

総論

推進における 測量の基本と最新技術

ふなばし とおる
船橋 透
機動建設工業(株)
関東支店長
(本誌編集委員)



1 はじめに

今日、推進工事では、水平線形において曲線を含む施工や長距離推進が多くなっています。また、電力や水道などにおいては、縦断曲線も付加され、多種多様な線形が複合化されています。

その測量方法は、トータルステーションを用いた開放トラバース測量で行い、掘進先端の位置確認を上下左右の誤差から掘進機の修正を導き出しています。今では、その測量に自動測量システムを用い、長距離・急曲線施工は確立され、それ以上の付加価値を見出すために様々な過当競争の中で生き残りをかけているのが現状です。従って、推進工事において測量技術はわき役ではありません。掘進機や掘削方法、推進設備は当然なくてはなりませんが、今日において推進工事が数多く採用されるようになったことは、測量技術が長距離、急曲線に対応し、顧客信頼を十分に得てきたということです。測量なくして今の推進技術の発展はなかったといっても過言ではありません。測量は、結果であり書類として納める成果品です。また、推進にとって大切に重要なことは、日々の測量の積み重ねであり、推進管体が常に移動し到達に向けて推進管を据付けては、推進する工程を繰り返します。そして、その都度測量を行い、先導位置を捉え、方向制御修正し、規格値内に収めてきます。そのプロセス（測量、修正）を怠れば、規格値外の精

度となり成果品として不合格となってしまいます。場合によってはやり直しとなり、その損失は施工業者としてあってはならないことです。

このように、測量の失態が、一歩間違えれば推進技術の大きな損害となり、推進工事自体の風評被害を招く結果となってしまいます。そこで、今回は基本に返り、測量技術の重要性をご理解していただけるよう以下に記したいと思います。

2 推進工事の測量

推進工事の測量には大きな特徴があります。管列が到達するまで常に動くという事実です。ある意味シールド工法と違う測量にとって大きな弱点です。このような特徴をいかに把握し、誤差を少なくさせることが推進工事にとって重要なこととなります。

2.1 事前確認

事前確認では、平面図・縦断図を基に路線名、距離、管径、勾配、土被りを読みとります。また、仮設図や、構造図を正確に読みとり、位置や埋設物との離隔、柱状図から土質や地下水位を把握し、使用管種との整合性を確認しなければなりません。例えば、立坑位置や平面線形からは、官民境界との離隔また、縦断図からは、地下埋設物等の離隔に対しての確認をします。他企業との協議調整と場合によっては試掘立ち合い、既設埋

設管路状況を確認しなければなりません。

2.2 現場確認

事前確認後、現地を踏査し、地上から測量を行うことで、計画図での座標等との差異を発見することがあるので、実際に現場を確認することが必須です。

2.3 基準点測量

推進工事において、立坑内に基準点を正確に設置することが肝要です。推進平面線形の基準点や基準高さを立坑内に正確に移すことが精度誤差を小さくします。

図-1に示すように、発進立坑前後の基準点から立坑下に設置する場合において、立坑が深い場合や上からの見通しができない場合は、測量機の可視が不可能となるため、図-2のように鉛直機を使用し、立坑上に基準の法線上に水糸を張り、ダボ点上に鉛直機を据付

し基準点（ダボ点）を設置します。同様に坑口側にもう一点設置することで立坑内の二点を法線として使用します。また、アイピースを使用すれば、頂点視準、中段切梁視準が可能となるため、基準点設置誤差を少なくします。

図-3の方法は、オートジャイロステーションを使用した基準点設置測量です。この方法は、500mを超えるような長距離推進にとって安心して行えます。ただし、測量のプロが扱うものであり信頼度は上がりますが、安価にはできないのと、設置位置は不動点（変位の生じない点）が必要であり、かつ大型車両通過時の振動に影響を受けやすいので取り扱いには配慮しなければなりません。

図-4は、一般的な小口径管推進工事で行う基準測量方法です。小口径管推進では小さい立坑での施工

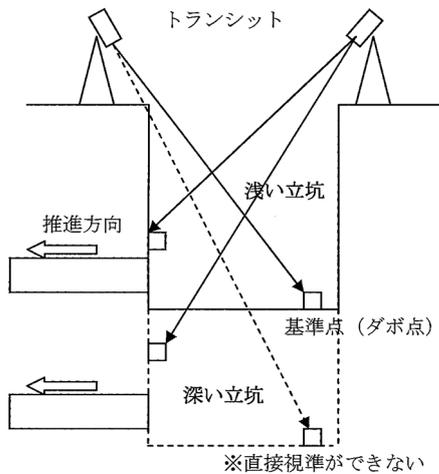


図-1 一般的な基準点測量設置方法

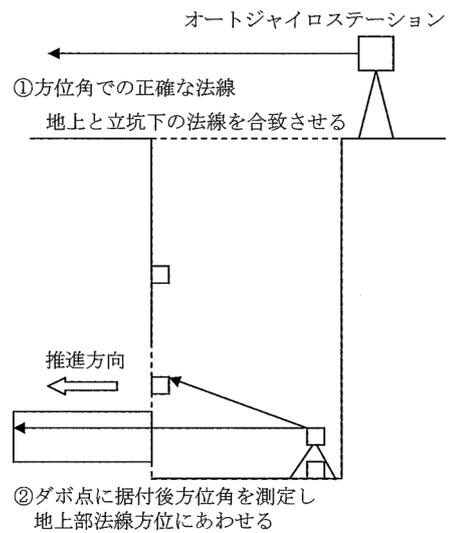


図-3 特殊な基準点測量設置方法（長距離施工等）

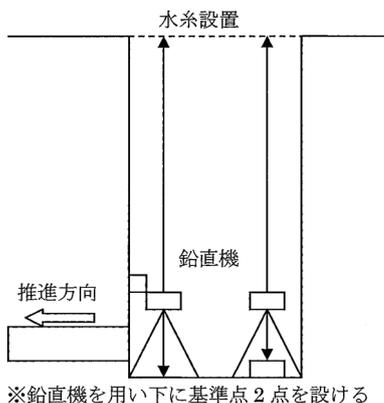


図-2 立坑が深い基準点測量設置方法（鉛直機使用）

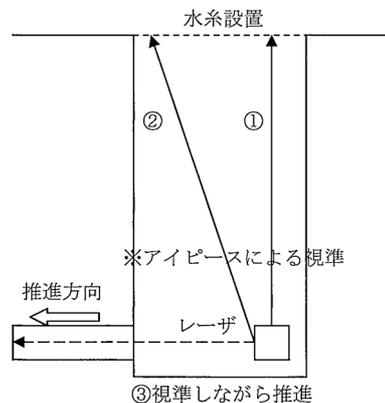


図-4 一般的な小口径管推進の場合



写真-1 アイピース



写真-2 自動天頂鉛直機



写真-3 オートジャイロステーション



写真-4 レーザセオドライト (タマヤ)



写真-5 オートレベル (ソキア)



写真-6 一級水準器

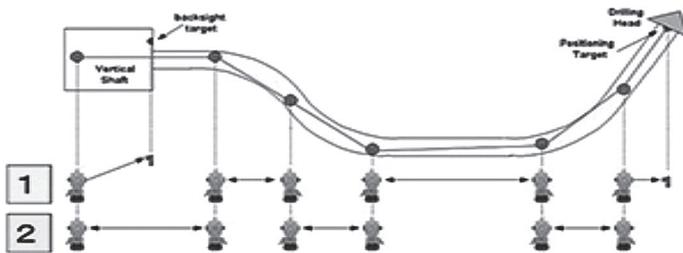


図-5 自動測量システム



写真-7 自動測量機 (管内)

がほとんどで、大口径管推進のようなダボ点を設置するスペースがないため、地上部の法線上に水糸を張り、その水糸の直下にアイピースを備えたレーザトランシットにて視準設置し、管内の先導体ターゲットを視準しレーザを照射しながら推進を行っていきます。従って、測量機器の整備をこまめに行い、機械誤差が生じないようにしなければなりません。

写真-1～6に推進工事で使用する測量機器を示します。

推進工事では、立坑内に設けた基準点（法線、仮

BM) を推進中にチェックしなければなりません。

発達立坑では、推進中は常に推進方向とは反対に推進力をかけながら推進しています。推進開始時は低推進力ですが、一般的に推進距離と比例して推進力（元押ジャッキ圧）を支圧壁側に付加しますので、立坑の土留め材に負荷がかかれば偏圧が生じるため、基準点の変位が発生することもあります。

従って、到達手前で行うのと、長距離であれば中間

地点でのチェック確認は必須と考えるべきでしょう。当然人的ミスも確認できるため、場合によっては別な人で行うことも推奨します。

2.4 管内測量(大口径と小口径)

大口径管推進工事では、立坑内に設置した基準点をもとに、管内の測量をしますが、推進長が200m未満の直線推進では、レーザセオドライト(写真-4)を使用し掘進機先端のターゲットに照射されたレーザ位置の監視を行い、ズレが生じたら掘進機の方向修正ジャッキを操作します。この方法は、小口径管推進工法でも行っています。しかし、レーザの弱点は、推進距離に反映し照射されたレーザの大きさが比例、拡大することになるため、おおよその判断として200m以下で使用するのが通例です。

曲線施工での測量は、トータルステーションを使用し、距離、角度を測定します。大口径管推進工事では、推進管が移動するため、管内に測量の固定点が設置できません。その都度任意点(中間点)として行ってい

かなければならないため、立坑に設置した基準点の精度に頼らなくてはなりません。また、管内は狭隘なうえ、高温で多湿な場合があり過酷な環境下となるため、常に管内環境の確保に努めることが重要です。また任意点の測量視準が常に可能な位置でなければならないといったことも測量時間にロスが出てしまい、日進量確保が損なわれてしまいます。さらに、高湿度や温度差があれば、高性能な測量機器でも誤差が生じたり、レーザビームでは屈曲の原因となるため、間違った精度管理をしています。従って、管内は常に換気をする事で立坑部と切羽部での環境の差異をなくすことが大切です(図-6)。

小口径管曲線推進において各工法協会での測量技術は様々です。これらは、解説にそれぞれ述べていただいていますのでご理解のほどお願いします。いずれにしても、小口径管曲線推進では管内に人が入らないことが原則であり、地上か到達側か、管内のいずれからでも測量技術はし烈な技術開発がされ、ますますの発展が期待できるでしょう(図-7~9、写真-8)。

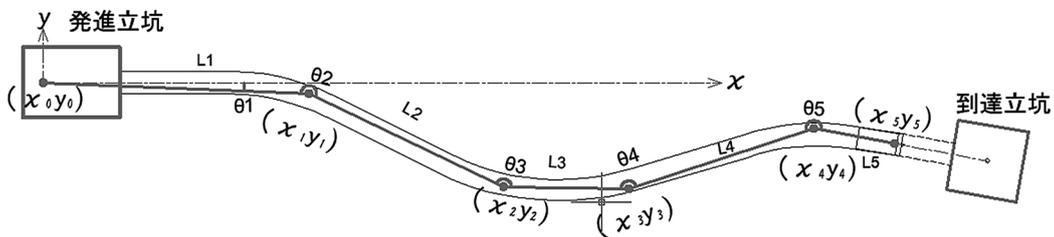


図-6 管内トラバース測量例(掘進機先端座標値のズレと比較する)

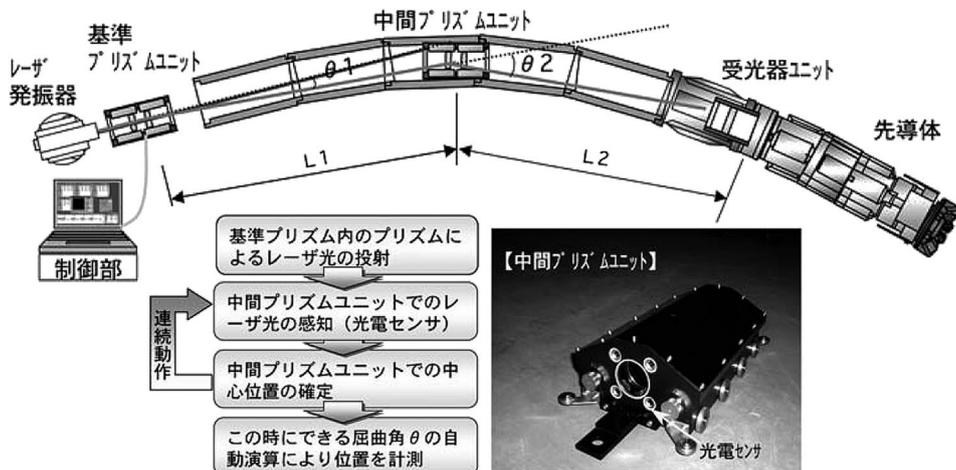


図-7 エースモール工法 (prism)

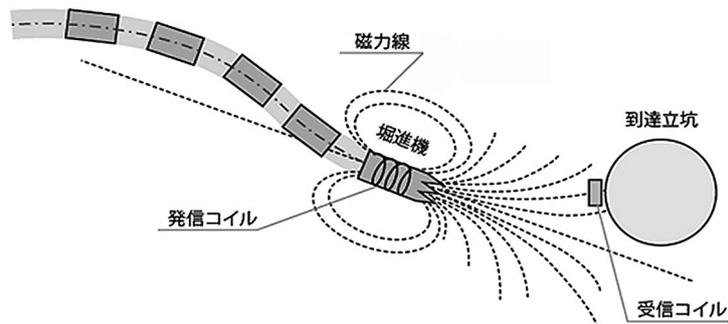


図-8 ジャット工法 平面図

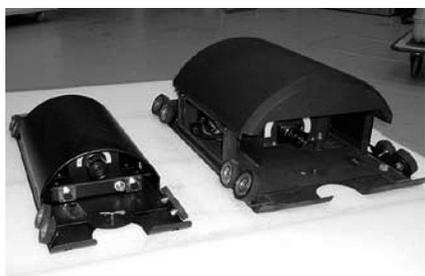


写真-8 ジャット工法

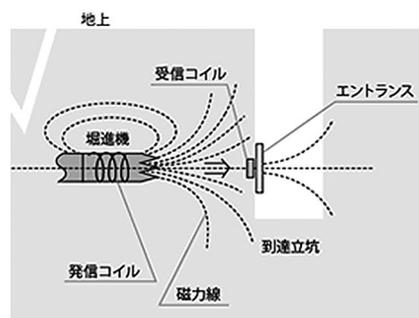


図-9 ジャット工法 断面図

2.5 リアルタイムな方向修正

曲線推進において重要なことは、変位点付近のBCやEC通過時の掘進機の姿勢制御管理です。そのため、掘進機先端に姿勢を示すジャイロコンパス（写真-9）を搭載することで、掘進中のリアルタイムな姿勢を感知することで、より安定した確実な方向制御管理ができるようになります。また、水レベル計では鉛直方向の位置計測が可能となります（写真-10）。

3 技術向上と開発が不可欠

測量機器を使用する推進工事での管内、立坑内の環境は決して良好な条件下ではありません。むしろ、都市土木の中では最も過酷な条件と思われます。その中で、我々推進専門者は、常に機器の取り扱いに気を使い、トラブルなく1、2mmの世界で精度管理に奮闘してきています。このような状況において、ますます推進技

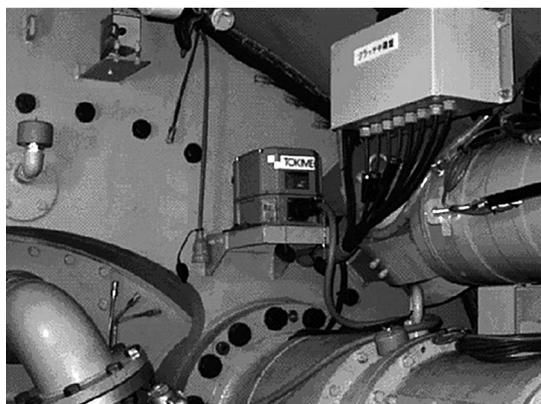


写真-9 ジャイロコンパス（光ファイバ）



写真-10 水レベル計

術を発展、向上していくためにも自動測量システムや小口径管推進に使用する電磁波やレーザ、prismのようなシステムの発展が必要不可欠です。さらに、GPSも活用した新たな測量技術も出現することでしょう。また、現在使用されている推進機器類では、メンテナンスを行って延命措置を図りながら世代交代されています。推進機器は使用してなくても維持管理は必要であり、使用中に不都合や故障となれば所有者責任としての信用を問われ、場合によっては損害補償になりかねません。これらの機器は永久的に使用可能なものではなく、開発し進化しています。

そのためには、機器やシステムの特性を理解し、過酷な環境に耐えうる新たな機器（完全防水や耐振構造等）やシステムの構築が待たれるところです。

4 おわりに

今回、推進工事において、長距離・急曲線施工に必要な測量技術について述べさせていただきました。しかし、これらは推進工事が発展した背景の一部にすぎません。

さらなる推進工法の発展は、安心・安全を最優先し、最良の品質提供を基本とし、測量機器本来の性能の把握と精密機器としてやさしく取り扱う気持ちを持つことです。推進工事に携わるひとりの人間として、測量は予測の第一歩であり、積み重ねた結果が到達だと思えます。

【参考文献】

- 1) 「きほんのき 解説 測量の基本」 稲葉富男、推進技術 Vol.27 No.6 (2013年6月号)
- 2) 「欠くことのできない測量システム 測量システムの現状と課題」 稲葉富男、月刊推進技術 Vol.29 No.4 (2015年4月号)