

総論

# 推進工法を支える周辺技術

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、開発当初は軌道の横断や水路・道路の横断などの比較的短い管きょ（さや管）の構築に使用されていましたが、その後、道路交通の確保、市民生活の支障の低減および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・通信等様々なライフラインの管きょ構築に多用されるようになりました。

このように需要が拡大した背景には、推進工法に携わる方々の熱意や創意・工夫によって開発された数多くの技術があります。その中には密閉型機械推進における切羽安定理論や掘削土砂の流体輸送理論等シールド工法で開発された技術や研究成果をもとにしたものもありますが、滑材注入システムによる周面抵抗力の低減や推進力伝達材を用いた曲線施工などは「掘進機を含む推進管列全体を推す」という推進工法独特の管敷設方法から必然的に生まれた技術ともいえます。このような技術は、今ではあって当たり前という感覚で日常的に使用されていますが、本号では、これらを「推進工法を支える周辺技術」として特集しました。最新の技術情報は各解説に詳述されていますので、ここでは本号で取り上げられた技術の概要や開発の経緯などを記してみたいと思います。

## 2 推進工法を支える技術

筆者が推進業界に入った昭和51年は、下水道の処理人口普及率30%をめざして第4次下水道整備五箇年計画がはじまったところでした。下水道整備の一翼を担う推進工法も右肩上がり伸びていた時代で、大口径管推進工法では泥水式推進工法や土圧式推進工法が活躍し、小口径管推進工法も高精度で管を敷設できるアイアンモール工法の登場が契機となり百花繚乱の小口径管推進工法が市場に投入されました。

このように、推進工法はそのときどきの要望にお応えした次のような技術を開発し進展してきました。

- ・元押装置の動力化
- ・方向制御法の開発  
（セミシールド工法（開放型・密閉型推進工法））
- ・管継手部止水性能の向上  
（推進工法用管の規格化）
- ・中押工法「連動中押」の開発（長距離施工）
- ・密閉型機械推進工法の開発  
（泥水式、土圧式、泥濃式）
- ・滑材注入システムの開発（長距離施工、曲線施工）
- ・推進力伝達材の開発（推進管列の曲線軌道保持）
- ・自動測量システムの開発（測量の迅速化）
- ・ケーシング圧入機の開発（立坑の小型化）
- ・塩ビ管の推進工法への適用（低耐荷力管推進工法）

次項ではこれらを含むいくつかの周辺技術の概要を記します。

### 3 推進工法の周辺技術

#### 3.1 滑材・添加材

##### 【滑材】

推進延長の長距離化への対応としての滑材への取り組みは比較的早く、昭和44年に実施されましたが、この当時は潤滑材（Lubricant）に関する研究や資料が国内はもちろん国外にもほとんどなく、ベントナイトを主成分として水、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材なども開発されましたが、現在のように確実に余掘りし（テールボイドを造成し）推進管と周辺地盤のあいだに滑材を充填注入するという考え方ではなかったために効果は限られていました。余掘りをしなかった要因として、当時はシールド工法における施工後の地盤沈下が問題になっており、推進工法は余掘りが小さいため地盤沈下を抑制できるという考え方があったかと思えます。その後、セミシールド工法（開放型・密閉型推進工法）が活用されるようになり、掘削径は推進管外径よりも若干大きくとられるようになりました。滑材注入の考え方の大きな転換は、泥濃式推進工法が提唱した「積極的に余掘りし（オーバカットし）可塑性を充填することによって周面抵抗力を大きく低減する」ということが契機になったと考えます。現在は、泥水式や土圧式推進工法でもある程度の余掘りを行いテールボイドに確実に滑材を充填・注入ということが基本的な考え方になっており、様々な滑材や滑材効果を確実にするための推進（抵抗）力低減システムが開発され、長距離施工・曲線施工の信頼性を高めています。

現在使用されている滑材には次のようなものがあります。

##### (1) 標準滑材

昭和40年代半ばに商品化され、現在でも推進工法用滑材の標準設計配合になっています。一液性滑材が開発されるまでは主流でしたが、現在はほとんど使用されていません。

##### (2) 一液性滑材

昭和50年代半ばにベントナイトに高吸水性樹脂を加えた一液性滑材が開発されました。その後各メーカーから様々な滑材が開発され、大口径管推進工法、小口径管推進工法を問わず現在の推進工法用滑材の主流になっています。

##### (3) 二液固結型滑材（可塑性）

二液固結型滑材は古くから開発されてきましたが、泥濃式の可塑性としてテールボイドを保持する目的に使用されてから大きく広まりました。現在では泥濃式以外の推進工法でも地盤条件などによって一次滑材として使用されています。

##### (4) 遅硬性滑材

裏込め注入ができない小口径管推進工法用に開発された滑材で、先導体からの注入材が、①掘進期間中には滑材として、②掘進完了後には裏込め材として、機能するものです。

小口径管推進工法のほかにも改築推進工法においても使用されることがあります。

##### 【添加材】

添加材は、密閉型機械式推進の各工法に使用されています。ベントナイトの特性から粘土・ベントナイトが主に用いられていますが、近年はそれぞれの用途に適合した新たな添加材も開発されています。

##### (1) 泥水式推進工法の添加材

初期作泥材や泥水調整剤として粘土・ベントナイト・CMC等が使用されています。近年は施工現場の状況や土質状況にあわせて一体型作泥材も多く用いられるようになっていきます。

##### (2) 泥土圧式推進工法の添加材

細流分の不足している地盤で塑性流動性を促進するための添加材として粘土・ベントナイトが使用されています。対象土質や土砂の搬出方法によっては高分子ポリマを含む添加材、またカッタヘッドやチャンバに掘削土が付着するのを防止する目的とした粘性土付着防止剤などが使用されています。

##### (3) 泥濃式推進工法の添加材

切羽安定のための高濃度泥水として粘土やベントナイトを主成分とした添加材が使用されています。近年は