

解説 推進技術・最前線

開発者から見た 推進自動測量技術

いなば とみお
稲葉 富男

(株)ソーキ
顧問(本誌編集委員)



1 はじめに

トータルステーションを使用した自動測量システムが大中口径管推進工事に登場してから15年が経過した。この間、自動測量システムの機能向上のための開発は、たゆまなく行われてきた。しかしシステムそのものに係わる開発は発表後5年以内に行われたものが多く、近年は主として測量機メーカーの機器仕様変更への対応や、制御ユニット内の電子部品の変更および基本OSの変化に伴う機能維持が中心となっている。また小口径管推進工事の測量技術は工法と

一体となったものが多く、他工法への転用は難しい。そのため一度開発すると工法との兼ね合いもあり変更が難しく、開発当時のものが使われ続けている。

ここでは、システム技術としては最高難度に相当する推進自動測量システムを開発者の立場で検証し、現状の問題点や今後の対応策について述べる。

2 推進測量の分類

2.1 大中口径管と小口径管

推進工事は、 $\phi 800\text{mm}$ 以上の大中口径管とそれ以下の小口径管に分かれ

る。そしてそれぞれに要求される技術内容が異なり、自動測量システムも全く違ったものとなっている。大中口径管は管内へ人が入ることが可能であり、中間ユニットの配置等に関しては人が介在するシステムとなっているが、小口径管は人が入ることができないので完全自動化システムで掘削工法と深く関連したものになっている。大中口径管では工法により人力測量も採用されており、また掘進時の位置をリアルタイムで計測するために、ジャイロや液圧差法も導入している。

2.2 直線と曲線

直線推進は立坑に設置したレーザ発光機で、掘削すべき位置を照射する方法が通常使われる。曲線推進やレーザ光線の有効範囲を超えた直線では管内に中間ユニットを配置し、これらを繋いだ解放トラバース測量が使用される。

2.3 直接計測と間接計測方法

推進管内に計測ユニットを複数台配置し、立坑から順次中間ユニットを計測することで直接掘進機の位置を計測する直接法と掘進位置を地上から電磁波で間接に計測する方法がある。間接法は主として小口径管に使用される。

表-1 測量システムの分類

用途	管径	平面位置	高さ	採用工法団体
直線	すべて	レーザ光線方式	液圧差法	すべて
曲線	大中口径管	トータルステーション方式	同左	すべて
		ジャイロ方式	液圧差法	すべて
	小口径管	地上電磁波計測方式	液圧差法	アルティミット工法 エースモール工法 その他
		レーザ光線連結方式	液圧差法	エースモール工法
		走行台車方式	液圧差法	マイクロ工法 ベル工法
		カメラ方式	液圧差法	カーブモール工法 ジャット工法 ジェッピー
その他	補助工法	地中電磁波計測方式	—	ネオジャスト

表-2 開発課題のまとめ

項目	工種	内容
設置場所	大口径 小口径	・測量基準点が短い立坑内 ・小型化が必須 ・設置台数が多い ・複雑な制御
	小口径	・工法に依存している ・完全自動化
計測ユニット	大口径	・改造が必要となる
	小口径	・新規開発となる場合が多い
開発体制	大口径 小口径	・開発業者が零細であり ・技術的に限界がある ・開発費が高つく

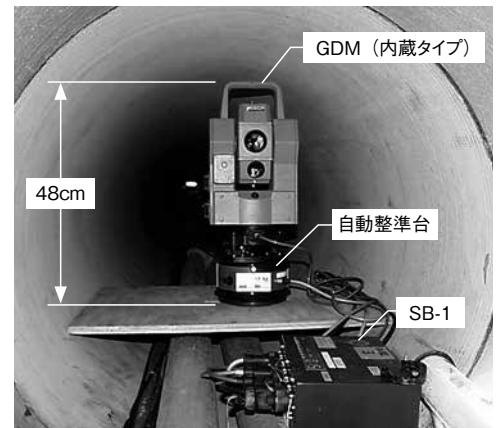


写真-1 管内設置状況

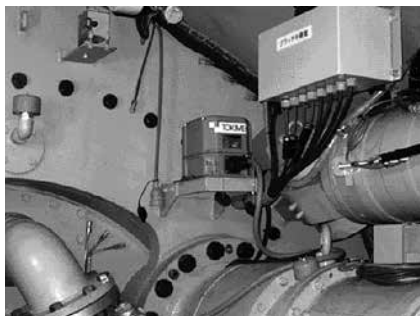


写真-2 ジャイロ装置（出典：機動建設HP）

進工事では工法との関連が非常に強く測量システムを開発できるのが、この分野の関連会社に限られる。しかも施工条件にあった計測ユニットそのものの開発にも迫られるのである。比較的恵まれている大口径管推進工事においても、現在使用している計測ユニットが機種改良に伴い機能が削減され、場合には生産中止になるものの数少なくない（表-2）。

られる。測量システムとしては、工法に依存しない独立したものであり、機器の設置空間が確保できれば工法の制限は受けない（写真-1）。

(2) ジャイロ方式

掘進機に精度の良いジャイロを取付け、ジャッキストロークによる進行とジャイロの角度変化を積分することで位置管理を行なう方法である。自動測量としては相対測量であり定期的に掘進機の絶対値を計測する必要がある（写真-2）。

4.3 小口径管の自動測量

小口径の測量システムは、非常に狭い空間の中に機器を納める必要がある。そのため測量システムも工法と一体で考える場合が多い。

(1) 地上電磁波計測方式

地中の先導体（掘進機）等に設置された発生装置からの電磁波を地上で受信し、地下の先導体（掘進機）の位置を把握するものである。工法に対する自由度は広く様々な場面で採用されている。また発生装置の取付け位置、個数等に改良を加え精度向上も進んでいる。欠点としては、地中に障害物がある場合や、施工深度が大きい場合に測定ができなくなったり精度が悪くなる。また交通量の多い道路や、河川での計測は難しい。高さの管理は液压差法を用いる（写真-3、図-1）。

2.4 平面位置と高さ

平面位置と高さを同じ計測ユニットで測ることは難しく、通常は別々の方法で対応する。つまり高さの計測には通常液压差法が用いられる。大口径で採用されているトータルステーション法では平面位置と高さを同じ測量機で計測している。

3 推進自動測量システム開発の課題

推進自動測量システムの開発は、技術的には管体が動くという特性からくる設置台数の多さ、また狭い作業空間や湿度の多い場所での計測という環境の厳しさから非常に難しいものである。また推進工事の市場規模や一件当たりの受注金額から開発予算や投入できる人材が制約されている。特に小口径管推

4 測量システムの現状

4.1 直線施工時のレーザ光線方法

直線で距離が短い場合の測量システムは、平面はレーザ光線、高さは水レベルを採用するのが一般的である。これは大口径管、小口径管ともに広く使用されている。

4.2 大口径管の自動測量

(1) トータルステーション方式

φ800mm以上の大口径管では自動追尾トータルステーション方式が採用される。これを自動整準台の上に配置し、通信システムを通じて管内の測量機を坑口から自動制御する方法である。センサとして用いるトータルステーションは通常の測量に用いるものであり、測量機メーカーの工場生産品であり、品質も安定し、測量の精度も保証が得