

解説 推進技術・最前線

大中口径管推進工の現状と対策

ふなばし とおる
船橋 透

機動建設工業(株)
東京支店副支店長
(本誌編集委員)



1 はじめに

昨年の記事は、施工事例を織り交ぜ推進技術の現状と題してご紹介しました。この一年を振り返ると、“障害物を坑内から撤去”があり、推進工事をするために欠かせない材料やシステム、または施工管理の重要性等がありました。

そのほかには、東南アジアでの“The SUISHIN”として普及定着し、インフラ整備に貢献していることも特集にしています。このように、現在の大中口径管推進工事は、先人の創意工夫の中で確立された技術の結晶となっています。そこで、本稿は、大中口径管推進工の施工設備等に着目し、その現状と対応について述べることにします。

2 大中口径管推進技術の現状

2.1 施工環境の確保

第一に、昨今の推進工事を施工するに当たり、作業環境を把握することが極めて重要となります。まず、発注者によって管路の目的が異なります。場合によっては、狭隘な立坑、推進管横移動、シールド内または構造物等からの発進、また、到達においてはシールド等掘進機の回収不可能な場合等、難条件下で推進工法にて施工する場合、どうすれば推進が可能かを検討しなければなりません。しかし、その施工に当たっては、リスクを伴います。そのリスク回避のためには綿密な検討、計算根拠があって成し遂げられます（写真－1～3）。

2.2 推進力の低減のための対応

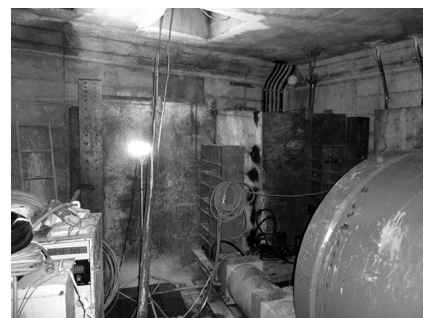
第二に、昨今の推進では1スパン1,000mを超える超長距離推進も数多く施工されており、推進力を低減させることが、長距離推進工事にとって最も重要なものとなります。その低減効果を担うのは、滑材の材料の的確な選定とその注入方式が超長距離推進の施工を可能としました。また、滑材効果を得るためには、掘進機の通過に伴うテールクリアランスをすみやかに確実に充填することです。そのことを怠れば推進管の周面抵抗を増大させてしまうからです。また、超長距離推進の宿命は、到達するまでは全ての推進管が移動するため、先端での滑材充填だけでは、材料の劣化やテールクリアランス内の保持が継



写真－1 推進管の横坑内への引き込み



写真－2 トラバーサ（推進管横移動）



写真－3 支圧壁および元押装置設置状況

続しないため、滑材を推進管全体に補充することが超長距離推進を可能としました。そのほかにも、使用する推進管の周面に摩擦力を低減するため、コンクリートに直接塗布することも、施工例が増えてきました（図－1、2、写真－4～7）。

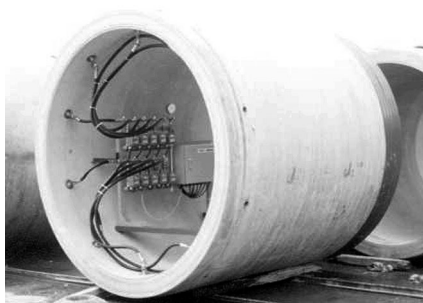


写真-4 中間滑材注入装置

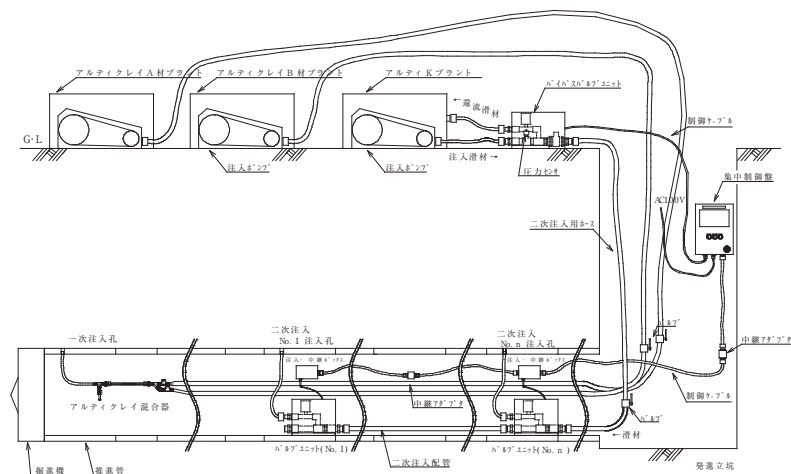


図-1 ULIS二系統方式概要図

NUCSシステムの基本概念

NUCSシステムの基本はマンパワーによる集中管理システム
地上操作盤へのデータ集積・表示を確認して、システムを稼働

- ① 注入時期一元押データを参照
- ② 所定注入量・注入圧カーブの設定
- ③ 注入孔
- 既注入量及び注入圧データを参考にして、決定
注入量・注入圧を監視しながら注入
所定注入量・注入圧に達したら、注入孔変更
- ④ 注入中断期・終期一元押データを参照

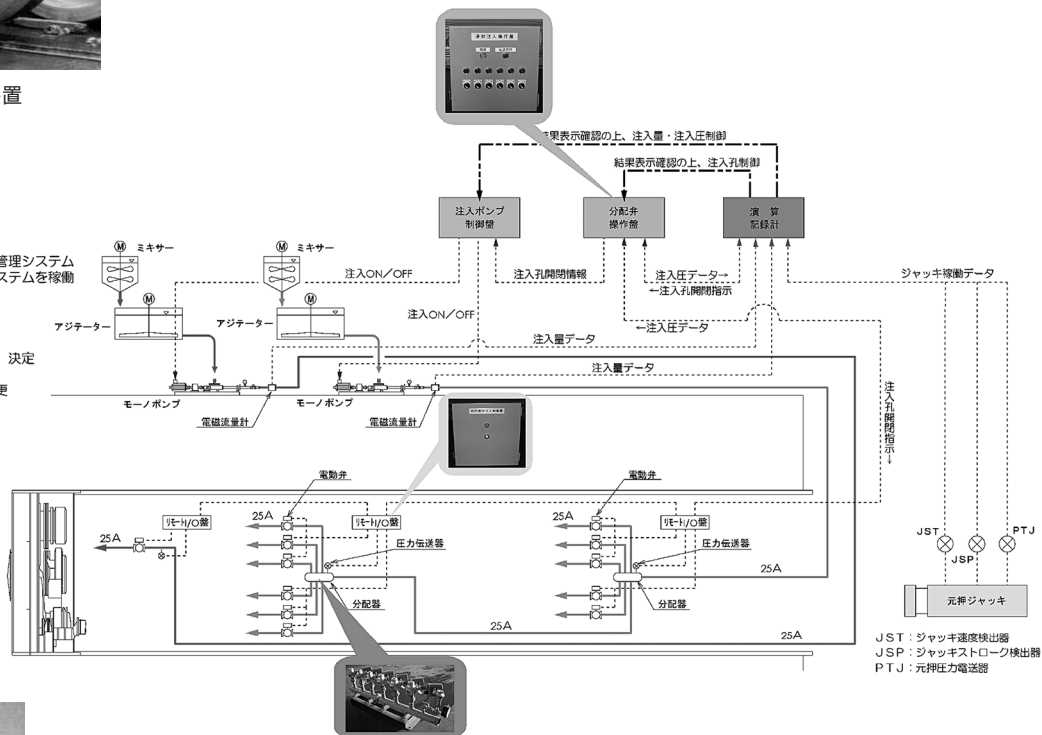


図-2 NUCSシステムの基本概念

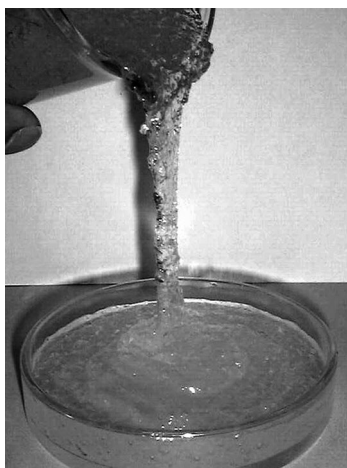


写真-5 アルティーク標準配合溶液



写真-6 アルティークレイ標準混合流体



写真-7 コーティング材の塗布作業状況

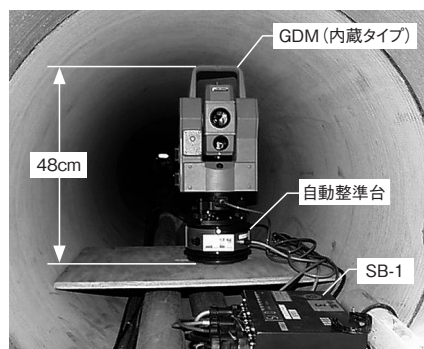


写真-8 管内設置状況

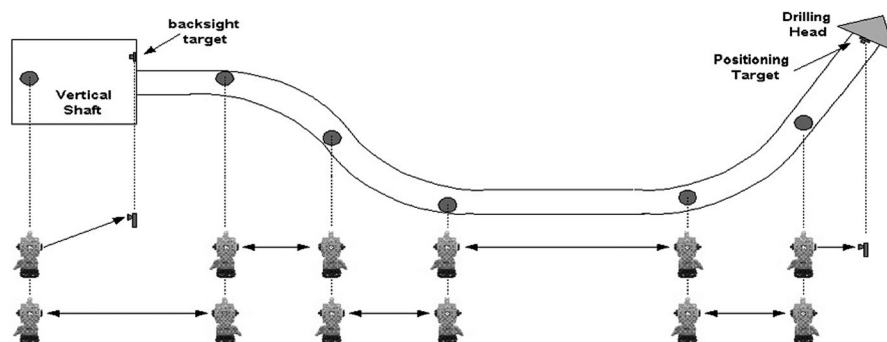


図-3 分散計測システムの計測モデル (複数箇所でのペアの作成と計測順序)

2.3 曲線推進の推進力伝達材の確立 (センブラカーブシステム)

現在、急曲線の施工実績の中でも、推進力伝達材を採用することが一般的となっていますが、特に注意すべきことは、各工法によって推進力計算は経験値を基に算出されますが、いざ施工に当っては、必ずしも計算通りの推進力とはなりません。時には計算値を上回ることもあり、計算通りの伝達材を挿入していた場合、計画以上の軸方向の推進力がかかることにより、推進管に剥離や破損を生じてしまいます。言い換えれば推進不能に陥ることとなります。逆に、推進力が計画に対し低い場合は、伝達材が所定の応力に満たないため、ひずまないこととなります。従って目地開口が広い場合、止水性能保持

の目地開きを超えてしまう場合も考えられます。

そこで、この推進力伝達材を使用する場合の重要ポイントは、超長距離では、到達するまでの土質変化、計時変化等様々な要因から推進力の変動は少なめません。従って、推進力伝達材計算を必ず行うことと、施工中の推進力から再度検討することです。

2.4 測量技術 (自動測量システムの定着)

測量は、推進工事にとって成果品を納めるに当たり正確に行わなければなりません。たとえば、推進長200mほどの直線推進では、レーザートランシットを用い、掘進機ターゲットに照射し、その動向を察知し掘進機を修正するのが一般的ですが、曲線施工では、発進立坑の基準法線から推進管内をトラ

バー測量し先端位置を確認します。超長距離や急曲線推進では、その測量時間短縮と人的ミスを軽減させるため、自動測量システムを採用しています(写真-8、図-3)。

2.5 掘削土量管理の充実

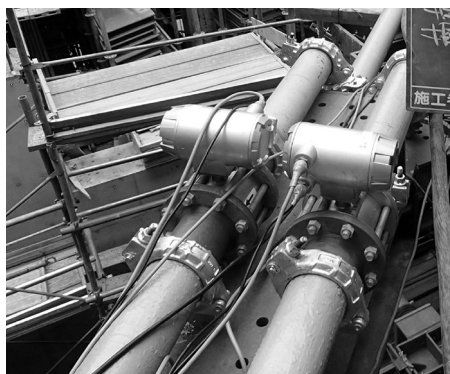
大口径管推進工事では、掘削断面積が大きいため、掘削土量管理方法が重要視されてきています。

掘削土砂の取り込みすぎは、地表面の沈下は当然ですが、近接埋設物に影響を与えれば、ライフラインの供給が遮断されれば大惨事となります。

泥水式では、確実な管理として掘削土量管理システムを採用し、正確な土量を管理しているところもあります。土圧式は、土砂ピットにて土量を測定する方法が確実です。泥濃式も土圧式と同様です(写真-9)。



γ密度計



流量計



掘削土量管理システム表示

写真-9 掘削土量管理システム (泥水式)

3 高水圧の施工

発進、到達の土留め材は大深度（大土被り）の立坑ではSMW等によって築造されるため、鋼矢板やライナー製の鏡切の手順より難易度が高く、背面地盤の改良確認や切断撤去を慎重に行わなければなりません。このような高水圧下で鏡切はリスクを伴うため、土止め材を切削可能な材質で施工することもあります。その場合の留意点は、掘進機の面板の切削ビットの形状、材質、配置

の検討をし、重要なのは推進速度を微速に制御する機能としなければならないことです。

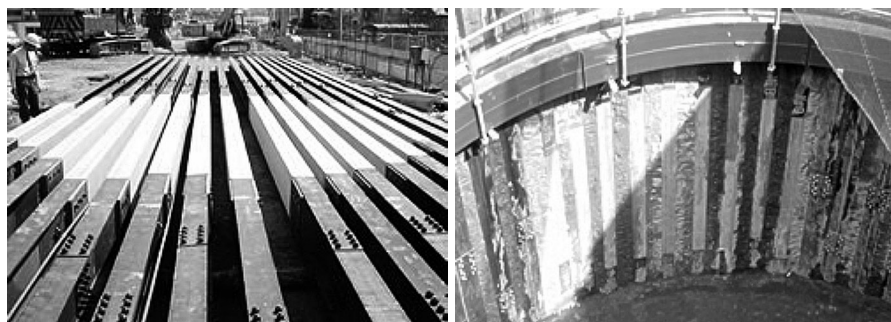
発進坑口パッキンは、高水圧では一般の形状材質では水圧にて押し戻されてしまう場合もあり、L型、ワイヤブラシ、ダブルパッキン等の構造とします。到達では、掘進機回収を考慮し、水中到達や回収筒方式、エアチューブ併用等対応策を検討しなければ、水圧に対抗できず、土砂が流出してしまいます。発進設備では、パッキング対策を講じるこ

とをしなければ、推進管を据え付けることができません。

また、使用する推進管は、JC管でも（0.02MPa以下）対応ができないため、高水密管等の開発も多くあります。しかし、このような対策を講じて、管内の漏水が発生する場合もあるため、施工中の目地監視は必要です（写真－10～13）。

4 輻輳する地下空間の対応

都市部での地下空間は、ライフラインが縦横無尽に輻輳しています。新たな管渠を埋設する場合は、その埋設物をかわさなければなりません。調査すると、埋設位置が想定位置とはずれている場合もあったり、構造物の仮設材が残置されていたり、支障物に遭遇する場合も多くなっています。そこで、その障害物を撤去することが不可能な場



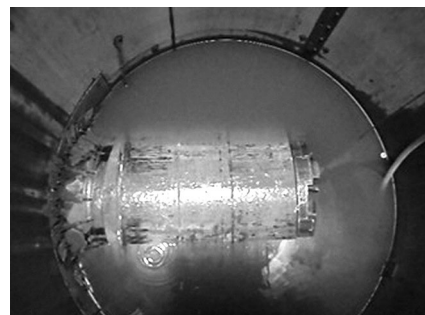
写真－10 柱列式連続壁用SEW施工状況



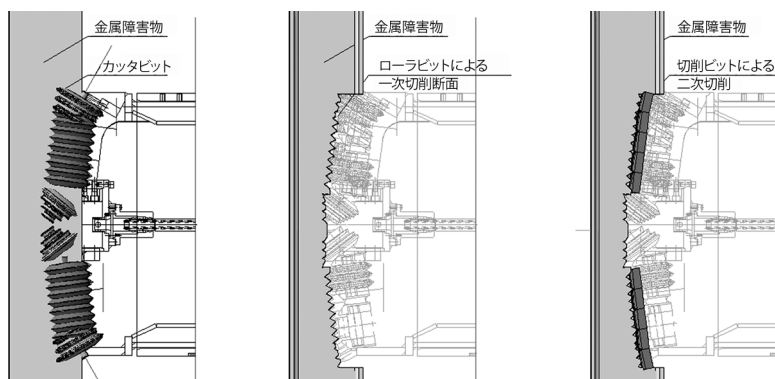
写真－11 バッキング防止ブラケット取付状況



写真－12 バッキング対策



写真－13 水中到達状況



図－4 複合型ビットによる切削断面図



写真－14 複合型ビット

合は、切削しながら撤去する工法（ミリングモール、超流バランスセミシールド等）やジェットによる切断工法（DO-Jet工法）障害物を内部から撤去する（CMT）等、どの工法も優越つけがたいのが現状ですが、対象物、土質、施工条件を十分検討し、採用する工法を選定しなければなりません（図-4、写真-14～18）。



写真-15 不測障害物確認



写真-16 不測障害物切断状況

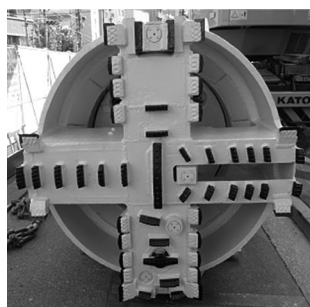


写真-17 掘進機前面および側面



写真-18 搬出した切断材

5 おわりに

このように、今や大中口径推進技術は、日々進化しています。その背景には、シールド工法を手本とし、それに近づいてきているのではないのでしょうか。よく言えば、推進工法が確立してきてい

るのだと、確信しても言い過ぎではないのかもしれませんが。しかし、大切なのは、推進専門者がすべてにおいて立案・計画・検討・施工できると思うのではなく、発注者をはじめ、ゼネコンなどの元請業者、推進に携わる職員・職長と作業員一人一人の経験と知識と成

し遂げる意欲があればこそ可能となります。また、上下隔てなく一丸となってコミュニケーションを図っていかなければなりません。その技術の継承と人材確保があってこそこれからの推進技術の発展に寄与すると思います。