

GNSS・SAR による開削工事での地表面変状モニタリング
～その1：計測概要および GNSS・SAR 計測結果～

鹿島建設(株) 正会員 ○川野健一 永谷英基 劉 偉晨 新川健二 高柳 哲
国際航業(株) 手束宗弘 武石 朗 本田謙一 加藤大佑
東日本高速道路(株) 村田賢士 尾関 淳

1. はじめに

近年、測位衛星の増加に伴い、GNSS（Global Navigation Satellite System）測位技術が急速に発展している。また、合成開口レーダと呼ばれる SAR（Synthetic Aperture Radar）を小型衛星に搭載し、複数小型 SAR 衛星の同時運用による高頻度での衛星観測が可能になってきた。本報では、開削工事を対象に広域での地表面変状を GNSS および SAR によって精度良くモニタリングできたので、その適用実績について報告する。

2. 地表面変状計測システム

(1) GNSS

GNSS 測位技術の代表的なシステム構成を図-1 に示す。観測局で計測したデータを基準局に無線で送信し、基準局に取り付けた通信アダプタを経由してローカルサーバ上に三次元計測データを保存している。

本報では、高速道路の建設現場でも試行的な運用が開始されたリアルタイムキネマティック法 GNSS（以下、RTK-GNSS）で地表面変状をモニタリングした。RTK-GNSS は従来のスタティック法よりも安価であり、統計処理による計測精度の向上ができる計測方法である²⁾。各観測局では数秒ごとの計測が可能であり、約 5 分周期で基準局に集めた観測局データを、通信アダプタでローカルサーバに送信している。

(2) SAR

SAR は衛星に取り付けたレーダから地表に向けて電波を照射し、反射波から画像を作成する技術である。雲を透過し、昼夜を問わずに観測できる特長があり、電波の波長を変更することで観測対象に応じた最適な観測を実施できる。また、2 回以上の異なる観測時期において、同一対象を観測して干渉処理（InSAR）を行うことで、地表面変状を高感度で捉えられる。主な SAR 衛星の観測仕様を表-1 に示す。

3. モニタリング対象現場

地表面変状のモニタリングは、横浜環状南線公田笠間トンネル工事における開削工事エリアで実施した（写真-1）。開削部周辺は軟弱地盤が広がっており、広域での面的な地表面変状モニタリングが必須である。



図-1 システム構成

表-1 主な SAR 衛星の観測仕様

衛星名	COSMO-SkyMed	Sentinel-1	ALOS-2
運用国	イタリア	欧州	日本
波長帯	X バンド	C バンド	L バンド
波長	3 cm	6 cm	24 cm
検出変位量	2～20 mm	3～30 mm	2～120 mm
観測頻度	年 8 回	年 30 回	年 4 回
観測対象	人工物	人工物	植生域
観測費用	高額	無償	比較的安価



出典：国土地理院発行2.5万分1地形図

写真-1 モニタリング対象場所

キーワード 地表面変状モニタリング，RTK-GNSS，SAR，面的管理

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

開削工事中は周辺地盤の地表面変状を RTK-GNSS および SAR で監視した。事業用地外に観測局設置を要するため、電柱上部に GNSS 本体を取り付けた (写真-2 (a))。また、基準局 (写真-2 (b)) は、開削工事の影響を受けない場所 (写真-1 中の K-1) に設置した。写真-3 に天空率 (全天画像に占める空の面積の比率) を示す。観測局も基準局も天空率が高いことから、十分な計測精度 (標準偏差にして ± 1 mm 以下) を確保できる²⁾。あわせて、表-1 に記載した SAR 衛星の内、COSMO-SkyMed (X バンド) および Sentinel-1 (C バンド) で開削工事前後の地表面変状を監視した。本報文では、観測局 GD-2 における水準測量と GNSS 計測結果および SAR による観測結果を比較した。

4. 計測結果

水準測量、RTK-GNSS、SAR による長期計測結果を図-2 に示す。開削工事は 2020 年 5 月から開始し、2021 年 11 月に床付掘削工事が完了した。その後、2022 年 4 月に側壁構築工事が完了した。

図-2 に示すとおり、RTK-GNSS を設置した 2021 年 8 月から側壁構築工事が完了する 2022 年 4 月までに生じた沈下量は水準測量で 10 mm であり、同期間における RTK-GNSS の沈下量は 11 mm であった。また、2020 年 5 月から 2022 年 1 月までの地表面変状を過去の衛生観測データに遡って分析したところ、水準測量の沈下量は 17 mm、SAR の沈下量は 18 mm であった。この結果から、水準測量と RTK-GNSS および SAR による観測結果は非常に良く整合しており、地表面変状モニタリングに十分活用できる精度を確保できることが分かった。

5. おわりに

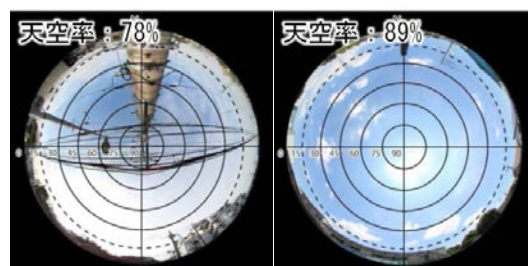
開削工事において、工事の影響による地表面変状を面的に監視するために、RTK-GNSS および SAR による地表面変状モニタリングを実際に適用し、水準測量と同等の計測精度 (誤差: ± 1 mm) があることを計測結果から確認した。今後も、RTK-GNSS および SAR の組み合わせによる計測精度向上³⁾の実現に向けて開発を進める。

参考文献

- 1) 藤原優, 横田聖哉, 武石朗, 飯島功一郎, 江川真史: RTK-GNSS による地盤変位計測の高速道路法面への適用性に関する検証, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.76, No.1, 18-31, 2020.
- 2) 川野健一, 永谷英基, 劉偉晨, 手束宗弘, 武石朗, 本田謙一, 加藤大佑: 市街地における GNSS・SAR を併用した地表面変状モニタリング, 土木建設技術発表会, II-9, 2022.
- 3) 本田謙一, 手束宗弘, 武石朗, 加藤大佑, 永谷英基, 川野健一, 劉偉晨, 村田賢士, 尾関淳: GNSS・SAR による開削工事での地表面変状モニタリング~その 2: 地上計測結果を利用した SAR 計測結果の高精度化~, 土木学会第 78 回年次学術講演会概要集, 2023 (投稿中).



(a) 電柱上の観測局 (b) 自営柱上の基準局
写真-2 RTK-GNSS 設置状況



(a) 観測局 GD-2 (b) 基準局 K-1
写真-3 天空率 (上側が北方向)



図-2 長期計測結果