

III-480 シールド自動測量運転システム（Aードライブ）の開発と適用

名古屋市交通局 神原 勝則
 清水建設（株） 正員 ○後藤 徹
 清水建設（株） 正員 鈴木 康正

1. はじめに

近年、大都市および周辺部では都市機能の拡大、交通量の増大に対処すべく各種の地下構造物が盛んに築造されている。この築造には、都市での種々制約を考慮してシールド工法が採用される場合が多いが、既に数多くの管路と構造物が地下には存在することや供用上の要求から、その施工精度は厳しいものが必要となってきた。このような背景より、清水建設ではシールド機の位置と姿勢情報をリアルタイムに採取し、この情報を基に短いサイクルでシールド機の方角制御を可能として施工精度を高めるシールド自動測量運転システム（以下Aードライブと略す）の開発を進めてきた。開発にあたっては、使用機器の比較検討から始め、制御ソフトの設計と作成、各機器の作動試験を経てシールド工事での実用性が確認できたため、昨年からは3現場で使用を開始した。

この内、名古屋市の地下鉄工事は、当システムを使用して昨年11月に掘進を無事完了し、その使用結果が明らかになってきている。この報文では、その結果をシステムの概要を含め紹介する。

2. Aードライブの概要と特長

当システムの構成は、測距・測角機能を持ちシールド機の動きに追従できるよう小型モーターを取り付けたトータルステーション、レーザー・光波の受光盤、シールド機からの各センサー信号を受けるリレーボックス、システムを集中制御する制御装置および操作卓よりなる。図-1にシステム概要を示す。

このシステムの特長を以下に述べる。

- ・シールドの動きにつれ追従装置により自動的にレーザー・光波の発射角を変更する。
- ・障害物によるレーザー・光波の遮断が発生しても機器の暴走が起きないようにリサーチ機能を持つ。
- ・セグメント組立計画が内蔵されており、路線に合った種別・角度が決定できる。
 （現在、全自動化したソフトに移行中）
- ・テールクリアランス測定器を利用して、セグメント位置・姿勢を推定できる。
- ・ジャッキ選択を統計処理によって行なうため、オペレーターの経験、個人差による方向制御のバラつきを防止できる。

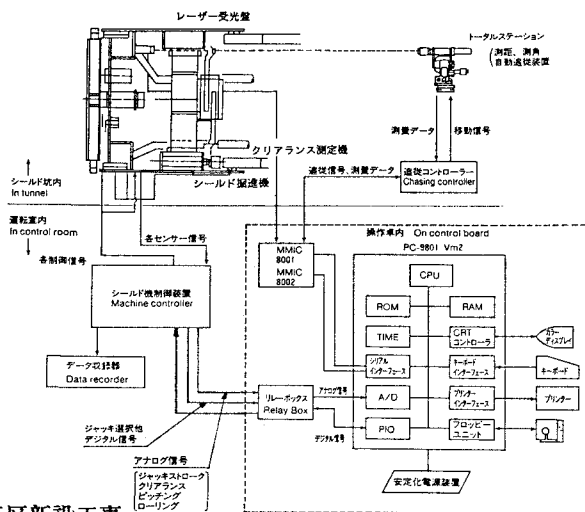


図-1 システム概要図

3. 施工概要

3.1 工事概要

- ・工事名 高速度鉄道第6号線那古野工区新設工事
- ・企業者 名古屋市交通局
- ・工事場所 名古屋市市中村区名駅5丁目～中区錦2丁目
- ・シールド工事 $\phi 7250$ mm 泥水加圧式シールド、L=645.9m×2列、土被り15.3～22.3m
- ・土質 洪積世熱田層の砂質土および粘性土
- ・工期 S60.12～S63.8(延32ヵ月)
- ・曲線部 最小曲線半径 R=800m

3.2 施工結果

(1) 掘進実績

今回の工事では、Aードライブによる自動測量を全リングで継続して行なった。これと共に従来のトランシット・レベル測量（以下人為測量と略す）でシールド機の軌跡チェックを行っており、両者の測量値比較が可能である。代表例として2番線の451～500リングについて図-2に測量結果を示す。両者の差分は、ほぼ10mm以内に収まっており、良好な結果が得られている。現場のシールド掘進は、当初の調整期間でAードライブの実用性が評価されたため、オペレーターが常時Aードライブのズレ表示、方向表示のモニターを見ながらシールドジャッキのON-OFFを判断し行なった。このシステムによって測量作業が省力化でき、稼働日平均7.2リングの掘進スピードが確保できた。しかも出来形精度は水平方向、縦断方向共に、30mm以内に収まり、採用の目的は満足したと考える。

(2) システムの評価

1, 2番線の全路線での自動、人為測量値について統計処理を行ってみた。人為測量は昼夜作業の交替時に行うことから、比較できるデータ数は187組と135組であった。処理は路線計画の座標値を「真値」とし、自動、人為の各々のデータはこの真値よりの差分で入力した。処理結果を表-1, 2に示す。

この結果によると、1番線の水平方向で平均値の差が10mm程あるが、他の平均値、標準偏差共に差が少なく、Aードライブでの測量が従来的人為測量と同程度の状況にあると考えられる。次に、Aードライブ測量値(Y)と人為測量値(X)との相関は、全ての相関係数が0.8を越えており両者間の相関がかなり高い事を示している。回帰式では、1番線水平方向の定数項が大きく、これが先の平均値の差に現れているといえる。この原因には設置誤差等が考えられ、常に自動測量値が誤差を上載せして記録したためと考える。

以上、簡単な統計処理の結果ではあるが、Aードライブの測量値は従来的人為測量値に対して、値の追従性は良く、平均値、偏差も同程度であることより、現段階で充分実用に供するものと考えられる。

4. おわりに

今回報告した現場は、Aードライブの中の自動測量部分を主に使用しているため、従来的人為測量との差分について実績を述べた。しかし、Aードライブは最終的にシールド機の自動運転を目指しており、この点でまだ現場での使用データが不足している。今後、上記誤差原因をつぶした上で現在稼働中の他現場の自動運転データを加えて、検討・分析を行ない最終的な全自動化運転へ移行していきたい。なお、今回の工事に関しご指導を承った関係者の方々に深く感謝を申し上げる。

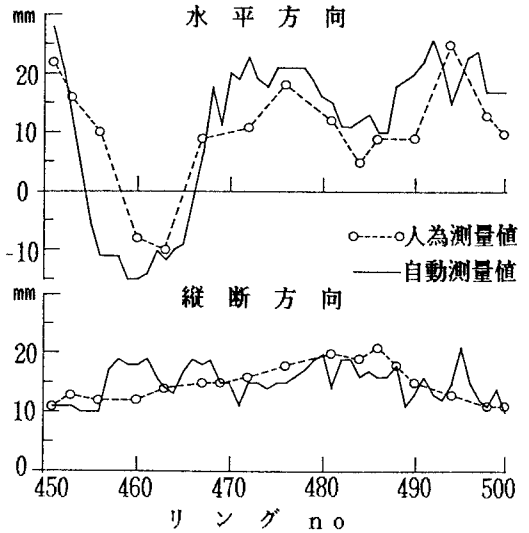


図-2 測量結果実績

表-1 「真値」に対する各測量値

		1番線 (n=187)		2番線 (n=135)	
		水平	縦断	水平	縦断
平均値 (x̄) mm	自動	16.80	-2.05	7.13	3.88
	人為	6.32	0.22	4.39	-1.31
標準偏差 (σ) mm	自動	21.53	16.05	22.64	17.28
	人為	20.03	15.88	19.27	17.04

表-2 自動、人為測量値の相関

		1番線	2番線
水	相関係数	0.84	0.84
	回帰式	Y=0.90X+11.08	Y=0.99X+2.78
縦断	相関係数	0.82	0.87
	回帰式	Y=0.83X-2.23	Y=0.89X+5.04