

解 説

トラブル防止のための 施工計画と現場管理

やはぎ もとひこ
矢萩 元彦

機動建設工業(株)
土木本部推進統括部部長



1 はじめに

近年の推進工法の技術革新はめざましく、推進延長1,000mを超える超長距離施工や曲線半径15m以下の急曲線施工、土被り30mを超える大深度施工など従来の技術では不可能であった厳しい条件下の技術困難な施工が可能になっています。推進工法の適用範囲が拡大することは推進工法の将来にとって不可欠の課題ですが、それにともなってトラブルの発生頻度が多くなりその重大性も深刻になっていることも事実です。

推進工法は時々刻々状況が変化し、それに対して的確な判断と対応が要求される工法であるため、数多くの施工で微細なトラブルをも皆無にすることは不可能に近いと思われますが、計画設計段階での基本検討が適切になされていることを前提に、我々施工者による適切な施工計画と現場における施工管理を十分に行なうことによって格段に減少させることは可能ですし、またそうでなければなりません。準備不足や施工ミスなどのトラブルは施工者側の責任でリスク回避したうえで、想定外の事象によるトラブルについてはリスクアセスメント手法を用いながら発注者・設計者を交えて協議し、迅速で適切な対応がとられるべきです。

本稿ではトラブルを防止することに注目して、推進工事の施工者による施工計画と現場管理の留意点等を、フロー図に沿って述べさせていただきます（図-1）。

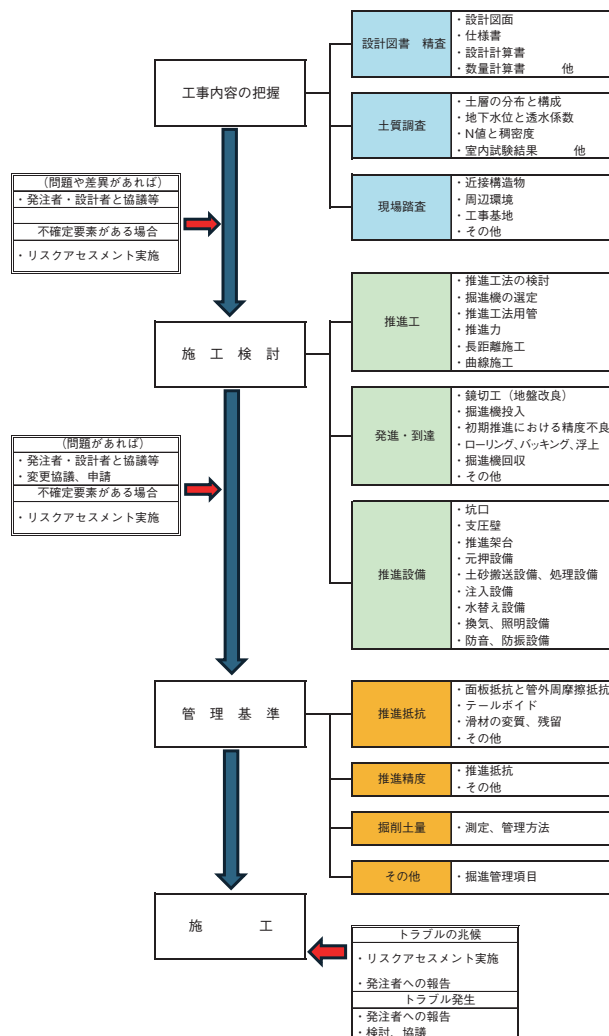


図-1 施工計画と現場管理のフロー

2 工事内容の把握

推進工法に限らず施工計画の作成立案の第一歩は工事内容の正確な把握であり、発注者に設計書の開示を受けて内容を十分に把握したうえで、必要に応じて追加の調査や現地踏査を行います。

2.1 設計書

施工計画を立案する前に設計図面・仕様書・設計計算書・数量計算書などを十分に確認（チェック）し把握しなければなりません。その際に不明な点や疑問点は質問事項として提示して、理解できるまで資料の提供や説明を受ける必要があります。

(1) 設計図面

平面図・断面図に記載されている内容をチェックして推進工事における問題点を検討します。具体的には推進延長・線形・土被り・近接埋設物・土質の概要等ですが、マンホールの形状寸法や地盤改良等についても把握する必要があります。また、参考図として設計段階で検討された立坑などの仮設方法や施工方法に関する図面（掘進機、作業基地、作業帯など）も、あれば開示を受けて施工計画の参考にします。

(2) 仕様書

特に推進工事に関する特記仕様書において推進工法・施工形態（作業時間）・管理基準値・環境への配慮等を確認し、その内容に沿った施工を行なうことを前提として問題点を抽出しておきます。

(3) 設計計算書

推進工法における設計計算とは、推進抵抗・推進管の強度・仮設物の強度・曲線施工に伴う諸計算などですが、トラブルを防止するためにはその内容を十分把握してチェックする必要があります。発注者側から提示がない場合は、施工者が独自に計算して設計内容の妥当性を検討しなければなりません。

(4) 数量計算書

リスク回避とは直接的なつながりはないかもしれませんが、必要数量が欠落したままの施工はトラブルにつながりますので、数量計算書についてもその内容の把握とチェックは必要となります。

2.2 土質

推進工法における事前調査資料で最も重要なのは土質資料であり、土質の想定違いによるトラブルが最も多く発生しています。そのため土質調査資料はできるだけ多く収集することが望ましく、近接工事の過去の資料なども参考にしてより正確な把握を心がけるべきです。この場合に留意すべきことは調査場所（箇所）で、特に土質変化が想定される場所においてはジャストポイントの調査資料が必要です。地層が傾斜していたり断層があったりする場所では、ほんの数メートルの離隔で全く異なる地層になっているケースもあります。そのため発注者から提示された土質資料が近隣のもので土質の把握に不安がある場合は、現地のジャストポイントで追加の調査を行なうことも必要です。

【施工計画に必要な土質資料】（一例）

- ・ 土層の分布と構成
- ・ 地下水位と透水係数
- ・ N値と稠密度
- ・ 室内試験結果（密度・含水比・粒度分布・粘着力・内部摩擦角など）
- ・ 礫の場合 ※礫質分類・礫率・礫強度・最大礫径
- ・ 岩の場合 ※岩質分類・強度・RQD・石英含有率

2.3 現場踏査

設計書および事前調査資料などによって施工の概要は把握できますが、施工計画の立案に当たっては現地の踏査が不可欠です。図面上での施工イメージと現地のイメージが全く異なるケースがよくありますが、現地で得られる情報が反映されない施工計画は価値がありません。

(1) 近接構造物

近接構造物や埋設物は設計図面に記載されていますが、現地の踏査をおこなうことによって、記載漏れの既設管等がないか確認できます。また、基礎の存在に不安を抱いたりする場合は、発注者や所有者・管理者に問い合わせて確認するとともに試験掘などによって直接確認する必要もあります。

(2) 周辺環境

道路交通量や近隣の環境を把握して施工計画を策定します。特に精密機械工場、学校や病院などが近接に

あり、工事によって環境に影響を及ぼすことが懸念される場合、施工時間帯や防音・防振設備の適否の判断材料にします。できれば時間帯ごとの交通量や周辺環境を把握すれば、より良い判断ができます。

(3) 工事基地

発進到達基地は施工期間が長く車両の出入りが多いため、その位置・面積・車両の出入り状況などについて調査・把握し、架空線や近隣の状況もよく把握しておく必要があります。

3 施工検討

3.1 推進工

設計書・土質資料・現地踏査結果などを基にして推進工法の適否などを含めて検討に入ります。

(1) 推進工法の検討

事前調査のデータを基にして推進工法の検討を行ない、設計内容に沿った工法で施工可能であるならば問題ありませんが、施工困難あるいは優位性の高い他工法がある場合は対策を検討しなければなりません。その場合工法を変更しなければ施工することが不可能あるいは困難と判断した場合、工法変更に対しては十分な根拠を必要とします。土質の相違が考えられる場合は、追加の土質調査や立坑掘削時の直接確認などによって土質の把握を確実に行って、説得可能な根拠を持って変更の協議を申請します。

以前は工法変更に対する抵抗が強く、工法変更に対しては発注者として抵抗感も否めませんでした。昨今では確たる理由の基に変更協議がなされるようです。従って、リスクを回避しトラブルを防止するという共通の目標のために必要な場合は意見を主張すべきです。もし、事前の検討を怠って工事を開始し、比較優位の工法を提案せずに推進途中で土質の不適合などによってトラブルが発生すれば、施工者側の事前検討不足となって事後の対応でギクシャクするケースがよくあります。また、設計に基づく工法で施工可能であるが別途の対策（地盤改良・掘進機の改造など）が必要な場合も同様で、事前の検討とその結果の提案が必要です。そのタイミングは入札・契約方式の違いによって異なりますが、オー

バースペックは一般的に総合評価制度における技術提案では評価されませんが、落札直後・施工計画提出時・立坑掘削時など施工前であることが肝要です。そのためにはリスクアセスメントによって変更交渉獲得に努める必要があります。

(2) 掘進機の選定

掘進機の選定でポイントとなるのは土質との適合性・曲線施工の検討・発進到達における投入回収の可否等です。

土質との適合性は掘進機のトルク・回転数・面板の開口・ビットやスクリュコンベアの形式・口径・回転数等ですが、普通土（A土質）および礫混り土（B土質）の場合は既製の掘進機の仕様を確認し、必要不可欠な開口率やビット配置の変更程度で適応可能だと思われませんが、砂礫（巨礫）や岩盤の場合は特に慎重な選定が必要で、そのためには前記の土質調査結果を事前に把握しなければなりません。礫地盤においては面板での一次破碎が必要な巨礫の場合、特に、ビットの摩耗や破碎礫の取り込み・搬送経路を十分に検討し、岩盤においてはビットや面板の摩耗および刮り粉の沈降による締め付け防止を特に検討しなければなりません（写真－1）。



写真－1 巨礫用掘進機・岩盤用掘進機

(3) 推進管

推進管の選定は強度については推進抵抗の計算（軸方向耐荷力）と外圧荷重の検討（円周方向耐荷力）によって決定され、継手性能については耐水圧と曲線施工に伴う目地開き量によって決定されます。特に注意を要するのは曲線施工に伴う軸方向耐荷力の検討で、

未だ推進力伝達材の配置による軸方向耐荷力の検討が十分行われずに設計・出件されているケースがまれにあります。このような場合は出件後であっても推進抵抗計算→各箇所の伝達推進力の把握→推進力伝達材の検討（推進管の軸方向耐力の検討）というフローで再検討して推進管の選定を行なうべきです。再検討の結果、設計で提案されている推進力伝達材の配置や管種ではトラブルの発生が予測される場合は、推進力伝達材の変更および管種の変更（強度アップ）や中押管の増設を提案します。

また、長距離施工において推進抵抗の計算値が推進管の軸方向耐荷力よりわずかに下回る場合では、設計段階における中押設備の配置はありませんが、想定外の事象による推進停止や土質の変化などで一時的に推進力が増大する可能性が考えられる場合は、設計外の中押装置の配置を提案する必要があります。

（４）長距離施工

長距離施工において検討すべきことは推進力の低減であり、滑材の選定と注入方法の検討が第一です（写真-2）。滑材の選定は主に土質との適合性で決定されますが、地下水がない無水層や塩基イオンを多く含む地下水の場合は、添加材の併用など慎重な検討が必要です。長距離施工における滑材注入方法については掘進機直後での一次注入だけでなく後続の管列からの継続的な二次注入も必要です。注入量は一次注入についてはオーバーカット量の全量を基本としますが、二次注入は土質や推進延長に応じて検討しなければなりません。

また、長距離施工の場合は、残土搬送方法・長距離に伴う電圧降下・機内設置電動機によるノイズ・礫泥水におけるポンプや配管の摩耗・換気方法・管内照明・測量方法なども検討する必要があります。

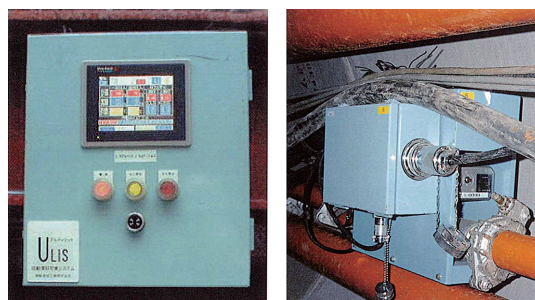


写真-2 アルティミット滑材注入システム（ULIS）の操作パネル

（５）曲線施工

曲線施工においては前述した推進管（継手性能・外圧強度・軸方向耐荷力）の検討の前に、掘進機の折れ角の検討が必要です。掘進機が曲線造成に必要な折れ角を持たなければ曲線推進は不可能ですので、掘進機の長さや折れ角をチェックする必要があります。その際、曲線を推進しながらレベル制御や蛇行修正を行なう必要があるため、必要な折れ角に加えて十分な安全率（余裕）を持つべきです。もし折れ角が確保できず、また、安全率が不足する場合は、曲線造成補助筒などの補助手段があります。しかし、急曲線などの場合は掘進機本体の中折れ構造（2段折れ等）を確保して、スムーズな曲線造成と後続管列の追従を確保すべきです（写真-3、図-2）。

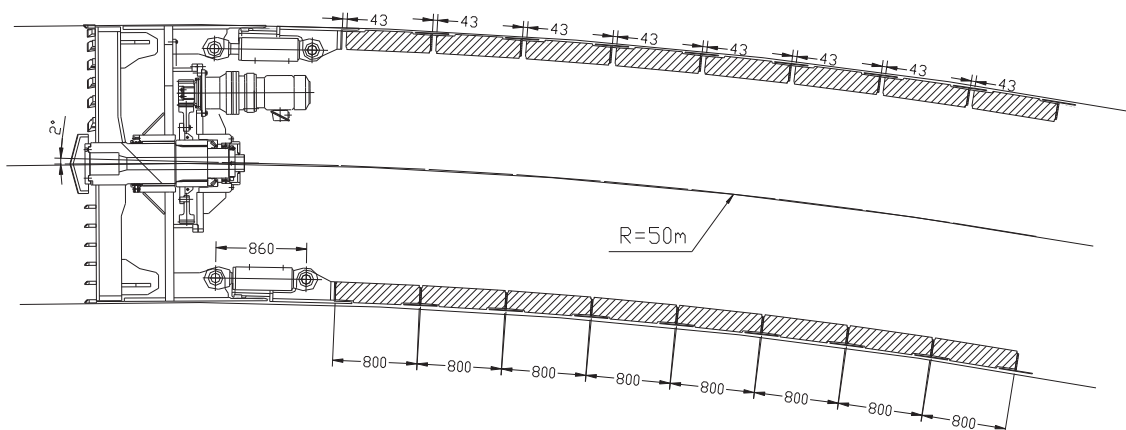


図-2 曲線造成検討図



写真-3 急曲線対応掘進機



写真-5 NOMST切削状況

3.2 発進・到達

推進工事におけるトラブル発生リスクは発進・到達時が特に高いため、その対策を事前に検討しておく必要があります。

(1) 鏡切り工(地盤改良)

鏡切り工は切羽の自立が前提ですが、事前に地盤改良などによって自立が確保されていることを確認する必要があります。特に高水圧の場合は高圧噴射攪拌工法などによって強度のある改良が必要です。そのうえで鏡切り時の万一の出水や鏡面崩落などの場合の対応(仮蓋・水没)も検討しておくべきです。施工手順としては鏡切り前に複数の探り穴を穿孔して、鏡面の自立と止水を確認しなければなりません。

また、最近では鏡切り工不要の壁面材料(NOMSTやFFU)を掘進機で直接切削して発進・到達を行う方式がありますが、その場合には専用の切削ビットを掘進機に装備し切削時のジャッキスピードを低速制御するための回路を装備するとともにコンクリート骨材を石灰石骨材に変更するなどの検討が必要です(写真-4、5)。

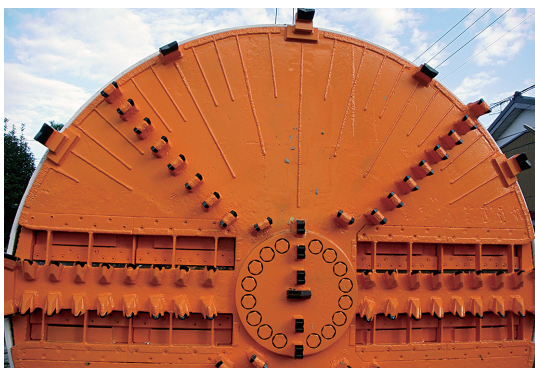


写真-4 NOMST切削用ビットを装置した面板

(2) 掘進機投入

掘進機の投入計画については一般的には重機・車両の配置の検討ですが、分割投入やトラバースを使用した横移動が必要な場合は別途の検討が必要です。また試運転については工場で確実にこなうのが前提ですが、鏡切り前に現場でも試運転を行なって作動の確認をすることも必要です(写真-6)。



写真-6 掘進機投入状況

(3) 初期掘進における精度不良

初期掘進においては土質との対応を把握した掘進方法を早く理解することが重要です。しかし、往々にして掘進の要領が確定する前に上下左右の精度不良を発生させることがあります。また、土質の特徴を見極めながら慎重に推進しなければなりません。切羽抵抗の不均等や元押ジャッキの不均等(下段のみで推進するなど)で蛇行しやすい状況にありますので、ジャッキの押しつけを均等にして、ゆっくりとした推進を心がけなければならないため、元押ジャッキを低速制御できるようにしなければなりません。

(4) ローリング・バックキング・浮上

初期掘進において特に起こりうるトラブルとしては、ローリング（Rolling）・バックキング（Backing）・坑口部浮上などがあります。ローリングに関しては礫地盤などで起こりやすい現象ですが、それに限らず初期掘進時は全ての土質においてローリングストップや掘進機・推進管の緊結・ローリングインターロックなどの対策が必要です。

バックキングは元押ジャッキを引き戻すときに切羽前面の圧力に押されて推進管が後退する現象で、特に高水圧の初期掘進で起こりやすい事象です。発生の有無については計算で判断することが可能ですので、事前に検討を行い発生する可能性があるときは対策を計画します。バックキング設備は敷設する推進管へのアンカ埋め込みなどもあるので、製造段階前からの検討が必要となります。

浮上現象とは上載土が崩落して管の下側に回り込むことによって推進管が浮き上がる現象で、発進坑口付近は通過する推進管が多く立坑内にある管は上部の抵抗がないため特に発生しやすい状況です。そのため発進坑口手前に浮上防止バンドなどを設置して防止しなければなりません（写真-7）。



写真-7 バックキング対策状況
(発進坑口手前に浮上防止バンドも装置)

(5) 掘進機回収

掘進機回収計画については投入と同様に重機・車両の配置と吊り上げ方法が一般的な検討ですが、高水圧での立坑内を充水状態にした水中到達や回収筒を使用する場合および分割回収の場合は別途の検討が必要です。また、到達立坑開放に時間制限がある場合は、施工手順に基づくタイムスケジュールを余裕のあるものしておく必要があります。

3.3 推進設備

推進工法の施工計画作成時には推進設備の検討を行いますが、トラブル防止を念頭においた検討を行う必要があります。

(1) 坑口

坑口に起因したトラブルの発生が時々ありますが、その原因はゴムパッキンの捲れや引き込みによる切断と坑口そのものの山留壁からの剥離です。ヒューム管などの通常の推進用管を使用する場合には坑口の標準寸法が決まっていますが、ダクタイル管などの特殊管やボックスカルバートの推進工においては坑口の形状・寸法から検討します。高水圧の場合は特にゴムパッキンの捲れによる出水のトラブルが多く、通常の坑口形状でよいのかも含めて検討する必要があります。特殊な坑口としてはパッキンを二重にした二重坑口やチューブ式やワイヤブラシなどがあります。また、発進坑口のゴムパッキン押え金具（捲れ止め鉄板）や到達坑口のワイヤ止め金具も適切な性能形状になっているかどうかを確認しておく必要があります。

また、坑口と山留壁の取り付け方法は山留壁の種類によって異なりますが、鏡切り工直後や改良部通過後に水圧を受けて坑口と山留め壁が剥離するトラブルがよくあるため、坑口が受ける水圧に十分耐えるような取り付け構造（全周溶接・補強材など）にしなければなりません。

(2) 支圧壁

支圧壁に起因するトラブルとしては、背面地山の受働土圧不足と支圧壁コンクリートのクラックによる破損です。支圧壁は推進抵抗の計算によって算出される推進力に対して余裕のある仮設でなければなりません。特に設計計算における支圧壁耐荷力（受働土圧）と推進力計算値に余裕がなく元押で設計されている場合は、立坑築造による山留背面のゆるみなどを考慮して事前の地盤改良を提案すべきです。受働土圧不足は支圧壁の構造の問題ではなく背面地山の地盤改良の必要可否の判断の問題ですので、そのようなリスクがあれば対策を検討しなければなりません。支圧壁の構造・寸法の検討においては受圧面積を大きくとる（幅・高さや根入れなど）ことが必要ですし、それに伴って厚さと構造（無筋・有筋）も検討します。また、ジャッキの推進力を分散する

ためにジャッキと支圧壁の間には押角を配置することが必要です。

(3) 推進架台

推進架台は通常H鋼などの鋼材にて組立てられ、掘進機・推進管を所定の位置・方向に据付けるとともにジャッキ・ストラットなどの摺動台になります。そのため推進中に移動しないように堅固に固定することが必要です。掘進機と推進管の外径が20mm以上異なる（掘進機の方が大きい）場合は、掘進機推進後に推進定規の据付調整を行なう場合もあります。また、通常のH鋼定規の推進架台では大口径や超大口径の場合は掘進機や推進管の自重や管セットでの繰り返し荷重でフランジが曲がったり外面が傷ついたりすることがありますので、スチフナーを入れるなど、3点（4点）支持にする工夫が必要です。

(4) 元押設備

元押ジャッキは推進抵抗の計算に基づいて配置しますが、推進方向へ正確に据付けることが重要です。また、圧力計・ストローク計を備えてジャッキスピードが容易に調節できることも不可欠で、初期掘進時などの推進抵抗が小さい時でも低速の掘進が可能なことも必要です。

(5) 土砂搬送設備

（流体輸送・圧送ポンプ・空気スラリなど）

土砂搬送計算（流体輸送計算・土砂圧送計算など）に基づいて機器の選定を行ないますが、機内スペースが許されるならば中継機器は能力の高いものを配置して台数を削減する方がトラブルの防止になります。また、土砂の性状によって搬送能力が変化しますので、中継機器の投入準備は計算よりも早めに行なうのが基本です。

礫地盤における長距離泥水式推進工事においては流体輸送用排泥ポンプのインペラやケーシングの摩耗が頻繁に発生するため、推進中に交換を行うことが多々あり、事前に準備しておくことも重要です。また管内流体輸送で使用する配管材も、砂礫により管厚摩耗が激しくなるので、配管材の肉厚を厚くする対策が必要となります。

(6) 注入設備

推進中に使用する滑材注入設備や添加材注入設備はその能力に余裕があるとともに、長距離施工などにおいては掘進状況を判断しながら操作する必要があるた

め、遠隔操作が可能な機器を選定します。2液ショットタイプの滑材や添加材を使用する場合は、それに見合ったプラントを採用し、先端ショット部から片方が逆流しないような配管を使用することも重要です。

(7) 水替え設備

常時の立坑水替えは湧水量に対して余裕を持つとともに、発進鏡切り以後は、常時使用する水替えポンプとは別により大きな容量の非常用ポンプを別回路で設置するようにします。それは、想定外の湧水量の増加や漏電などによるブレーカ作動に対しても立坑の水没を回避するためです。また、下り勾配の場合は管内の水替え設備も必要で、特に長距離施工などの場合は、排水容量とともに切羽と発進立坑の高低差を考慮してポンプの揚程を検討しなければなりません。

(8) 換気・照明設備

推進管内の換気設備・照明設備は安全衛生法を遵守した照度と換気量を確保するようにしなければなりません。有害ガスの計測方法はポータブルタイプによる携帯方式と遠隔監視システムによる遠隔計測があります。長距離施工などの管内通行に困難を伴う施工においては、遠隔監視システムを使用して入坑前に切羽・中押部などの状況を把握でき、坑外からも監視でききるようにすべきです。

可燃性ガスの発生の可能性があり、あるいは圧気作業を行なう場合は、別途の検討計画が必要です。

(9) 防音・防振設備

通常の施工においても周辺環境への影響を考慮して、使用機器や作業方法には騒音振動対策を講じるべきですが、設計仕様書で規定され、または事前の踏査で必要と判断された場合には、別途の防音・防振設備を計画しなければなりません。音源や振動源となりうるのは泥水式における一次処理機や、泥濃式における排土プラントの他車両の出入り音、また、門型クレーンホイストの操作時のマグネット作動音および礫泥水推進における地上配管内の破碎礫通過音など多岐にわたりますので、防音壁などの設置による大がかりな対策から、現場におけるこまめな対策まで種々の対策を心がけなければなりません（写真－8）。



写真-8 防音壁・防振架台

4 管理基準

施工計画が立案されれば、規格値以内での管理基準を設けて現場における管理限界を設定します。推進工事におけるトラブルで、その兆候が見えた段階で施工をストップして検討して対策を講じ、引き抜いて工法変更して収まったケースでも、無闇に推進を継続して重大な事態になった例が多くあります。継続の理由としては工期の切迫や「推進を前に進めることによって状況が改善されるであろう」という、多くは根拠のない願望に起因します。推進工法は管列全体が前進しますから、トラブルを抱えて前進すれば取り返しのつかない事態になる確率は自ずと大きくなります。現場だけの対応では、発注者や元請けからの技術的根拠以外の理由による推進継続の流れを押し止めることは困難です。そのため、管理基準を設けてそれを逸脱した場合は施工を一時ストップして原因と対策を現場にて検討し、リスクアセスメントを用いた対策も場合によっては講じる判断も必要です。その場合は、発注者、設計者、元請け企業、専門者の納得のうえで推進を再開することが肝要です。

4.1 推進抵抗

推進管の破損や推進不能などの直接原因は推進抵抗の増大によるものがほとんどであるため、推進抵抗の変化には十分注意を払わなければなりません。推進抵抗の計算で算出された推進力は最大値と考えるべきで、推進延長に応じた計算値を実測値が+10%程度上方に逸脱すれば原因と対策を検討すべきです。ただし、推進工の施工においては多かれ少なかれ初動時推進力（縁切り時）と推進時推進力には差があり、ここでいう

最大値とは初動時の推進力であって推進中のものではなく、また管理限界内であっても初動時と推進時の推進力の差が異常に大きくなってくれば、その原因と対策を検討してから前進すべきです。その際に検討すべき事項としては下記のものがあります。

①切羽（面板）抵抗と管外周摩擦抵抗の割り振り

切羽抵抗が卓越している場合は前面の支障物の可能性や面板閉塞

また周面摩擦が卓越している場合は②～⑤の管外周部の異変によります。

②テールボイドの消滅

管外周地山の崩落（砂・礫地盤など）

土圧による締め付け（粘性土など）

ビット摩耗などによるオーバカット不足

③滑材の変質

希釈・流出

脱水固化

塩基イオンなどによる分離・沈殿

④その他

推進管・カラーの変形

推進管継手部の漏水や路面振動などによる圧密締め固め

また、曲線施工においては曲線開始箇所（BC点）での伝達推進力にも注目しなければなりません。元押推進力は管理限界内であっても曲線施工に伴う推進力伝達材の部分で推進管の許容圧縮応力を逸脱すれば推進管は破壊します。曲線施工に伴う管の破損原因はこのことが多く、元押推進力から推測されるBC点の推進力にも管理限界を設けなければなりません。

4.2 推進精度

推進精度不良によるトラブルを防止するために縦断および水平方向の管理基準を設ける必要があります。発注者の設定する許容誤差や推進管の使用用途などによって管理基準は異なりますが、蛇行すれば推進抵抗の増大や継手の抜け出しなどの問題が派生するため、できるだけ基準線通りに推進すべきです。一般的な数値としては上下左右とも30～50mm程度を管理基準にして、逸脱する場合は対応を検討すべきです。

また、推進精度管理においても傾向の把握が重要で

あり、管理限界内であっても基線との交角が大きくなるような線形での方向修正は避けなければなりません。特に曲線施工においては曲線外側方向へ基線と1度以上の交角を持つことは危険であり、むしろ誤差が大きくても基線と同心円を描くような軌跡で推進している状態の方が管理可能と思われます。

その他の精度不良への対策としては、どの現場でも推進精度管理でレーザ管理や管内測量を実施しています。管内自動測量機械を用いた施工や、従来の手測量による施工で掘進機の位置や向きの把握、また追従する後続管の精度の把握を行って次の推進への修正量を決定していきますが、使用している測量機械の故障や更生不良、管理プログラムの入力エラーなどから、到達してから精度不良が確認されている事例もあります。使用する測量機械の更生管理や管理プログラム入力の再チェックなどを行い、また違う人でのダブルチェック等でトラブルを防げる確率が上がります。

4.3 掘削土量

推進工法における掘削土量管理は必要ですが、厳密には難しい問題もあります。それは地山状態にある土と残土搬送された土砂では状態が異なり、掘進する地山は時々刻々変化し搬送される残土は流体や泥土化した状態になっていますので、土砂量と掘進した地山土量の比較は直接的にはできません。そのためシールド工法などでは事前の土質調査から得られた土質常数と搬送される土砂の流量・密度から双方の乾砂土量を算出して比較するのが一般的です。また、搬送される土砂の計測を継続的に行なえば、統計的处理を施すことによって地山の変化を考慮に入れた管理も可能にはなってきます。

しかし、推進工法においてはこのような掘削監視システムは設計標準にはなく、施工規模・期間および施工サイクル（推進管の据付時の排土管の切り離し）を考えると必ずしも必要な装備とは思われません。推進工法においては搬出土砂を土砂バケットやダンプ、コンテナ車で計測して土量管理の目安にし、併せて、流量と比重およびジャッキスピードを計測して管理の目安にするのが一般的な手法です。

いずれにしても推進管理の目的は切羽バランスを確実に

に保持して安全確実に推進することが基本で、土量や比重などを計測するのはその手段ですから、現場の施工管理は切羽バランスの保持に注力すべきです。

4.4 その他

管理項目としては上記の他にいろいろな項目がありますが、通常の推進管理については下記のものがあります。

切羽バランス：切羽圧力（土圧・水圧）

切削状態：トルク（回転数）、方向制御ジャッキ油圧

掘進機姿勢：ピッチング、ローリング（ヨーイング）

元押設備：ジャッキスピード、推進力

流 体：流量、水圧、比重、粘性

滑材注入：注入量、注入圧、注入箇所

その他にも各種工法別に管理項目が設定されていますが、最終目的は推進工事の安心・安全な施工ですから、現場施工管理としては上記の管理目的を十分理解するとともに広い視野を持って現場の管理に当たることが重要です。

5 おわりに

推進工法は目覚ましい技術革新を実現する中で、その適応範囲を拡大し、工程の短縮・工事費の削減を行ない、我が国の地下埋設管工事の発展に大きく貢献しています。しかし、技術革新が進むにつれてトラブルの数・規模ともに増大する傾向にあり、その責任を施工者側が一方的に負担させられるケースも見うけられます。一概にトラブルといっても施工ミスや管理不足などのために発生するものと想定外の障害物や土質変化などによって発生するものは根本的に異なります。推進工法に携わる技術者としては前者のようなトラブルは事前調査→施工検討→施工管理によって防止しなければなりません。そのためのポイントを経験を交えて羅列しましたが、その前提は、計画設計段階における事前調査が適切に行われていることです。工法検討などは経済比較のみで行われるのではなく、十分な根拠をもって安全確実な工法選定がなされている必要があります。

推進工法の施工は地中で目に見えないことにより、土質変化や礫径の大への変化、障害物など想定外のトラブルは事前対応により回避できる場合もありますが、トラ

ブル（予兆を含む）が発生した場合は、施工者から発注者への連絡をこまめにおこない書面化しておくことも重要になります。

施工者側が工事完成に尽力するのは勿論のことですが、トラブルが発生した場合には発注者・設計者・施工者でトラブル解決策に対するリスクアセスメントを実施することで、各現場の状況に沿ったより良い対応策が得られ

ると思います。

本稿が参考になって施工ミスが減少・根絶され、そのうえで当初の明示条件と異なることによる想定外のトラブルについては発注者・設計コンサルタント・施工者が一体となって対応を協議し、最良の方法を選択して適切な設計変更がなされることを望みます。