

小口径シールドにおける 遠隔測量システムの現場への適用

浅沼廉樹

遠隔測量システム (Fujita Remote Control Surveying System) は、小口径シールド工事における測量作業を事務所から遠隔操作にて行い、マシンの挙動解析やセグメントの位置計測を可能とするために開発されたシステムである。本システムは、事務所内に設置された遠隔操作ユニット、測量時のみ測量器を坑内に設置し測量を行う測量台車、マシンの位置計測に使用されるキューブシャッタから構成されており、日常測量の代替として用いられている。

本報文では、この遠隔測量システムの概要と、これまでに導入された3つの現場での導入結果を紹介するものである。

キーワード：小口径シールド，遠隔操作，測量器，キューブシャッタ

1. はじめに

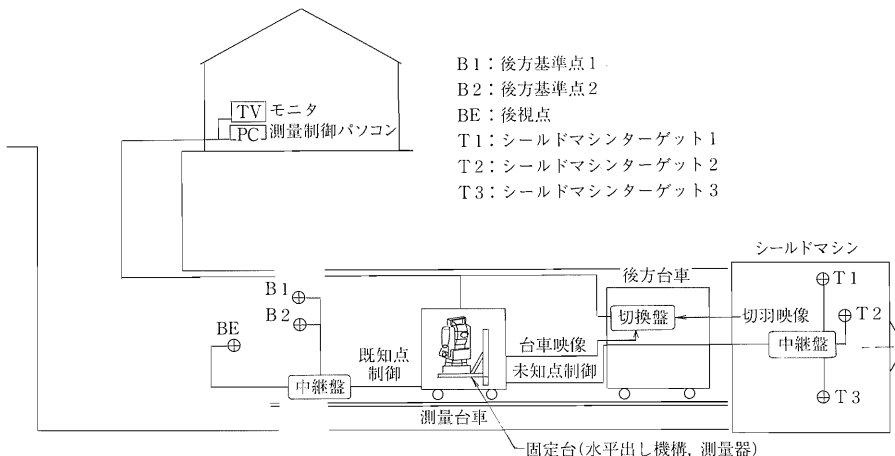
近年のシールド工事における技術開発は、自動掘進や自動搬送等の開発をみても分かるように、めざましい進歩を遂げて来た。しかし、各作業が自動化や省力化に移行している今日でも測量作業は、人間による作業が中心であり、この測量頻度が多いほど、信頼性の高い線形管理が可能と言われて来た。しかし、これは職員の労務に頼る事が多く、職員を削減する傾向にあるなか、変動勤務の要因となり大きな負担となっていた。そのため、作業所では、この測量作業の自動化もしくは、

省力化可能なシステムの開発を求めていた。

そこで、株式会社フジタでは、坑外（事務所）より遠隔操作にて坑内の測量器をコントロールし測量を行う事で、シールドマシンの挙動解析やセグメントの位置計測を可能とする遠隔測量システムを開発、さらに小口径シールドでの「日常測量の代用可能なシステム」として、現場への導入を行った。本報文では、本システムの概要と現場導入結果を報告するものである。

2. システムの構成及び概要

遠隔測量システムは、坑内に設置した測量台車



図一 遠隔測量システムレイアウト図

と事務所間を、通信ケーブルで接続する事により、台車内の測量器や整準台を遠隔操作して、シールドマシン及びセグメントの測量を行うシステムである。

図-1 にシステムレイアウト図及び、表-1 に構成機器を示す。

表-1 構成機器一覧

配 置	内 容	数 量
事 務 所	遠隔操作ユニット	
	制御パソコン	1台
	台車監視用モニタ	1台
	遠隔操作盤 (DOS/V 版は不要)	1台
坑 内	測量台車	1台
	映像切替え盤	1台
	既知点用キューブシャッタ	3台
マ シ ン	未知点用キューブシャッタ	6台

(1) 遠隔操作ユニット

事務所内に設置される遠隔操作ユニットは、

- ① 測量台車との通信やマシンの座標計算を行う制御パソコン。
- ② 通常は切羽監視用に使用し、測量時のみ測量台車監視用に用いる TV モニタ。
- ③ 測量台車や測量器をコントロールする遠隔操作盤 (DOS/V 版では不要)。

以上の3つから構成されており、測量時にはこれらを用いて、坑内の測量台車を遠隔操作し、シールドマシンやセグメントの測量を事務所にて行う。

(2) 測量台車

坑内に設置された測量台車は、大きく分けて、下記の3つから構成されている。

- ① 旋回アーム：測量器と整準台を坑内に設置する装置
- ② 操 作 盤：台車本体を操作する装置
- ③ 電 装 盤：事務所との通信や測量器の制御を行う装置

通常、測量器と整準台を搭載した旋回アームは、湿度管理された密閉ボックス内に格納されており、事務所からの測量開始信号を受信することにより、密閉ボックスのスライド扉をあけ、旋回・下降動作を行って、坑内軌道上のほぼセンターに測量器を設置する仕組みになっている。

図-2 に測量台車全体図、表-2 に機械諸元表

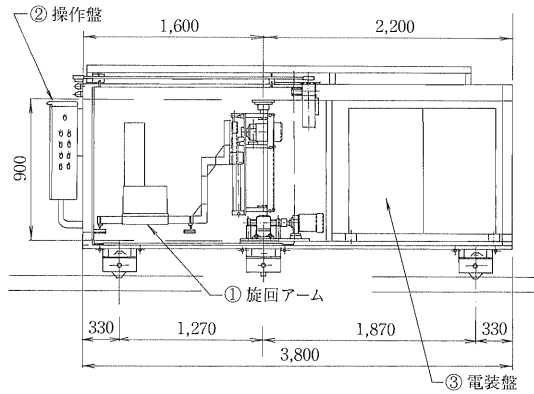


図-2 測量台車全体図

表-2 機械諸元

機 械 名	仕 様	
測 量 台 車	寸法 (縦×横×高さ)	3,800×450×1,050 (mm)
	重 量	820 kg (本体部)
	入力電源	AC 100 V
	駆動モータ	旋回部・上昇下降共に 200 W
光波測距儀	測距精度	±(3 mm + 2 ppm) m. s. c.
	測角精度	±2 秒読み
	チルト補正	±3 分以内
	入力電源	DC 12 V
整 準 台	水平精度	±5 秒以内
	傾斜調整範囲	±5 度
	入力電源	DC 24 V
キューブシャッタ (未知点用)	寸法 (縦×横×高さ)	150×90×150 (mm)
	重 量	0.5 kg
	入力電源	DC 24 V
	開閉方式	DCソレノイド方式

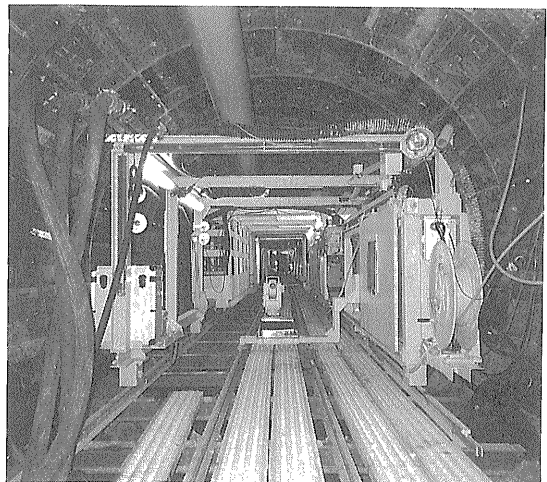


写真-1 測量台車全景 (台車牽引方式)

を、写真-1 に測量台車全景を示す。

(3) キューブシャッタ

本システムでは、事務所から遠隔操作を行っているため、自己位置算出用のプリズムやマシン内のプリズムの視準には、測量器を直接覗き込む事が出来ない。よって、これらの視準には、測量器自体に装備されている自動追尾機能を使用している。しかし、この場合、測量器側では、どのプリズムを視準しているか判断出来ず、目標のプリズム以外を視準する可能性がある。

そこで、視準時シャッタを開閉し、目標のプリズムのみ視準を可能とするキューブシャッタを開発、自動追尾による視準ミスを防止した。写真-2はセグメントに固定された既知点キューブシャッタ、写真-3はシールドマシン側に設置された未知点キューブシャッタである。



写真-2 既知点キューブシャッタ



写真-3 未知点キューブシャッタ

(4) システムフロー

遠隔測量システム操作時のシステムフロー図を、図-3に示す。

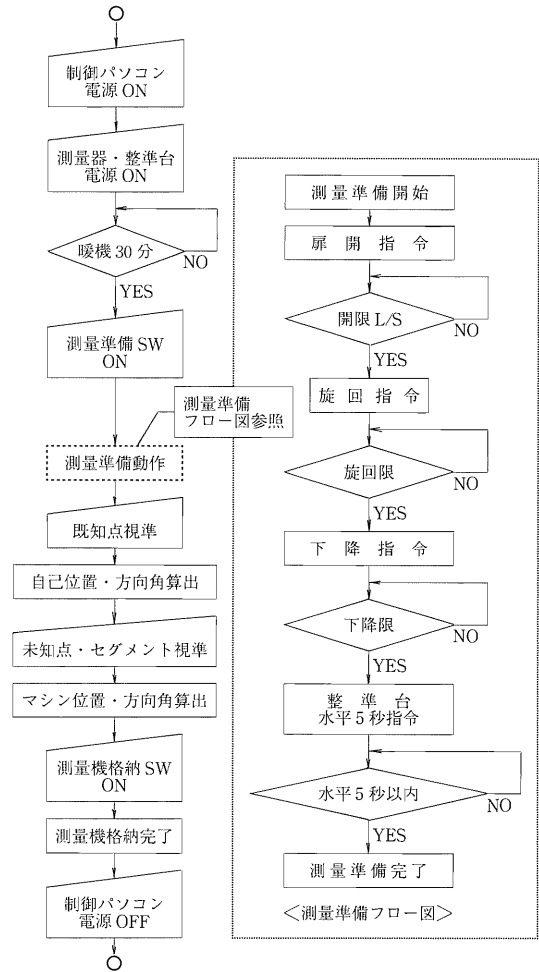


図-3 システムフロー図

本システムは、事務所内遠隔操作ユニットの制御パソコン画面上(図-4参照)をマウスでクリックする事により、すべての操作が可能となっている。その操作手順を以下に示す。

- ① 測量開始30分前に制御パソコンの電源を投入し、測量器及び整準台の暖気運転を行う。
- ② 「測量準備」をクリックする事により、測量台車側では、自動的に旋回アームを走行レール上に設置し、整準台を水平5秒以内に整準して、測量準備動作を完了する。
- ③ 「既知点1」「既知点2」「後視点」を、操作

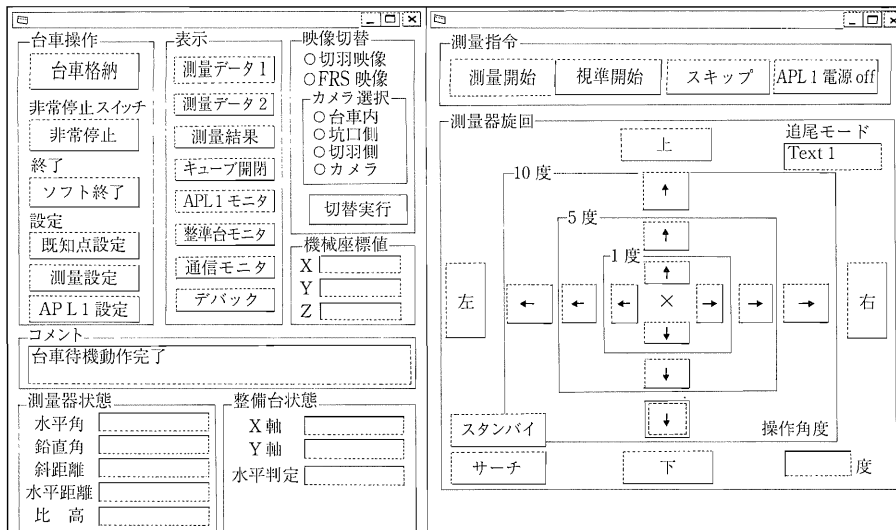


図-4 遠隔測量システム操作ウィンドウ

ウィンドウを用いて、順次に視準動作を行い、このデータをもとに自己位置及び方向角の算出を行う。

- ④ 同様に、マシン内の未知点やセグメントの視準動作を行い、マシンの位置やセグメントの出来形を算出する。
- ⑤ 測量完了後は、「台車格納」をクリックする事で旋回アームが台車内に収納され、測量作業を完了する。

また、これらの計測値や算出データは、すべてパソコン側に保存されており、シールドマシン推進管理システムとも連携可能になっている。

3. 現場運用

本システムは、平成 11 年 1 月より現場運用を開始し、3 現場への適用を行った。以下に、その運用結果を述べる。

(1) 運用状況

今回の運用では、測量精度や運用性の面から各現場での考え方が異なるため、以下の二つの方法にて現場運用を行った。

① 半固定方式

測量台車を後方台車レール上に設置し、マシン内未知点が視準可能な限り、台車の移動をしない方式。この場合、既知点の盛換えも同時に行う

(盛換えサイクルは、マシン施工線形により異なるため、不定期となる)。

② 台車牽引方式

測量台車を後方台車の編成に入れ、シールドマシンと共に移動する方式。この場合、台車の盛換え作業は不要となるが、既知点の盛換えは定期的に行う必要がある(機械点算出精度の関係から、盛換え距離は 75 m 程度に 1 回となる)。

この 2 つの運用方式の特徴を、表-3 に示す。

表-3 各運用方式特徴

方式	特徴
半固定	機械点精度が安定する。 盛換えまで、移動用レールが必要。 盛換えに時間を要する。
台車牽引	牽引により機械点精度が低下する。 台車の盛換え作業は不要となる。 曲線部での測量が可能。

(2) 測量精度

本システムは、人による測量のようにダボ点に測量器を設置して、マシンの測量を行う方法とは異なり、既知の点から測量器の位置と方向角を算出して、マシンやセグメントの測量を行うシステムである。

よって、その測量精度は、既知点と測量台車との位置関係により、影響を受ける事が考えられる。今回の現場運用でも、二つの方式により異なった測量結果が得られた。この理由としては、

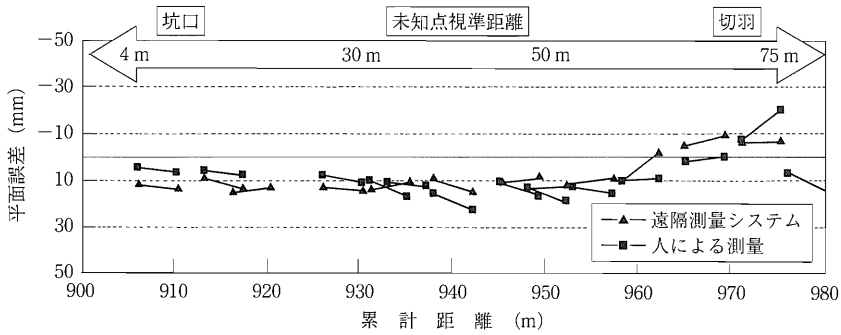


図-5 計画線に対するシールドマシン平面誤差 (半固定方式の場合)

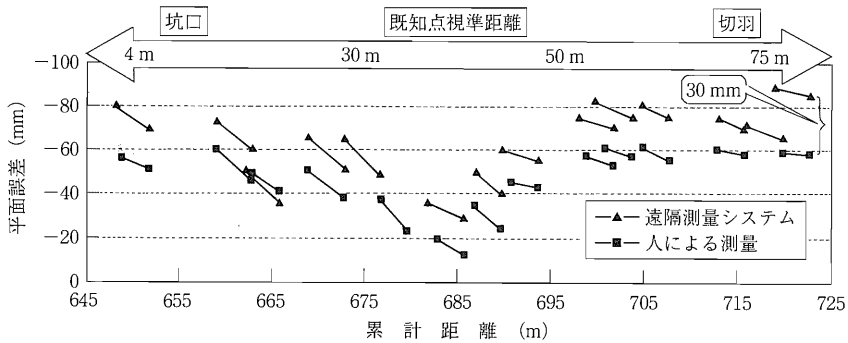


図-6 計画線に対するシールドマシン平面誤差 (台車牽引方式の場合)

① 半固定方式

既知点と測量台車との位置関係が一定のため、機械点精度が安定していた。

② 台車牽引方式

マシン掘進に伴い、既知点と測量台車が離れ、既知点と測量器間の挟角が減少するため、機械点精度にばらつきを生じていた。

以上の事が原因として考えられる (図-5, 図-6 にその測量結果を示す)。

二つの図は、計画線に対するシールドマシン平面上での軌跡を表しているものであり、図中の線は、マシン先端と後胴を結んだものである。

マシンの軌跡は、未知点の測量結果より求められた事を考慮すると、マシン先端の誤差量と未知点の誤差量は等しいと考えられる。よって、図より以下の点が明らかになった。

① 半固定方式の場合

人による測量とほぼ等しい結果になった。

② 後方台車牽引方式

挟角の減少により誤差量が増加するため、既知点視準距離が75 mを越えた時点で既知点の盛換えが必要となった。

また、シールドマシンに搭載されたジャイロ方位角と遠隔測量システムによって算出された方位角は、各方式ともにジャイロ精度±5秒の範囲内にある事が分かった。

(3) 運用性

本システムを現場に導入する事により以下の3



写真-4 運用状況

点が確認された。

- ① 測量時間の短縮が可能となった（60分短縮）。
- ② 1名での測量作業が可能となった（セグメント測量時は、手元1名が必要）。
- ③ 測量頻度を増やし、線形出来形精度の向上が計れた。

写真-4に現場運用状況を示す。

4. 結 論

本システムによる現場への運用結果を表-4に示す。

表-4 運用結果

	半固定方式	牽引方式
測量精度	0~30 m 30~75 m	±5 mm ±40 mm ±30 mm
測 量 時 間	15~25分	15~25分
盛 換 え サ イ ク ル	視準可能な限り盛換えなし	5日に1回程度(既知点のみ)
盛 換 え 時 間	2時間	15~25分
カ ー ブ 測 量	—	1,000 R まで対応
セ グ メ ン ト 測 量	—	対 応

以上の結果より、半固定方式では、人による測量とほぼ同等の結果になる事が確認された。また、当初の予想通り台車牽引方式では、測量精度は低下したが、既知点の盛換え作業を定期的に行

う事で、運用可能な事が確認された。また、測量台車を牽引する事により、半固定方式では不可能だったカーブ測量やセグメント測量にも対応可能な事が確認された。

5. 終わりに

遠隔測量システムは、今回の現場適用によりその有効性が確認された。今後、本システムをより一層向上させるためには、以下の項目について対応が必要と思われる。

- ① 急曲線施工時の位置出しシステムの開発。
- ② 測量用ダボ点のポイント設置及び位置出し方法の確立。

これらの項目は実用化するに当たり、すべて解決しなければならない問題だと思われる。したがって、今後はこれらの問題を解決し、より実用性の高いシステムに改造・改善を行ってゆく所存である。

J C M A

[筆者紹介]

浅沼 廉樹 (あさぬま なおき)
株式会社フジタ
土木本部
機械部



建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々そして一般の方々と、建設事業に関心のある方々のための参考書です。

A4判 102頁 オールカラー 本体価格2,500円 送料600円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) Tel.03-3433-1501 Fax.03-3432-0289