

解説 進化した推進技術

大中口径管推進工の最先端

なかの まさあき
中野 正明

機動建設工業(株)
取締役専務執行役員
(本誌編集委員)



昨年の本誌の当月号において技術革新が顕著な推進工法の中でも、特に近年の開発実績が著しい大中口径管推進工の最先端技術を紹介させていただきましたが、あれから1年が経過して新しく様々な施工技術が提案・施工されています。

大中口径管推進工法は日本国内での施工実績は60年を優に超えて円熟期に入った感がありますが、社会のニーズはますます複雑化して従前の実績にあぐらをかいているような状況ではありません。推進工法は困難な土質条件や複雑化する制約条件に対して新しい技術を開発・提案・施工することによって着実に進歩を遂げてきています。しかし、その内容はここ数年で少し変化してきていることも事実で、昨年ご紹介した長距離施工・曲線施工・大深度施工・小土被り施工・急勾配施工などの技術の進歩はもちろん着実に行なわれていますが、無闇に「ハード」を競って1スパンの推進距離や最小曲線半径のみを追い求める段階は過ぎ去ったような印象があります。最近では発注者や社会環境の要望を受けて、困難な制約条件を克服して必要な管きよを必要な場所に必要な形状で埋

設する「ソフト」技術が提案されています。そのような施工技術として最近注目されるのは(1)機械式ボックスカルバート推進工(2)既設構造物直接到達工(3)海底推進・回収工(4)複合推進(推進+シールド)などの施工技術ですが、それぞれ問題点を着実に解決して施工を可能にしています。ここでは問題点やその解決手段と先端の施工事例などを紹介して、今後の設計や施工の参考にしていただきたいと思います。

1 機械式ボックスカルバート推進工

▶掘進機を使用して函渠を正確に推進

ボックスカルバート推進工は以前から数多く施工されていましたが、そのほとんどは切羽開放型の刃口推進工法でした。最近では幅広い土質に対応して長距離・曲線施工を効率よく行うために機械式密閉型のボックス推進が施工されるようになりました。

1.1 掘進機

【切削機構(カタ)】

ボックス型の掘進機で問題になることは、カタの回転は基本的には円周であるため隅角部などに未切削部が残

ることです。そのためボックス型の掘進機には未切削部を少なくする工夫がなされています。例えば、補助カタ方式・遙動カタ方式・自転公転方式などがあり、函渠の形状や土質条件などによって選定されています(写真1~3)。

【推進方式】

機械式ボックスカルバート推進工の推進方式は $\square 2 \times 2\text{m}$ 以上の比較的大型の函渠の場合は泥土圧工法が主流であり、パイプルーフなどに使用される比較的小型の函渠の場合はその他の泥濃工法やオーガ工法も用いられます。

1.2 函体

【コンクリート製】

コンクリート製函渠の構造としてはRCタイプとPCタイプがあり、一体で運搬できない寸法の場合は分割運搬・組立方式となり、その場合の接合はPC鋼棒の緊張が一般的です。特長としては推進した函渠がそのまま構造物として使用できるため工期が短縮できるとともに工場製作であるため高品質のコンクリート構造物になります(写真4)。

【鋼製】

鋼製函渠はパイプルーフなどの小型

の場合は一体物で製作し、アンダーパスなどに用いられる大型の場合は分割のセグメント方式が一般的です。鋼製函渠の特長としてはコンクリート製と比較して軽量であるため自重に起因する推進抵抗が小さく長距離施工に適しています。また、隣接する函渠との連結のためのジャンクションを取付けることでパイプルーフや先行支保工としての用途に適します（写真－5）。



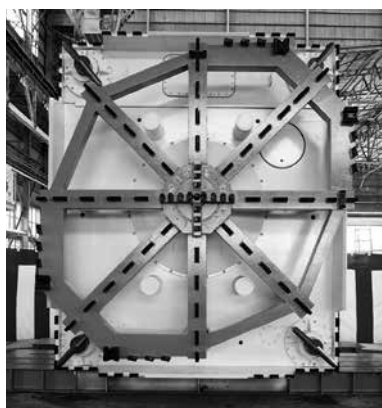
写真－1 密閉型ボックス掘進機前面

1.3 長距離施工

ボックス推進においても機械式密閉型の推進工法を採用することによって長距離施工が可能になっています。推進抵抗の低減方法は基本的には通常の推進工と同じように滑材の注入ですが、ボックス推進の場合は上面が平面であるため上載土がアーチ状に保持されずに函渠上面に全土荷重がかかり推進抵抗の増大を招くことがあります。



写真－2 ハーモニカ掘進機械



写真－3 矩形ハーモニカ工法掘削機
（揺動型泥土圧式）



写真－4 ボックスカルパート函体

そのため特に函渠の上面と下面の摩擦抵抗の減少が重要で、滑材注入の工夫やディスリップカーテン工法などの物理的な縁切り対策が行なわれています（写真－6）。

1.4 曲線施工

ボックス推進工はそのほとんどが直線施工でしたが、最近では曲線施工も頻繁に行なわれるようになっていきます。コンクリート製の函渠の場合はその継手部をカーブ形状にして推進力伝達材を挿入することによって、掘進機が切削した曲線トンネルへの追従を図ります。鋼製函渠の場合は継手が溶接やボルト接合であるため曲線は全線の円弧形状として、函渠自体に曲線に応じたテーパを設けるのが一般的です。特異な事例としては平面・銃弾ともに円弧形状の三次元の曲線を描く鋼製ボックス推進工も行なわれており、この場合は平面・縦断ともに台形の函渠が使用されています（写真－7）。

2 既設構造物直到達工

▶ 既設構造物に直到達して掘進機を回収

マンホールや幹線などへの接続する場合はその直前に到達立坑を築造して掘進機を回収するのが主流ですが、到達立坑の築造が不可能な場合は到達時点で押し止めて内蔵の駆動部は撤去して外殻は残置する方法を取ります。そ



写真－5 鋼殻組立状況



写真－6 カーテン鋼板の取付状況



写真－7 推進中の函内状況（曲線部）