

解説

# 現場施工条件に最適な推進工法を探る

まつもと ふみひこ  
松元 文彦

㈱アルファシビルエンジニアリング  
取締役施工副本部長  
(技術士 RCCM)

## 1 はじめに

我が国における密閉型推進工法の発展の背景のひとつとしては、推進管のJIS規格化にいち早く取り組み、それらの寸法に対応した掘進機を各社が開発し、転用機として積算体系を確立したことにある。すなわち、現

場諸条件に応じた1現場あたり全損のシールド機とは違い、転用機として適用性の広い掘進機の開発を行ったことにより、工事全体のコスト削減を図り複数現場に対応が可能となり、多くの現場数を熟すことで、検証数が増加され、PDCAサイクルが加速されたことが今日のシェア拡充に至ったといえる（写真-1～4）。

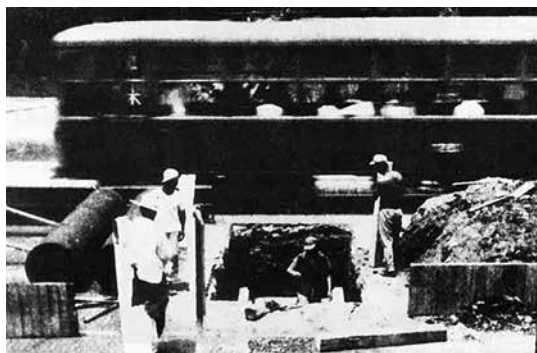


写真-1 初期の推進工事（1950年ごろ）<sup>1)</sup>

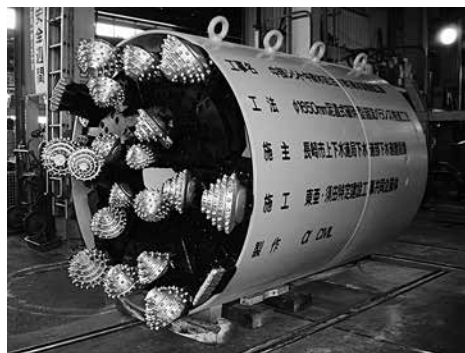


写真-3 巨石・岩盤層への対応（破砕型掘進機：2005年～）<sup>3)</sup>



写真-2 急曲線に対応してロングセラー（超急曲線掘進機：1995年～）<sup>2)</sup>

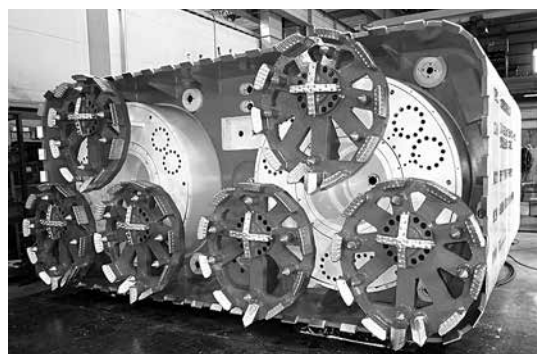


写真-4 異形断面への挑戦（ボックス掘進機：2001年～）<sup>4)</sup>

しかしながら、昨今の施工条件をみると、難易度だけでなく制約条件が多く、従来の掘進機やシステムでは適用ができない事例も多い。また、厳しい施工条件下においては、設計段階で綿密な工法選定による特定の工法の選定が行われている場合もあるが、発注者側の施工承諾による設計とは異なる工法の採用により、リスク度合いが増加する場合もある。このことは、発注者側からすれば施工側の判断に委ねることで責任を移譲する意図も見え隠れしており、設計コンサルタントの判断や見解を無視する行為につながる。さらに、過去の多くの施工実績による過信が足を引っ張る形となり、工法団体からの適用範囲を超えた過剰な提案を鵜呑みにし、発注者側の不適切な評価選定により、結果として大きなトラブルを招くケースも見受けられる。

このような背景から、推進技術はある意味転機を迎えている。いわば、それらの環境変化に対して前向きに取り組むことを各メーカーや工法団体に求められている。特に従来の考え方で転用性や適用性を求め過ぎると現場条件との不一致や適用性不可から高リスクに陥ることから注意が必要となる。

よって、本稿では、種々の施工条件を拾い出し、推進工法を行ううえで考慮すべき事項を挙げるとともに、より最適な掘進機や設備およびシステムについて紹介する。追加して、特殊条件下での施工条件の例を挙げるとともに、それらに適用した掘進機やシステムについて

解説する。

## 2 施工条件と考慮すべき事項

施工条件としては土粒子構成や地下水位条件などからくる地盤条件と土被りや線形などの計画設計条件に大別される。以下にそれらの内容について示す。

### 2.1 地盤条件

#### (1) 崩壊性地盤

地下掘削工事においては、掘進時の切羽の安定とその維持・継続が最優先されるが、その確認としては、開放型における地山の流動化指標がある（表-1）。ここに示す指標を推進工法に適用した場合、均等係数5未満、細粒分の含有率（バインダー分）10%以下、透水係数 $1 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ の条件下においては、密閉型（泥水式・土圧（泥土圧）式・泥濃式）といえども土粒子の流動化による地盤沈下や陥没の発生が懸念される（表-2）。よって、対策としては高濃度添加材の使用や掘削能力の高いカッタ構造および切羽圧力変動の少ない施工管理が必要となる。しかしながら、このような地盤において、一度流動化が進んだ地盤では機内からの確実な防止対策は期待できにくく、抜本的な掘進機構造の再検討や補助工法の活用による地盤強度の増加や粘着力の向上を目的とした対策が必須となる。

表-1 開放型における地山の流動化指標<sup>5)</sup>

主体（年度）	指標	備考
矢田ほか（1969）	$G_s \leq 2.65, \gamma_d \leq 1.7, U_c \leq 4.0, D_{50} \leq 1.5, D_{10} \leq 0.15$	加木トンネル
森藤（1973）	細粒分含有率（74 $\mu$ 以下） $\leq 10\%$	生田トンネル
日本国有鉄道構造物設計事務所（1977）	①均等粒径の砂・細粒分含有率 $\leq 10\%$ , $U_c \leq 5$ ・飽和砂 ②地下水位の高い砂および砂礫層 ③不等水層中に介在する帯水砂層	—
土木学会（1977）	細粒分含有率 $\leq 10\%$ ・ $U_c \leq 5$	—
大島ほか（1979）	細粒分含有率 $\leq 15\%$	—
奥園ほか（1982）	細粒分含有率 $\leq 8\%$ , $U_c \leq 6$ , 透水係数 $\geq 10\text{-}3 \text{cm/s}$	—

表-2 各工法別の透水係数の指標<sup>6)</sup>

工法	透水係数	切羽性状
泥水式	$1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ まで	液性
土圧（泥土圧）式	$1.0 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ まで	塑性流動体
泥濃式	$1.0 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ まで	液性～塑性流動体