

# 解説 進化した推進技術

## 大中口径管推進工の最先端 じゃま物を避けたり取り除いて 思い通りの管を敷設する推進工法



なかの まさあき  
中野 正明

機動建設工業(株)  
取締役常務執行役員  
土木本部長 (本誌編集委員)

毎年の恒例記事となっている当月号の最先端推進技術のご紹介を、今年も1年を振り返りながら記述させていただきます。

昨年の記事は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」技術という観点で記載しました。そのような施工技術例として機械式ボックスカルバート推進工や海底推進・回収工などを紹介させていただきました。これらの施工技術はここ1年でさらに施工実績を重ねながら進歩していますが、今年にはさらに都市部における制約条件を克服するための施工技術や海外への展開が具現化した1年であったように感じています。

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ており、その施工環境はますます厳しくなっています。特に都市部においては増補管路などの新設管きよを既設埋設物に近接して避けながら施工した

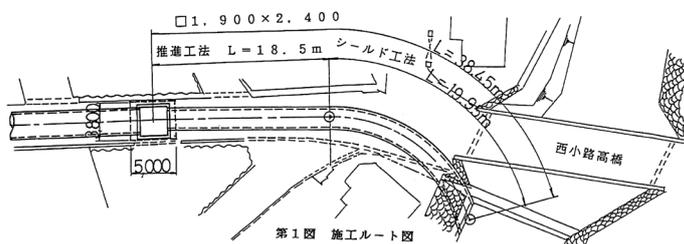
り、時によっては障害物を撤去しながら施工したりするケースが増えてきています。そのような施工技術として最近注目されるのは(1)推進+シールド)施工技術(2)障害物機内撤去技術(3)埋設物輻輳箇所の推進工法付帯技術などです。また、国内市場の閉塞感と海外における日本の推進技術の評価を背景に海外における施工事例が増加し、今後も現地の状況に合わせた推進技術の発展・定着が望まれます。

ここではそれぞれの技術の問題点や

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させていただきたいと思います。

### 1 推進+シールド施工技術

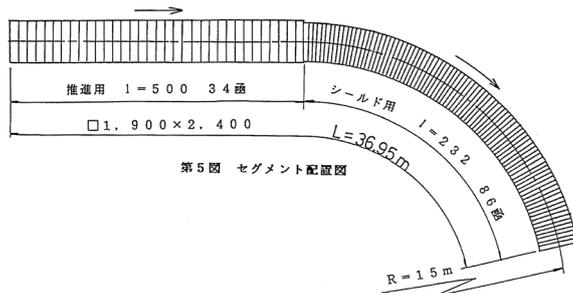
推進工法とシールド工法の互いの長所を生かし短所を補う工法として、その組み合わせの考え方は刃口推進工法の時代からあり、昭和40年代初めに考案され昭和54年に実地施工がなされています(図-1、写真-1)。



第1図 施工ルート図



写真-1 混合推進(曲線部)



第2図 セグメント配置図

図-1 推進路線図

今日では推進工法・シールド工法とも機械式密閉型が主流であり、この施工技術も掘進機を先端に設置してその後方にシールド設備を配置する工法が提案されています。いずれにしても、推進工法に用いられる管材では対応しきれない急曲線部を路線の途中に含む場合は、急曲線部手前までは通常のヒューム管を使用した推進工法で施工し裏込注入や軌条設備を設置してからセグメントを組立てるシールド工法に切替える工法です。

### 1.1 掘進機

複合推進に用いられる掘進機の本体は通常の推進機で、その後方にシールドジャッキやエレクタを内蔵したシールド筒を取付けます。シールド掘進機



写真-2 ハイブリッド掘進機（全景）

と違って全損ではなく損料計上であるため、到達立坑での回収を前提とします。また、急曲線施工に多く用いられるため折れ角を十分に確保できる中折れ式の方向制御ジャッキを装備しています（写真-2）。

### 1.2 管材

推進部分の管材は一般的には通常のヒューム管が多く用いられ、シールド部の管材はセグメントが用いられます。セグメントは電力管路やガス管路の場合は鋼製も用いられますが、下水道の場合はRCセグメントが用いられ

るケースが多くあります。また、完了後の二次覆工を施工しなくてもよい二次覆工省略型のセグメントも最近では用いられるケースがあります（写真-3、図-2、3）。

## 2 障害物機内撤去技術

推進途中で障害物を撤去する方法としては、機内からの撤去・掘進機による切削・引抜き撤去などがありますが、それぞれ施工環境や障害物の事前把握の有無によって方法が選択されます。

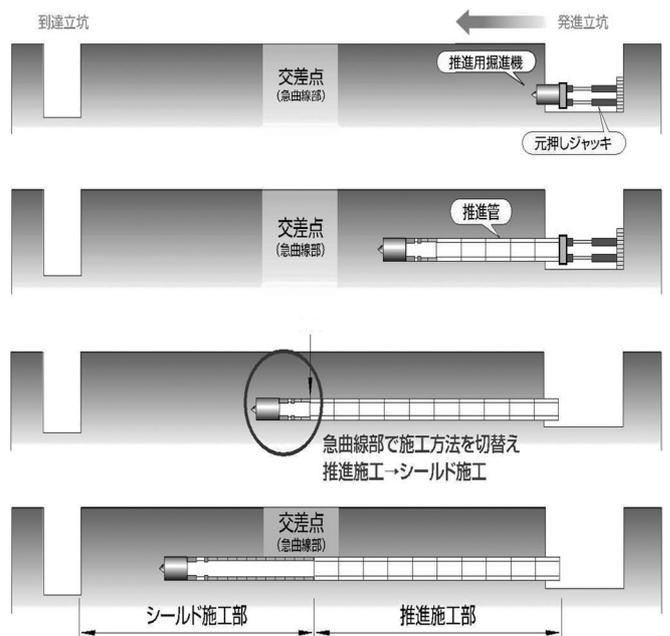


図-2 施工手順図



写真-3 シールド工法と推進工法の切替状況

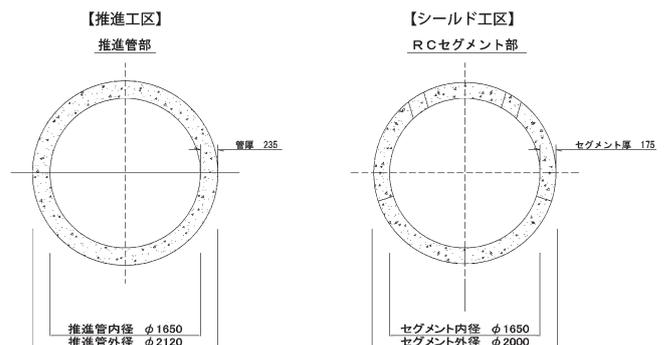


図-3 二次覆工一体型の施工断面（仕上り内径1,650mm）

## 2.1 機内からの撤去

掘進機の隔壁に取付けた点検窓などを利用して作業員がチャンバ内に入って障害物を撤去する方法で、そのようなタイプの掘進機を使用している場合にのみ適用可能な方法です。通常は機内ビット交換型の掘進機を使用して行なわれますが、隔壁に作業員が出入り可能なマンホール(点検窓)があることは必須ですが、面板の前面にある障害物を撤去するためには面板のスリット大きくしておいたり面板にも撤去用の窓を設けたりすることも必要です。隔壁を開放しての作業が必要ですから障害物撤去作業時には前面切羽が自立している必要がありますので、事前の薬液注入による地盤改良や圧気工法が併用されたりします(図-4、写真-4、5)。

## 2.2 掘進機による切削

障害物を直接切削することができれば、切羽を解放する必要がなくなり安全性が向上します。そのような工法としてはウォータージェットを併用するパターンと掘進機のビットで直接切削するパターンがあります。この方法のポイントは機内からの探査による障害物の事前把握と対象物の確実な切削と取り込みです。また、切削作業に伴う周辺地山の崩壊を防ぐために障害物付近の地盤改良による固化が必要です。そのような工法がいくつか提案されて

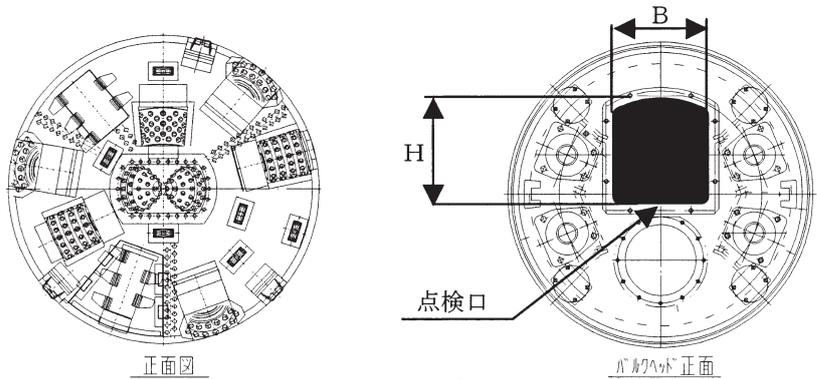


図-4 バルクヘッド図

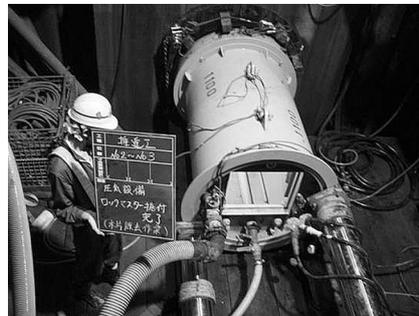


写真-4 圧気用ロック室設備状況



写真-5 点検扉開口、管内作業状況

いますが、掘進機による直接切削は従来から図らずも施工した事例は多くあり、そのような実績と障害物探査を組み合わせた工法が今後障害物切削の主流になると思われます(写真-6、7)。

## 2.3 引抜きによる撤去

推進途中で障害物に遭遇した場合に、掘進機のみを引抜いて前面開放の状態にして撤去する方法です。そのた

めには引抜き可能な二重構造の特殊な掘進機が必要ですし、前面を開放しますから地盤改良の併用も必要です。機内からの撤去と比較すると掘進機引き抜き→障害物撤去→掘進機再押し込みという二度手間になりますが、障害物撤去の作業性は幾分良くなる利点があります(写真-8)。

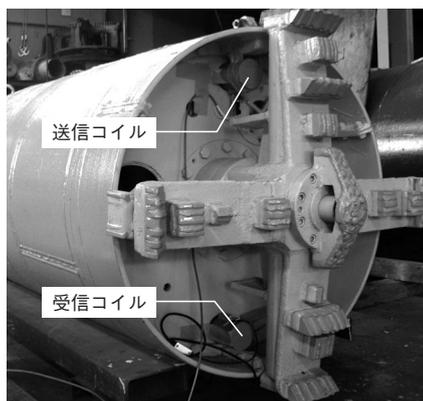


写真-6 呼び径1000泥濃式掘進機



写真-7 鋼矢板凸面切断

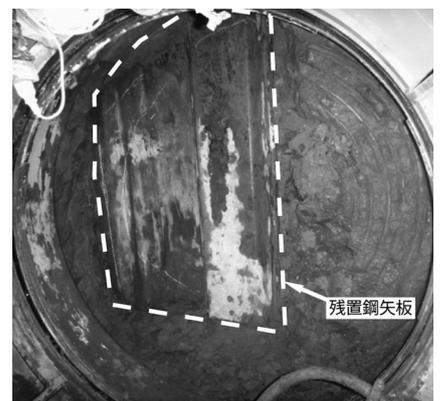


写真-8 残置鋼矢板状況

### 3 埋設物輻輳箇所の推進工法付帯技術

都市部等の埋設物輻輳箇所に管きよを埋設する計画は今では日常茶飯事のこととなり、その対策もいろいろ提案されています。まず、埋設物の位置を事前に把握するための探査技術があり、埋設物直下での発進や到達を可能にしたステーション工法や近接構造物に影響を与えないための掘進管理技術も必要です。

#### 3.1 探査技術

障害物の埋設深度が深かったり道路占用が不可能であったりで試掘による確認ができない場合は、探査によって調査することがあります。その方法は埋設物などの状況によって最適なものを選択しますが、電波探査・磁気探査・震動波探査・電気探査など様々な方法があります。比較的浅い部分の埋設物を地上から探査する場合は電波探査や電気探査が適用され、深い部分については震動波探査や磁気探査が用いられます(図-5、6)。

#### 3.2 ステーション工法

既設埋設物の直下に新設管路を推進工法で敷設する場合に問題となるのは、発進および到達部の施工です。既設埋設物を吊防護した本坑の横に資材

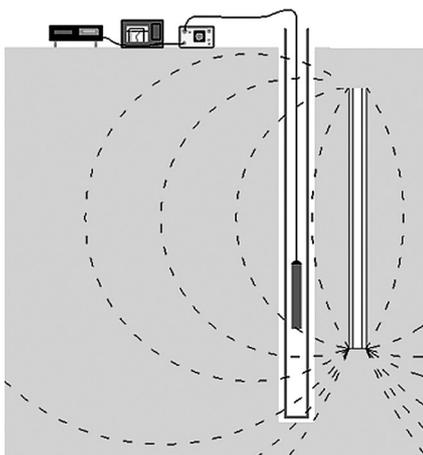


図-5 磁気探査

投入用の横坑を築造したり、函きよを横坑から推進工法で埋設物の直下まで押出して発進や到達立坑にしたりするステーション工法技術が多く採用されています。資材の横移動には天井走行クレーンやトラバーサを用いますが、発進立坑の場合はトラバーサそのものが推進架台として使用する方式が合理的です(図-7)。

#### 3.3 掘進監視システム

既設埋設物に近接して推進工事を施

工する場合、沈下・隆起などを起こさないために特に厳格な管理が必要です。通常の推進管理は計器類の目視や排出された残土量の計測などですが、特に厳密な管理が要求される場合にはリアルタイムでの掘進管理システムが用いられます。このリアルタイム監視システムは泥水推進工法や圧送排土方式の泥土圧推進工法の場合に適用しますが、今後ますます多様化する施工環境の中でその必要性が認識されると思

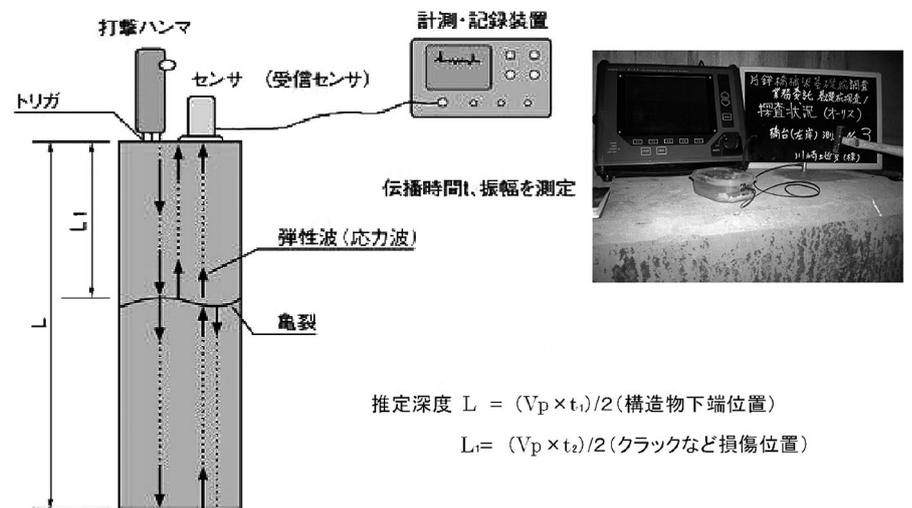


図-6 オーリス探査概念

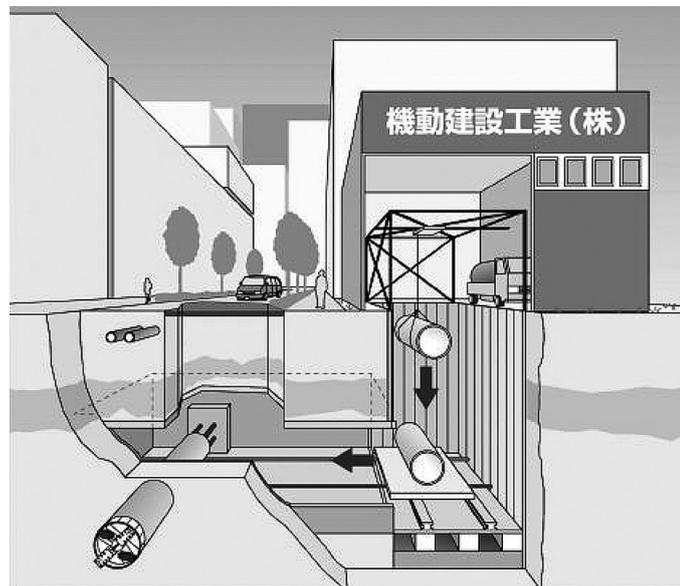


図-7 ステーション工法概略図

われるため、さらに改良されて手軽に使用できるようになることが望まれます (図-8)。

#### 4 海外における推進技術

海外における推進技術の最先端は日本の推進技術の海外への展開状況と同一と考えられ、比較的先進のシンガポール・台湾などでは日本の現状とほぼ同じ程度の技術レベルの工事が施工されています。それに比べて後進の国々では長距離施工や曲線施工などはまだ実施されていないようです。今後は先進の国々においては、土質や管材料や施工環境に起因して発生して発生しているトラブルが正しい設計・施工によって減少していくことが期待されますし、これから下水道をはじめとするインフラ整備に取り組むベトナムや

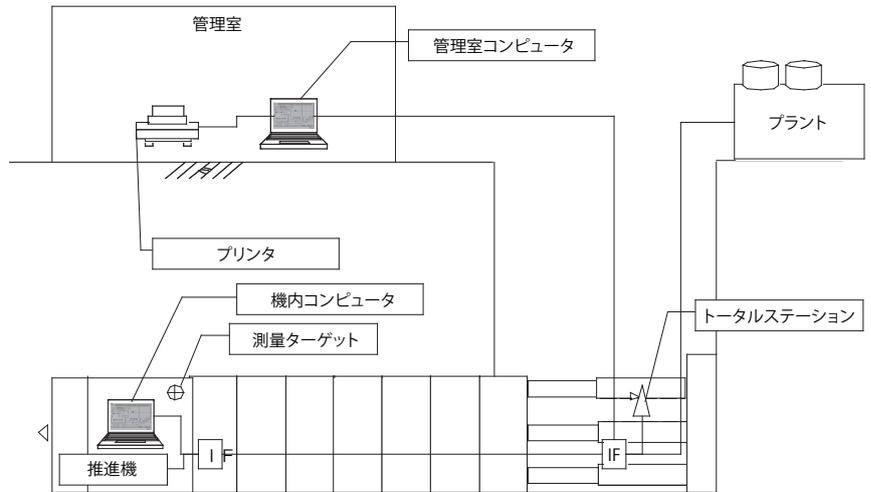


図-8 掘進管理システム構成図

インドネシアなどにおいては、日本の推進技術が正確に導入されてインフラ整備事業が計画通りに進行し、将来にわたってその国の財産になることが期待されます。

#### 4.1 長距離施工

海外においても長距離施工のポイントは推進抵抗の軽減と測量技術であることに変わりありません。それらのポイントに対して自動滑材注入技術やジャイロ・自動測量技術なども最近では少し見受けられるようになってい

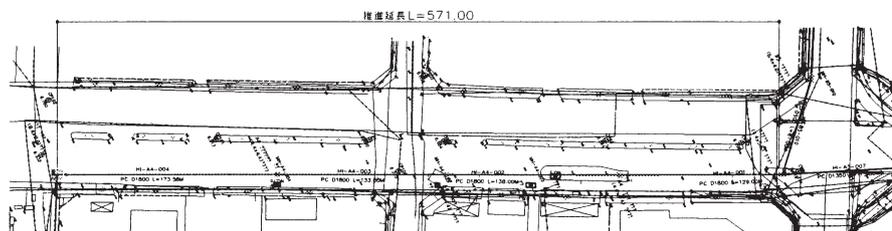


図-9 長距離推進の事例



写真-9 1/3管の推進状況

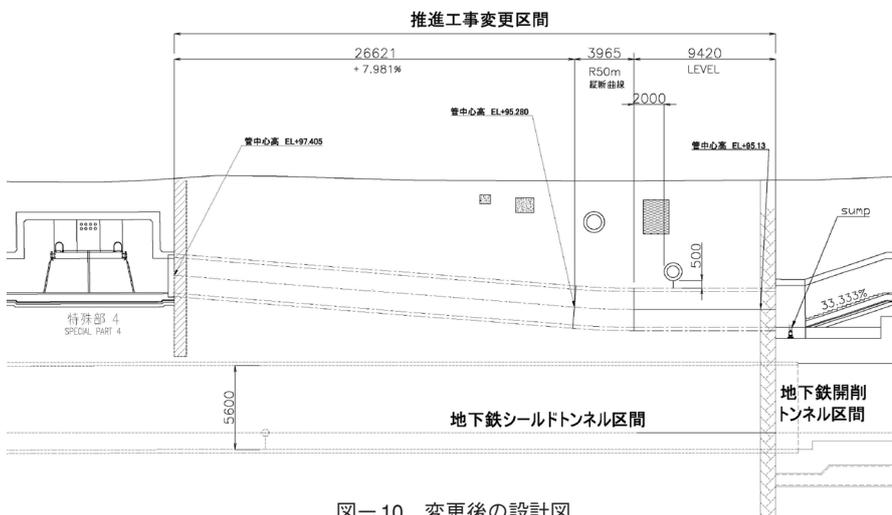


図-10 変更後の設計図



写真-10 貫通状況 (到達側より)

### 4.2 曲線施工

曲線施工については本格的な施工はここ5～6年のことですが、最近では電力管路などにおいて数多くの施工がなされています。このポイントも当然のことながら国内と同様に推進力伝達材を用いた推進力伝達や測量管理技術ですが、残念ながら推進管材料そのものが日本の品質に匹敵するものが稀有であることがネックになっています。また、最近では平面曲線のみではなく、縦断曲線（バーチカルカーブ）の施工も見受けられるようになってきました（図-10、11、写真-9～12）。

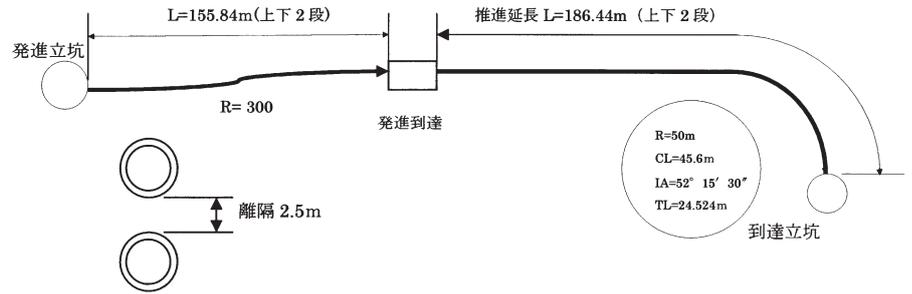


図-11 上下の離隔が狭い急曲線の事例



写真-11 元押ジャッキ上下配置



写真-12 R=50 (到達側より)