

総論 進化の歴史

推進工法の歴史と発展 (生かされた技術と消え去った技術)

なかの まさあき
中野 正明

機動建設工業(株)
代表取締役社長
(本誌編集参与)



1 はじめに

我が国の推進技術は長距離、急曲線等の特異な施工を可能にしてきた結果、今後も国内外の社会資本整備に大きく貢献することは間違いのないことだと確

信します。推進技術は今まで60年以上の歴史がありますが、当然のことながら数世代の技術者がその時々ニーズに応えたり市場の拡大のための自発的な発想などを契機としたりで、順次進化継承してきました。その結果日本の推

進技術は世界に類をみない高度な技術となり、今後は国内のみならず海外からもその展開を要望されています。しかし、近年の推進技術の進化は以前ほどのドラスティックな変化ではないような気がします。今後の推進技術の発展や市場の拡大を見据えるならば、ここで再度の進化を考えなければならないと考えます。本稿ではこのような状況を踏まえ、推進技術の進化の歴史を振り返りながら今後の発展の可能性を探っていきたいと思います。

2 推進工法の歴史

2.1 草創期

我が国における推進工法の発祥は、今から60年以上前の1948年まで遡ります。施工場所は兵庫県尼崎市の国道2号線と国鉄尼崎港線の交差する箇所、ガスのさや管を国鉄の軌道下に押し込んだものです。それまでは国鉄の車両運行時間を避けて開削工法で行っていましたが、推進工法の採用によって軌道を掘り返すことなく、安全で確実な施工が可能になりました。今日では機械式密閉型の工法が一般的ですが、草創期の施工は当然のことながら切羽

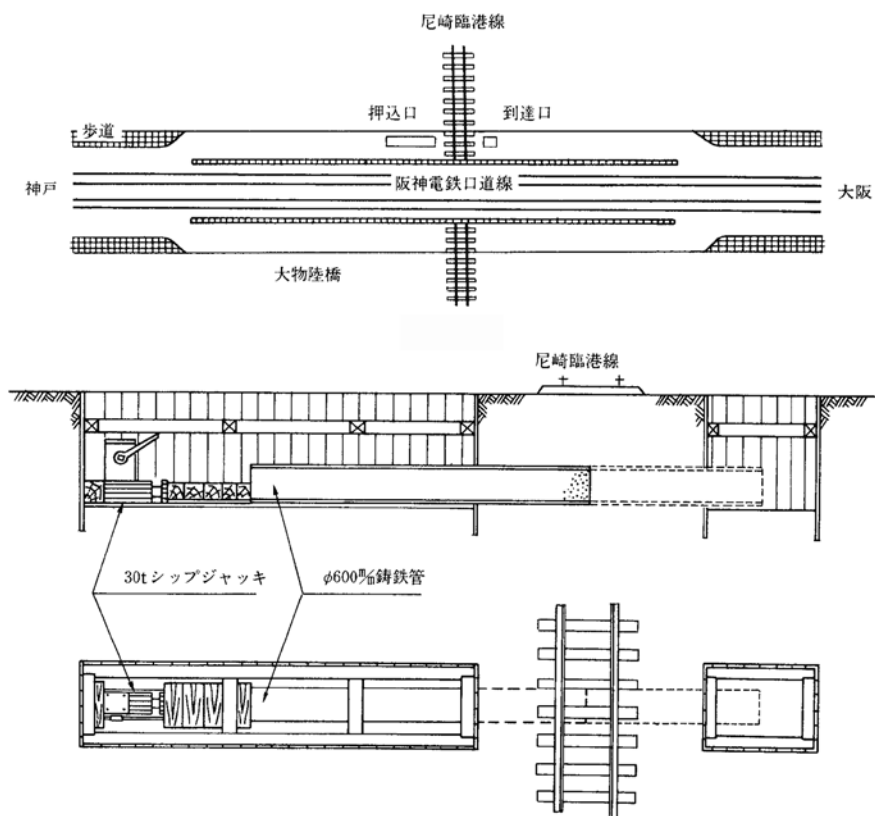


図-1 日本で最初の推進工事の施工縦断面と平面図

開放型の刃口式推進工で、切羽の崩壊や出水と闘いながらの厳しい施工でした。当時の推進技術の根幹は切羽の土質判定、精度管理および切羽保持を考慮した掘削方法、日進量確保のための掘削量確保などです。いずれも施工管理技術者の技量は当然必要ですが、それにもまして切羽作業員（先やま）とその後ろで残土を撥ねる作業員（後やま）の技量が施工の成否や工程の確保を決定していました。

しかしそのような個人の技能（技量）に頼って切羽の崩壊や地下水の出水に対応するのは自ずと限界があり、物理的な対応が求められました。その結果地下水の出水による切羽崩壊を防止する手段として刃口の改良がなされたり、地下水の出水を防ぐための補助工法が併用されたりするようになりました。刃口の改良では切羽の土質の安息角に応じた柵を取り付けた柵式刃口や開口を絞るブラインド刃口（圧密刃口）などが考案され、軟弱地盤や地下水位以下でも土質や水圧によっては施工が可能になりました。補助工法の開発としては地盤に薬液を注入して止水や地盤強化を図る薬液注入工法と吸水ロッドを地盤に打設して地下水を排水することによって地下水位を低下させるウェルポイント工法が普及して、地下水位以下の地盤でも開放型の刃口式推進工法で施工可能になり、推進工法の適用範囲が広がっていきました。

また、推進距離は前記の推進工法発祥工事においては約6mで、初期の目的は軌道、道路、水路などの横断であったため数10mの施工距離で十分でした。しかし、推進工法が普及するにつれてもう少し長い距離を施工することが要求されるようになり、それに応じた技術開発がなされました。距離を伸ばすために解決しなければならない課題は、管外周摩擦の低減と大きな推進力の伝

達です。外周摩擦の低減には滑材の注入ですが、当初は油脂や黒鉛など種々の材料が試され、相応の成果を上げていました。推進力の伝達に関しては元押ジャッキ装備、支圧壁耐荷力、推進管軸方向耐荷力を超える推進力の伝達は、当然のことながら元押ジャッキだけでは不可能ですので、推進管路の管と管の間にジャッキ（中押ジャッキ）を挿入して、それより前の管列は中押ジャッキを伸長させることによって前進させ、中押から後ろの管列は元押ジャッキを伸長させる（中押ジャッキが短縮することによって前進させる「中押装置」が考案されました。

これらの技術開発によって推進工法の適用範囲が広がり、下水道をはじめとするライフラインの管路建設に多く用いられるようになりました。



写真－1 昭和50年ごろの施工現場

2.2 普及期

1960年代から1970年代の高度経済成長期にはいと、下水道をはじめとする管路建設が飛躍的に増加し、それまでは地上から開削できない道路や軌道の横断部に限られて採用されていた推進工法が、道路の縦断路線や複数の道路、軌道などの横断にも採用されるようになりました。それは、経済成長の影響によって道路交通が増加したため非開削による交通渋滞の軽減が必要になったり、市街地における建物（ビル、家屋など）が林立して、道路開削によるそれらへの影響が懸念されたりするよ

うになったからです。そのような状況の中で計画される管路は長距離化やことによれば曲線施工なども要求されるようになりました。

当時はまだ刃口式推進の時代ですから土質の変化にはある程度対応可能でしたが、やはり闘わなければならないのは地下水と推進抵抗でした。地下水との対応では前項で述べた薬液注入による地盤改良や地下水位低下工法などが行われていましたが、薬液注入はその効果への信頼性が最も高かった有機材料（尿素系）の使用が禁止されたため、注入効果が不足したり所用の効果をj得るために設計量以上の注入が必要になったりで、問題点が指摘されるようになりました。地下水位低下工法も近接した井戸への影響や周辺地盤の沈下などの影響が懸念されるようになってきました。そのためこれらの補助工法が行われつつも、新しい地下水対策として圧気工法が採用されるようになりました。圧気工法は潜函（ケーソン）やシールドではすでに採用されていましたが、推進工法ではこの時期から採用例が増えて、一時期は地下水対策として一般的な工法になりいろいろな改良がなされました。ロックドアの改良、管外周のカバーロック注入、シールコンベヤなどを使用した残土搬出方法の工夫などです。

推進抵抗との戦いにおける管外周摩擦の低減は前項でも述べた滑材注入ですが、いろいろな材料が考案されましたが、減摩効果と環境への配慮からベントナイト、植物性油脂（マッドオイル）、植物性増粘材（CMC）などを配合するものが標準になりました。推進力伝達の中押装置は当初は1箇所だけの装備と使用でしたが、長距離化に伴って2箇所以上の装備で元押ジャッキを含めたそれぞれのジャッキを自動的に順次伸長させる「連動中押」が開発されました。これによって机上の理論で