進工法では、土質に合わせた粘性と比重を持った泥水を作泥して掘進中の粘性と比重を管理する必要があります。今回の対象土質は、砂質粘性土のため粘性と比重はともに掘進中に上昇するため、余剰泥水を抜いて二次処理し調整槽に加水して比重を低下させました。

泥水管理の基準値として、砂質土の場合（比重1.10～1.20、ファンネル粘性25～35s）砂礫・砂礫混り土の場合（比重1.20～1.30 ファンネル粘性35～60s）とされています¹⁾。設計の初期作泥配合のみにとらわれず、実際の土質にあった粘性と比重で泥水管理することが重要です。

⑤推進作業状況（管内）

泥水式推進工法は、掘進機の操作を立坑から行えるような設備を使用すれば、常時構内に入るような作業を省くことができます。そのため長距離推進時の坑内無人

化がしやすい工法です。アルティミット工法では滑材注入の二次注入の注入場所を自動的に選定できるシステムを採用しています。坑内の流体配管や滑材配管の状態を(写真-4)に示します。

呼び径が小さい場合は、泥水配管、中継ポンプ、滑材配管および送風管などの設備があるため、坑内へ出入りは苦痛を伴う作業となります。測定の自動化を含め坑内を無人化できるように計画する必要があります。

⑥バックリング防止

推進管据付時に元押ジャッキを引いたときに管列が切羽水圧等により押し戻される現象をバックリングといいます。

これは切羽水圧が高いほどまた掘削断面積が大きいほど押し戻される力が大きくなります。呼び径が小さい場合バックリング力が小さいので管後端を発進台に緊結することで対応できますが、今回は呼び径が2200でバックリング力が大きいので、推進管に設けたアンカに固定金具を取付けて、推進管周りに組んだ鋼製のバックリング防止枠で支えることでバックリング防止対策としました(写真-5)。バックリング力によってはアンカ金具を発進レールと緊結する場合もあります。

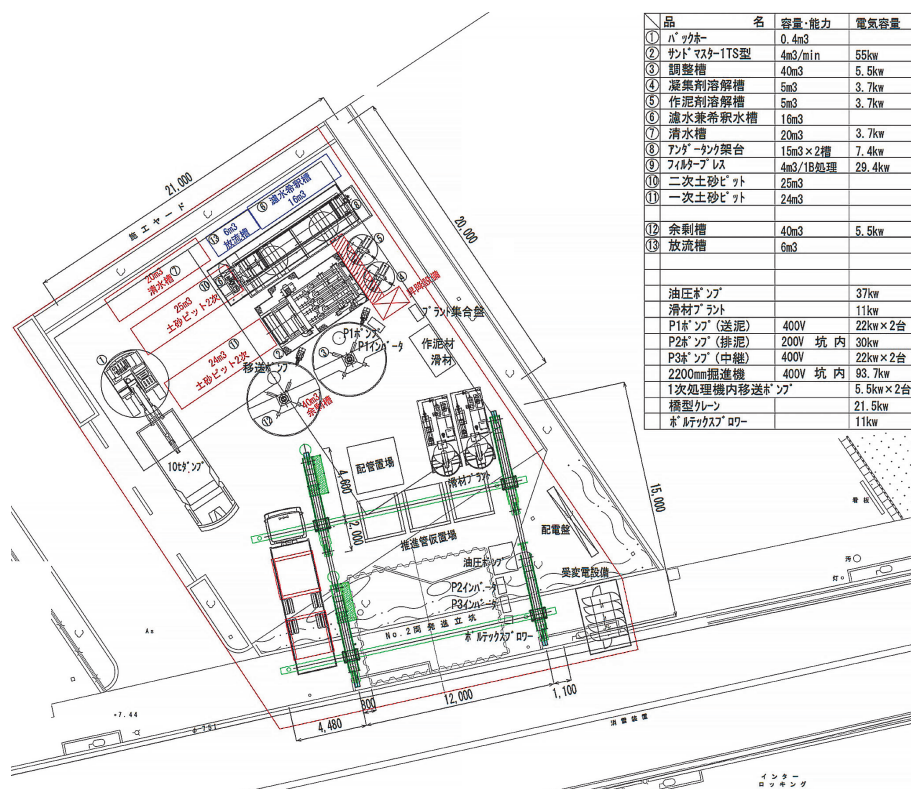


図-2 プラント配置



写真-4 管内配管設置状況



写真-3 プラント全景

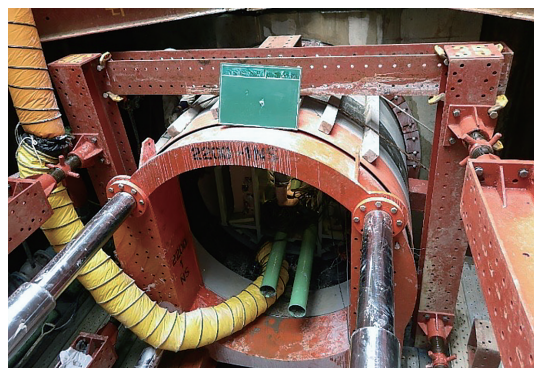


写真-5 バックリング防止枠設置状況

バックリング現象は他工法より泥水工法のほうが発生しやすい印象があります。泥水式で施工する場合はバックリングに関して防止方法の検討が必要です。

⑦推進力管理と中押推進設備

本工法では、「アルティミット滑材注入システム (ULIS)」を使用し一次注入と二次注入を行いました。推進延長と推進力の結果を(図-3)に示します。

アルティミット滑材注入システムを使用し推進力の低減をすることができましたが、当初設計どおりに中押推進設備はそのまま設備しました。工法協会独自の推進力計算により中押推進設備が不要となる場合でも今回のような推進延長では、計画された中押推進設備はそのまま設備することを推奨します。到達時の補足地盤改良等で長期間停止する場合には、計算推進力より縁切り推進力が高くなりますので、保険として中押は必要と考えます(写真-6)。

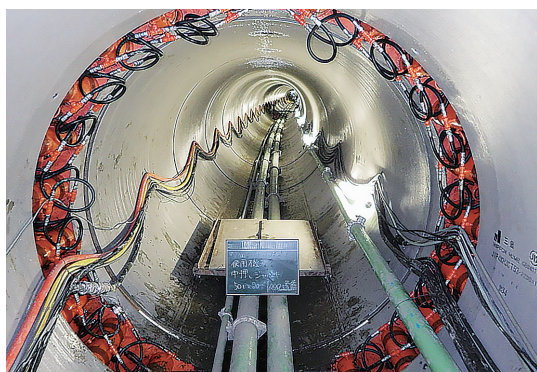


写真-6 中押推進設備据設置状況

2.2 泥水式推進工法で施工する場合の検討事項

(1) 掘削土質とカッタヘッドの整合性

泥水式推進工法の特徴には、掘削対象土質と選定した掘進機のカッタヘッドが整合しているとき他工法より日進量が計画より上回る利点があります。しかし、土質とカッタヘッドが合わない場合、日進量が遅くなったり掘進不能となったりします。他の工法よりも土質とカッタヘッドの適合する範囲は狭いように思われるので事前に対象地盤

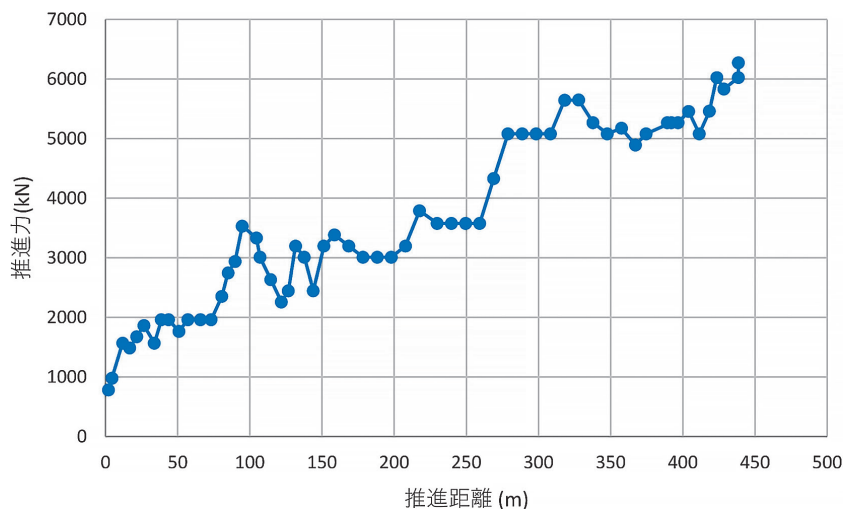


図-3 実施推進力の結果

を把握して適正なカッタヘッドを選択する必要があります。ここでは土質別のカッタヘッドの例を示します。

①粘性土

砂質土・粘性土等の泥水式が得意とする地盤に使用する面板に切削カッタを取付けたタイプのカッタヘッドです。崩壊性の高い地盤では取り込み開口部比率を小さく設定し、粘性土では開口部比率を大きくする等の改造(工夫)が行われます。写真-7に粘性土を想定したカッタヘッドを示します。

このタイプのカッタヘッドは、礫地盤や岩盤には対応できません。



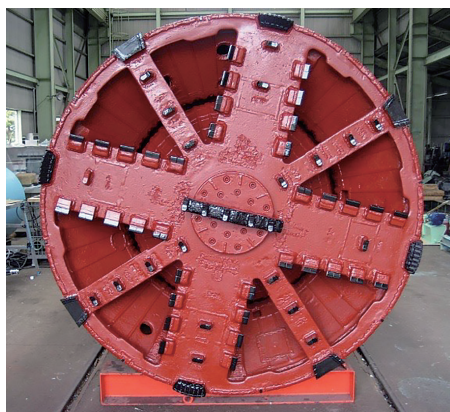
写真-7 粘性土・砂質土用カッタヘッド

②砂礫土

泥水式の場合、排泥管で流体輸送できるサイズまで礫を破碎する必要があります。そのための破碎装置を備

えたカッタヘッドが必要となります。カッタヘッド内部に取り込んでコーンクラッシャにて破碎するタイプが一般的です（写真－8）。

このタイプのカッタヘッドでは、岩盤や一次破碎が必要な巨石には対応できません。また粘性土の場合は粘土による閉塞で掘進速度が低下することがあります。

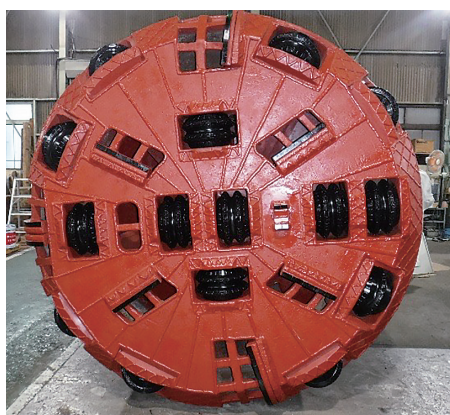


写真－8 礫質土用カッタヘッド

③岩盤

岩盤または巨石の場合は、カッタヘッド前面でローラビットにより一次破碎して取り込み、内部で排泥管により流体輸送できるサイズまで破碎する方式のタイプが一般的です（写真－9）。

このタイプのカッタヘッドは砂礫土用と同じく粘性土を苦手とします。



写真－9 岩盤用カッタヘッド

④互層の場合のカッタヘッド選択

近年推進延長が長い施工が多くなっているため、対

象土質が1種類ではないことがよくあります。すべての土質に対応できるカッタヘッドはありません。そのすべての土質に対して推進不能とならないカッタヘッドを選択することになるので部分的に日進量等が遅くなる場合があります。泥水式の掘進機カッタヘッドは、この特徴を考慮して選定する必要があります。

(2) 土量管理

推進管理としての掘削土量の管理は、一般に排出される残土を残土槽にためて計測する方法で行われています（写真－10）。



写真－10 残土量計測状況

送泥流量と送泥比重、排泥流量と排泥比重を連続的に測定して乾砂土量を算定して土量管理するシステムもありますが、通常設備として設計では計上されないため、技術提案案件として使用されています。

(3) 泥水プラントの騒音振動

泥水処理設備の一次処理には必ず振動篩を使用します。振動篩は、篩を振動させるため騒音が発生します。また基礎地盤が弱い場所などには地面に振動が伝わる場合があります。泥水処理設備の規模が大きくなるほど騒音等も大きくなります。

対策としては防音壁または防音ハウスの中に処理設備部分または発進立坑を含めて、すべての設備を入れる等の対策を行います。また振動対策としては、発生する一次処理機に防振ダンパを付ける等の対策をします。今回紹介の工事においては、設計上も実施工時も防音ハウスは使用していません。参考例として、一次処理機に防振ダンパを配置した例を示します（写真－11）。



写真－11 一次処理機に防振ダンパを設置した例

3 おわりに

本稿では、泥水式推進工法の基本として、アルティミット工法で施工した泥水式推進工事を紹介しました。泥

水式特有の検討すべき条件についても記載してみました。本稿が、泥水式推進工法の理解の手助けになれば幸いです。

【参考文献】

- 1) 「推進工法体系I推進工法技術編 2023年版」(公社)日本推進技術協会、P32

○お問い合わせ先

アルティミット工法協会 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 Fax553-000306-6454-0274

E-mail : info.ult@ultimate-method.jp

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

