

総論

狭隘空間での 施工についての概要

なかの まさあき
中野 正明

機動建設工業(株)
代表取締役
(本誌編集参与)



1 はじめに

推進工法が他の地下管路建設技術と比較して優れた点のひとつとして、仮設の簡便さあるいは工事占用範囲の少なさ、占用期間の短さがあります。そのため道路交通が激しく、家屋、建物、埋設物が密集した都市部においてその特徴をいかに発揮して、狭隘な空間でも下水道をはじめとする管路インフラ建設を行ってきました。

例えば、開削工法において施工箇所は移動するものの、工事路線の全線にわたってある程度の掘削幅で、いくらかの期間は占有しなければなりません。また、シールド工法においては仮設および占有範囲（工事基地）とも大規模で長期間にわたります。HDD工法においても大口径管推進に匹敵する口径や距離の施工になれば、大規模な仮設と占有範囲を必要とします。

本稿においてはそのような推進工法の特徴のひとつ、いや第一の特徴である仮設の簡便さ、占有範囲の少なさに着目して、いろいろな工夫例などを見るときともに、建設工事の本質である品質と安全の確保を前提に今後のあり方などを探ってみたいと思います。

2 立坑

推進工法で地上を占有するのは発進立坑および到達立坑ですので、ここにこそ狭隘空間での施工の工夫の

しどころがあると思われま

2.1 発進立坑

推進工法は発進立坑から管材を投入して押し込んでいくため、発進立坑には必要最小限の仮設備や作業スペースが必要です。仮設備にはクレーンなどの揚重設備、支圧壁、発進坑口、推進架台、元押設備（ジャッキ、押輪、押角）、排土設備（泥水ポンプ、立坑バイパスなど）、昇降設備などがあり、作業スペースとしては掘進機および推進管吊り下ろし、推進管接続、測量、機器操作、安全通路などがあります。これらの仮設備の配置および作業スペースを確保して作業を行うのが推進工法の標準ですが、やむを得ず確保できない場合に、その一部あるいはすべての要素を工夫して、縮小あるいは省略して設計、施工を行うケースがあります。

(1) 小型化

狭隘な空間での推進工法の施工を行うケースとして、最も多く見受けられるのは発進立坑の小型化です。借地境界の近接、埋設物の支障、道路交通への影響軽減、そして最も多いケースが工事費の削減のために立坑を小型化して施工する場合です。

小型立坑としては鋼製ケーシング、マンホール兼用コンクリート躯体、ライナープレート、簡易土留めなどが多く使用され、鋼矢板、地中連続壁、ケーソンなどの本格的な土留め工法はその規模や経済性の相違で使用されることはほとんどありません。使用される土留め工法

の中で鋼製ケーシングとライナープレートは地中残置であることは留意しておかなければなりません。

立坑の小型化に伴っては、推進管は短尺管（半管）を使用する場合と、標準管使用のまま小型化する場合があります。当然のことながら標準管を使用する場合の方が、限界はあるものの設備や作業により一層の工夫が必要で「特殊な工法」といえると思います。小口径管推進は半管使用が多く採用され、むしろ半管での施工のほうが一般的であるといえるかもしれません。座屈に対する細長比や方向制御に伴う曲げモーメントなどに対する安全性などの観点からも、妥当な選択と思われると思います。大中口径管推進においてはむやみに半管を使用するのは、軸方向の曲げモーメント（せん断力）に対しての強度が小さくなり、継手が増えることによって漏水のリスクも増加するため、慎重に検討すべきです。

発進立坑の小型化を実現するためには、前述した仮設備や作業の工夫が必要です。支圧壁や発進坑口は円形などの立坑形状にあわせたものを製作し、元押ジャッキはできるだけ最低高さが低く、多段式あるいは外側配置のコッター式などで所定のストロークを推進できる特殊ジャッキが必要です。また、排土設備や昇降設備についても、一般のものではなく縦型や、よりコンパクトなものが必要です。

作業スペースについてはあまり縮小したくはないのですが、やむを得ない場合は発進坑口を前面地山に埋め込んで推進管を斜めに吊り下ろしたり、機器操作をすべて遠隔で行ったりします（写真-1）。

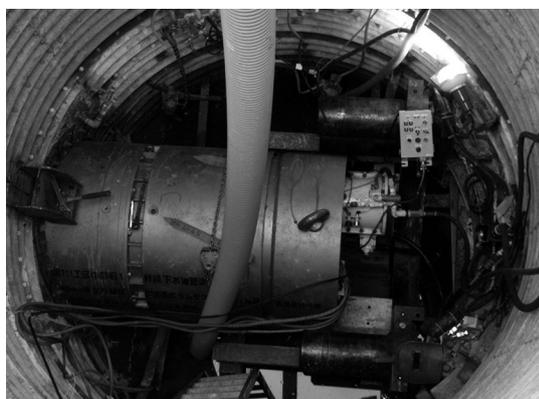


写真-1 φ2,500mmからの発進

出典：本誌Vol.32 No.4「ラムサス工法での小型立坑発進型硬質地盤の施工例」

(2) 開口部の工夫

埋設物の支障や道路交通への影響をなくすために、推進路線部には開口を設けず横坑から資機材を投入したり、立坑内の開口可能な別の部分に開口を設けたりする場合があります。この場合も推進作業は狭隘な空間で行わなければならないので、いろいろな工夫が必要です。特に前者の場合は推進路線上には一切開口を設けず、近接の立坑からボックスカルバートなどを使用して推進工法にて横坑を築造し、地下坑内を発進スペースとして推進工の施工を行います。仮設備工における資機材の搬入搬出はもちろん、推進や掘進機の搬入も近接立坑から投入して、トラバーサなどを使用して移動させる必要があります。残土の搬送も管内から横移動して地上まで行わなければならないため、流体輸送や圧送方式が一般的です（図-1）。

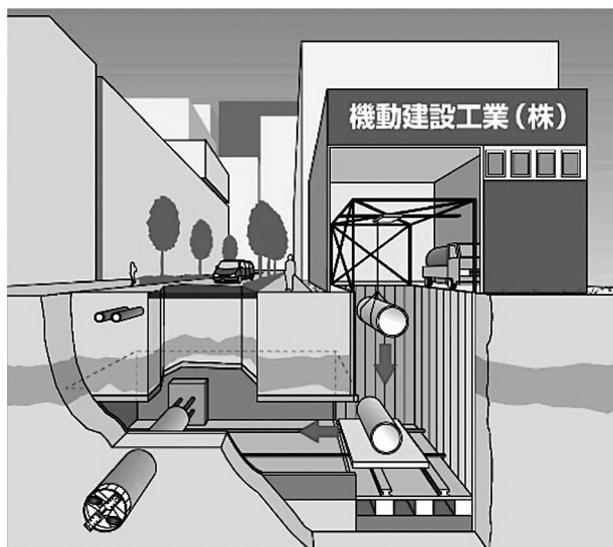


図-1 ステーション工法概要図

出典：本誌Vol.32 No.2「推進工法における特殊な発進方法」

また、この方式の延長線上には狭隘なシールド構内や既設構造物からの発進があります。いずれも直上に開口部がなく、資機材は立坑などの比較的遠隔から投入しなければならないケースがよくあります。軌条およびバッテリーカーを用いた横移動、発進坑口の工夫、掘進機および元押設備の縮小化などが必要になります（写真-2、3）。



写真-2 シールド坑内吊設備

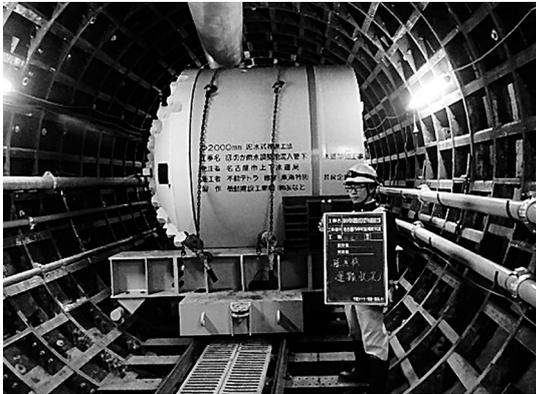


写真-3 掘進機シールド坑内運搬状況

写真-2、3 出典：本誌 Vol.33 No.8 「シールド坑内から発達した推進施工事例」

2.2 到達立坑

到達立坑も発進立坑と同様に埋設物の支障や道路交通への影響をなくすために、横坑から掘進機などの資機材を搬出する場合があります。この場合は回収する経路にもよりますが、掘進機は分割して軽量、コンパクトな寸法で横移動させて回収するのが一般的です。また、立坑寸法が十分に確保できない場合も掘進機を分割して回収するのが一般的ですが、極端な場合外殻は残置して駆動部のみを回収する工法も多くなっています。

このように到達立坑が十分な寸法を確保できない場合、到達坑口をできるだけコンパクトにしたり、掘進機外周にチューブなどを内蔵して止水機能を持たせたりする工夫があります。

3 地上設備(プラント)

立坑およびその開口部を小さくしても、楊重設備、注

入プラント、排土処理プラント、資材置き場などの地上設備に工夫がなければ、占有面積が大きくなり意味がなくなります。そのため、それらの設備の配置などに様々な工夫がなされています。

3.1 移動式(車上)

常設の作業帯が確保できず工事基地の占有時間が限られる場合は、仮設作業帯での作業になり許可時間外は地上設備を皆無にしなければなりません。その場合地上設備の一部あるいは全部を車上にセットして、作業時のみ現地で稼働させ、作業時間外は外部に搬出します。小口径管推進の場合は設備が小規模で資材も軽量であるため、比較的容易に行えることから多くの事例があります。しかし、大口径管推進の場合は設備が大規模で資材の重量も重い場合、大型車が必要になったり台数が多く必要になったりします。

そのため、大口径管推進での事例は少なく、特に大口径管ではほとんどありません。

また、地上設備を車上にセットして搬入しても立坑内機器との配線、配管作業が必要であり、その前に仮設作業帯の設置および開口部の設置作業があります。もちろん、作業終了時にはその逆の手順で撤収しなければなりません。それらの作業は占有時間内に行いますので、実際の推進工の本作業時間は極端に短くならざるを得ません。その結果、日進量は標準日進量から、実推進作業時間/8時間の比率で低下し、占有工程(期間)が長くなります(写真-4)。



写真-4 車上設備施工状況

出典：本誌 Vol.32 No.10 「泥水式高耐荷力管推進工法の先駆者 アンクルモール工法 ～車上設備での省スペース施工の実現～」

3.2 遠隔配置

車上設備での作業に伴う作業時間の無駄を省くため、その一部を発進立坑付近に配置するのではなく、常設可能な遠隔場所に設置して配管、配線のみを接続する工夫があります。この方式であれば車上設備の搬入、搬出および配管、配線の作業は必要ないため、実推進作業時間を車上方式よりは長く確保することができます。この方式では発進立坑と遠隔配置設備（プラント）との確実な連絡、通信が肝要です。

3.3 地上重層配置

発進立坑に工事基地専用帯は確保できるが平面に配置するには狭隘である場合は、重層化（二階建、三階建etc.）して配置する場合があります。一般的には水槽などを下に、機器類や資材置き場を上に配置する例が多く、操作室（制御室）や注入プラントなども重層配置する事例もあります。この場合、昇降設備などの安全への配慮や日照、騒音、粉塵などへの配慮も必要です。

3.4 地下（路下）配置

発進立坑に工事基地占用帯が確保できず適当な遠隔の用地がない場合、あるいは地上重層配置に無理がある場合、地上設備を地下（路下）に配置する場合があります。もともと発進立坑が後施工で築造する構造物との関係などから非常に大きかったり、規模の大きな横坑があったりする場合には、そのスペースを活用して地上設備を立坑下に配置しますが、そうでなければ設

備収納用に地下スペースを確保しなければなりません。この場合、手続きや費用が余分にかかることになるため、採用事例は非常に少ないです（図-2、写真-5、6）。

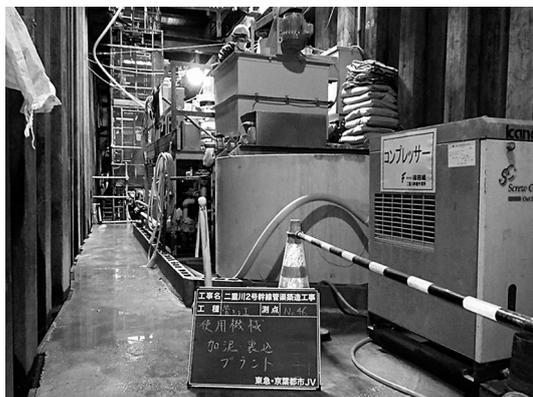


写真-5 地下プラント

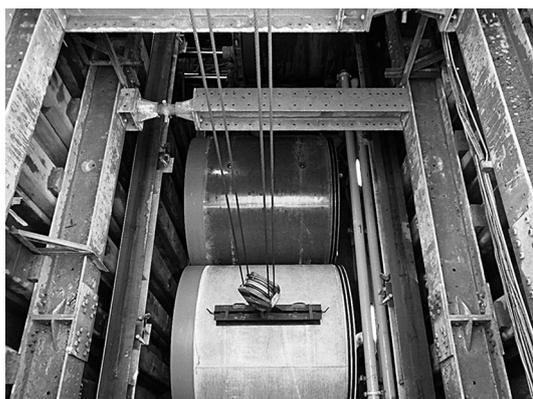


写真-6 推進管の地下ストック

図-2、写真-5、6 出典：本誌 Vol.32 No.2 「大都市の狭隘空間で施工するデュアルシールド工法 ―都市部で求められる急曲線・長距離施工―」

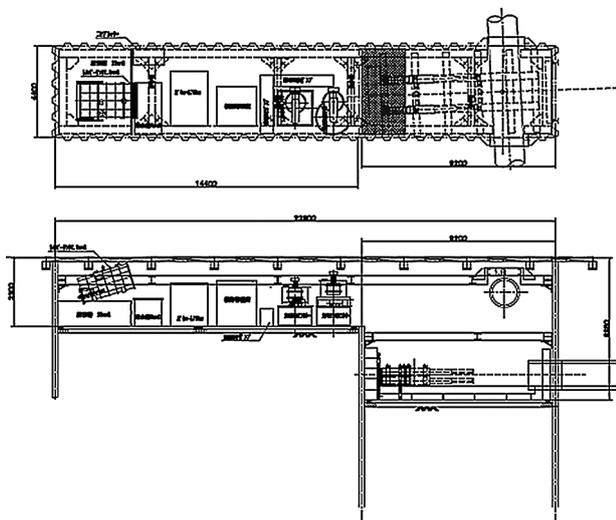


図-2 地下利用式プラント

4 留意事項

最近では道路交通への影響軽減や支障埋設物などのため、やむなく狭隘な空間での推進工が設計、施工されていますが、建設工事の基本である「品質」「安全」「工程」を抜きには工事は成り立ちませんので、この3要素との関連を考慮しておかなければなりません。

4.1 品質

推進工事において確保すべき品質は、管路の精度、内面平滑性、強度、耐久性（止水性）などですが、狭隘な空間での施工に伴って特に留意しなければならないのは、推進精度確保と管路（継手）の止水性確保です。

推進精度は推進中の測量結果に基づいて方向制御を行って確保しますが、狭隘な空間では測量精度を確保することが困難な場合があります。特に小型立坑の場合、管内測量のために立坑に設置する引照点（ダボ）間の距離を長くとることができないため、引照点の設置にあたっては注意が必要です。例えば3mの小型立坑から発進してL=300mの推進を行う場合、引照点が1mmずれると到達で10cmの誤差になります。そのため引照点の精度はmm単位以下にしなければなりませんし、推進施工中に引照点の移動がないか、チェック測量を確実に行う必要があります。

管路の止水性で弱点となるのは両端のマンホール管口、取付管口および管継手です。小型立坑の場合半管などの短尺管を使用するため、管継手個所数が多くなります。そのため将来漏水が発生する懸念が標準管を使用する場合より多いと思われます。そのため推進管の検収および継手施工にあたってはより慎重に行うべきです。

4.2 安全

狭隘な空間での施工において懸念されるのは、飛来落下災害や転落墜落災害などの災害です。狭隘な空間だからと言って、安全対策がおろそかになることは決してあってはならないことです。

飛来落下災害に対しては上下同時作業の禁止、落下防護設備の設置、安全作業標準の順守などが必要です。しかし狭隘な空間においては、上下同時作業を並行せざるを得ないような状況や落下防護さくや防護ネットの不備などが見受けられます。施工にあたっては、作業前ミーティングなどでより一層作業手順の徹底を図るとともに、安全監視員を専任するなどの措置を講じる必要があります。

墜落転落災害については安全な昇降設備の設置、開口部周囲の転落防止設備の設置、安全作業標準の順守などが必要です。狭隘な空間での作業では、安全な階段式昇降設備やエレベーターなどを設置することが困難な場合が多く、はしごでの昇降にならざるを得ません（写真-7、8）。その場合でも適切な間隔で安全な踊り場を設け、背もたれおよびセーフティーブロックを設置するなど必須です。



写真-7 エレベーター設置状況

出典：本誌Vol.27 No.12「立坑内における工用エレベーターの有効性と活用法」



写真-8 はしご昇降場面

どちらにしても、狭隘な空間での作業には危険の芽が多くあり、より一層の安全管理が必要であることを作業員の末端まで周知徹底することが絶対条件です。

4.3 工程

狭隘な空間での推進工事は、標準の立坑寸法、工事基地面積を確保した施工と比較して手間がかかり、工期と費用が余分にかかることは一般的に理解できることだと思います。しかし実際の設計施工においては、時間制限や半管使用による日進量の補正はあるものの、狭隘な空間での作業による効率の低下は反映されにくいものです。できれば効率を低下させる要因を抽出し分析して、工程計画や積算に反映すべきです。

5 おわりに

狭隘な空間における推進工事の施工について、与えられた条件での施工を可能にするため、立坑での工夫および工事基地での工夫に分けて概説しました。それぞれいろいろな工夫があり、これからもニーズは増加するものと考えます。

推進工法は建設工事ですので、その前提を考えると

「品質」「安全」「工程」を管理し要求レベルを満足しなければならないことは当然です。その他にも近隣対策、環境対策なども必要ですし、何にもまして工事原価管理が必要です。そのような前提条件を踏まえたうえで、工夫がなされて正当に評価されるようになることが重要だと考えます。

これからも厳しい条件での設計施工が増加すると思いますが、本稿が少しでも参考になれば幸いです。