

解説 次なる発想の源

次世代型推進工法の開発と今後の展開

～ボックス推進工法・貫入リング回転切削型接合法～

まつもと ふみひこ
松元 文彦

㈱アルファビルエンジニアリング
取締役技術部長



1 はじめに

推進工法は、昭和40年代から施工が開始され、高度経済成長と共に発展してきた。今では日本はもとより海外においても地下非開削管きょ埋設工法として欠かすことができない施工法となっている。密閉型推進工法としては、下水道を中心に採用されはじめ、シールド技術からの展開としての①泥水式、②土圧式と、その後の③泥濃式の3工法で大別されており、立坑や推進設備用地の確保が困難な都市部において、超長距離推進や超急曲線推進が求められ、3工法は切磋琢磨しながら掘進機や推進力低減装置等の検証・開発を行っていった。このような先駆者の努力の結果、今では500m以上の長距離推進やR=30m以下の急曲線推進が標準的な施工技術として全国各地で展開されている。

これら「セミシールド」と呼ばれる密閉型推進工法の発展は、我が国の急速な都市化により、道路や建造物等が先行投資され、地下の下水道などの都市基盤整備が遅れたことや国土特有の狭小な環境の中で基盤整備を行わなければならないなどの様々な制約が、

積極的に研究・開発が進められた要因と考えられる。そのことが今では日本の技術が世界のトップレベルにあるといえる所以である¹⁾。

さて、次世代の推進工法の展開としては、制約や制限が大きくなればなるほど新しい技術が生まれる可能性が高い。その限られた条件の中で既成概念を排除し、様々な土木技術を念頭に入れて物事を組み立てる姿勢が必要となる。当然ながら、開発にかかる先行投資費用の捻出と企業全体の後押しや発注者・設計会社等の柔軟な対応も必要となるため、独りよがりでは新しい技術の誕生はないといつてよい。

当社では次世代の推進工法として、円形から矩形への対応としての「ボックス推進工法」と制約条件から生まれた安全性の高い地中接合技術である「貫入リング回転切削型接合法」があり、これら2工法が誕生した背景と次世代の推進技術として求められる内容を総括し、市場への展開や今後のあり方について述べる。

2 工法開発の主眼

工法の開発にあたってはまずトレンド

を探る必要がある。表-1に推進工法に求められる課題と現状技術をまとめた内容を示す。

ここに示すとおり現在、主要都市の下水道工事等のインフラ整備はピークを越え山間部や地方へ移行し、対象土質も沖積層から洪積層へと硬質地盤の対応が求められている。断面形状の多様化としては、埋設管路などの地下輻輳化により、断面に制約を受けながら必要流量や必要空間を構築する技術が求められる。また、地下の大深度化が進む中、シールド工法における主要幹線の管きょは整備されつつあるが、それらに接続する分岐・合流としての地中接合技術は、今後必要不可欠となる。このように、これまでの推進工法に見られた「万能性」よりもシールド技術のような、現場諸条件に応じた「適合性」が求められ、細やかな掘進機仕様の変更やシステム開発が望まれている。

以上のことから、弊社では「ボックス推進工法」と「貫入リング回転切削型接合法」の市場性が拡充されるものとして、展開している。

表ー1 推進工法における課題と現状技術

大分類	掘削・線形	大断面掘削および断面形状多様化	分岐・合流
課題	①巨石、岩盤への対応 ②長距離施工 ③急曲線施工 ④障害物対応	①雨水浸水対策 ②小土被り地下空間 ③地下通路 ④地下大断面空間	①大深度 ②既設構造物への直接到達 ③地中接合
求められる機能	①面盤破碎 ②管外周面抵抗値の低減 ③多段中折れ掘進機 ④障害物切削ビット、駆動部引き戻し	①分割型大口径掘進機 ②矩形断面掘進、2連掘進 ③矩形断面掘進、先受けパイプルフ等 ④矩形断面掘進、先受けパイプルフ等	①高水圧対応 ②既設構造物直接切削、スライドフード、駆動部引き戻し ③スライドフード内蔵型、駆動部一体引き戻し
超流バランス式における現状技術	①ビット単体破碎型掘進工法 ②TRS装置 ③超流バランス式超急曲線掘進機 ④杭切削対応型掘進工法、リターン回収掘進工法	①多軸・自転公転方式 ②ボックス推進工法 ③ボックス推進工法、長尺大口径パイプルフ工法 ④大型ボックス推進工法、長尺大口径パイプルフ工法	①高水圧対応排土バルブおよび密閉型貯泥槽付掘進機 ②貫入リング回転切削型接合法、リターン回収掘進工法 ③スライドフード内蔵型、リターン回収掘進工法

※ 下線部分は本稿で紹介する技術

3 開発経緯

3.1 ボックス推進工法

ボックス推進工法の開発にあたっては、矩形地下空間の必要性から始まった。通常、回転体を用いた掘削機構は円運動となるため、必然的に円弧を描く掘削機構になる。それゆえに異形断面を構築するためには、カッターアームを伸縮させるコピーカッター方式や、回転体の軸を油圧駆動等により偏芯させる方式が一般的に考えられてきた²⁾。しかしながら、地盤強度の低い地盤や比較的断面が大きいシールド工法での適用は

可能となるが、推進工法においては断面に制約を受け、構造的にも制限が多い。また、掘削効率の観点からは、隅角部での複数のカッターが作用する掘削方式の場合、極端に掘削食込み量が少なくなり、十分な掘進速度を確保することができない難点がある。さらに、切羽流動性の確保の観点からも攪拌効果が低下することから効果的とはいえず、回転軸線を偏芯させるセンタ駆動方式の構造は地中での主軸の脆弱性を助長する結果となる。

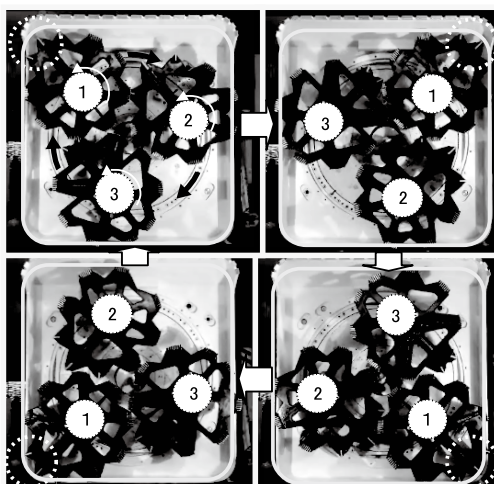
以上のような課題を克服するにカッター回転機構の開発を行った。詳細について

では、本誌の文献³⁾を参考にされたい。**写真ー1**にボックス掘進機のカッター回転機構を**写真ー2**に□3,000×3,000mmのボックス掘進機全景を示す。

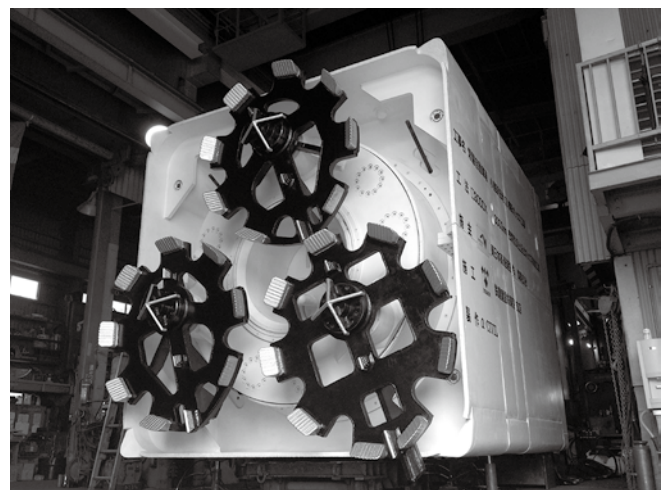
3.2 貫入リング回転切削型接合法

貫入リング回転切削型接合法の開発にあたっては、シールド工法等により構築された主要幹線管きよ側面に接続する技術として、掘進機能と既設管きよの鋼製セグメントを含めた直接切削接合可能な機能の模索から始まった。

既にφ3,000mm程度の大口徑分野ではMELIT工法⁴⁾の施工技術があったが、φ800mmからの中小断面におい



写真ー1 多軸自転・公転ボックス掘進機 カッター軌跡



写真ー2 □3,000×3,000mm（外郭 □3,620×3,620mm）ボックス掘進機