

総

論

# 管路設計を自在に

## 推進・シールド切換型工法の課題

もちづき たかし  
望月 崇

(公社)日本推進技術協会  
技術部長



### 1 はじめに

#### 都市トンネルの施工方法

都市でのトンネル（上下水道・電線・NTT管路等）築造工法には、開削工法と非開削工法がある。開削工法とは、土砂が崩れないように土留めしながら地盤を上から直接掘削して、下水道管を埋設する工法である。掘削深さが浅いところで用いられ、一般的なトンネル築造工法である。しかし、深いところや交通量の多い場所、地下埋設物が支障になるときは、開削工法では非常に困難となる。非開削工法は、地上から直接掘削せず、地上への影響が最小となるように下水管等を埋設する工法である。非開削工法には、トンネル工法、シールド工法、推進工法があるが、都市での施工方法としては、シールド工法と推進工法の施工実績が多い。

今回は、シールド工法が有利となる急曲線施工、長距離施となる場合には発進では推進工法、途中からシールド工法に切換えて施工する方法での施工実績が増えており、解説において施工報告について述べており今回は推進工法とシールド工法の違いについての説明、推進・シールド切換型工法の課題

について述べる。

### 2 推進工法とシールド工法の違い

#### 2.1 推進工法とは

推進工法は「推進工法体系」に推進工法の定義として示されており、「発進・到達立坑間において工場で製造された推進管の先端に掘進機・先導体または刃口を取付け、ジャッキ推進力等によって管を地中に圧入して管きよを構築する工法である。」と定義されている。

#### 2.2 シールド工法とは

シールド工法は、鋼製の円筒状の外殻をもつ掘進機を、掘進機後部に取り付けたジャッキで地中に押し込んで掘進させながら土を掘削し、トンネルを築造する方法であり、掘進機をシールド（シールド機）という。掘進につれてシールド後部では、鋼製または鉄筋コンクリート製のセグメントを組み立て、土留め壁を作り土砂が崩れることを防止する。また、このセグメントは、さらに掘り進めるための足場となり、地中に押し込む推進力の反力を受け持つ。セグメントと地山との間の空隙は、モルタル等により裏込め注入を行って充填する。さらに二次覆工として、セグメントの内

側に内巻きコンクリートを施工する場合もある。シールドの種類には手掘り式、半機械掘り式、機械掘り式、泥水式、土圧式などがあり、補助工法としては、高圧空気を送入する圧気工法、薬液注入工法、地下水位低下工法などが用いられている。また、泥水式、土圧式シールド工法は、推進工法の密閉型推進工法のもとになっている。断面形状は円形が一般的で、特殊なものとしては半円形、馬蹄形、長方形、めがね形などがある。トンネル外径が2m程度のものから15m程度の大断面のものまで施工されている。

#### 2.3 推進工法とシールド工法の比較

推進工法とシールド工法の比較については、推進工法とシールド工法の比較表（表-1）を記載する。

### 3 推進・シールド切換型工法の課題

これまでの発注された工事での推進・シールド切換型工法の課題について考えてみる。

- ・推進管の管厚がA-2規格管より厚くなる
- ・同じ円形管なのに完成形で作用する荷重（土圧・水圧・地盤反力等）の

考え方が違う

- ・新しい形状の推進管なのに検証されていない

以上3項目について考えてみる。

### 3.1 推進管の管厚がA-2規格管より厚くなる

推進管区間（図－1）、セグメント組立区間標準断面図、特殊推進管詳細図抜粋（図－2）に示されている推進管は、仕上り内径  $\phi 1,650\text{mm}$  のシールド工法切換型推進工法（泥濃式）と工法が指定されて発注された工事での、シールド工法で使用する推進管区間と鋼製セグメント組立区間の標準断面と特殊推進管の断面図と詳細図の抜粋である。

A-2 規格の呼び径 1650 の管厚は 150mm、E型管重量 5,060kg（参考値）であるが、今回指定された特殊推進管の管厚は 235mm、管重量 8,330kg である。内径は推進区間、シールド区間ともに同径とし、外径は、セグメント外

径に推進管外径を合わせている。このため、推進管厚がA-2規格管より厚くなっている。コンクリートセグメント（二

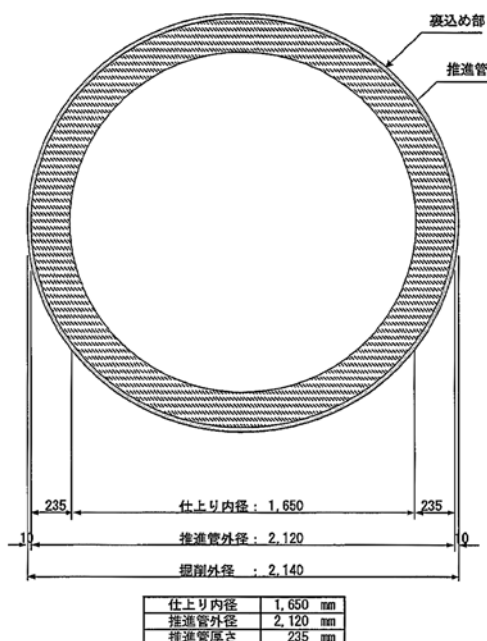
次覆工一体型）を使用した場合、セグメントの外径は 1,900mm となり、同等であるが、推進・シールド切換型工法

表－1 推進工法とシールド工法の比較表

| 工法         | 推進工法                                                                   | シールド工法                                                                   |
|------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 掘進機構       | 立坑内に設置したジャッキにより反力を受け、掘進する                                              | シールドに装備されたジャッキをセグメントに押し付けて反力を取り掘進する                                      |
| 覆工         | 工場で製作された推進管を発進立坑に投入セットし立坑内のジャッキで地中に圧入する                                | 工場で製作されたセグメントを掘進機内で組み立てる                                                 |
| テールボイドへの対応 | 掘進時は滑材を充填し、掘進完了後裏込め材を充填する                                              | 裏込め材を充填する                                                                |
| 掘進機        | 面板形状には差はない<br>方向制御するジャッキを装備している                                        | 面板形状には差はない<br>シールドジャッキ、中折れジャッキ（方向制御のため）を装備している<br>セグメントを組立てるエレクターを装備している |
| 断面形状       | 【掘削径】<br>内径 150～3,000mm<br>【断面形状】<br>円形、矩形                             | 【掘削径】<br>掘削外径は 1.8～14m 程度<br>【断面形状】<br>円形、半円形、複円形、楕円形、矩形                 |
| 線形         | R = 10m 程度以下の急曲線は適さない                                                  | R = 5m 程度までの急曲線の実績がある                                                    |
| 施工延長       | 推進抵抗が延長に比例して増大するため、シールド工法と比較して施工延長は短い<br>最近では滑材や掘進機等の改良により 1km 超の実績がある | 9km を超える長距離施工の実績がある（鉄道、道路トンネル、電力等）<br>推進工法と比べ有利である                       |
| 適用土質       | 推進工法では、シールド工法と比較すると、礫や巨石に対する適用は困難である                                   | 未固結地山から巨石地盤、岩盤まで適用範囲は広い                                                  |

推進管区間 標準断面図

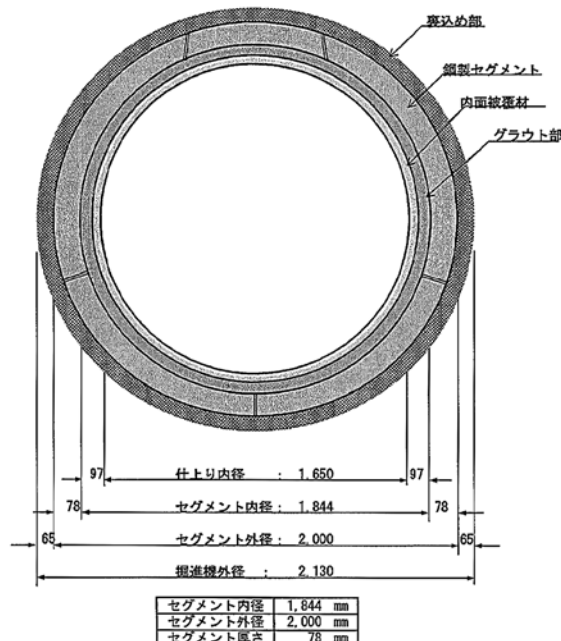
仕上り内径 1,650 mm



セグメント組立区間 標準断面図

(二次覆工：内面被覆工法)

仕上り内径 1,650 mm



図－1 推進管区間、セグメント組立区間標準断面図