

総

論

施工と管材のコラボ

高規格・高性能推進管と 高度施工技術の一体化

ふなばし とおる
船橋 透機動建設工業(株)
関東支店工事部長

1 はじめに

近年の推進工法は従来不可能であった施工を可能にして、高度な施工管理が必要になって来ています。推進距離1,000mを超える長距離施工、曲率半径 $R=15\text{m}$ 以下の急曲線施工、大土被り（大深度）の高水圧下の施工、巨石・硬岩などの土質に対する施工などが可能になっています。推進工法の適用範囲を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、それとともなってトラブルの発生頻度が多くなり、その結果が深刻になっていることも事実です。

推進工法はジャッキで推進管に荷重をかけて地中を前進させる工法ですが、時々刻々その状況は変化し、それに対して的確な判断と対応をとりながら施工する必要があります。その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、推進不能に陥るような重大なトラブルは万全の対策で回避しなければなりません。

推進工法における重大なトラブルといえば、まず考えられるのは施工中の推進管の破損や漏水です。推進中に管

が破損すればジャッキの推進力を前方に伝達できなくなり、推進不能になるおそれがあります。また、継手からの漏水が発生すれば土砂の流入による地盤への影響や管内の水没の危険があり、それらの危険が回避できたとしても滑材の流出によって管外周の滑材層が保持できなくなるため、推進力の異常な増大を招きます。このように推進管に発生するトラブルは深刻な物ですが、上記のような技術困難な施工になればなおさら深刻な事態に陥ることが想定されるため、推進管は高度な推進施工技術の重要なパートナーという認識が必要です。

本稿ではトラブルを防止することを目指し、施工する側から推進管選定の現状やその性能に対する要望、期待などを述べてみたいと思います。

2 施工側から推進管に求める性能

2.1 長距離施工

長距離推進を施工する場合もっとも問題になるのは推進力の増大であり、それに対して種々の高強度管が開発されています。従来ヒューム管の軸方向圧縮強度は 50N/mm^2 と 70N/mm^2 の2種類でしたが、最近では 90N/mm^2 の

高強度管が開発され、将来はさらに強度の高い推進管が開発される可能性もありますが、長距離施工に適した推進管を考えるべきだと思います。施工する側の要望としてはむやみに高強度を求めているわけではあません。なぜなら、高強度管を使用する場合は、強度に見合う元押ジャッキの配置や支圧壁の耐荷力が必要ですし、圧縮応力が大きく作用する分ひずみも大きくなるためより均等な荷重載荷が必要になるからです。往々にしてそれらは困難でやむなく中押設備を配置することが多いようですが、滑材注入の工夫などによって推進抵抗の低減がなされて、中押を使用せず到達するケースも多くあるようです。長距離施工で推進管に起因してトラブルに陥るケースとしては、直線施工で推進管の軸方向耐荷力が不足するのではなく、曲線や蛇行による推進管継手部での応力集中、管材および推進力伝達材の弾性変形によるBackingおよびジャッキ有効ストロークの減少、支圧壁耐荷力不足による支圧壁の移動や破壊などの方が多いようです。

長距離施工に適する推進管には、強度が均一でばらつきが少なく寸法（特に外径）誤差が少ないこと、管端部付

近の部分的圧縮に対する補強がなされていること、弾性変形の少ない推進力伝達材を使用すること、注入孔（グラウトホール）が適宜設けられていることなどが要求されます。また、詳細は後述しますが繰り返し使用に耐えうる中押管も必要です。

2.2 急曲線施工

曲線施工に使用する推進管に特に留意しなければならないこととしては、曲線外側のカラーからの抜け出しおよびそれに伴う漏水、曲線内側の応力集中、伝達推進力の水平方向分力による曲線外側からの外圧の増加などです。それらの留意事項に対しても様々な曲線施工用の推進管が開発されています。まず、カラーの抜け出しに関しては下水道協会規格の継手形状ではJA、JB、JCの3種類から選択します。特にJC継手は許容抜け出し量が60mmであるため、曲線施工に多く適用されています。JC半管（1/3管）でも対応できない場合は管長をさらに短くした短尺管（L＝600、400mmなど）や標準管の管体の中で数箇所折れ曲がることのできる推進管などがあります。曲線内側の応力集中に対しては適切な推進力伝達材の配置で対応していますが、長距離施工での曲線推進や大口径での急曲線推進では対応に苦慮する場面があります。また、曲線施工に伴う外側反力に対して、下水道協会規格の1種管、2種管などで対応できない場合はさらに高強度（3種管、4種管など）の推進管が開発されています。

曲線外側の抜け出しに関しては上記のような対応に加えて、カラーからの離脱を防止するための「開口制限装置」なども併用して、対応することは可能と思われます。しかし、比較的大口径の曲線施工において許容抜け出し量以内であっても漏水が発生して、滑材の流出、推進力の増大になるケースがあり、

別途の検討が必要と思われます。このような現象はカラーとゴムリングの組み合わせが曲線部分では全周均等ではなく偏ったり、カラーが変形したりするため起こると考えられます。急曲線用掘進機の中折れ部は球面加工になっていますが、推進管の継手は単なる段落ちの嵌め合いですから、このようなリスクがあります。今後の検討が待たれるところです。曲線内側の応力集中への対応は推進力伝達材で行いますが、推進抵抗が大きく伝達推進力が増加すれば対応できない場合もあります。この場合ほぼ100%管端部のみが圧縮破壊されるため、もう少し管端部だけでも補強されていれば良かったと後悔するケースがあります。この問題に対しては推進力伝達方法の改善と推進管の開発を共同で行う必要があると思います。曲線外側反力に関しては外圧強度高い推進管を使用しますが、この荷重は推進管が曲線部にあってジャッキが作動している間だけ載荷される荷重ですから、むやみに高強度管を使用するのではなくて他の方法がありそうな気がします。

2.3 高水圧施工

高水圧下の施工に使用する推進管に要求されるのは、継手の止水性能であることは言うまでもありません。継手止水性能は下水道協会規格ではJAで0.1MPa、JBおよびJCで0.2MPaとなっていますので、地下水位下20mより深い位置での施工には下水道協会規格以外の特種な管が必要です。0.4MPa、0.6MPaなどに対応する高水圧用特殊推進管があり、施工条件に合わせた選択が可能です。直線施工や比較的小口径の施工では上記のような既存の高水圧用推進管で問題はないようですが、曲線施工や大口径長距離で推進抵抗が大きな場合は、さらに安全性の高い推進管が望まれます。小口径や比較的推進抵抗が小さい場合は推進管のひずみ

が小さくゴムリングの拘束力を均一に保つことが可能ですが、大口径や推進抵抗が大きい場合の曲線施工では、とりわけ継手付近の管やカラーのひずみが大きいので、ゴムリングの拘束力が不均一になります。そのため上記のような既存の高水圧用推進管でも漏水が発生する場合があります。このように推進管の品質は規格通りであっても、実際の施工状況の中では不安な場合があるため、施工者と推進管メーカーが協力してさらに安全性の高い推進管を開発する必要があります。

2.4 巨石地盤の施工

巨石地盤の施工において推進管に不具合が発生するのは、長距離施工の場合と同じように推進抵抗の増大に伴う管端部付近の圧縮破壊と、管外周の礫（巨石）が直接管に接触することによる部分的な破壊（陥没）です。特に管外周上部にある巨石が上載荷重の振動や推進管の移動によって推進管に接触するようになって、さらに推進管が移動して巨石が押し付けられることによって、ある時点で推進管が内側へ陥没する現象は巨石地盤の推進施工に特有のもので、施工する側としては滑材、可塑材の追加注入などで管外周の潤滑層を保持するようにしますが、このような現象を100%防止することは困難であり、推進管の性能で何らかの改善が望まれます。

(1) トラブル事例

【施工概要】

推進管径：φ2,000mm

推進工法：泥水式推進工法（礫対応型）

土質：玉石混り砂礫土

【発生状況】

合成鋼管を使用したL＝500mの急曲線推進工事において、200m程度推進した時点で発進立坑から50m付近の推進管が破損。合成鋼管の内面コンクリート部にクラックを生じるとともに上方の一部は剥離して脱落。