

## 중력자료, 위성에 의한 높이 측정 자료, GNSS자료로부터 추출한 한반도 및 주변 지역의 수직 운동

임무택<sup>1)\*</sup>, 박영수<sup>2)</sup>, 임형래<sup>1)</sup>, 구성본<sup>1)</sup>, 곽병욱<sup>3)</sup>

### Vertical movement of Korean Peninsula and adjacent areas derived from gravity data, satellite altimetry data and GNSS data

Mutaek LIM<sup>1)\*</sup>, Yeongsue PARK<sup>2)</sup>, Hyoungrae RIM<sup>1)</sup>, Sungbon KOO<sup>1)</sup>, and  
Byungwook KWAK<sup>3)</sup>

**요약** : 어떤 넓은 지역의 솟아오름 또는 내려앉음은 중력값의 변화, 지오이드의 변화, 측정점들의 높이의 변화 등으로부터 추출할 수 있다. 지난 십 여 년 동안, 1) 대전의 한 측정점에서 측정한 절대중력값이 작아졌고, 2) 인공위성에 의한 높이측정 자료로부터 추출한 황해 지역의 지오이드의 높이가 늘어났으며, 3) GNSS측정자료로부터 추출한 한반도 남부의 육지 지역의 높이가 늘어났다. 이 세 가지를 종합해 보면, 한반도 및 황해를 포함하는 넓은 지역은 2 mm/yr 정도의 속도로 솟아오르고 있다고 해석할 수 있다.

**주요어** : 수직운동, 중력자료, 높이측정자료, GNSS자료

**Abstract** : An uplift or a subsidence of a wide area can be derived from change of gravity value, change of geoid, change of heights at measurement points etc. In the past decade, 1) the absolute gravity value acquired at a point in Daejeon decreased, 2) the geoid height on the Yellow Sea Area derived from satellite altimetry data increased, 3) the height of the southern part of Korean Peninsula increased. By synthesizing these, we can interpret that the wide area including the

1) 한국지질자원연구원 광물자원연구본부, \*limmt@kigam.re.kr

2) 한국지질자원연구원 국토지질연구본부

3) 충남대학교 지구환경과학부

southern part of Korean Peninsula and the Yellow Sea is uplifting with the velocity of about 2 mm/yr.

**Keywords** : vertical movement, gravity data, satellite altimetry data, GNSS data

## 1. 서론

어떤 넓은 지역이 솟아오르고 있는가 또는 내려앉고 있는가는 여러 가지 방법으로 알 수 있다.

같은 측점에서 중력값을 계속 측정하는데, 그 값이 점점 작아진다면 그 측점이 지구 중심으로부터 점점 멀어진다는 것 즉, 그 측점을 포함하는 지역이 솟아오르고 있다는 것을 뜻한다. 또, 어떤 지역의 지오이드면이 점점 오른다는 것은 지표면의 다른 부분보다 해당하는 지역이 솟아오르고 있다는 것을 뜻한다. 직접적인 방법으로는 어떤 측점의 높이를 계속 측정하는데, 그 높이가 점점 높아진다면 그 측점을 포함하는 지역이 솟아오르고 있다는 것을 뜻한다.

위 세 가지와 관련한 결과를 각각 한국표준과학연구원, 독일 쾰른 대학교, 인하대학교 연구팀이 얻었는데, 위와 같은 서로 다른 세 종류의 자료를 종합 해석함으로써, 한반도 남부와 주변 지역의 수직 운동을 추출하고자 한다.

## 2. 자료

### 1) 절대중력자료

한국표준과학연구원은 연구원 내의 같은 측점에서, 1996년에는 중국계량연구원(NIM)과 공동으로 한 번의 중력 절대측정을 했는데(조진동 등, 2003) 그 값은  $g = (979\ 829\ 609 \pm 6) \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$  이었고, 2008년에는 연구원 단독으로 또 한 번의 중력 절대측정을 했는데(Choi et al., 2009) 그 값은  $g = (979\ 829\ 587.3 \pm 3.1) \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$  이었다. 이것은 중력값이 12년 동안  $21.7 \mu \text{ Gal}$ 만큼 작아졌다는 것을 뜻한다. 중력값은 지구 중심으로부터 멀어질수록 작아지므로, 이 차이는 그 동안에 그 측점이 지구중심으로부터 멀어졌음을 뜻하고, 주위의 지형변화는 없었으므로 그 측점을 포함하는 주변 지역이 전체적으로 솟아올랐음을 뜻한다. 이것은 프리에어 보정에 해당하고, 위도 북위  $36^\circ$  에서의 프리에어 보정 계수는 박영수 등(2006)에 의하면  $0.30862 \text{ mGal/m} = 0.30862 \mu$

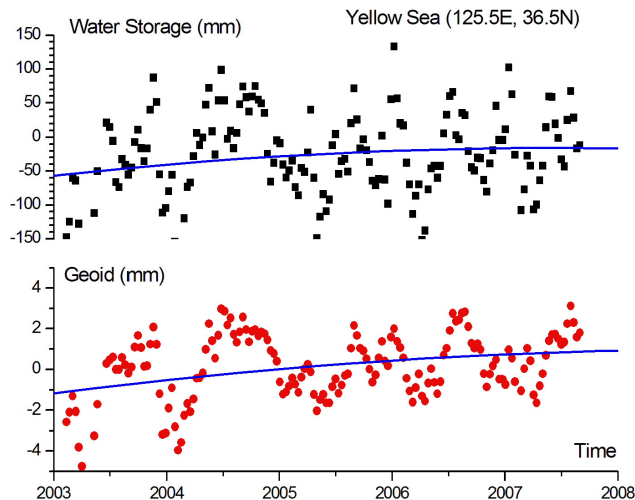
Gal/mm이므로,  $21.7 \mu\text{Gal}$ 의 작아짐은  $70.3 \text{ mm}$ 의 솟아오름에 해당하고,  $5.9 \text{ mm/yr}$ 의 솟아오름 속도에 해당한다.

## 2) 지오이드자료

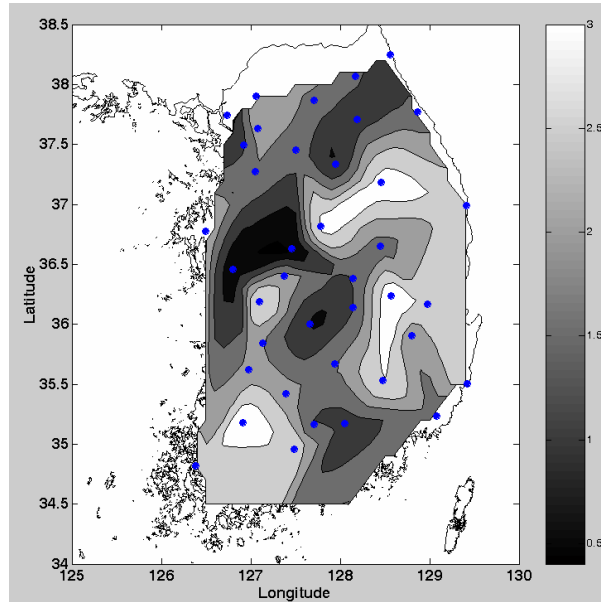
Choi et al.(2007)는 GRACE 위성에서 측정한 중력자료와 지상중력자료 그리고 위성높이자료로부터 황해의 지오이드의 변화를 추출하였는데(Fig. 1), 동경  $125^\circ 30'$ , 북위  $36^\circ 30'$ 을 기준으로 할 때,  $0.5 \text{ mm/yr}$ 의 속도로 지오이드가 솟아오르고 있음을 보이고 있다.

## 3) GNSS자료

박관동(2007)은 2000년부터 2007년까지 약 7년 동안 한반도 남부의 48개 GNSS상시관측소에서 측정된 GNSS자료로부터 관측소들의 높이가 평균  $2 \text{ mm/yr}$ 의 속도로 솟아오르고 있음을 보였다(Fig. 2).



**Fig. 1.** Geoid change on Yellow Sea Area derived from GRACE satellite gravity data, surface gravity data and altimetry data(after Choi et al.(2007)).



**Fig. 2.** Heights change on southern part of Korean Peninsula derived from GNSS data(after Park(2007)).

### 3. 토 의

앞에서 본 바와 같이, 대전의 한 점에서 측정한 절대중력자료는 그 측점이 1996년 ~ 2008년 동안에 5.9 mm/yr의 속도로 솟아오름을 보이고 있고, 황해에 대하여 GRACE 위성에서 측정한 중력자료와 지상중력자료 그리고 위성높이자료로부터 추출한 지오이드는 동경 125° 30', 북위 36° 30'을 기준으로 할 때, 2003년 ~ 2007년 동안에 0.5 mm/yr의 속도로 솟아오름을 보이고 있으며, 한반도 남부의 48 개 GNSS상시관측소에서 측정된 GNSS자료로부터 추출한 관측소들의 높이는 2000년 ~ 2007년 동안에 2 mm/yr의 속도로 솟아오르고 있음을 보이고 있다.

서로 다른 세 가지 방법으로부터 얻어진 결과를 종합하면, 적어도 한반도 및 주변 지역이 솟아오르고 있는 것만은 사실인 것으로 보인다. 그러나, 첫째 자료는 한국 남부의 중심부 근처의 점 자료라는 한계를, 둘째 자료는 황해에만 해당하는 자료라는 한계를, 셋째 자료는 한반도 남부의 육지에만 해당한다는 한계를 각각 안고

있다. 그럼에도 불구하고, 세 가지 자료로부터 얻은 결과가 같은 방향을 가리키고 있다는 것은 매우 긍정적인 것이고, 이때까지 우리나라에서는 지괴의 운동에 대해서 일년에 몇 mm 또는 몇 cm라는 정도의 정량적인 자료를 별로 얻어본 적이 없다는 점에 비추어 보면 매우 고무적인 것이다.

앞으로, 국토지리정보원도 자체적으로 우리나라의 여러 측점에 대해서 중력절대측정을 계획하고 있으므로(개인적인 통신) 그러한 자료로부터 한 점만의 자료가 아닌 지역에 대한 수직 운동을 추출할 수 있을 것이다. 그리고, 동해와 남해에 대해서도 인공위성에서 측정한 자료로부터 지오이드의 변화를 추출할 수 있을 것이다. 또한, GNSS상시관측소자료의 숫자도 더 많아질 것이고 측정자료의 질도 전반적으로 좋아질 것으로 예상할 수 있다. 위와 같은 더 많은 자료들을 얻어서 종합적으로 해석하면 한반도 및 주변 지역의 수직 운동의 양과 속도를 더 정확히 추출할 수 있게 될 것이다.

#### 4. 결 론

한반도 또는 황해에서 얻은 중력절대측정자료, GRACE 위성의 중력자료 및 높이 측정자료, GNSS측정자료로부터 한반도 및 주변 지역이 2 mm/yr 정도의 속도로 솟아오르고 있음을 알 수 있다.

앞으로, 더 많은 측점에서의 중력절대측정자료, 남해와 동해의 지오이드 변화 자료, 지속적인 GNSS자료를 얻게 되면 한반도 및 주변 지역의 수직 운동의 양과 속도를 더 정확히 추출할 수 있을 것이다.

#### 5. 참고문헌

- 박관동, 2007, 7년간의 GPS 상시관측소 데이터에서 유추한 한반도 수직방향 지각변위, 한국GNSS기술협의회 제14차 GNSS 워크샵, D-III 정밀 GNSS 세션 발표문서.
- 박영수, 임무택, 임형래, 2006, 중력 보정과 중력 이상에 대한 이해, 물리탐사, 9권, 2호, 171 ~ 175.
- 조진동, 김경수, 안기덕, 우삼용, 2003, 한반도 지역에서의 절대 중력 관측, 자원환경지질, 36권, 5호, 387 ~ 389.
- 최광선, 옥수석, 원지훈, 2001, 우리나라 육상 중력기점 전이, 지구물리, 4권, 2호, 121 ~ 131.

- Choi, I. M., Kim, M. S. and Woo, S. Y., 2009, Absolute Gravity Measurement at KRISS, Jour. of Kor. Physical Soc. (in press).
- Choi, S. C., Goetze, H. J., Luehr, H., 2007, How we can use the GRACE and CHAMP Sat. Derived Data to interpret geophysical situation of the NE Asia, presented at seminar in KIGAM(Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources), 29th Oct. 2007.