

総論

# 高品質な長距離・曲線推進を支える 大中口径管推進技術

にしだ ひろはる  
西田 広治

(公社)日本推進技術協会  
技術委員会講座部会長

## 1 はじめに

推進工法は、当初は軌道横断や道路横断などの比較的短い管路の敷設で採用されていました。その後、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構築に用いられるようになりました。このような需要の拡大に伴い、1スパンの推進延長が長距離化し、道路線形に沿った曲線推進も実施されるようになりました。推進工法が開発されてしばらくの間は施工上のノウハウが重視されていましたが、より確実な施工を行うために、さまざまな研究や技術開発が行われました。その中で、長距離推進に関するものでは①中押工法の発明による推進力の分割付与②滑材材料や滑材注入システムの開発による周面抵抗力の低減（所要推進力の低減）などがあり、曲線推進に関するものでは①掘進機（刃口）の曲線造成機能②推進管列の曲線軌道の保持と追従のための推進力伝達方法③推進管の高品質化による継手目地開口部の止水性確保などがあります。

なお、長距離推進や曲線推進の計画に際しては、推進管相互に働く力の関係や継手部の状況、推進管の口径、管長、曲線部の延長、地盤の状態、掘進機（刃口）の構造、補助工法の要否等を正確に把握したうえ

で、確実な施工方法を立案・計画する必要があります。

本稿では、推進工法固有の技術である長距離推進・曲線推進の発展経緯と検討事項等について、その概要を記します。

## 2 長距離推進、曲線推進に関する 技術・研究の発展経緯

### 2.1 中押工法（連動中押工法）

現在では1kmを超える超長距離推進も実施されていますが、1960年代の推進工法は、シールド工法との優劣比較で、シールドがおおよそ内径φ2,500mm以下、延長150m以下の施工条件では経済性に劣ることから、推進延長150m程度が目安とされていました。その後、1970年代半ばには300m程度の長距離推進の需要が増え、潤滑剤（現在の滑材）の使用や中押工法が用いられていました。中押装置は、総推進力が推進管の軸方向耐荷力、元押ジャッキ設備の推進能力、支圧壁背面地盤の受圧能力のいずれかを上回った場合に使用されるもので、総推進力を中押設置箇所で分割できるため、前述の推進管耐荷力等に制約されることなく長距離推進を可能にします。また、連動中押工法は、複数箇所の中押装置を使用する工事において、中押装置を順次自動的に切り替えていくもので、長距離推進での省力化と施工速度の向上に一定の効果がありました。

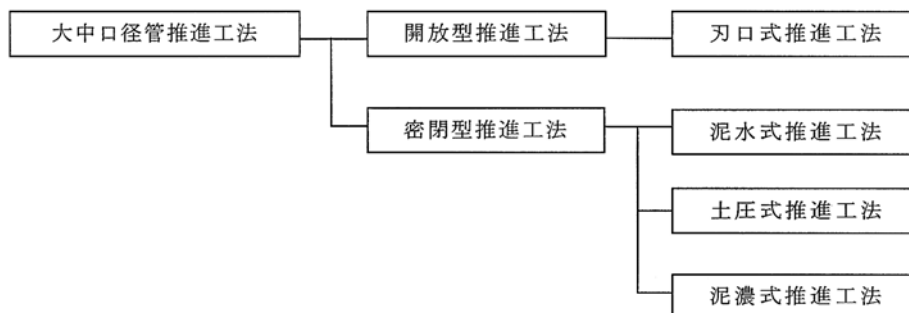


図-1 大口径管推進工法の分類

## 2.2 滑材材料と滑材注入システム

滑材の使用は比較的早く、1970年代初頭にはベントナイトを主成分とし、これに水、油等を配合したものが使用されていました。その後、種々の鉱物類をベースとした一液性の潤滑剤や推進管外表面にエポキシ樹脂を塗布し摩擦抵抗を減少させる方法なども試みられていました。滑材注入（システム）が画期的に進展したのは、現在の泥土圧式や泥濃式の基本である「オーバカットを行い、管外周面と地盤との空隙に保孔性能のよい滑材と泥土を充填させることで大きな周面抵抗力の低減効果を得る」という方式によるものであると考えます。

現在の密閉型推進の3工法（泥水式、土圧（泥土圧）式、泥濃式、図-1）は、性能を大きく向上させた滑材材料が開発されたことから、掘進機によりテールボイドを造成し、造成したテールボイドに確実に滑材を注入することで、推進管と地盤の摩擦抵抗力を低減する方式が主流になっています。

## 2.3 推進力伝達材

1965年に最初の曲線推進が実施されてから、推進管の左右の目地開きを計算で求め、クサビなどを入れて管列全体を近似円弧として推進する方法が実施されていました。ただし、クサビ方式は応力集中により管端面の破損をまねくことがあったため、開口調整ジャッキや上下2点のピン構造等も考案されました。その後、1970年代後半に、継輪（カラー）を推進管後端部に埋め込んだ推進管が開発され、そのときの管端面の緩衝材として合板が用いられて、曲線推進の推進力伝達に良好な結果が得られました。現在の曲線推進に用いられている推進力伝達材は、合板の特性を活かしつつ腐食しない管きょ材料として低発泡のポリスチレンを用いたもので、

弾塑性変形の機能を利用し、目地開口長に差が生じても推進管にはほぼ均一な応力が伝達されるように工夫されています。

## 2.4 推進管の高品質化

推進工法に使用される管材は、鉄筋コンクリート管、鋳鉄管、鋼管などが主でしたが、小口径管推進工法の需要拡大に伴い、塩ビ管、強プラ管などのプラスチック管材も使用されるようになりました。コンクリート管についても、標準管の圧縮強度である50N/mm<sup>2</sup>に加え、70N/mm<sup>2</sup>や90N/mm<sup>2</sup>（ガラス繊維鉄筋コンクリート管）の高強度のものや急曲線に対応できる鋼コンクリート合成管も使用されています。また、推進工法は、敷設された管がそのまま本管になる場合がほとんどであるため、継手部には確実な止水性能が要求されますが、近年の都市部での推進では敷設深さが大深度化する傾向にあるため、継手部の止水性能をより向上させた管も開発されています。さらに、市民生活に欠かせないライフラインとしては、耐震性能を確保する設計も取り入れられています。

## 2.5 測定の自動化

推進工法では推進管列が前進するためシールドセグメントのように測定のための固定点を設けることができません。特に、急曲線推進においては測量機器の盛り換え回数が増えるため、測量時間を短縮することが課題となっており、測定の自動化に関する研究が進められてきました。

## 3 長距離推進における検討事項

長距離推進は「一区間の推進延長が呼び径の250倍を超えた場合または500mを超えた場合」と定義され