

総論 推進測量システム

推進測量の現状と課題 「先達の取り組みに学ぶ」

にしだ ひろはる
西田 広治

(公社)日本推進技術協会
技術委員会講座部会長



1 はじめに

推進工法における測量は、所定の品質を確保した管きょを構築するために欠かせない技術であり、長い歴史の中でさまざまな測量システムが開発され、推進工法の名わき役として現場で活用されてきました。

本稿では、実施工における推進精度確保の視点で、推進測量から少し幅を拡げ、計測技術全般についてその変遷を、また現状と課題等を記したいと思います。

2 推進測量技術の変遷

筆者が推進工法に関わり始めた昭和51年は、下水道の処理人口普及率30%をめざして第4次下水道整備五箇年計画が始まったところであり、推進工法は管路敷設の一翼を担う工法として急発展していました。日本の下水道は自然流下方式が基本であるため、下水道本管は所定の設計勾配で敷設されなければなりません。これに対して推進工法で敷設された管は、施工時の精度がほぼそのまま管きょとしての出来形（勾配）となるため、蛇行を許容範囲内に

収めることが必須となります。このため、測量技術、計測技術、方向制御技術等、先達によるさまざまな取り組みがなされてきました。以下にその変遷の一端を記します。

2.1 蛇行修正の始まり

昭和20年代後半に、推進工法が下水道管の敷設に用いられるようになると、精度（勾配）維持に様々な工夫がなされるようになりました。蛇行を修正する方法として最初に考えられたのは刃口の傾きを変える方法です。これは、傾けた刃口の側方に地盤反力を受けることで推進方向をコントロールするもので、当初は先頭管に装着した刃口と先頭管の隙間をバール等で拡げ（「刃口

を抜く」と言われていました）、その隙間にかませものをする方法などが用いられていました。その後、刃口カラー部分に修正用の油圧ジャッキを装備するようになり、駆動源も手押しの油圧ポンプから電動式の油圧ポンプが用いられるようになりました。この刃口を傾ける方法は、現在の掘進機の方角制御の基本的な考え方に繋がっています。

蛇行修正は前述のような方法で実施されましたが、刃口をどの程度傾げるか（修正量をいくらにするか）については、監督や管先棒心の技能に頼っていました。これを「誰が管理しても精度良く推進できるように」と考案されたものに自動方向制御がありました。その原

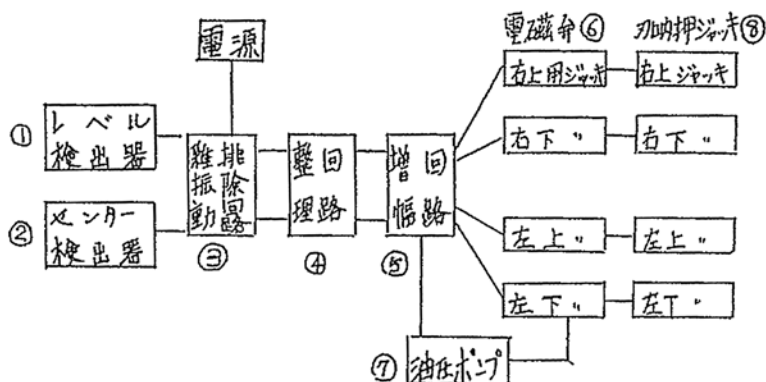


図-1 自動方向制御システム図（当時の説明図から）

理は「レベル検出器とセンタ検出器で先頭管の動きを信号として検出、電気回路を経て油圧機器によって刃口を傾け掘進、所定の推進方向に戻ったことを検知すれば刃口の角度を正常値に戻す」というものでした（図-1）。

今では安価で高精度のレベル計測器やセンサがありますが、前述のシステムが考案された昭和40年代初めにはそのようなものがなく、図-2に示すような天秤の原理を応用したレベル検出器（水銀を使用！）を先頭管に取付け、

また、センタ方向はピアノ線等を用い先頭管と二本目の管の折れ曲がりを検出するという特殊な装置（図-3）が開発されました。

この考え方自体は、現在のリアルタイム制御につながるものですが、現在のようなマイコンによる演算結果をフィードバックできるような手段がなかったので、実施工では振幅（上下あるいは左右の蛇行幅）が大きくなってうまくいかなかったようです。ただし、レベル検出器は1mmごとにランプが点灯するよ

うな単独の製品に改良され、市場に汎用品が出るまでは、傾斜センサとして使用されました。

2.2 刃口式推進の時代の測量

数次にわたる下水道整備計画に呼応し推進工法は大きく発展しましたが、昭和50年代初めの大口径管推進工法は、まだ開放型手掘り（刃口式）が主流で、切羽安定の補助工法として地下水位低下工法、薬液注入工法、圧気工法等が、また、長距離推進への対応として5～10箇所程度設置した中押を自動で切り替える連動中押工法といった工法が用いられていました。曲線施工も実施されていましたが、半径200～300m程度の比較的緩い曲線が多く、測量には通常のレベル、トランシットが用いられていました。また、チェックボーリングといって20mm程度の塩ビパイプを地中に挿入しておき、刃口中心とどの程度離れているかを計測することもありました。

2.3 敷設精度の向上

そのような中で、昭和52年に強力な方向修正機能を持った小口径管推進工法が開発されました。今では見かけのことも少なくなりましたが、一世を風靡したアイアンモールTP80です。このシステムが画期的であったのは「先導体（パイロットヘッド）に前後2枚のターゲットを装備しており、これを測定することで位置情報に加え、水平方向と垂直方向の姿勢情報を得ることができた」ということです（図-4）。掘進40cmごとに計測し、その情報を基にパイロットヘッドの向きを制御することで、敷設精度を飛躍的に高めることができました。

その後、独自の測量（計測）手段と方向制御システムを装備した50種類とも70種類ともいわれる様々な小口径管推進システムが開発され、小口径管推進工法は飛躍的に発展しました。

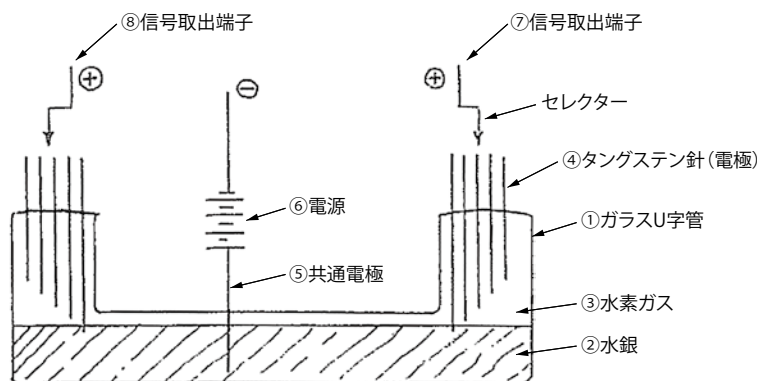


図-2 レベル検出器

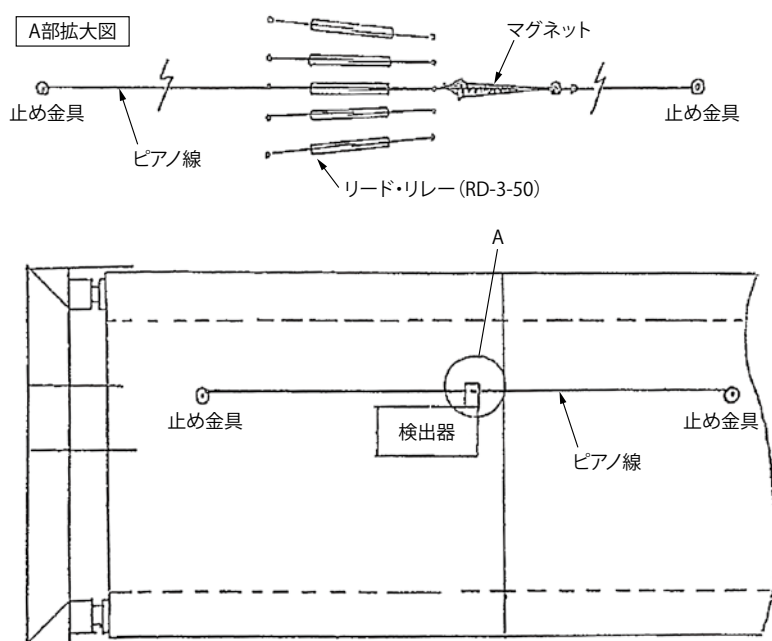


図-3 センタ検出器