

総論

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 = 25m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φ200～300mm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になっていきました。

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