

解説

曲線推進技術の成り立ち

にしだ ひろはる
西田 広治

機動建設工業(株)
土木本部技術統括顧問

1 はじめに

筆者が入社したとき（1976年）の研修資料（図-1）に、曲線推進について次のような記述がありました。「推進工事は直線または勾配埋設が本来の定則であるが、推進方向の修正をする方向制御刃口の操作を利用して容易に曲線埋設ができるのである。然し、管周潤滑工法で述べたように長距離の曲線推進になると強大な曲線抵抗が作用して管の破壊を生ずることがあるので、推進力を分割するため中押装置を数管毎に配置して施工する方式である。中押装置の配置箇所が多くなると人力に

よる作業能率が低下するので、超高圧電磁弁を組込んだ連動式中押装置とし、自動的に前方から順次に作動させ目的の曲線が得られるような機構になっている。」

当時は中押を使った長距離の刃口式推進が主流でしたが、入社後、自動連動中押の技術指導に同行させてもらった現場が曲線推進で施工されていたこともあり、曲線推進が特別な技術だという認識はありませんでした。ただし、曲線半径が比較的大きかったことや切羽を薬液注入工法、地下水位低下工法、圧気工法などで自立させて、刃先に出現するチェックボーリングを頼りに目地開口長をチェックしながら掘進するという、現在の掘進機による曲線推進に比べると日進量もわずかで、施工管理面では比較的ゆとりのある曲線施工でした。

それから40年以上が経過し、曲線推進は普通に実施されるようになりました。また、急曲線施工や複数の曲線区間を含む施工も増えていますが、曲線推進に関する研究や理論的な裏付けも進み、次に記す(1)掘進方法（曲線造成方法）の検討、(2)推進管列（曲線線形の保持）の検討、などを適切に行うことで、安全で確実な施工ができるようになってきています。

(1) 掘進方法（曲線造成方法）の検討内容

- ① 掘進機の最大折れ角の検討
- ② 拡幅掘削（余掘り）の検討
- ③ 地盤補強の検討
- ④ 測量方法の検討

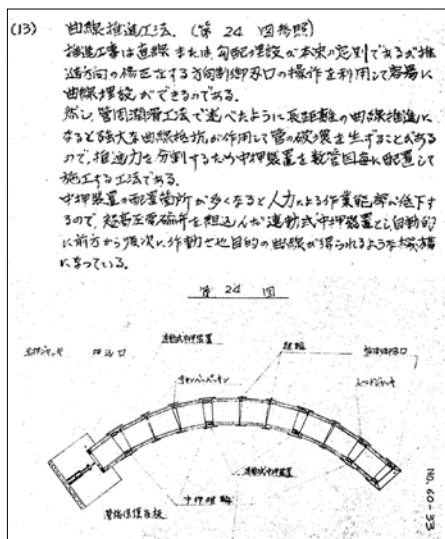


図-1 入社時の研修資料

(2) 推進管列(曲線線形の保持)の検討内容

- ⑤推進抵抗力の計算
- ⑥推進工法用管の選定(管材・管種・管長)
- ⑦推進力伝達材の選定(材質・形状・厚さ)
- ⑧推進工法用管の強度の検証
 - 1) 側方地盤反力に対する管の強度
 - 2) 軸方向力に対する管の強度
- ⑨継手止水性能の確認(許容開口長)

この計画・検討の手順(曲線推進の設計手法)は先人の永きにわたるご尽力によって確立されたものですが、本稿ではこの設計手法を中心に、曲線推進技術の変遷(成り立ち)について社内に残る記録などを参考に記したいと考えます。

2 曲線推進の進展

2.1 最初の曲線推進

設計段階から曲線推進として計画された最初の施工は、1965年に熊本市で実施されました¹⁾。その内容は、内径1,200mmのヒューム管を5スパン計221.5m推進する工事において、電話地中線のマンホールがあるスパンがあり、このマンホールを横に約1m回避するために、発進から到達立坑間の推進ライン(延長約25m)を曲線半径79mの円弧状に推進したものでした(図-2)。このときの曲線の造成と曲線の保持の考え方は次のとおりです。

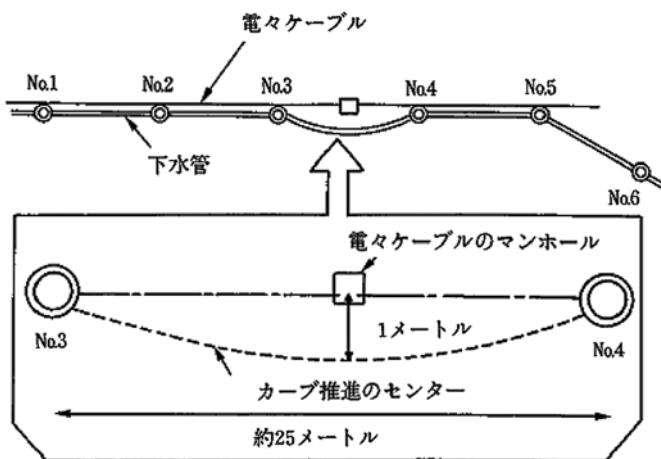


図-2 最初の曲線推進

(1) 曲線の造成

曲線の造成の考え方は時代をさかのぼり、直線推進の方向修正に用いた技術に基づいています。初期の推進工法は、軌道・道路下を貫通すれば、さや管としての機能を果たすことができるため、埋設精度は問題とされていませんでしたが、1950年代に入ると下水道本管の敷設に採用されるようになりました。日本の下水道は自然流下方式が基本であるため、設計勾配の確保が必須ですが、推進工法では施工時の埋設精度がそのまま管渠としての出来形(勾配)になるため、埋設精度が許容範囲を超えた場合は管を一旦引き抜き再度押し直すといったことが行われていました。このような中で、1954年10月に大阪市内で施工された内径800mmの下水道用ヒューム管を24.3m推進埋設する工事で、刃口を傾けて方向制御を行う方法が試みられました。具体的には、推進管の軌道が曲がったときに、推進管の先端に装着した刃口にパッキングを噛ませ傾けることで、刃口の側面が偏土圧を受け推進管を修正していくというものでした(図-3)。この方法がなぜ画期的であったかという点、それまでの方向修正は先掘りで行っており、必ずしも思うような効果が得られなかったからです。前述の刃口を傾ける方法は予想以上の成功を収め、その後の刃口式推進工法における方向制御の主流になり、熊本市の曲線造成もこの方法で施工されました。また、刃口の側面が偏土圧を受け推進管を修正していくという考え方は、現在の曲線推進における掘進機の方角制御の基本的な考え方につながっています。

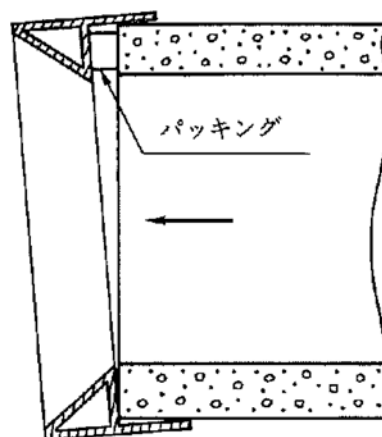


図-3 パッキングを噛ませた刃口