

シールド工事（下水道工事）における SAR 衛星による地表面沈下計測の精度確認

株式会社奥村組 正会員 ○宮田岩往、村中浩昭

株式会社パスコ 正会員 五十嵐善一、矢尾板啓 非会員 石岡義則、草野駿一、宮辻和宏

1. はじめに

シールド工事では、シールド機の掘進にあわせて地表面の沈下測量を行っているが、住宅地や道路上のレベル測量は、私有地や交通量により計測が困難な場合が多い。本研究では、従来、現地のレベル測量において沈下測量が困難となっていた計測範囲において、人工衛星によって撮像された SAR（Synthetic Aperture Radar）衛星データを用いて mm 単位の精度で計測できるか検証を行った。SAR 衛星は、雲や雨の影響を受けることなく地表面の状況を確認できる特長があり、シールド機の掘進に合わせて地表面沈下が mm 単位で、かつ面的に計測できたので報告する。

2. SAR 衛星の沈下計測の原理および計測手順

SAR 衛星は、宇宙から電波を照射し、波長の位相差の違いから沈下及び隆起を観測する（図－1）。

SAR 衛星データは、SAR 衛星から照射された電波が、地面・電柱・照明灯および建築構造物の上部・側面等の各所で反射した情報を観測する。SAR 衛星データによる沈下計測の解析手順を図－2に示す。



図－1 SAR 衛星の計測原理

本解析手法は、PSInSAR と呼ばれ、SAR 衛星データの安定して計測可能な点（PS 点）を抽出し、位相データの解析を行う。本技術を当該エリアに適用した場合の PS 点は、シールド掘進ルート上の幅 10m において、約 0.6 観測点/m²の観測密度であり、地表面沈下計測を面的に実施できると考える（図－3）。

3. シールド工事の適用内容

本研究は、京都市上下水道局様発注のシールド工事を対象とした。当該地区は、駅周辺の戸建住宅及び集合住宅が密集するエリアである。

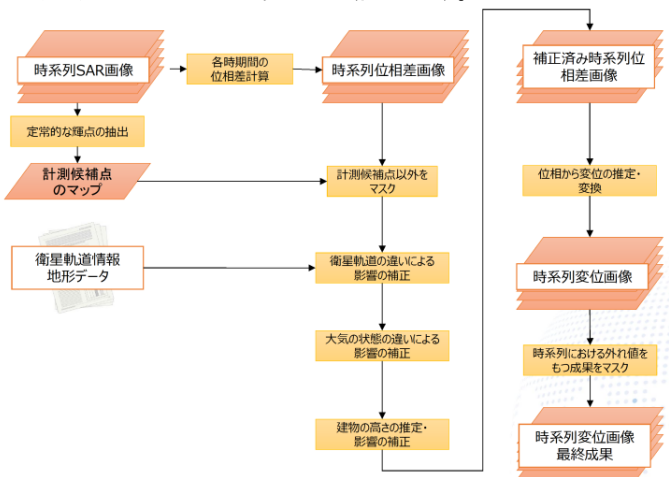
工事内容を表－1に、SAR 衛星観測内容を表－2に示す。SAR 衛星による沈下計測には、2015 年 10 月 27 日から 2016 年 12 月 29 日の期間（撮像回数 30 回）の SAR 衛星データセットを利用した。

表－1 工事内容

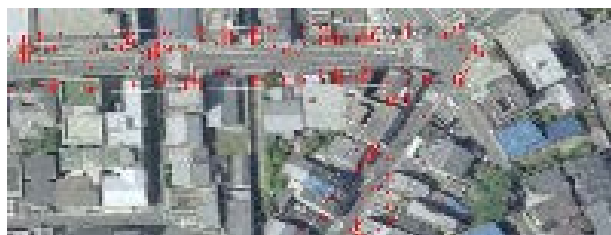
工事名称	新川第6排水区新川6号幹線（雨水）（その1）公共下水道工事
工事場所	京都市西京区川島松ノ木本町他地内
発注者	京都市上下水道局
施工業者	奥村組・岡野組・日新建工 特定建設工事共同企業体
工事概要	シールド工（泥土圧式）（昼夜間施工）

表－2 SAR 衛星観測内容

衛星名	撮像モード	偏波	入射角度	分解能	
				レンジ	アジマス
TerraSAR-X	Staring Spotlight	HH	40 度	0.5m	0.2m



図－2 SAR 衛星データによる沈下計測の解析



図－3 計測可能な点（図中●）の位置

キーワード：SAR、SAR 衛星、PSInSAR、地表面沈下計測、シールド工事

連絡先：〒545-8555 大阪府大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2 Tel: 06-6625-3771、FAX: 06-6623-7699

4. SAR 衛星の沈下計測の精度確認方法と結果

SAR 衛星による沈下計測結果と現地のレベル測量結果を図-4、図-5および図-6に示す。本工事の完了時点における沈下状況は、現地のレベル測量において平均-0.73mm（標準偏差 1.37mm）、SAR 衛星による沈下測量において平均-0.70mm（標準偏差 1.58mm）であり、工事に伴う沈下は軽微であった。SAR 衛星による沈下測量の精度は、現地レベル測量結果を真値とした場合、平均二乗誤差（以下、RMSE）において 1.81mm の結果であり、mm 単位での精度となっていることを確認した。

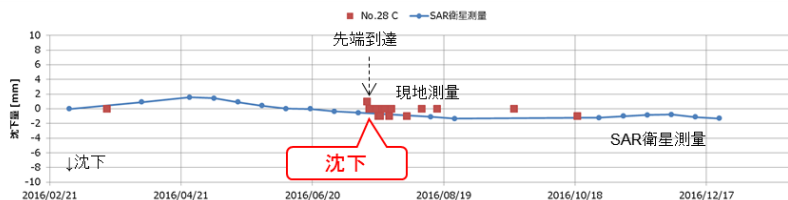


図-4 沈下計測結果

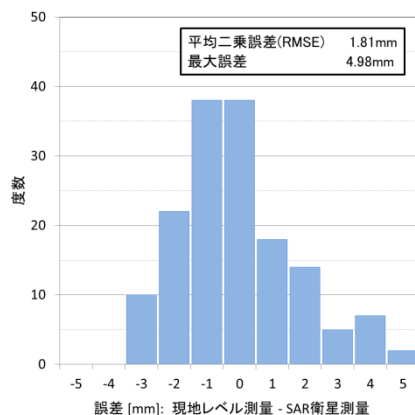


図-5 精度検証結果 (n = 154)

5. まとめ

本研究では、新川第6排水区新川6号幹線（雨水）（その1）公共下水道工事において、SAR 衛星による地表面沈下計測を試みた。

その結果、現場のレベル測量と同程度（RMSE 1.81mm、最大誤差 4.98mm）の良い精度で沈下傾向を捉えることができた。また、シールド機先端の到達前後で面的な沈下が起きている（図-6）ことから、シールド工事に伴う沈下を mm 単位で捉えることができたといえる。

課題としては、現場沈下計測を開始する前から、事前に SAR 衛星による計測を行っておく必要があることと、SAR 衛星による沈下計測は、短くても 11 日周期となることから、リアルタイムでの計測はできないため、日単位で測量する地表面沈下測量を補完する位置づけとなることである。

シールド工事期間において、従来の現地のレベル測量に加え、住宅地や商業地等を SAR 衛星で監視することにより、これまで以上に安全・安心に配慮した施工管理に繋がることと考える。本研究にあたって、ご支援頂いた京都市上下水道局様に謝意を表する。

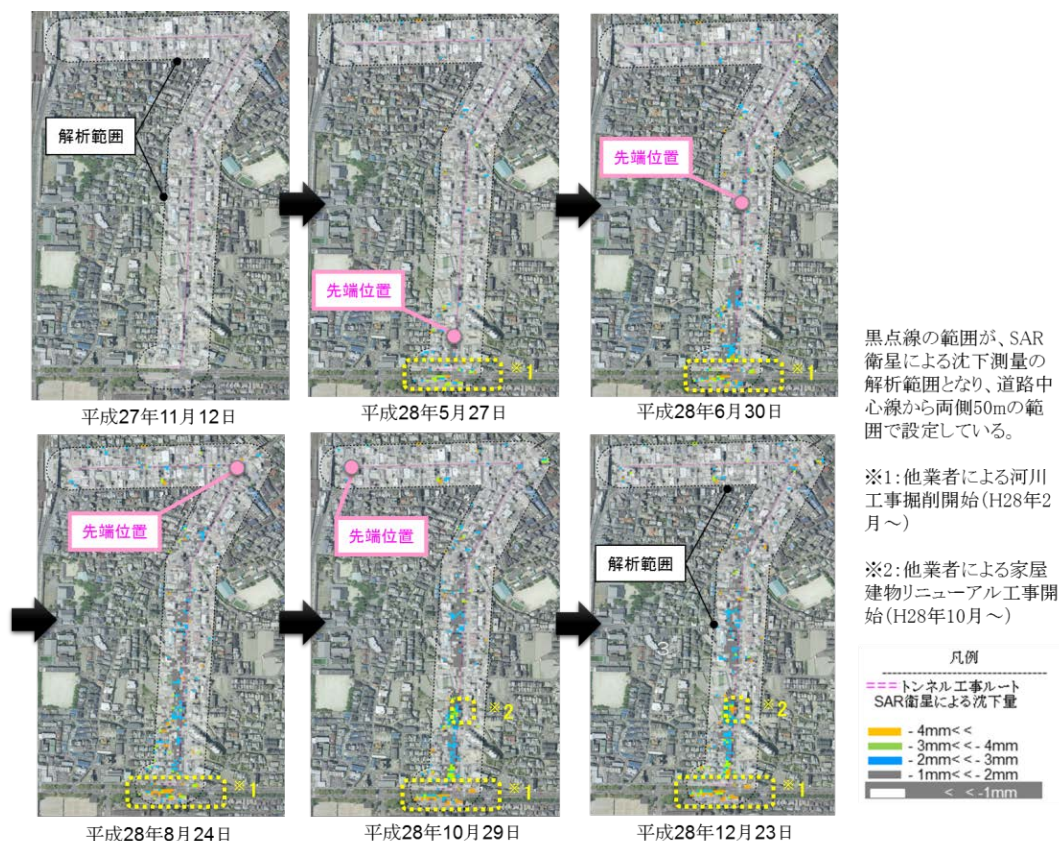


図-6 シールド掘進に伴う SAR 衛星による沈下計測結果