

トンネル地表面計測における RTK-GNSS の適用性の検討

国際航業（株）正会員 ○加藤 大佑

国際航業（株）正会員 武石 朗

国際航業（株）正会員 及川 典生

大成建設（株）非会員 服部 弘通

大成建設（株）正会員 寺本 哲

大成建設（株）正会員 大西 吉実

1. 目的

近年、わが国のインフラ事業は、ICT/IoT による構造物監視や現場技術の効率化等を推進している。例えば、トンネルの地表面計測においては、光波測距儀や GNSS 等による自動観測技術が用いられている。この内、従来の GNSS による地表面計測は、測量で使用する測位方法（Static）を用いているため精度は良いが、GNSS 機器のコスト高や計測頻度が 1 回/時間となることが課題であった。土木工事のような現場では、施工状況に応じてリアルタイムに計測状況を把握する必要があり、より高頻度かつ高精度な計測が求められる。そこで、Static 方式より計測精度は若干劣るが、高頻度で計測可能な Realtime Kinematic 方式の GNSS 計測システム（以下、RTK- GNSS）を試験的に導入し、光波測距儀による計測結果と比較することで、その適用性について検討を行った。

2. 計測概要

計測対象である A トンネルは、延長 260m、断面 160m² で、トンネル直上は主にローム層、細砂層で構成される（図-1）。加えて、全体的に 2D 以下の土被りとなるため、掘削に伴う沈下の発生が予想される。当現場においては、光波測距儀および RTK-GNSS により、掘削に伴う三次元変位の計測が行われている（図-2、図-3）。特に、光波測距儀は機械点から計測点までの距離が最大でも 94m と近い上に遮蔽物もなく、高精度な計測結果が期待される。対して、今回用いた RTK-GNSS は基準点との距離が 500m 以内程度であればその計測精度は一般的に数 cm 程度といわれている。しかしながら、今回用いたシステムは統計処理技術（母集団移動平均法、恒星日差分法）により、最大で±2mm 程度の精度を確保できるため、光波測距儀と同程度の精度で変位検出が可能と考えられる。次項より比較結果を整理した。

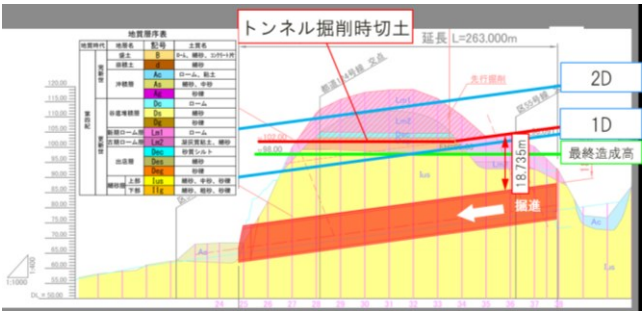


図-1 A トンネル断面図

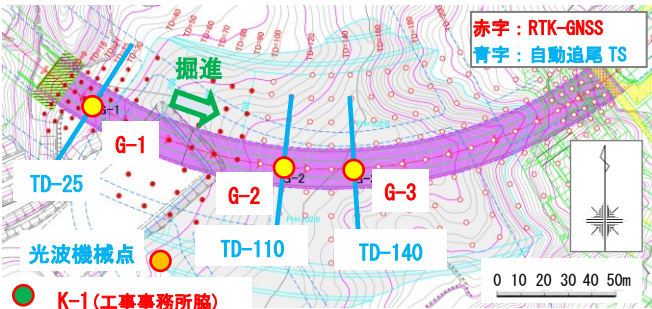


図-2 計測機器配置図

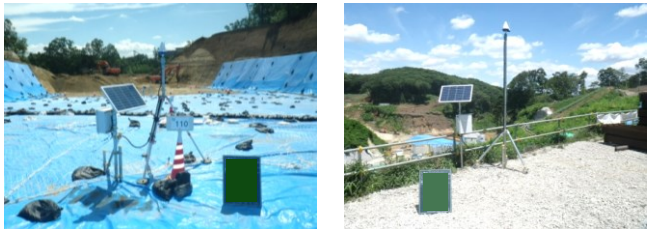


図-3 RTK-GNSS（左：計測点，右：基準点）

3. 計測結果の比較

G-2, G-3 測点における RTK-GNSS および光波測距儀による計測結果、トンネル切羽の進捗状況および現地の気象状況を図-4 に示す。また、計測期間中における各測点における切羽の進捗状況とその時の変位状況一覧を表-1 に示す。

表-1 切羽進捗と変位状況（No は図-4, 5 中の番号と対応）

No	測点	切羽進捗	変位状況
①	G-2	下半・インバート通過	沈下
②	G-3	上半影響範囲通過	変位なし
③	G-3	上半通過	沈下・掘進後方
④	G-3	下半通過	沈下・掘進前方
⑤	G-3	インバート通過	沈下・掘進前方

キーワード GNSS(GPS), RTK-GNSS, 光波測距儀, トンネル, 地表面計測

連絡先 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業（株） T E L 042-307-7210

計測結果の比較より、以下の知見が得られた。

- 1) 水平・沈下方向で光波測距儀と同様の変位傾向を捉えることができ、トンネルの地表面計測において RTK-GNSS が有用であることがわかった。
- 2) 光波測距儀では降雨・強風等の気象の影響による計測データの乱れが確認されたが (図-4 中橙色)、GNSS ではこの現象はみられなかった。そのため、GNSS は光波測距儀よりも気象の影響を受けにくいと考えられる。
- 3) GNSS は基準点との距離がある程度離れていても安定して計測が可能である。対して光波測距儀は機械点と標的の距離が離れるに従い精度が低下する。今回、GNSS により光波測距儀の計測条件が良い中で同等の精度を確保することができた。そのため、光波測量の計測環境が悪い場合には GNSS が適用できると考えられる。

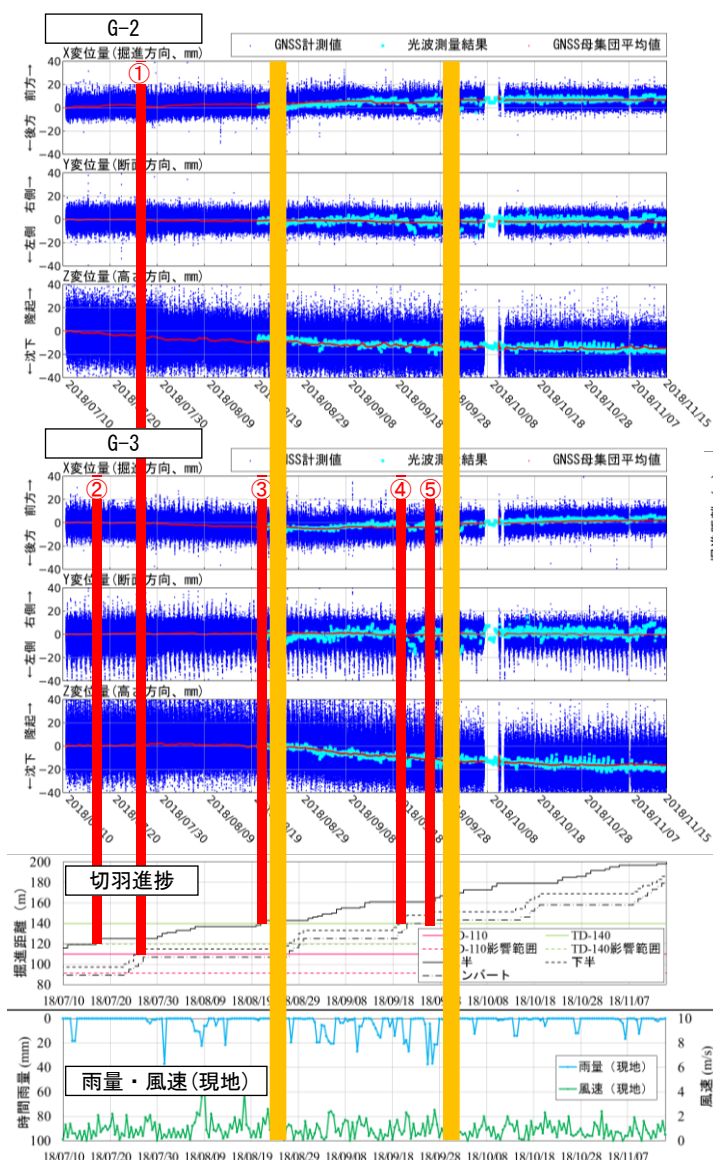


図-4 RTK-GNSS, 光波測距儀の計測結果

4. 変位速度の算出

GNSS 計測結果より求めた変位速度を図-5に示す。トンネル地表面計測における変位速度は、特に明確な指標がないため、継続的なトンネルの変位を検出できた10日あたりの変位量で算出した。この結果より、切羽接近に伴い沈下が加速し、切羽通過後は変位が収束に向かう変位状況を RTK-GNSS 計測により捉えられていることがわかった。

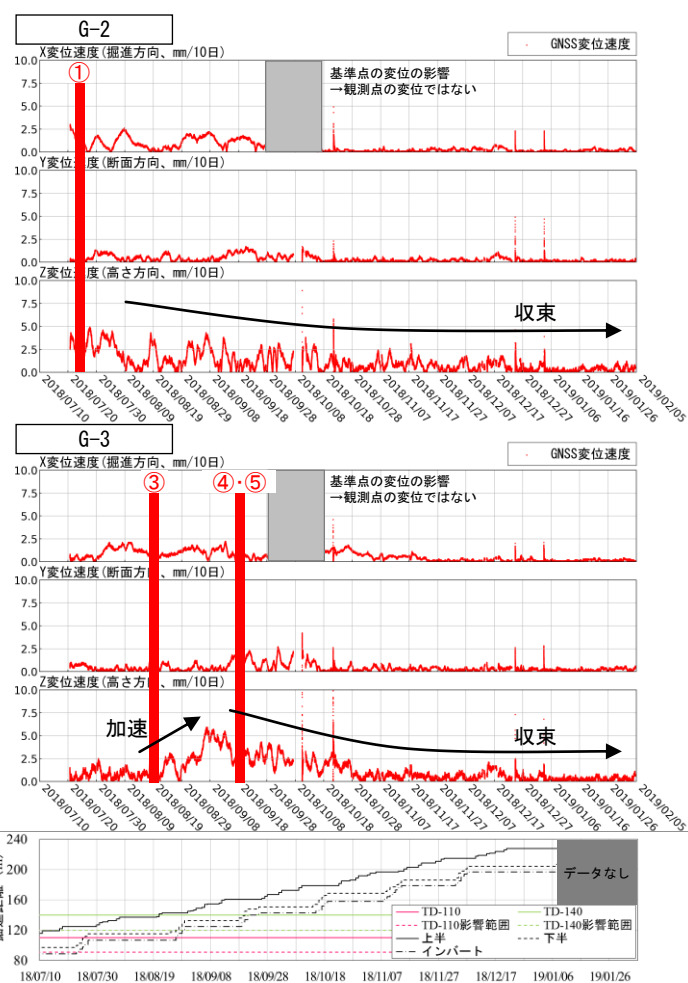


図-5 変位速度 (mm/10日, RTK-GNSS)

5. まとめ

本検討のまとめを以下に示す。

- 1) RTK-GNSS と光波測距儀で同様の変位傾向を捉えることができ、トンネルの地表面計測において RTK-GNSS が適用できることがわかった。
- 2) RTK-GNSS は光波測距儀と比較して気象の影響を受けにくく、基準点 (機械点) の位置をより遠くに設置することができる利点を有する。
- 3) 変位速度がトンネルの施工管理の指標のひとつとして活用できる可能性を示した。