

総論 坑内から撤去

推進工法における支障物対策



なかの まさあき
中野 正明

機動建設工業(株)
代表取締役社長
(本誌編集参与)

1 はじめに

近年の推進技術の進歩は1,000mを超える長距離施工や曲率半径R = 15m以下の急曲線施工など、従来は推進工法の適用範囲外と考えられていた困難な施工を可能にしてきたが、その半面トラブルの発生も増加し深刻な状況になるケースも散見される。最近の推進工事におけるトラブルで特に増加しているものは、障害物による推進の停滞や遅延およびそれに伴う推進力の増大や掘進機の損傷などである。刃口式推進工法主流の時代には大きな問題ではなかったが、近年は機械式密閉型の推進工法が主流になって、特に既設埋設物が輻輳する都市部での施工においては大きな問題になってきている。また、推進工法は山岳隧道やシールド工法と違って比較的小さな径で汎用掘進機を使用して行なう工法であるため、障害物に対する対応が自ずと限られている。特に推進開始以後に想定外の支障物の存在が明らかになった場合は対応に苦慮して、そのリスクを施工する側で被ってしまうことが多いようである。

本稿では推進工法の特徴をふまえて支障物の事前調査から撤去・回避方法

などを紹介し、本来あるべき姿を探ってみることとする。

2 支障物の調査と把握

支障物対策の基本であり第一歩は事前の調査と把握である。事前に判明しているのと、発進してからその存在が判明したり支障物に当たってはじめてその存在を認識したりするのでは、その影響が全く異なったものとなる。あくまでも事前にその存在の可能性を把握して、対策を検討して実施しておくことが重要である。

2.1 図面と現地踏査

工事の受注や着工前には必ず設計図面をチェックすることが重要だが、まず平面図や断面図で近接の埋設物や構造物、および直上の構造物の基礎やその仮設物の残置の可能性などを検討しておくのは当然である。また特に既設マンホール付近の仮設物や現在には使用していない残置構造物などは、設計図面だけでは確認できない場合があるため注意が必要である。不明な部分があれば埋設物や構造物の所有者・管理者に問い合わせ、施工図・竣工図などが残っていないか確認する必要がある。

図面をチェックしながら現地を踏査することも重要な作業で、埋設物などが図面通りに埋設されているか図面にない残置物の可能性が無いかなどは、現地を歩いたり可能ならばマンホールや構造物内に入ったりして目視調査しなければわからないことが多くある。また、現地踏査の時に近隣住民から過去の地形や環境などを聞くことも重要なヒントになる場合があるため、可能な限り現地で情報収集することが重要である。

2.2 試掘調査

試掘調査は一般的には立坑築造部や地盤改良削孔箇所埋設物の損傷を防止するために行なわれるが、推進路線でも不明な構造物や埋設物の位置・深度に疑問があって他の手段では確認できない場合には試掘を行なうことがある。試掘を行なうためには発注者・道路管理者などの理解が必要だが、支障物に遭遇してから慌てふためて行なうことを考えれば必要な場合は事前に申請して実施すべきである。試掘に当たってはその目的が支障物の確認であることを念頭に、できるだけ簡易な方法でかつ確実な確認ができるように計画を立てなければならない。埋設物の存在位置だけを確認すればよいのか、基

礎の形状など底盤まで確認する必要があるのかによって試掘に伴う仮設が変わってくる。

2.3 探査

埋設深度が深かったり道路占用が不可能であったりして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る。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するが、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る。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る。構造物の基礎杭の調査には近接部にボーリング孔を設けて磁気探査を行なうのが一般的である。また、沖縄など戦争中の不発弾の残置が想定されるような場所では、3Dの磁気探査などで工事着手前に安全を確認することが必要である（図-1、写真-1、2）。

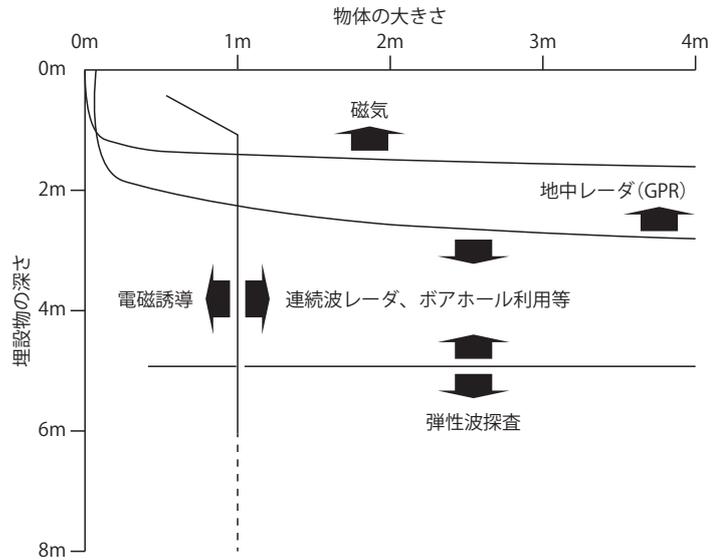


図-1 地中探査の分類



写真-1 電波探査



写真-2 磁気探査ボーリング

3 事前の回避方法

事前の調査で支障物が確認された場合はそれを回避する手段を検討する。支障物の存在を放置して成り行きで工事を進行させるようなことは絶対に避けなければならない。

3.1 事前撤去

支障物が現状では不要であったり代替えのものがあつたりで撤去可能であれば、事前に撤去するのが最善である。

(1) 開削撤去

地上からの開削撤去が可能であれば、当然そのようにすべきである。構造物・埋設管・基礎杭などその種類によって仮設方法は異なるが、推進断面にある障害物が完全に撤去できるように掘削・撤去方法を計画する。杭の撤去については直接引き抜く方法やケーシング削孔による方法などがあり、杭の

材質や残置状況に応じてできるだけ簡便で確実な方法を選択する。

(2) 非開削撤去

地上からの撤去が不可能な場合は非開削による撤去方法を検討しなければならない。その方法は推進工法による横坑で行なうのが一般的だが、立坑は本来の発進・到達立坑を使用する場合と新たに支障物直近に立坑を築造する場合がある。もちろん、発進・到達に近接して支障物がある場合には発進到達立坑を使用して施工するが、推進路線中に存在する場合で直上の開削が不可能な場合はやむなく新たに立坑を設ける場合がある。推進工法としては刃口式推進工法で管内から人力で撤去する方法と、鋼管推進工法などで直接支

障物を切断撤去する方法と、埋設管にかぶせてケーシング削孔して埋設管を撤去する方法がある。比較的大口徑の場合は刃口式推進による撤去が確実だが、地山が自立しない場合は薬液注入などの補助工法で地山の自立を確保しなければならない。発進・到達立坑を使用する場合は、支障物を撤去した後で使用した推進管も撤去するケースと、

推進管を残置してその中に本管を推進する二重管方式がある。鋼管削進やケーシングチューブなどによる場合は仮設管（鋼管・ケーシング）内の空隙を充填しながら引き抜き撤去するのが一般的である。

3.2 路線変更

支障物が使用中であったり埋設状況から撤去不可であったりする場合は推進路線の変更を検討する。路線の変更による回避はセンタで避ける場合とレベルで避ける場合があるが、自然流下方式の下水道などの場合は、上下流のステップ（段差）が大きい場合を除いてはレベル方向での路線変更は困難である。センタ方向での移動は他の埋設物との離隔や官民境界の制限などを考慮して検討されるが、立坑位置の移動が困難な場合は曲線線形に変更する方法もある。何れにしても路線変更は根本的な設計変更で発注者・設計者および関連企業との十分な協議が必要である。

4 推進中での対応方法

事前の調査では支障物の存在が確認できなかつたり確認できても撤去や路線変更が不可能であったりする場合は、推進途中での対応を検討せざるを得ない。このような事態は本来極力避けるべきで安易に計画するべきではないと思われるが、最近ではこのようなケースが多くなってきており、今後も増加すると考えられる。

その方策としては大きく分けて推進途中に地中で支障物を撤去するパターンと、支障物に接触する前あるいは接触してから急遽路線を変更するパターンがある。

4.1 撤去

推進途中で支障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・引き抜き撤去・迎え掘りによ

る撤去などがあるが、それぞれ一長一短があり事前の準備の有無によっても適応可能かどうかが変わる。

(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支障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ある。通常は機内ビット交換型の掘進機を使用しているが、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、面板の前面にある支障物を撤去するためには面板のスリットを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ある。隔壁を開放しての作業が必要なので支障物撤去作業時には前面切羽が自立している必要があり、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する。当然のことながら小口径には適応せず大中口径でも比較的小さな径（ $\phi 800 \sim 1,000\text{mm}$ ）の施工や高水圧下では作業性や万一の場合の避難などの安全管理の面で疑問が残る（写真-3）。

(2) 掘進機による切削

支障物の材質や埋設状態によっては掘進機で直接切削する場合もあり、ウォータ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る。この方法での注意点は支障物の形状、位置の把握、切削対象物が動かないこと、切削片の取り込みであ

る。支障物の把握は機内から電磁波で測定する方法が確実になっている。また、支障物がカッタの回転とともに動いては切削できないし、周辺地山の崩壊を防ぐためにも支障物付近は地盤改良による固化が必要である。また、切削片による閉塞が懸念されることと確実な撤去完了を確認する方法に少し不安があるため、支障物の材質や形状寸法によっては慎重な検討が必要である（写真-4）。

(3) 引抜きによる撤去

推進途中で支障物に遭遇した場合に、掘進機のみを引き戻して前面開放の状態にして撤去する方法である。そのためには引き抜き可能な二重構造の特殊な掘進機が必要で、前面を開放するため地盤改良の併用も必要である。機内からの撤去と比較すると掘進機引き戻し→支障物撤去→掘進機再押し込みという二度手間になるが、支障物撤去の作業性は幾分良くなるため比較的小さな径の施工においては優位な方法と思われる（図-2）。

(4) 迎え掘り

事前の対策（特殊な掘進機の使用など）を行わずに支障物に遭遇して、その位置が到達立坑に近い場合は到達立坑から鋼管などを使用して刃口式推進工法にて迎え掘りする場合がある。支障物撤去後は迎え掘り管内へ推進管と掘進機を押し出して掘進機を到達立坑から回収する方法と、到達立坑から



写真-3 機内からの支障物撤去



写真-4 掘進機による探査と支障物切削

掘進機を引き抜いて推進管を到達立坑から挿入する方法がある（図-3）。

4.2 回避・路線変更

支障物が撤去不可能であれば推進途中でであっても一旦引き抜いて回避しなければならない場合がある。また、引き抜き不可能であれば当該工事は中絶・打ち切りにして新たな路線の検討などを行わなければならない。

(1) 引抜き→曲線施工

支障物の側方に推進可能なスペースがある場合は、一旦ある程度の距離を引き戻して、曲線推進に切り換えて支障物を回避して通過する方法がある。この場合の線形は使用している掘進機

の中折れ角（曲線造成性能）や使用している推進管の継手性能（許容目地開き）・推進力伝達材の有無などによって決定される。直線推進での引き抜きにはPC鋼棒が使用され曲線推進の場合はPC鋼より線を使用するが、極端な線形はPC鋼より線を使用しても均等な応力での緊張が困難であるため不可能な場合もある。引き抜き計画にあったってそれまでの推進抵抗を参考にして十分な余裕を持った方法を検討すべきである。引き抜きに伴う充填注入は再推進を考慮して地山強度と同等程度で推進管との付着力の少ない注入材を選定する（写真-5）。

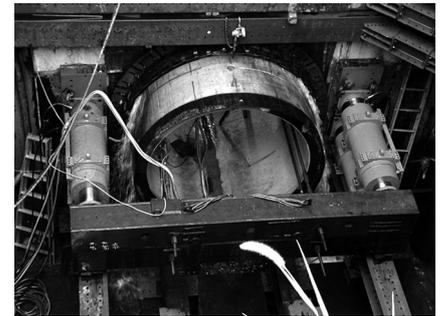


写真-5 引抜き工法

(2) 引抜き→路線変更

曲線施工への変更などでも通過不可能な場合は、引き抜いて路線を変更しなければならない。その場合、同一の立坑内で移動可能なケースと立坑とも移動が必要なケースがある。何れにしても大幅な変更になるため、根本的な設計変更が必要である。この場合の充填は永久的な残置になるため高強度で経時変化の無い材料を選定し、引き抜き後に再度地上から削孔注入などを追加して空隙が残らないようにしなければならない。

5 おわりに

支障物対策の基本は事前調査による把握に始まることは前述した通りで、設計段階などできるだけ早い段階でその存在が判明して対策が検討されるのが基本である。そのためには計画→設計→発注→施工検討→着工の各段階でそれぞれの立場で責任を持ってチェックする必要がある。その上でやむを得ず支障物に遭遇した時でも、ここに記述した方法があることを認識して、慌てることなく関係者と協議して正しい対応を検討し実行することを願うものである。

本稿が参考になって支障物によるトラブルが減少するとともに、もし遭遇しても合理的な対応が実践されることを望むものである。

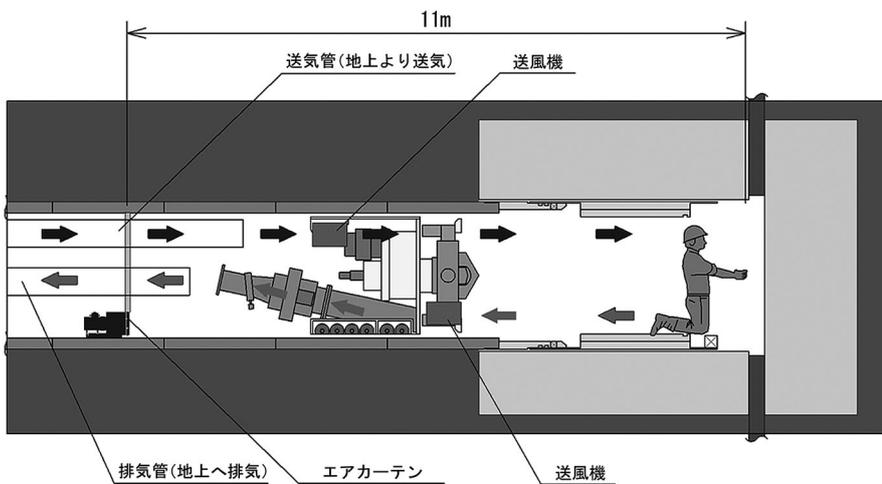


図-2 掘進機引き戻しによる支障物撤去

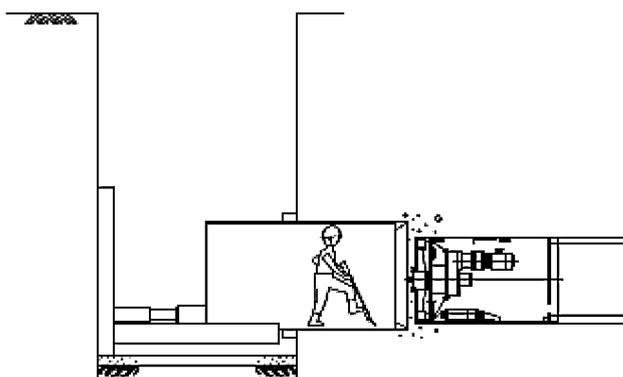


図-3 迎え掘り