



推進関連技術、発展の経緯と今



中村 啓

下水道アドバイザー
博士（工学）

1. はじめに

私と推進工法の出会いは、今から34年前に遡ります。当時は、コンクリート製推進管の先端管に茶筒に似た刃口を装着し、これを管後方の発進立坑内に設置した油圧ジャッキの推進力により地中に貫入させ、推進管を連結して地下管路を築造する刃口式推進工法が一般的でした。

この刃口には上下左右の方向修正機構などなく、線形の修正の如何は切羽作業員の技量に全てが託されていました。掘り手が未熟で、修正に失敗した結果、蛇行し誤って曲線となることはありましたが、直線施工が原則でした。

今日、 $R = 25\text{m}$ というような急曲線が、設計図書通りに推進工法で可能になろうとは、夢にも思いませんでした。

2. 礫地盤の克服

2.1 刃口の時代

私が担当した刃口式推進工法の現場では、河原と見間違ふほどの $\phi 200 \sim 300\text{mm}$ の礫が点在す

る地盤において、切羽の崩壊を引き起こして掘削を妨げる出水に対し、再び崩れないようにと薬液注入工法により地盤改良をしながら、トンネル作業を進めていました。

推進工法は、礫地盤には不向きな工法との評価が多勢の時代でした。矢板打ち込み等による土留め工の施工が困難な地域での下水道管路の敷設には、推進工法に勝る工法が無いことから、河川沿いに開けた都市の多くが礫地盤の推進工法に取り組んでいたように記憶しています。そこで推進工法では、礫地盤の克服が最大の課題になっていました。

切羽では、礫が管の表面を削らないように注意深く取り除いていました。そうして完成した空洞の中を、礫と管がかみ合わないよう、慎重に1本1本推進管を到達立坑に向かい押し並べるのは至難の業でした。石を1個外すと管底は、

$$\text{最大礫径 } \phi 300\text{mm} \times \frac{1}{2} = 150\text{mm}$$

平均的に15cm程度は波打ちます。この不陸は誰が施工しようと発生する、礫地盤の推進工事では避け難い事実であるので、認める必要性があり

ました。そこで、検査基準精度は $\pm 100\text{mm}$ 以内であれば、止むを得ず延長に関係なく合格としていました。

2.2 機械式の時代

その10年後には、掘進機先端や内部で礫を破碎したり、礫を破碎せずにそのまま取り出したりする礫対策技術がシールド工法で実用化されたことから、推進工法の大中口径管にもこれらの新技術がスケールダウンして応用されるようになりました。こうして、切羽開放型の刃口式に変わって、切羽閉塞型の機械式推進工法が次第に主流となっていきました。

粘性土等の圧入工法から出発した、人が中に入れない小口径管機械推進工法においても、礫対応工法が増え始め、 $\phi 100\text{mm}$ 程度の大きさの礫があっても、30～40m内外の延長であれば対応できるようになりました。

これを境に、礫地盤での推進精度は一気に向上し、以前の半分となる $\pm 50\text{mm}$ 程度までに改善されました。そこで、会計検査では到達さえできればある意味合格とされてきた礫地盤の推進工法も、精度が劣ると判断されればやり直しの指示が出されるなど、次第に厳格になっていきました。

それでも、掘進機呼び径の30%程度の礫までしか対応できませんでした。

2.3 異業種の台頭

さらに10年が過ぎ、電話や電気関連業者が推進工事に参入するようになると推進機器も大幅に進化し、掘進機呼び径の80%程度まで対応できる工法も登場しました。つまり呼び径500用掘進機であれば、 $\phi 400\text{mm}$ 程度の大きさの礫まで破碎できるようになりました。

しかし、業種間での工事費価格の較差は大きく、電力 \geq 電話 \geq 都市ガス \geq 下水道 \geq 水道という序列での賃金較差の壁に阻まれ、どんなに優れた工法であっても、下位業種に普及するまでには至りませんでした。

当時は外国企業の参入などが話題となった時期であり、参入を妨げる理由の一つに、同一内容工事の業種間での賃金較差は問題として取り上げら

れていたように覚えております。

未だに、推進工法という同じ内容の工事をしていても、業種間で工事費にかなりの差があるのは如何なものかと悩むことしきりであります。

それでも、推進精度は一気に開削工法並みの $\pm 30\text{mm}$ までに改善され、さらに諸センサーの進歩や低価格化に助けられて計測装置が進歩し、上下方向の精度ではゼロに等しいと言える所まで管理できるようになりました。

2.4 急曲線時代の幕開け

大中口径のカーブでは、電力系が始めた推進工法での到達立坑を、道路交差点を避けた位置に設置することを可能にしたJカーブ推進工法を皮切りに、下水道でも急曲線施工が具体化されるようになり、それに見合う急曲線用管材も製品化されました。

だからといって、掘進機や急曲線用管材さえ揃えれば、急曲線や複合曲線推進工法は誰にでも具体化できるものではなく、それなりの準備が伴わないことには曲線途中で推進停止となる事態も発生します。

つまり、急曲線・複合曲線推進工事では、掘進機が最初に描いた曲線の軌跡を先端管が到達坑口に達するまで保持できることや確実にこの軌跡を後続管が追従できるようなシステムを、掘進機と先端管との間に常備していない工法では、長距離複合カーブ推進や急曲線推進工法は具体化できないということを申し添えます。

3. 超長距離推進工法の具体化

3.1 夢の延長をクリア

1990年頃には、切羽の制御方式が刃口開放型から機械密閉型に移行し、粒状滑材や高強度推進管等の開発やロングストローク油圧ジャッキの登場と相まって1スパンの延長を伸ばし、管径(m)の200～250倍程度までは可能となりました。

そして2000年に筆者らは、元押しジャッキ推力だけで1スパン延長1,000m超えを可能にする超長距離複合カーブ推進システムを開発し、工事

への適用事例として推進工法では夢の延長とされていた1,000mを超える延長 $L = 1,006.9\text{m}$ を、呼び径1100で具体化しました。

その後2007年には、同システムを駆使して、呼び径1000で延長1,447m、が完工されました。

筆者は、維持管理の効率化を図ったり、耐震性の向上を図ったりするには、マンホール数を極端に減らすことができる超長距離推進工法が有効と考える立場に属しますが、管内に人が入りじっくり腰を据えて補修や修繕作業をする観点を重視し、超長距離推進工法の管径は、慎重に検討して決定していただきたいと考えております。くれぐれも、工事費の経済性だけで管径を決定することだけは止めていただきたいと願っております。

3.2 長距離化におけるリスク回避

30数年前は50mも越えれば、長距離推進に分類されていましたが、十年を待たずにこれをクリアして100m超えの3桁時代に突入しました。初期の頃は安全第一で、確実に到達可能であることが経済性よりも優位されてきました。推進延長が100mであっても、中押し3段程度は用意し、推進不能などの不測事態に対応する準備をしておくのが当たり前であり、必ずどんな障害や事態にも対応できる保険を用意して長距離への挑戦や冒険を実施いたしておりました。

「昨今の、安くさえあれば何でも良い」という風潮や不測の事態に備える保険などは一つも用意しないで長距離推進を実施する方向に、何故多くの地域で変わってしまったのか、理解に苦しんでおります。

長距離推進工法では、常に止まることを前提に対応策を練っておくことが、到達を確実なもの保証するには必要です。

例えば休みや連休には気の利いたオペレータだと、管を動かさないことから管周辺が固まらないようにと、1日に1回は休みといえども元押しジャッキを作動させ、管周辺の縁切り、固着化防止に努めたものです。

そういった時には、筆者も発注側の責任者として、可能な限り付き合いました。

金銭的ギクシャクも今日のようにはなかったの、「この費用を設計変更で貰うんだ!」といった、全て銭金というような儲けむき出しではなく、阿吽の呼吸というか、互いの心意気で難事に立ち向かい乗り切ってきた領域がありました。

こんな精神論は、もう語れなくなったのでしょうか、だとしたら寂しい話ですね。

3.3 人間味のある推進工法

測量担当者が休むと、急に推進スピードも低下する傾向があるという極めて人間的な味わいがあるのが、推進工法の特長と考えております。

どういうことかと言えば、測量の基準点の押さえ方には個人差が表れます。例えばレベル測量では、スタッフの読みにおいて、2.5mm付近を2mmと少なめに読む人、3mmと多めに読む人に分かれます。これと同じ現象が小口径管推進工法でのターゲットの読み方にも表れますので、同じ傾向の者が測量しないことには、到達に近づくにつれ、その差は大きく乖離していきます。

そこで50mを超えるような延長を施工する時には、必ず施工業者には測量担当者は一人に固定することや休んだ時にはできる限り推進を停止するようにお願いしておりました。

それでも、測量担当者が所用により2、3日休んだので、代わりの者が測量を引き継いだもののターゲットを見失い引き戻したことや、かろうじて到達坑には入ったもののやり直しをしたことなど・・・など、の経験が記憶にあるだけでも5回ほどあります。

申し訳ありませんが、測量担当者には貫通するまで「胃が痛い」の連続の日々が続きますが、これは発注者と受注者の双方のためだと割り切り、辛抱していただきたいものの一つです。こうした方が、精度も工期もしっかり守られます。

『測量の機械器具がどんなに進化しても、最終判断は人がするんだ。』ということをお忘れなくしていただきたいと思っています。

3.4 ジンクスが生きている世界

推進工法では工事に関連する人達の運・不運が支配する局面に出会うことがあり、神がかり的な

世界の存在を感じてきました。

自然相手のトンネル作業では、強運を持つメンバーが集まると、“ヤマ”まで好転することを経験してきました。逆に不運につかれたメンバーが集まると、連続して不運が付きまとい、良かった“ヤマ”まで悪くなり、切羽崩壊の連続から逃れられないこともありました。

運の良い悪いは、個人の努力では何ともならないことと割り切り、少しでも開運の途に尽きたいと結論の先送りを止め、即決に努めました。

優柔不断を克服することが強運を掴む道の一つであると信じ、普段から幸運に授かれるよう、何事の決断も即決することを心がけています。これが幸いしてか、今までに推進工事で到達不能になったことがないというのが自慢となっています。

4. 今後に望まれる事項

4.1 大義名分やお墨付きは必要か

不具合を改善した管材が登場しても、実績は？ 公的機関の認定は？ えー、改善・改良した材料にも実績は？ とは？

実績は作るもの、作られるものであって、出来たばかりの物に実績などあろうものか。過去とトレンドすれば、将来の程度は類推できるのでは？ 見た目の一部改良であっても、そんなに認められないのか？ 権威主義にすぎた方が、責任転嫁もできて楽であろうことはわからないでもないが。

4.2 施工者の倫理観

推進工法を確固たるものにしていくには、工事に携わることに誇りを持つことは当然だが、施工者の倫理観として、『良心でことにあたり、間違いは素直に認め、できないことは、できないと言う』……を心掛けたい。

4.3 発注者には保険的費用の評価

発注者には、以下の費用計上を望みます。

- ・単発で発注される高度な施工内容に応えるために必要な、優秀な人材確保にかかる費用を別途追加計上
- ・予め準備している不測の事態に対応するための保険手当の費用(例えば、中押し管の挿入など)
- ・精度確保のための方向修正手間、管内測量経費や精度確保システム費用など

5. おわりに

筆者は、官の技術者としての在り方を二人の恩師から学ばせていただきました。

推進工法の理論・施工を技術士の本間良治氏に、官の技術者の有るべき姿を工学博士の遠山啓氏きよるより、平成2年以降、日本非開削技術協会主催の研修会の場等を通してご指導いただきました。

本間氏には推進工法では夢とされていた1000m超えの具体化に技術士としての立場でご援助いただき、遠山氏には官側の技術者として国民全体の利益を図るために有るべき姿として、私の岐阜大学での学位授与への道筋を付けていただきました。

残念ですが、昨年、二人とも他界されてしまいました。

故人のやすらかなご冥福をお祈りいたします。

日本の推進業界にぽっかり大きな穴が空いてしまった感がしておりますが、この穴を少しでも埋めるべく一層努力する所存でおりますので、先輩諸氏のご指導の程よろしくお願い申し上げます。

執筆者紹介

中村 啓 (なかむら さとる)

元笠松町技監(岐阜県)

現中川ヒューム管工業(株)名古屋支店

技術担当次長