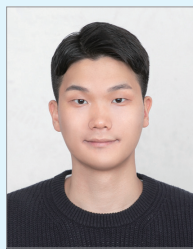


# 다중시기 Sentinel-1 위성영상을 활용한 수자원시설물 시계열 변위 관측



**전우현**

(주)에스이랩 연구원  
whjeon@selab.co.kr



**이종혁**

(주)에스이랩 이사  
yi@selab.co.kr

## 1. 머리말

댐 등 수자원시설물에 대한 시계열 변위 분석은 인공구조물의 노후화에 따른 정밀안전 모니터링을 위하여 필수적이다. 최근, SAR(Synthetic Aperture Radar) 위성영상을 활용한 수자원시설물 안정성 분석 연구가 이루어지고 있다(D'Aranno et al., 2016).

특히, PSInSAR(Persistent Scatterer Interferometric SAR) 기법은 mm급의 측정민감도를 통해 시계열 변위 분석을 수행할 수 있어 구조물 안전진단에서의 활용도가 증대되고 있다(Zhou et al., 2016). 본 기고에서는 PSInSAR 기법에 대해 소개하고, 이라크 모술댐 인근 지역을 촬영한 Sentinel-1 위성영상을 활용하여 시계열 댐 변위 관측을 수행하고자 한다.

Table 1. Sentinel-1 characteristics

Acquisition Mode	Swath width (km)	Incidence angle (°)	Resolution (range × azimuth, m)
Stripmap	80	18.3-46.8	5 × 5
Interferometric Wide Swath	250	29.1-46.0	5 × 20
Extra Wide Swath	400	18.9-47.0	20 × 40
Wave	20	21.6-25.1 34.8-38.0	5 × 5

## 2. Sentinel-1 위성

유럽우주청(European Space Agency, ESA)에서는 전지구 관측 목적의 코페르니쿠스(Copernicus) 프로그램 운영을 통해 Sentinel 위성 시리즈를 개발·운영 중에 있다. 특히, Sentinel-1 위성은 C밴드의 레이더 센서를 탑재하였으며, 12일의 재방문주기(revisit cycle)를 가지는 A, B 두 기의 위성이 동일 궤도에서 공전한다. 표 1은 Sentinel-1 위성 특징이다.

## 3. 수자원시설물 변위 탐지 방법

복소수 형태의 SAR 위성영상에 대하여 두 영상 간에 위상차를 통해 변위를 탐지하는 기법을 DInSAR(Differential Interferometric SAR)라 한다. 특히, 다중시기 SAR 위성영상을 활용할 경우, 위상

정보에 포함된 대기 영향 등의 오차 성분을 효과적으로 제거할 수 있어 정밀한 변위를 측정할 수 있다(Xue et al., 2020). 대표적인 시계열 변위 관측 기법은 Ferretti et al. (2001)에 의해 제안된 PSInSAR 기법으로, 안정적인 신호를 제공하는 고정산란체(Persistent Scatterer, PS)에 대한 시계열 변위정보를 제공한다. 그림 1은 DInSAR 기법의 모식도이다.

한편, PSInSAR 기법을 통해 획득한 변위정보는 LOS(Line Of Sight) 방향을 나타내며, 다중궤도의 위성영상에서 획득된 정보를 조합하면 수평 및 수직 방향의 성분으로 성분 분해를 수행할 수 있다. 특히, Sentinel-1 위성의 경우, A, B 두 기를 통해 상향(Ascending) 및 하향(Descending) 궤도에서의 변위 관측 결과를 획득하여 수평 및 수직 방향의 변위 성분을 산출할 수 있다. 그림 2는 LOS 방향의 성분 분해 모식도이다.

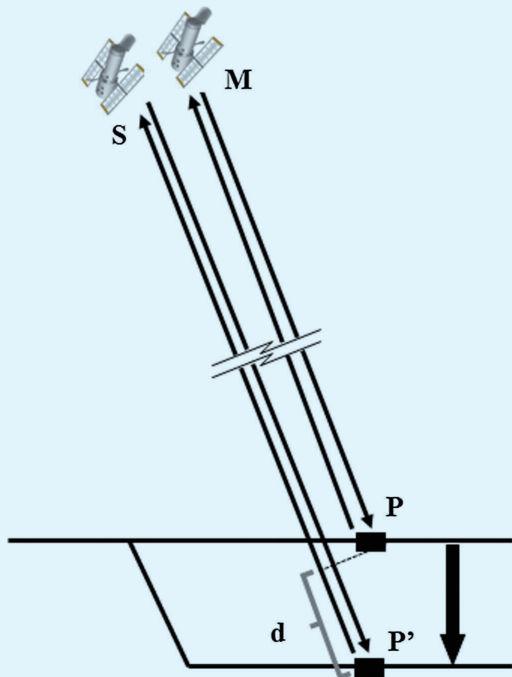


Fig. 1. Scheme of the DInSAR technique(Crosetto et al. 2016)

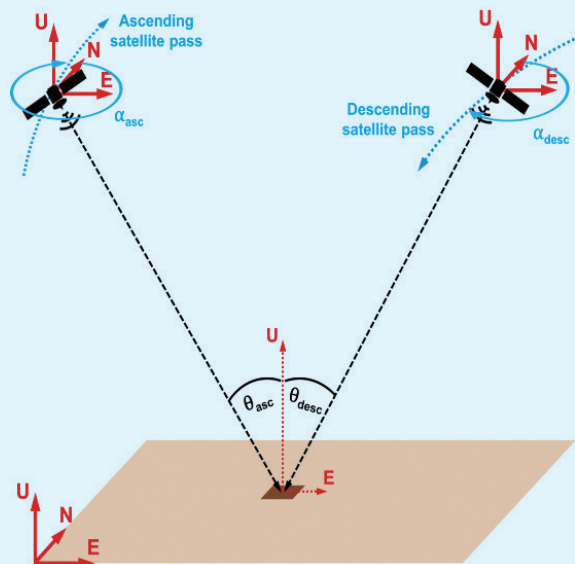


Fig. 2. Scheme of SAR viewing geometry for LOS measurements on ascending and descending pass(Fuhrmann and Garthwaite, 2019)

본 기고에서는 SARMAP社의 SARscape SW를 활용하여 시계열 댐 변위 분석을 수행하였으며, 2018년부터 2020년까지 이라크 모술댐 인근 지역을 촬영한 92장의 Sentinel-1A 및 88장의 Sentinel-1B 위성영상에 대해 PSInSAR 기법을 적용하였다. 산출된 변위정보는 관측기간 내 변위속도 및 각 고정산란체에 대한 시계열 변위량이다. 그림 3은 Sentinel-1 위성영상을 통해 획득한 이라크 모술댐 인근 지역의 변위속도 결과로, 수평 및 수직방향의 최대 변위속도는 각각 3mm/year와 7mm/year에 이르는 것을 확인할 수 있다.

더불어, 그림 4는 이라크 모술댐 내 임의의 지점(위도 36.630° 경도 42.825°)에 대하여 관측기간 내 변위량을 나타낸 그래프로, 관측기간에 걸쳐 지속적인 변위가 발생한 것을 확인할 수 있다.

#### 4. 맺음말

본 기고에서는 SAR 위성영상을 활용한 시계열 변위 관측 기법을 소개하고, 다중시기 Sentinel-1 위성영상을 활용하여 이라크 모술댐에 대한 적용사례를 제시하였다. 우리 정부는 수재해 대응 및 수자원 관리를 위하여 C밴드 레이더 센서를 탑재한 SAR 위성인 차세대중형위성 5호 개발을 추진 중에 있다. 본 기고에서 소개한 기법은 향후 차세대중형위성 5호에서 생산된 위성정보에 적용 가능하며, 이에, 국내 수자원시설물에 대한 정밀안전모니터링에 널리 활용될 것으로 기대한다.

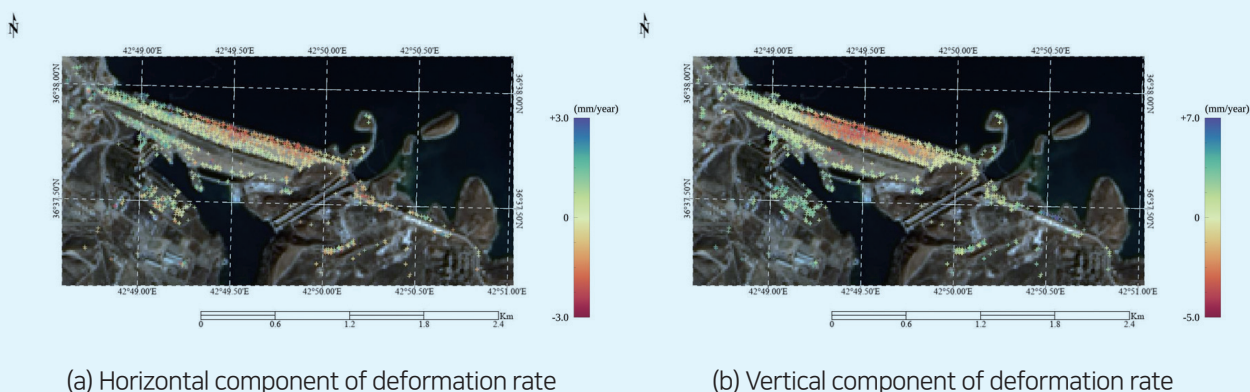


Fig. 3. Deformation velocity map using Sentinel-1 images on Mosul dam, Iraq

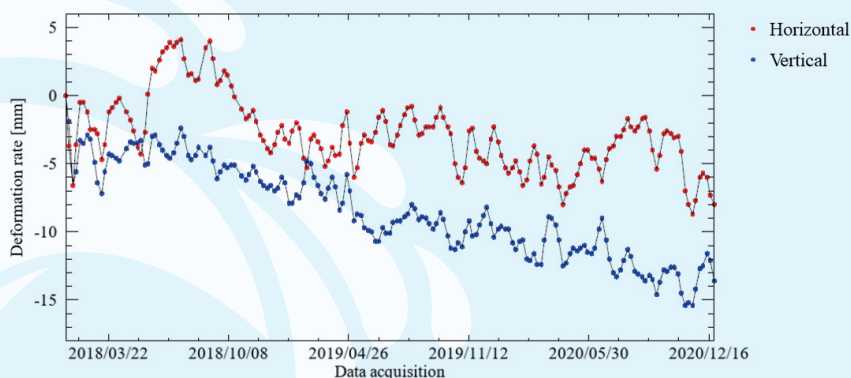


Fig. 4. Time series deformation at PS located on latitude 36.630° and longitude 42.825°

참고문헌

- Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-Geonzález, M., Devanathéry, N., and Crippa, B. (2016). Persistent scatterer interferometry: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, 78-89.
- D'Aranno, P. J., Di Benedetto, A., Fiani, M., Marsella, M., Moriero, I., and Palenzuela Baena, J. A. (2021). An application of persistent scatterer interferometry(PSI) technique for infrastructure monitoring. *Remote Sensing*, 13(6), 1052-1074.
- Ferretti, A., Prati, C., and Rocca, F. (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(1), 8-20.
- Fuhrmann, T., and Garthwaite, M. C. (2019). Resolving three-dimensional surface motion with InSAR: Constraints from multi-geometry data fusion. *Remote Sensing*, 11(3), 241-261.
- Xue, F., Lv, X., Dou, F., and Yun, Y. (2020). A review of time-series interferometric SAR techniques: A tutorial for surface deformation analysis. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 8(1), 22-42.
- Zhou, W., Li, S., Zhou, Z., and Chang, X. (2016). Remote sensing of deformation of a high concrete-faced rockfill dam using InSAR: A study of the Shuibuya dam, China. *Remote Sensing*, 8(3), 255-269.