

シールド坑内自動測量システムの開発と現場実証施工結果

(株)大林組 正会員 ○西森 昭博 正会員 松原 健太
正会員 上田 潤 正会員 東野 弘幸
(株)演算工房 正会員 白坂 紀彦

1. はじめに

シールド工事では二次覆工を省略するケースが増えており、一次覆工がそのままトンネルの最終出来形になることが多い。そのため、シールドトンネルの品質確保のためには、精度の高い線形管理が求められている。一方、シールドの線形管理のための坑内測量は掘進作業が終了した後に行われるため、必然的に残業になりやすい。働き方改革関連法の施行に伴い労働時間の短縮が求められる中、シールド工事においても作業時間を短縮する技術が求められている。そこで筆者らは、短時間で精度の高い測量が可能な「シールド坑内自動測量システム」の開発に取り組んでいる¹⁾²⁾。本稿では、測量の品質向上のために新たに導入した自動点検機能の概要と、全長約 500m のシールド工事に適用した事例について報告する。

2. 「シールド坑内自動測量システム」の概要

「シールド坑内自動測量システム」は、ATR（自動視準）機能を有するトータルステーション（以下、ATR-TS と称す）とタブレット端末を使用した自動測量システムである（図-1）。測量技術者は、タブレット端末を用いて ATR-TS を遠隔操作することができ、1 名ですべてのシールド坑内における測量作業を自動で行うことができる。本システムでは、1 秒読みの ATR-TS を採用しており、測量技術者の技量によらず精度の高い測量が可能である。



図-1 シールド坑内自動測量システム

3. 測量品質向上のための自動点検機能の導入

自動測量で使用する ATR-TS は精密機器であり、少しの衝撃や振動、特に、自動旋回中に誤って接触するなど回転軸に負荷をかけると、鉛直軸、視準軸、ATR 機能に狂いが生じやすく、測量の精度を低下させる要因となる。そのため自動測量では鉛直軸、視準軸、ATR の点検を高い頻度で行う必要があるが、点検作業は手動で行う必要があり、20～30 分ほどの時間を要していた。そこで、これらの点検作業をタブレット端末を使用して自動で行う機能を新たに導入し、点検作業に掛かる時間を 10 分程度に短縮した。本機能で実施した点検記録はシステム内に保存され、工事事務所で点検状況を確認することが可能となる（図-2）。

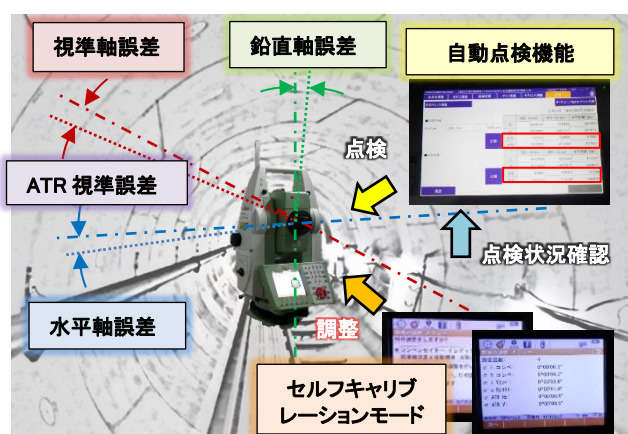


図-2 自動点検機能

所定の閾値を超える場合には、セルフキャリブレーションモードを使用して視準軸と ATR 機能等の調整を行うことで ATR-TS の狂いをリセットでき、高い測量精度を継続して確保することが可能になった。

キーワード シールドトンネル、測量、自動化、品質向上、時間短縮、省人化

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL : 03-5769-1318

4. 現場実証施工結果

新機能を搭載した「シールド坑内自動測量システム」を、シールド外径約 3.5m、途中に $R=15\text{m}$ 以下の急曲線を 2 か所有する全長約 500m の都市部における下水道トンネル工事に適用した。従来の人為測量との比較を行うため、通常の人為測量と、「シールド坑内自動測量システム」を使用した自動測量を併用して実証施工を行った。

4.1 本基準点測量

発進から到達までの全延長において、本基準点は 16 か所設置されており、発進付近に設置された 2 点の本基準点を使用し、到達部まで測量を実施した。各本基準点における平均値からの差を全線に渡り集計したヒストグラムを図-3 に示す。測量精度のばらつきを示す標準偏差は $\sigma = 1.6\text{mm}$ であった。到達部において人為測量との座標のずれは、主に水平偏差成分となる X 座標で 14.3mm であった。角度差に換算すると路線全長で約 $5.9''$ 、本基準点 1 か所あたりの角度差は約 $0.4''$ と小さく、十分に要求品質を確保できる精度であることを確認した。

4.2 日常掘進管理測量

日常掘進管理測量では、器械点測量、マシン測量、セグメント測量において図-4 に示す各種測量モードを用意しており、各種の測量において人為測量との差、使用性、測量時間について検証を行った。

このうち、器械点測量においては、仮基準点測量で座標値を算出した位置に ATR-TS を設置する方法（以下、仮基準点方式と称す）と、後方に設置したプリズムを 2 点視準して器械座標と方位角を計算する方法（以下、後方交会法方式）の 2 つの測量モードについて比較を行った。仮基準点方式と後方交会法方式を用いたマシン測量結果について、人為測量との水平偏差の差を図-5 に示す。いずれの方式においても大きな差はみられず、両方式とも使用可能な精度の範囲にあることを確認した。なお、後方交会法方式のケースでは、器械の設置からマシン測量、計算結果の算出までを 1 名により最短 5 分で実施でき、大きな時間短縮効果、省人化効果を確認した。

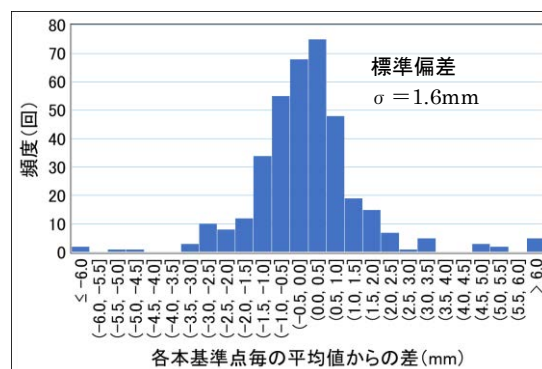


図-3 本基準点測量結果

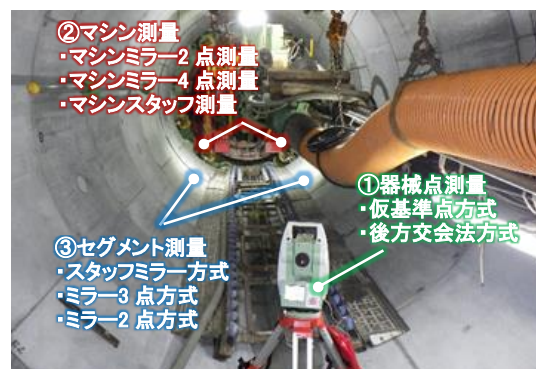


図-4 日常掘進管理測量モード

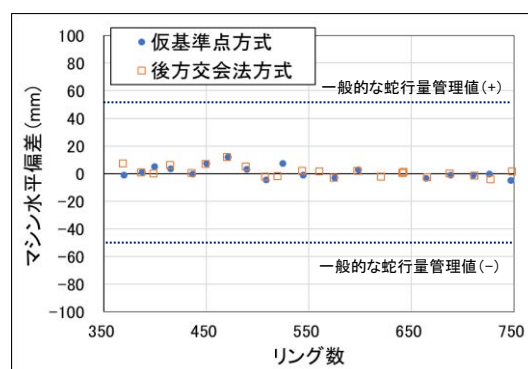


図-5 マシン測量結果の比較

5. まとめ

ATR-TS とタブレット端末を使用して 1 名で測量を行うことができる「シールド坑内自動測量システム」の開発において、測量精度の向上のため自動点検機能を新たに導入し、全長 500m のシールド現場で実証施工を行った。その結果、十分に測量精度を確保でき、大きな時短効果、省人化効果があることを確認した。今後、シールド工事において線形管理の品質向上および時短・省人化技術として広く活用していく予定である。

参考文献

- 1) 林他：シールド坑内自動測量システムの開発，土木学会第 75 回年次学術講演会，2020.9
- 2) 菅野他：シールド測量支援システムの開発，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018.9