

総論 進化した推進技術

最先端・推進技術の真価はここにあり

いしかわ かずひで
石川 和秀

(公社)日本推進技術協会
専務理事
(本誌編集委員長)



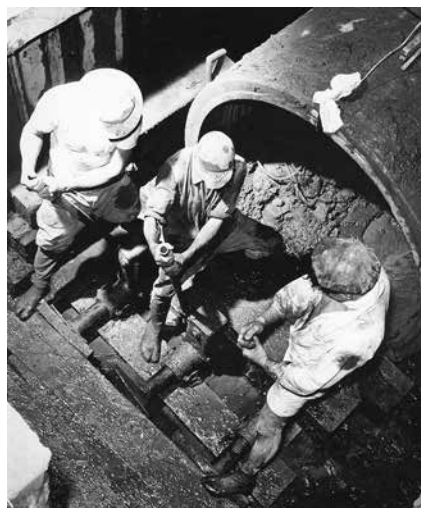
本月号は、今月末の“下水道展’12 神戸”の開催にあわせた特集号です。

ここでは、下水道展で推進関連各企業・団体が紹介する最先端技術について、それらが、どのような背景から、何を目指し、どのような課題を、どのように解決して開発されたものか、さらに我々が見据えるその先には何があるのか、そのポイントをできるだけわかりやすく解説することで、来場者を含め、多くの関係者の方々に、我が国が誇る世界最高レベルの推進技術、さらにその最先端技術に対し、良き理解者、かつ応援者（サポーター）になって頂きたいと思います。

1 推進技術の生い立ち

我が国で初めての推進工事は昭和23年（1948年）、今から63年前のことでした。それは、兵庫県尼崎市内、旧国鉄・尼崎臨港線（現在は廃線）の下を横断して、ガス管を敷設するものでした。小さな口径のガス管を埋設するとはいえ、鉄道の線路を外し、上から掘削することはできません。そこで試されたのが新工法であった「推進式管理設工法」でした。埋設しようとす

る管の先端に、土砂の崩壊を防止するための棚付き刃口を付け、手漕ぎの油圧ジャッキ（シップジャッキ）で押し込み、前面の地山を人力で掘削しつつ、管を後続させるもので、正に、刃口式推進工法の原型でした。我が国初の推進工事で敷設したのは、ガス管のさや管として口径600mmの鋳鉄管、延長6mでした。その時からわずか60年余り、我が国の下水道事業の進展に合わせ、我が国の推進技術は飛躍的に進化・発展し、今や世界に冠たる地位を獲得するまでになっています。その最



写真－1 手押しシップジャッキを用いた初期の押管作業（昭和27年頃）

先端技術の髄を、この特集号で紹介します。

さて、推進工法は、これまで多くの場で“特殊工法”という冠を被せられてきました。推進工法自体、これまでになかった管理設技術ですので、その特異性から“特殊”と印象付けられたのかもしれませんが、その本意は、工法技術が“特殊”というのではなく、管を埋設する位置が軌道や河川、あるいは幹線道路など、到底、地上から直接掘削できないような“特殊”な施工条件下でのみ、専ら採用される“特殊”な工法ということでした。しかし、推進工法の本質は、管を埋設しようとするその部分の地中土砂だけ掘削除去し、そこに管を置き換えていくだけですから、“特殊”と言うより、むしろ“簡素・単純明快”、“自然体”と言えるものです。

昭和40年代中頃まで、推進工法は、開放型刃口式の掘進方式が主流で、短距離、直線施工がほとんど、依然、特殊工法としての活躍の場しかありませんでした。しかし、昭和50年代に入ると、シールド工法で実績を挙げていた「泥水式」の掘進機が推進工法にも導入（当時、「セミ・シールド工

法」と呼ばれた)され、掘進施工距離が大幅に拡大したことにより、幹線道路の横断敷設のみならず、縦断敷設にも推進工法を採用する事例が増えました。一方で、昭和50年4月、旧労働省労働基準局長通達により、内径が800mmに満たない坑内(管内)での人的作業が一切禁止されたことにより、掘進機を全て遠隔操作する各種小口径管推進工法が開発されました。昭和50年代以降、下水道整備に対する全国的な気運上昇を受け、推進工法は様々な施工条件下で採用され、実績を挙げることになります。一方で、多くの課題、技術上の壁に遭遇し、その対応、解決に四苦八苦、汗と涙を繰り返すことになります。そうした先人達の努力の積み重ねの成果として、今日、世界最高水準の推進技術が形作られています。

推進工法が下水道事業を通じ社会からその有用性を認められると、さらなる高度な要求が突き付けられます。その都度、我が国の推進技術はこれまでの実績に新たな発想、工夫を重ね、目前の技術上の壁を何とか克服し、次なる飛躍のステージに進んできました。

その一部を、今年下水道展から見出しただけであれば幸いです。

以下、推進技術分野ごとに、先端技術の見所、着眼点を紹介していきます。

2 大中口径管推進工法

推進工法の基本型は、大中口径管推進です。したがって、推進技術開発の出発点は、常に、ここからでした。また、今後とも、それは変わりません。これまで、多くの場合、大中口径管推進の場で課題が掘り出され、あるいは、常識的には論外されるような高度な要求、困難な要請が出されてきました。その一つひとつに対し、これまでの推

進技術者が情熱と地道な努力を重ね、その大きく高い壁、障害を克服し、推進技術は一步、一步高みのレベルに成長、発展してきました。当時、その高度で画期的な新技術は、今ではごく一般的、普遍的なものとされています。そして、大中口径管推進工法で開発、実用化された個々の技術は、さらに洗練、小型化されることで、小口径管高耐荷力方式に適用され、一部は低耐荷力方式にまで適用拡大されます。技術伝播の流れは、絶えずこの方向でした。

その典型事例が、推進スパン距離の拡大です。推進工法は、非開削手法とは言え、道路上に発進と到達用に立坑が必要となります。立坑は推進施工上無くてはならないものですが、路上交通への障害、近接住民生活への支障の恐れもあり、むやみに設置することできません。下水道事業者の立場になれば、立坑無しでできるだけ遠くまで推進で一気に押したいと考えるのは自然です。また、推進距離の拡大、長距離推進の実現は、推進関係者にとっても永遠の課題、夢でした。60数年前、我が国最初の推進工事では掘進延長は6mでしたが、現在、その最長記録は、優に1km超え、1,447mに達しています。正に、長距離推進は超長距離時代に突入しています。

長距離推進に必要な要件は何か。

第一に、大きな推進力に耐えうる推進管自体の強度です。これには、標準的な50N管に加え、70N管、90N管があり、さらにはレジン管、合成鋼管もあり、現状では十分と言えます。次に、推進管列が周辺地山から受ける周面摩擦抵抗を如何に低く抑え得るかです。これには、使用する「滑材」の性状、性能は勿論、滑材注入システムの機能、滑材効果の保持、あるいはテールボイドの保持、再構築手法などが関係します。これについても、現在まで様々な

製品、工法が開発、実用化されており、満足度は高いものになっています。推進力をできるだけ低く抑えて、一スパンを掘進しきること、これが我が国推進技術の真髄となっています。計画推進力の半分程度で推進を終える施工事例も多く見受けられます。

長距離推進施工に付随して、掘削排土の効率化と管内測量の高精度化、迅速化も課題となります。このあたりが、現在、技術開発の最先端かもしれません。今後の長距離推進を左右する大きな項目です。さらに、長距離推進の施工現場では、管内作業員の環境、安全確保は重要な課題となりますので、管内作業の自動機械化、省力化も大きなテーマです。

3 小口径管推進工法

昭和50年4月、旧労働省労働基準局長通達により、内径が800mmに満たない管内での人的作業が一切禁止されました。先に述べたように、我が国初の推進工事は、昭和23年、口径は600mmでした。それ以降、小口径管を埋設する際、施工条件や土質条件から、非開削、推進工法を選択しようとするれば、否が応でも口径800mmで推進施工後、これを「さや管」として、内側に所期口径の塩化ビニル管を敷設したものでした。この不条理に果敢に挑戦したのが各種「小口径管推進工法」の開発でした。

掘進期間中は勿論、掘進完了後も、管内での人的作業一切無しで、如何に推進工事を遂行できるか、これはこれまでにない大きな課題、壁でした。掘進機の運転制御はすべて地上からの遠隔操作となります。管内測量は無人です。掘進中の滑材追加注入も随時ではありません。掘進後の裏込め材注入もできません。さらには、曲線外側で推進