

総論 測量技術の挑戦

推進工法における測量の留意点

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

下水道整備とともに進展してきた推進工法は、その有用性から水道、ガス、電力、通信といったライフラインの整備、さらには、農業水利事業、淡水化事業、エネルギー供給パイプラインの敷設等、地下空間を活用するための施工法として展開している。

これまでに推進工法で開発された技術には、切羽安定のための掘削方法、推進抵抗力低減のための滑材や注入システム、止水性能・耐震性能を高めた推進管や継手部構造、施工管理・施工方法の標準化、情報化施工・自動化施工等多岐にわたるが、その内の一つに

測量システムがある。

日本の下水道は自然流下方式で計画されているため管きょには高い敷設精度が求められる。推進工法は、方向制御技術の開発でこのような要求に応えてきた。社内資料によれば、初めての方向制御（方向修正）は、昭和29年頃に下水道本管を24.3m推進する工事で試みられている。これは、先頭推進管に装着した刃口を傾けることで刃口側面に偏土圧を作用させ、先頭推進管の向きを修正するというものであった。この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法の基本となった。また、この考え方は現在の密閉型推進工法（掘進機

や先導体）にも継承されている。

このような方向制御を行うためには、基本データとして掘進機の正確な位置情報と姿勢情報が必要になる。直線施工では、発進立坑にレーザセオドライトを設置することで位置情報を、また掘進機に傾斜計を装備することで姿勢情報を、比較的容易に得ることができた。しかしながら、近年の推進工事は、周辺環境への影響低減やコスト縮減のために発進立坑や到達立坑の数を少なくし、かつ道路形状に応じた複数の曲線区間を含む長距離・曲線施工が一般化している。このため、測量にも多くの手間と時間を要するようになっている。

表－1 長距離・曲線施工における掘進機位置・姿勢の測量（計測）方法

位置・姿勢の計測 呼び径による分類	位置の計測	姿勢の計測			
	急曲線・複合曲線	計測方向	使用機器	計測データ	計測目的
大中口径管推進工法	管内測量（盛替） 自動測量（トータルステーション方式） 液圧差法（液圧差レベル計）	鉛直方向（ピッチング）	傾斜計	左右を軸にした回転角度	掘進機の上下方向の姿勢制御
		水平方向（ヨーイング）	ジャイロコンパス	上下を軸とした回転角度	掘進機の左右方向の姿勢制御
小口径管推進工法	自動測量（地上電磁波計測、走行台車、レーザ光線連結、カメラの各方式） 液圧差法（液圧差レベル計）	掘進機の回転（ローリング）	傾斜計	前後を軸にした回転角度	鉛直・水平方向計測値の補正方向制御ジャッキ修正量の補正（掘進機カット回転方向の判断）

※1. 大中口径管推進工法において、長距離推進とは「一区間の推進延長が呼び径の250倍を超えた場合又は500mを超えた場合」と定義されている。

本特集では測量作業の軽減、時間の短縮、精度の向上等を目的に開発された種々の測量システムが解説されているが、本稿では、施工側としての測量における留意事項等を記す。

2 推進工法における測量システム

現在の推進工法に用いられている掘進機位置と姿勢の測量（計測）方法を表-1に示す。

長距離施工、曲線施工において、大中口径管推進工法（呼び径800以上）と小口径管推進工法に用いられる測量システムでは、異なる性格を持っている。大中口径管で用いられる測量システムは、泥水式、（泥）土圧式および泥濃式の各工法に共通する汎用的なものであるが、小口径管では各工法に特化した独自のシステムが開発されている。

2.1 大中口径管推進工法の

測量システム

大中口径管における長距離・曲線施工では、開放トラバース測量が基本になる（図-1）。

一般に、発進立坑内または立坑外で掘進機の運転操作を行う遠隔操作方式の場合は自動追尾式トータルステーションを用いた自動測量が、掘進機内

や推進管内で掘進機の運転操作を行う坑内操作方式では測量器の盛替えによる管内測量が用いられている。ただし、坑内操作方式でも急曲線や多数の曲線区間があり、盛替えに相当の時間を要する場合には自動測量も用いられる。

トータルステーションは、距離を測る光波測距儀と角度を測るセオドライトの機能にマイコン（マイクロコンピュータ）を備えた機器である。これにターゲットとなる反射プリズムと自動追尾装置を取り付け、互いを見通せる位置に複数台の機器を配置し、相手機器のサーチ、視準、測角、測距等の開放トラバース測量を全自動で行う。得られたデータはパソコンソフト等で演算処理され、掘進機の位置座標（X、Y、Z）を求めることができる。

また、掘進機の姿勢計測には、傾斜計（鉛直方向）やジャイロコンパス（水平方向）が用いられる。

2.2 小口径管推進工法の測量

小口径管の長距離・曲線施工では、各工法のシステムに組み込まれた独自の計測システムが開発されている。

(1) 鉛直方向位置の計測（液圧差法）

一般的に、鉛直方向位置の計測には連通管の原理を応用した液圧差法（液圧差レベル計）が用いられている。こ

れは、先導体と発進立坑内を液体を充填したホースで連結し、両側の圧力差（水頭差）により先導体の垂直位置を計測するもので、計測精度が高く、推進中もリアルタイムに計測できる。

(2) 水平方向位置の計測

水平方向の計測には次のような各工法独自の方式（システム）が開発されている。

先導体内に搭載された誘導磁界発生装置の磁力線を地表の受信器で検知し先導体位置を求める。

推進管あるいは誘導管に設置された専用の軌条を小型の光ファイバジャイロや傾斜計を搭載した走行計測ロボットを往復走行させ、得られた距離と角度変化のデータを演算処理することで先導体の位置を求める。

発進立坑の基準点からレーザ光を発信し、施工線形が見通せる位置に設置した中間ユニット（計測器）により順次屈曲させ、トラバース測量の原理で先導体位置を求める。

施工線形が見通せる位置に、背中合わせにしたカメラ装置（LEDターゲット装備）を設置し、ターゲットの撮像と画像解析でカメラ相互の水平角を求め、別手段で計測したカメラ間の距離を基に、トラバース測量の原理で先導

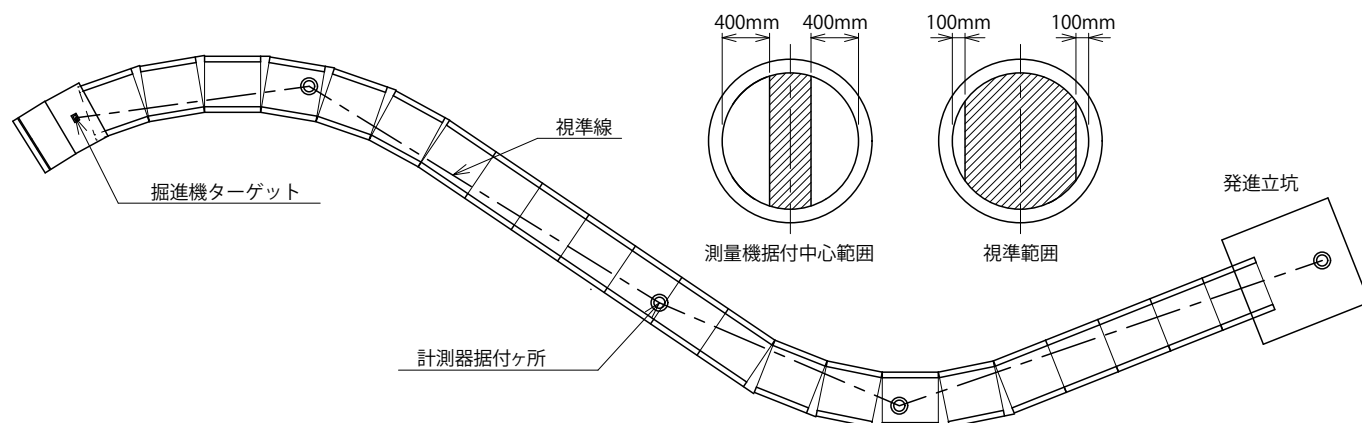


図-1 開放トラバース測量