

解説

大口径管推進技術を活かした 小口径アルティミット工法

すどう ひろし
須藤 洋

アルティミット工法協会



1 はじめに

アルティミット工法は、昭和61（1986）年に急曲線推進技術（センブラカーブシステム）の開発に着手し、平成3（1991）年には長距離・急曲線推進技術のシステムとして確立しました。

それ以来、大口径の長距離・急曲線推進を中心として平成29年度末までに推進延長250kmを超える施工実績を重ねて、社会資本整備の向上に貢献してきました。

近年、汚水対策としての下水道整備は、大都市から地方都市へ移行することによって必要な管径は小径化し、小口径管推進工法の需要は増大しています。本稿では、小口径アルティミット工法の開発の経緯から本工法の概要、施工事例について解説させていただきます。

2 開発の経緯

当初の小口径管推進工法は、直線で比較的短い距離の施工に向けた技術開発に集中していました。

しかし、道路線形に沿った施工や地下埋設物等を回避するために迂回しなければならない、または立坑用地の確保の困難などの課題を克服するために曲線施工や長距離推進技術の必要性が高まり、多種多様な特長を持った様々な工法が開発されています。

小口径アルティミット工法は、大口径管のアルティミット工法で開発された技術をベースに、豊富な施工実績と経験を活かし、これらの技術を小口径管推進工法の長距離・急曲線施工に適用したものです。本工法の位置づけは、泥水式一工程方式に分類されます。

3 工法の概要

本工法の適用管種および管径、掘削および排土機構、曲線対応技術、曲線施工の精度管理システム、施工事例等について記します。

3.1 適用する管種と管径

下水道推進工法用鉄筋コンクリート管や同レジンコンクリート管、同ダクタイル鋳鉄管などの高耐荷力管の呼び径400～700に適用可能です。

3.2 泥水式掘進機

(1) 掘削および排土機構

地山の掘削は、泥水式掘進機に切羽安定のため泥水を送り、カッタの回転により掘削を行います（図-1）。

掘削した土砂は、泥水と混合したスラリー状の掘削土砂を流体輸送して、地上の泥水処理設備で土砂と泥水に分離されます。

(2) コーンクラッシャ機構

礫対応機は、掘進機内先端にアウターコーンとインナーコーンで構成されるコーンクラッシャ（図-2）を装備し

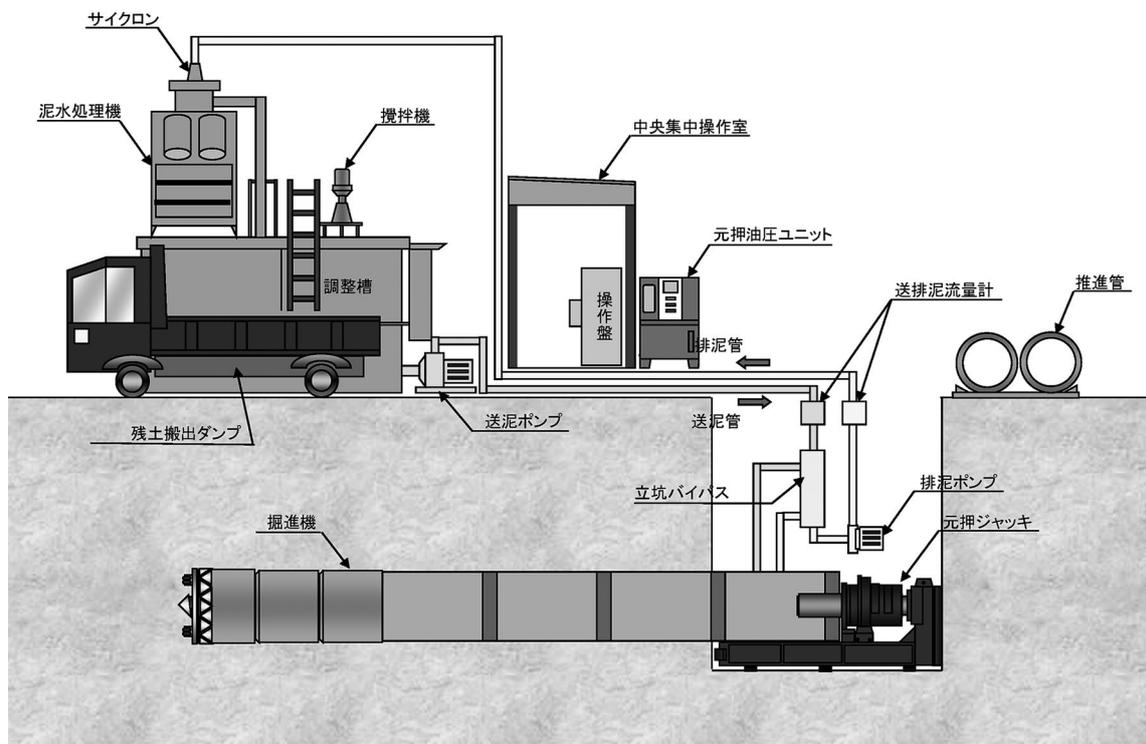


図-1 泥水式概要図

ており、掘進機内に取込んだ礫を破碎します。最大礫径は呼び径の1/3以下まで対応可能です。

(3) コーン内洗浄機構

アウターコーン部に高水圧洗浄機構を装備しており、土質の変化、特に粘性土によるコーン部の閉塞を防止します。

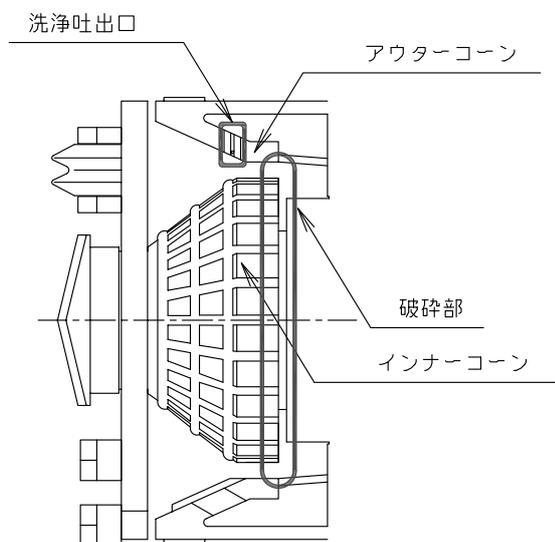


図-2 コーン・洗浄機構

3.3 曲線推進技術

(1) 急曲線造成システム

曲線施工は呼び径600および700に適用しています。

急曲線推進に対応するために、掘進機の複数箇所には曲線造成ジャッキを装備しており、最小曲線半径R=50mの曲線造成が可能です。

(2) センプラカーブシステム

推進管列の追従性を確保するために、センプラカーブシステムを採用しています。

センプラカーブシステムは、推進管の継手部に低発泡ポリスチレンによる推進力伝達材（FJリング、センプラリング等）を上下に配置することにより、広い範囲で推進力を伝達し、曲線区間でも伝達推進力の作用点を管中央へ近づけることで、掘進機の造成した曲線に正確に後続の推進管列を追従させるものです。

推進力伝達材の選定は、継手に設置する推進力伝達材と曲線部の推進管の継手および管種等を自動的に設定するシミュレーションソフトにより検証しています。

具体的には、計画時に各継手部の推進力を算定し、シミュレーションソフトによりその推進力による応力が推進

管の許容応力の1/2以下となり、かつ推進力伝達材の塑性領域に入るように発泡倍率と厚さについてすべての箇所での最適な組み合わせを決定します（写真-1）。

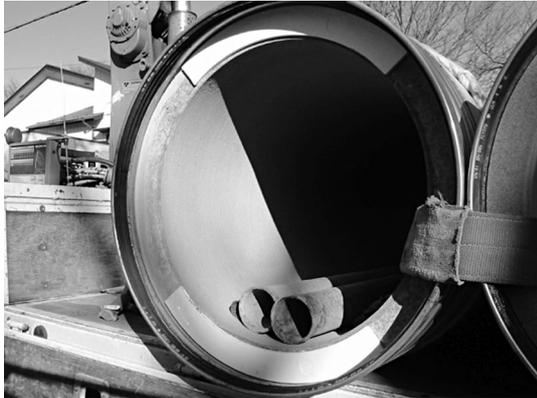


写真-1 推進力伝達材配置

また、球状の高吸水性樹脂を含有しており滑材圧送時の配管内圧力損失も少なく、透水係数の高い地盤でも逸散することなく滑材効果を維持することができます。



写真-2 アルティーK

3.4 長距離推進技術

(1) 特殊拡幅リング

特殊拡幅リングは、カッタヘッド後方の外周を一定間隔で溝を切った形状になっており、切羽面に送られた泥水がその溝を通して掘進機後方や推進管の周囲に安定剤として充填され、周面抵抗力を低減させます（図-3）。



図-3 特殊拡幅リング概要図

(2) 推進用滑材 アルティーK

アルティーK（写真-2）は、静止状態では流動化しにくく、逆にポンプなどにより外的圧力が加わると流動性を有する液体に変化する特性を持っています。

3.5 精度管理技術

直線区間は、発進立坑に設置したレーザセオドライトのレーザを掘進機内のポジションセンサが検知し、掘進機の位置を中央操作室のモニタに表示して精度管理を行います。曲線区間では、掘進機内に搭載したジャイロコンパスと液圧差レベル計によって、リアルタイムに精度管理を行います（図-4）。

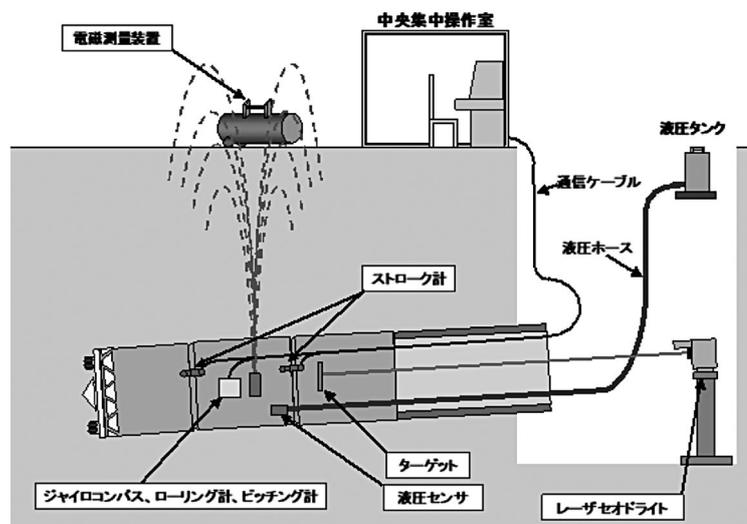


図-4 掘進機位置管理概要図

また、電磁誘導測量装置（以下、モールキャッチャ）により、掘進機内に搭載した発信器の位置を地上の受信器で検知することで、掘進機の位置を測定します。モールキャッチャを使用する場合は、掘進機後部にステンレス製の電磁筒を接続します（写真-3）。



写真-3 モールキャッチャ測定状況

4 施工事例

4.1 工事概要（図-5）

工 法：小口径アルティミット泥水式推進工法
 施工場所：埼玉県
 推進管径：呼び径600
 使用管種：下水道推進工法用鉄筋コンクリート管
 (NS推進管) L=2.43m
 下水道推進工法用鉄筋コンクリート管
 (E形管) L=2.43m
 推進延長：L=246.217m
 曲 線：曲線半径 R=200m
 曲線区間長 CL=44.995m

土 被 り：4.83～4.04m

土 質：シルト質細砂（N値0～2）

発進立坑：鋼矢板 L4,800×W3,200×H6,026mm

到達立坑：鋼製ケーシング φ2,500×H5,801mm

4.2 工事の留意点

本工事の留意点として、以下の3つが挙げられました。

- ① 曲線区間（R=200m）を含む長距離推進である。
- ② 対象土質がN値0～2の軟弱地盤である。
- ③ 到達立坑はφ2,500mm鋼製ケーシング立坑であるが、対面に同程度の高さで上流スパンの管が先行到達している。

4.3 掘進機選定

対象土質は普通土であり、曲線半径R=200mと比較的緩曲線であったため、掘進機は普通土用機を選定しました（図-6）。

また、還流ポンプ計算では排泥側に中継ポンプを設置する必要がありました。中継ポンプは管路途中に設置することが望ましいのですが、小口径管推進の場合、管内設備は引っ張り作業により撤去することが一般的であるため、中継ポンプを管路途中に設置した場合、撤去作業が難しいと判断しました。

そこで、排泥側中継ポンプを設置するためのポンプ筒を掘進機後方筒と推進管の間に接続し、到達立坑より回収することとしました。

4.4 施工結果

初期掘進から順調に掘進することができ、直線区間でのレーザ管理値とモールキャッチャ管理値の比較についても大きな差異はなく、R=200mの曲線施工を迎えることとなりました。

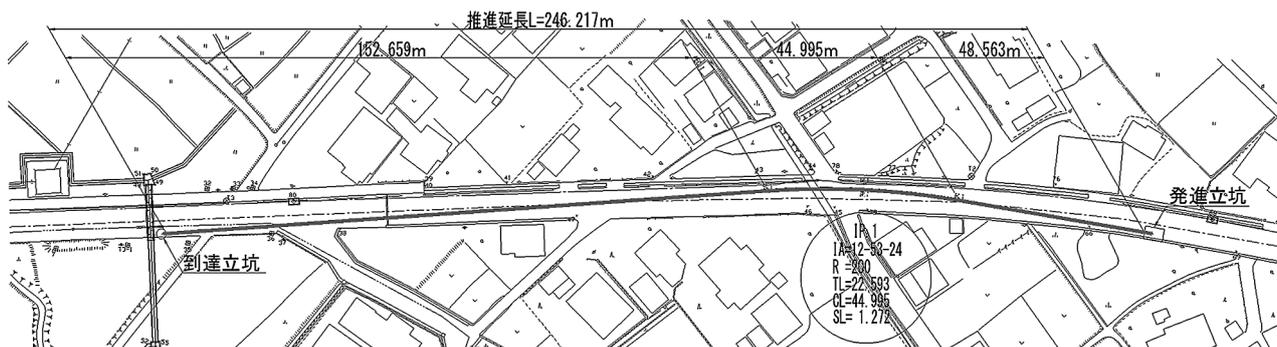


図-5 平面図

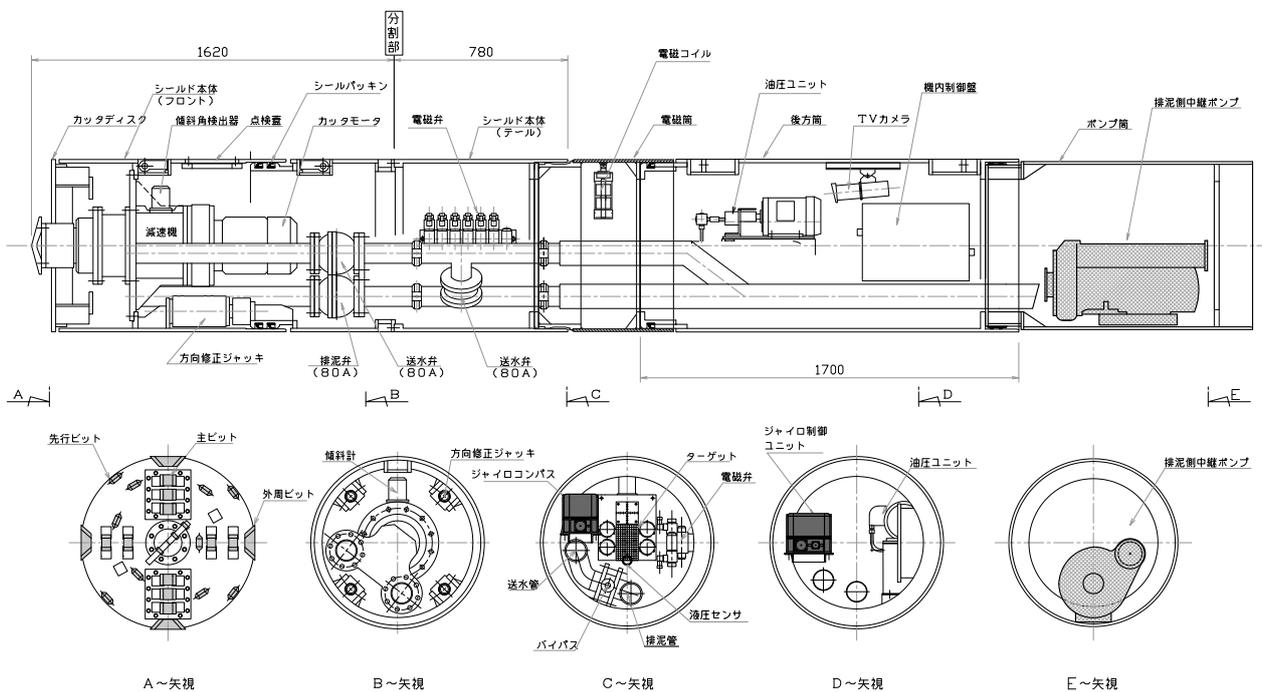


図-6 掘進機概要図

対象土質がN値0～2の軟弱地盤のため、BC点進入時の曲線造成について懸念していましたが、やはり計画修正量をかけてもジャイロコンパスの方位角から計画曲線が造成できていないことがわかりました。

そのため、計画修正量の補正と掘進スピードの調整を入念に行い、その結果、計画曲線を造成することができました。

その後の曲線区間の精度管理は、ジャイロコンパスの方位角と液圧差レベル計測値によるリアルタイム管理と、モールキャッチャの位置測定により安定していました。

推進精度は前述の設備、適正な推進力伝達材の配置による推進管列の追随、適正な掘進管理により到達まで安定していました。到達精度は鉛直方向が+5mm、水平方向が左20mmでした。

泥水還流においては、排泥側中継ポンプを掘進機のすぐ後方に設置したため、稼働させた際の切羽圧力の細かな調整が可能であるかが懸念され、できれば排泥ポンプのみで流体バランスがとれればと考えていましたが、やはり中継ポンプが必要となりました。ただし、実際は切羽圧力に影響を与えるようなことはなく、順調に掘

進することができました。

推進力については、初期掘進では計画推進力を上回ることがありましたが、その後は安定し最大推進力は550kN（計画推進力の57%）、到達時は350kN（計画推進力の22%）と低推進力で到達することができました（写真-4、5）。

しかし、本工事の留意点③に示したとおり対面に上流スパンの管が到達しており、その管の押し出し長さが想定以上であったため到達立坑はφ2,500mmでしたが、有効寸法的には2,000mm程度でした。

寸法的に一番ネックだったのは掘進機の後方筒で、後方筒全体を到達立坑に押し出しての切り離しは難しいと判断し、到達坑口の止水ゴムの中での切り離しを実施しました。

私自身、小口径曲線推進は本工事が3件目の施工で、また今回は長距離ということもあり施工前は色々不安が多く、掘進管理はいつも以上に気を使いました。

そのため、到達して掘進機の位置を確認した時は本当に安心したことをあれから14年程が経過した今でもよく覚えています。



写真-4 推進管路上 (発進側～到達側)

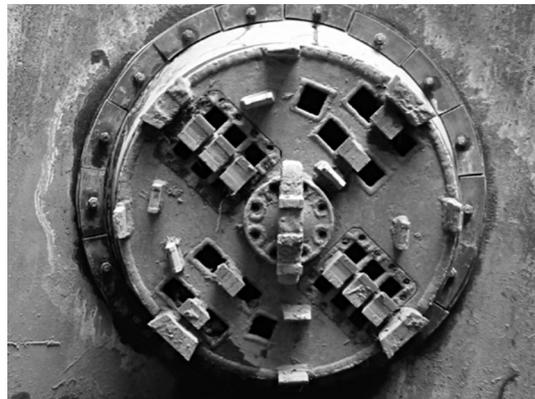


写真-5 掘進機到達

5 おわりに

本稿では、長距離・急曲線推進施工が可能な小口径アルティミット泥水式推進工法について解説しました。

現在の小口径管推進工法においては、塩化ビニル管の長距離・曲線施工、推進管内での位置計測技術の開発、広範囲な土質条件への対応等様々な技術開発が行われており、小口径管での長距離・急曲線推進は決して珍しくない施工であると感じます。

当協会におきましても、今後は豊富な施工実績をもつ大口径管のアルティミット工法で培われた技術を、小口径の分野に活かせるように、さらなる独自技術の研鑽を重ねていく所存です。

【参考文献】

・「長距離・急曲線推進工法 小口径アルティミット工法」

刈谷光男、月刊推進技術 Vol.21.No.10 (2007年10月号)
・「アルティミット工法による小口径管推進施工事例」 荒木大介、第18回日本非開削技術研究発表会論文集 (2007年11月)

○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

