# 開出粉排進進

# ベルスタモール工法の 取り組みと今後の課題



## 1 ベルスタモール工法について

ベルスタモール工法(以下、本工法)は、平成7年にベルスタモール工法協会(以下、本協会)を発足して活動を開始し、長距離・急曲線対応の難施工を追求し現在に至っております。ロシア語で「1km余り」を表す「ベルスタ」と、英語でモグラを表す「モール」を組み合わせました「ベルスタモール」という名前をつけて工法協会名にしております。

下水幹線の整備もかなり進み、道路 下での地下構造物や管路等埋設物の増加している昨今、狭い道路に沿って敷設される推進管は急曲線が3つ4つという線形も珍しくありません。

本工法は、これらの時代の流れをい ち早く取り入れ、長距離、急曲線、大 土被りの施工に取り組んできました。

本協会の泥濃式推進工法理論は「切羽とテールボイドはひとつの連続体であり、高濃度泥水+地山の混合物からなる泥膜を表面に形成して圧力差によって地山を安定させると共に、テールボイドを固結性滑材により安定させる」という泥濃式工法の切羽ーテールボイド安定理論に従って施工を可能に

しています。

### 2 曲線推進への対応

本工法の特長は超急曲線施工と長距 離推進能力です。

曲がる掘進機に特化し、機長を短く、 修正ジャッキを長く、呑み込み部分の 形状を最適化するように改良を重ね、 口径の10倍程度の曲線半径に対応、 口径 \$00mmで最大R=5.3mまで、 \$\phi\$2400mmではR=25mまで曲がる 掘進機になっています。標準で2分割 管、超急曲線でも4分割管と全長が短 く、発進立坑でも扱い易い設計になっ ており泥濃式推進工法であることの特 長を伸ばした成果です。

#### 2.1 切羽のオーバカット

泥濃式推進の特徴は、泥水式・泥土 圧式よりも大きなオーバカットにあり ます。オーバカットは、テールボイド と呼ぶ泥膜層を形成する空間を確保す るために、管外径より大きく掘削する ことです。推進管の周囲に、流動性の ある高濃度泥膜と固結性滑材によって 充満することで、急カーブ内での管の 移動をスムースに行うことが可能にな りまた。安定した推進力が保たれ更に 長時間にわたって最適な性状を保つための材料と置換範囲の厚みを確保していますので、長期間になりがちな長距離施工が可能になります。

本工法の場合、標準では片側45mm、狭い場合でも片側25mmの範囲をオーバカットとしています。また、テールボイドの適切な泥膜を形成するためにカッタ外周部分から特に濃い泥水を注入し、排泥を適切な粘性土に保つためにカッタ中央から高粘性の泥水を注入するといった、土質に応じて切羽(排土)とテールボイドの性状を調整可能な2系統の送泥装置を装備し、安定した推進施工を図っています。

#### 2.2 二液硬化性滑材の注入

セグメント構築直後に裏込めをするシールド工法と異なり、推進工法は到達するまで全ての管が移動するので、長期間テールボイドの性状を維持することが非常に重要です。昔の泥水工法や泥土圧工法では、周辺抵抗が大きくなる前に押し切るしか方法がありませんでした。また、単に高濃度泥水をオーバカット部分に置換しただけでは、すぐに水分が散逸したり、地山と置き換わったりなどの現象が発生します。これを防ぐため、二液硬化性滑材をテー

ルボイドに注入し、テールボイド内の 圧力維持と固形物による周辺地盤との 反力の伝達を持続させます。二液硬化 性滑材自体は地山に比べてそれほど強 固ではなく、ある程度の応力を加える と崩壊する程度の強度で、管周辺推進 抵抗を軽減します。粒状になった滑材 が移動して、圧力を均等に維持します。

本工法では、掘進機後部の4方向の可塑剤注入孔を使って二液硬化性滑材を注入し、確実にテールボイド全周面を安定・強化します。これはカーブ外側に滑材を多く注入することができるので、急曲線施工での推進力の低減が図れ、長距離推進や急曲線施工が可能となります。

#### 2.3 超急曲線対応掘進機

本工法の掘進機は、接合部の特殊形状と方向修正ジャッキの多段配置により曲げ角度を大きく取ることと、掘進機長を短く押さえることの両方によって、掘進機の極限Rの最小曲げ半径を

小さくしています。それにより、最小は  $\phi$ 800mm掘進機でR=5.3m施工の掘進機があり、推進が可能となっています。

また、掘進機外径が管外径に合わせてあるため、カッタで攪拌混合された高濃度な泥土が均等に損傷無く残存でき、テールボイドを良好な状態で長期間維持できることにより、推進力の低減が図れます。

回転数が速く、攪拌能力を重視したスポークカッタや、高水圧・長距離に耐えるシール構造からセンタシャフト駆動を採用し、低トルク・低消費電力で、無理に地山をかき乱すことなく、自然に礫を取り込む掘削方式を取っています。

#### 2.4 推進力低減システム (LVS)

テールボイドの劣化を未然に防ぐため、必要に応じて滑材を推進管から補足注入します。可塑剤をテールボイド全周面に均一注入することで推進力の

低減を可能にしたLVS装置があります。 推進管の裏込注入孔より滑材を全 周・全線に渡り効果的に注入します。

このことにより外周面抵抗を低減し、 外方向分力による側方土圧が分散され ることから、カーブ部での防護薬注 や、高強度な外圧管の必要性が減少し ます。

#### 2.5 施工法の普遍化

推進工法は前が見えない状態で車を 運転するようなもので、従来施工班の 腕次第、技術と言うよりも技の世界で した。しかし、現在では大部分が曲線 での設計で、高い到達精度を要求され ており、偶然ではなく必然として高精 度施工ができる理論的操作方法が必要 になってきています。

下記の要領でカーブ、特に急曲線に対する施工管理に対応しています。

- ①急曲線施工では修正の遅れは致命傷となりますので、カーブ半径・管径・機長より適正修正量を計算し、カーブ出入口において、多段のジャッキ修正を順序よく適正に行います。
- ②ローリングは修正量の計算が複雑化 して精度不良の原因となるので、す ぐに解除します。
- ③推進管の目地開口をチェックし、異常があれば適切に開口調整を行います。
- ④測量時には掘進機の向きを計測し、 カーブ接線方向に向いていることを 確認します。
- ⑤元押し推進力の変化に注意し、異常 があれば原因を追及し、対策を行い ます。
- ⑥排泥の状態に注意し、変化があれば、 互層の状態とピッチング計・電流計 の表示や測量結果から、推進方向の 変化に注意します。

#### 2.6 測量方法

曲率がきつくなると、視認範囲が狭くなり、使用するトランシット・光波の台数が極端に増加します。また推進

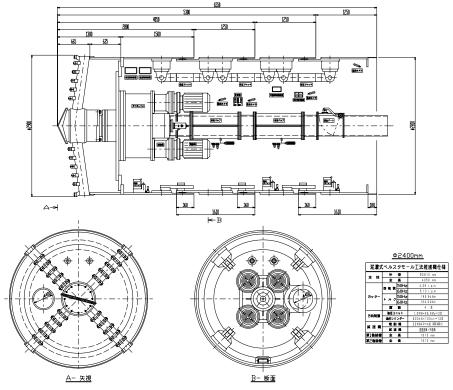


図-1 泥水式ベルスタモール工法推進機 急曲線機(4分割仕様)