

シールドトンネル工事における地表面変位測量に人工衛星を活用 ～ 立ち入りが困難な場所を面的かつ広範囲に計測 ～

株式会社奥村組（本社：大阪市阿倍野区、社長：奥村太加典）と株式会社パスコ（本社：東京都目黒区、社長：古川 顕一）は、地上に電波（マイクロ波）を照射し地表面の状態を観測する合成開口レーダー（SAR）衛星を、シールドトンネル工事における地表面変位測量に活用し、従来の測量機器を使用した方法と同等の精度を確保しつつ、面的に広範囲を計測できることを実証しました。

【適用の背景】

シールドトンネル工事では、地表面への影響を最小限に抑えながら安全に掘り進めるため、シールド機直上やその周辺の地表面変位を監視する必要があります。その手法は、対象箇所には複数の観測点を設け、水準儀や GNSS 測量^{*1} 器を使って測量し、変位経過を監視するのが一般的です。しかし、いずれの方法も観測点付近に測量機器や受信機を設置する必要があり、交通量が多い道路や立ち入りに制限のある私有地では測量が困難です。また、シールド機通過後の地表面変位を継続して監視する場合や、変位を面的に把握したい場合には、多くの観測点を設け、人手による測量を長期にわたり継続する必要があり、多くの時間と労力がかかっていました。

上記の課題を解決する手法として、SAR 衛星による地表面変位測量を実際の工事に適用しました。

【SAR 衛星を活用した計測手法の概要・特長】

今回、地表面の変位測量に活用した SAR 衛星は、地球を周回しながら、地上に向け自らマイクロ波を照射し、その反射波を受信することによって対象物の観測を行うものです。衛星から地面や建物などの対象物を直接観測するため、立ち入りが困難な場所の計測が可能で、時間や天候などにも左右されにくいという特長を持っています。

これら SAR 衛星の優位性を生かして、事前に人工構造物など安定して計測可能なポイントを特定し、同点に変位が生じた場合、地球を周回する SAR 衛星が受信する反射波に位相差^{*2}が生じることから、同値を解析することにより、変位量（ Δd ）を算出することができます（図-1）。

この解析により得られる地表面の変位量データを視覚的に捉えるため、変位データの大きさごとに色分けしたメッシュ図やコンター図を表示するシステムを独自に開発しました（特許出願済）。同システムは、メッシュ図やコンター図に 2 次元の地図や航空写真、シールド機の位置などを重ね合わせて表示することも可能です。

【実工事への適用】

京都市上下水道局発注の新川第 6 排水区新川 6 号幹線（雨水）（その 1）公共下水道工事（シールド機外径： $\phi 2,890\text{mm}$ 、掘進距離：1,176m）で、シールド掘進開始から完了までの約 1 年 2 ヶ月間に、計画線全長を幅 100m にわたり（図-2）、計 30 回以上の頻度で SAR 衛星による計測を行いました。同工事における掘進ルートの周辺は、交通量が多く歩道も狭い、戸建住宅

および集合住宅などが密集するエリアでしたが、SAR 衛星の活用により、立ち入りが困難な私有地などの制限を受けることなく多数の観測点によって広範なエリアを面的に計測することができました(図-3)。さらに、SAR 衛星による計測成果が、従来の測量方法と同程度の精度を確保できることを確認しました(図-4)。

【今後の展開】

奥村組とパスコは、今後、SAR 衛星を活用した地表面変位測量をシールドトンネル工事のみならず工事全般へ広く適用することを視野に入れ、今回得られた知見をベースに更なる改良を図っていきます。

※1 GNSS 測量

通常 4 機以上の測位衛星から送信された電波を、複数の測量用受信機で同時観測し、これらのデータを組み合わせて解析し、観測点間の幾何学的な三次元の位置関係を求める測量方法。旧称 GPS 測量。

※2 位相差

ここでは、同一観測点における 2 回の計測で得られる電波波形のずれをいう。

[お問い合わせ先]

株式会社奥村組 管理本部
情報システム部 宮田岩往 (みやたいわお)
TEL : 06-6625-3771
E-mail : iwao.miyata@okumuragumi.jp

株式会社パスコ
広報部
TEL : 03-3715-1048
E-mail : biz-info@pasco.co.jp

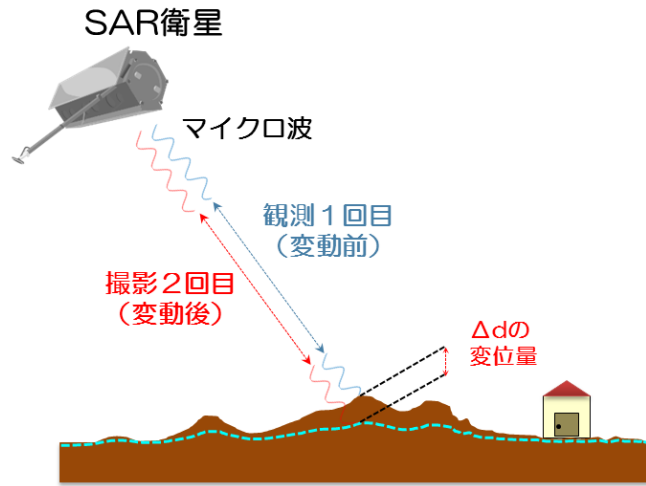


図-1 SAR衛星を活用した地表面変位測量の概念



図-2 工事全景

(工事範囲、掘進距離: 1, 176m)

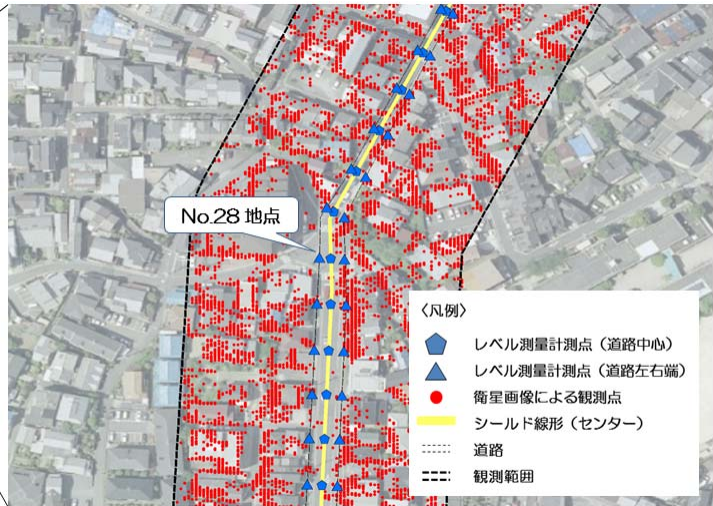


図-3 レベル計測点と衛星画像による観測点

(衛星観測幅 100m 内の安定的に変位計測可能な観測点)

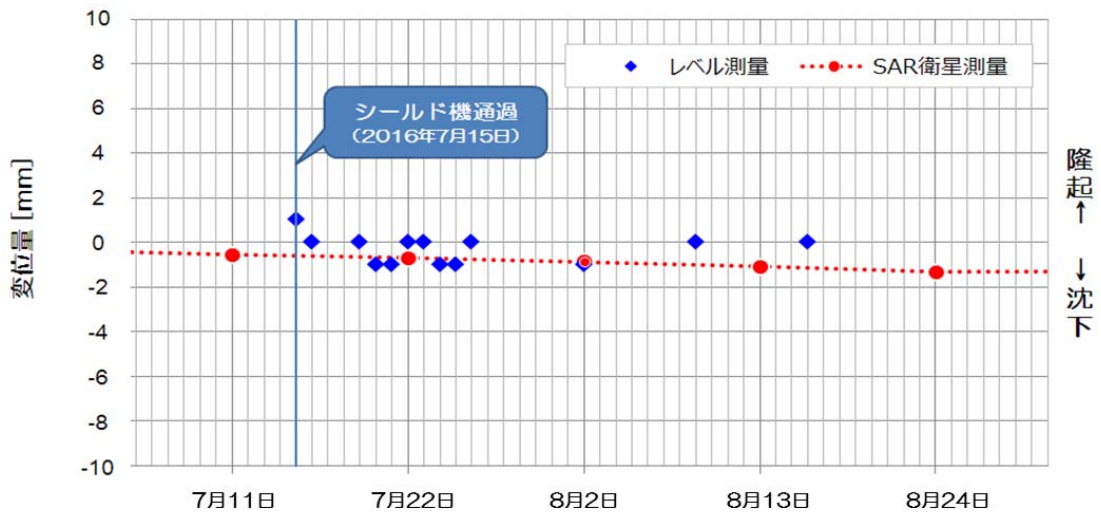


図-4 No.28 地点における変位計測結果

(約 1 年 2 ヶ月の SAR 衛星による全域計測成果の内、シールド機通過直後の約 1 ヶ月の成果を比較)