

総

論

曲線推進

超長距離・曲線推進の課題と展望



なかむら さとる
中村 啓

財下水道業務管理センター
下水道アドバイザー
博士(工学)

1 はじめに

平成20年度の下水道工事では、609kmの推進工事が実施されました。

これは、当該年度下水道管路工事の総延長8,120kmの約8%に相当します。

筆者等は、平成11年(1999年)に、工事費の縮減や通行止め区間の縮小を図るために、呼び径1100mmで推進延長1,000mを超える超長距離・複合カーブ推進を具体化しました。これ以降、1スパン当りの推進延長は延伸競争となり、ついに平成19年度(2007年)には、呼び径1000mmで世界一となる推進延長1,447mが実現しました。

しかし、その一方で長距離推進工事、中でも急曲線推進では、予定通りに到達しない工事例が増え、問題視されています。

そこで、推進工法では夢とされた1,000m超えを初めて具体化した筆者に、率直な意見が求められた次第です。

2 長距離・曲線具体化への道程…

長距離・曲線推進の具体化は、偶然の賜物ではなく、昭和50年代から平成に至る、約20年という期間を要し

ての推進関連企業の努力の積み重ねが下支えとなって実現しました。

具体的には、

- ①推進機部門では開放型刃口から密閉型セミシールド機への進歩
- ②管材部門では管体強度が50N、70N、90Nの製品開発、継手部水密性の改良、カーブ専用管(SR、合成鋼管)の開発
- ③工事部門では中押し推進設備、ロングストローク・ジャッキ、粒状滑材の開発、管内測量システム、オペレータの推進力管理手法の修練…の進歩が相まって長距離・時代が幕開けとなりました。

推進延長では、管径にもよりますが最初の壁は2桁の50m超え、続いて3桁の100m超え…と、順次実績を積み上げて、延伸してきました。

ところが、500~600mを超えると不測の事態に遭遇し、推進工事途中で放棄、いわゆるゴツンコが当たり前だったようです。業界では、600mを超えると魔物が住むと実しやかに言われていました。

そんな中、各工法協会は個々に粛々と長距離・曲線推進に取り組んできましたが、業種の壁を越えてまで協

同歩調を取るには至らず、推進延長1,000mの壁はとて超えられなかったようです。

3 曲線推進の端緒

長距離推進の具体化には、曲線施工は避けられない課題でしたが、確実に施工できることを優先したので、道なりカーブの3桁の曲線半径程度しか対応していませんでした。というのは、曲線推進は切刃開放型刃口推進時代から施工されてきましたが、つい最近までかなり強引な曲線形成方式を採っていました。例えば、地山からの反力を直に受けて無理やり管を曲げるために、H形鋼やI形鋼を打設したり、CCP等の柱列杭を施工したりしてきました。推進管においては、目地部に曲率を維持するためにくさびを挿入し、目地の開口幅を確保して曲線を描いてきました。

何れにしても、最悪の場合には管材の破損を覚悟した施工法でした。

これではいけないと、目地部のくさび挿入によるひび割れ発生に懲りたこともあって、推進力の強さに応じて厚さが変形して伝播できる樹脂製のクッ

ション目地材が開発され、管端面受圧部におけるポイントタッチは全断面積受圧に近い形に改善されてきました。それと同時に、曲線造形装置や曲線軌道維持装置も開発されました。こうして、先導体の描いた曲線がこれらの装置によって地山内に軌跡として描けるようになりました。こうして描いた軌跡がガイドとなって、推進管が地山とせめぎ合うことなく通過できるようになり、推進管を傷つけない曲線施工ができる所まで進化してきました。

近年では、2桁の曲線半径やS字曲線までが実施され、驚きをもって迎えられています。その一方で、極端な曲線推進については異を唱える業界人も現れ始めています。

4 長距離・曲線推進の心構え…

私は、通算33年の役所人生を一貫して最前線の下水道技術者として過ごしてきたことから、新工法を設計に取り入れ、施工管理も自ら行い、新滑材の開発にも協力する機会を得ました。

ところがこんなに自由のきく環境の中にあっても、1,000mの壁を越えようとすると、気の置けない業界人を商売抜きで味方に取り込み、ことに当たっては彼らの技術力を借りながら実績を積み重ね、推進可能延長を伸ばしていくという繰り返しが必要でした。

当然、国費を原資に工事を進めているので、高額で特殊な工事を起案するには第三者への説得力のある説明が必要です。役所内では財政担当の事務方を説得できる合理的な根拠・資料も必要です。工事の実施には100%に近い竣工の確証が求められ、億単位の大きな工事費となりますので、議会説明や議決承認も必要です。

続いて超長距離・曲線推進を具体化し無事竣工させるには、縁の下の力持

ちである推進業者、管材メーカ、推進機メーカの三者と設計者の間には技術面での出し惜しみのない討論が欠かせません。こうした討論を通して、お互いに遠慮のない、所謂、阿吽の呼吸や絶対の信頼関係が生まれます。

不具合が生じると、推進業者が設計者や管材メーカに責任を被せるような発言が実しやかに述べられる環境下では、突発障害の合理的解決や確実な施工の保証など望めるものではありません。

前例のない超長距離推進や急カーブ推進を具体化し、工事中に直面する未知の困難を乗り越えるには、当事者間の意思疎通だけに止まらず、発注者や元請け企業の深い理解が必須条件になることを、身をもって体験してきました。

5 長距離・曲線推進における保険…

大中口径において、600mを超えるような推進延長を竣工させるには、

- ①推進機内から切羽に出て面板を加工できるよう開口部・点検口を持った推進機が適します。
- ②推進管の管内を自由に移動できる部分圧気が適用できる管径として、1000mm以上が必要です。(完成後の補修も移動圧気を使った補修方法が採用できます)
- ③シールド機には蛇行修正用ジャッキの装着は当然のこと、推進用ジャッキも欠かせないと考えております。(これは先端推進力の低減だけでなく、曲線推進での曲率を地山内で確保するには欠かせない装備と考えております)

こうした設備等を、筆者は長距離推進における保険と呼んでおります。

これらが無いと、

- ①障害物に遭遇や地盤の急激な変化に対応して、シールド機先端を改良したり、交換できなかったり、

②カーブの途中で元押しジャッキに管材が割れるまでの負荷をかけても、先端部が前方に動いてくれないために推進停止するしかないとか、

③迎え掘りにより推進機を迎えに行くとか、

…といった非常事態が起こります。地盤の種類を選ばず、日本中のどこで施工しようとも同じ成果が得られるようにならないことには、推進工法はトンネル技術として認められないと考えております。

6 推進抵抗の低減を確実に…

推進抵抗力の低減を確実にするため、管周辺には最小限の余掘りを施します。この余掘り部の体積を到達するまでの間、変化させないような注入材、即ち滑材を圧入することが必要となります。滑材と呼んではいますが、従前から使われてきた管周空隙の40%を充填する滑材とは、注入量において大きく異なります。これにはビンガム塑性体が最適と筆者等は考え、粘土を主とする注入材を使用しますが、シュークリームのカスタードの固さをイメージしていただければいいかと思います。

この滑材の注入目的は、「推進管と地山の摩擦抵抗」を推進管と注入材との抵抗である「ずり抵抗」に置き換え、抵抗値を大幅に低減しようというものです。こうすれば管と地山との接触は、ゼロにはなりませんが極端に減りますので、推進機圧入時に切羽に発生する対数螺旋で示される管頂部の緩み高さを抑える効果が期待できます。推進管が到達するまで、この緩み高さを大きくしないことが地山からの推進管の締め付けや管上部の地山の緩みを最小に止める効果があるので、最終的に推進抵抗力を抑制することになります。

推進停止時には、推進管路は下向き