

GPS를 이용한 한반도 지각변동 파라미터 계산

Crustal Deformation Parameter Analysis from Permanent GPS Stations in the Korean Peninsula

조재명¹⁾, 윤홍식²⁾

Cho, Jae Myoung · Yun, Hong Sic

¹⁾성균관대학교 공과대학 BK21 Post-Doc. (E-mail:jmcho@geo.skku.ac.kr)

²⁾성균관대학교 공과대학 사회환경시스템공학과 부교수 (E-mail:yhs@geo.skku.ac.kr)

Abstract

In this paper, GPS data for the period from January 2002 to June 2004 (910 days) were analyzed to quantitatively investigate the plate deformation patterns and distributions in the Korean peninsula. The GPS network is composed of 45 permanent GPS stations. The daily data were analyzed using the GAMIT/GLOBK software and the precise orbits generated by the International GNSS Service (IGS). The research result make it possible to understand the tendency of crustal movement in and around the Korean peninsula, which have an effect on the occurrence of earthquake.

1. 서론

1960년대 이후, 우주측지기술의 발전으로 인한 GPS(Global Positioning System), VLBI(Very Long Baseline Interferometry) 및 SLR(Satellite Laser Ranging) 등과 같은 고정밀 위치결정 시스템의 등장은 지각변동 연구의 획기적인 발전계기를 마련하였다. VLBI나 SLR 등은 지각의 움직임을 관측하기에 적합한 고정밀도의 범지구적 위치결정 능력을 가지고 있지만 고비용으로 인하여 지각변동을 모니터링하기 위한 고밀도의 관측망을 구축하는 것이 어려웠다. 그러나 GPS는 상대적인 저비용과 이동성 및 정밀성 등의 장점으로 인하여 지각변동 연구를 위한 활용뿐만 아니라 일반 측량에서도 그 활용이 급속히 증가하고 있다.

우리나라에 설치되어 있는 GPS 상시관측소는 2007년 현재 80여 개이며, 주로 DGPS 측위에 있어서 기준국으로써 사용하기 위하여 설치되었다. 현재 설치된 80여 개 GPS 상시관측소의 분포 형태를 분석하면 대부분 30~50km 간격으로 설치가 되어 있으며, 이는 DGPS 측위에 있어서 충분한 정밀도를 획득할 수 있는 분포 밀도일 뿐만 아니라 지각변동을 모니터링하기 위한 관측망으로서 매우 양호한 분포 조건이다. 즉, GPS 상시관측소의 분포 밀도가 높기 때문에 GPS 상시관측소 데이터만을 이용하여 지역적 지각변동량과 전 지구적 지각변동량을 동시에 해석할 수 있다. 본 연구에서는 한반도 및 한반도 주변에 위치한 GPS 상시관측소의 장기간 관측 데이터를 처리하여 한반도의 지각변동량과 탄성변형률을 계산함으로써 한반도 지각변동의 특성을 분석하기 위한 지각변동 파라미터를 결정하였다.

2. 한반도 지각변동량

2.1 GPS 데이터 및 기선해석

한반도 및 한반도 주변 지역의 지각변동량 계산을 위해서 본 연구에서는 동아시아 지역에 위치한

IGS 상시관측소와 국내 GPS 상시관측소를 연결하는 기선망을 구성하였다(그림 1, 2). 한반도 주변 GPS 상시관측소는 IGS에 등록된 관측소(5개)를 사용하였으며, 국내 GPS 상시관측소는 국토지리정보원(13개), 행정자치부(25개), 천문연구원(1개)에서 각각 설치한 상시관측소를 사용하여 총 45개 GPS 상시관측소의 데이터를 사용하였다. GPS 상시관측소 데이터는 2002년 1월 1일(2000.000)~2004년 6월 30일(2004.490)에 수신된 데이터를 사용하였으며, GAMIT/GLOBK를 이용한 기준점 비 고정 해석 후 전 지구 결합 조정 방법으로 시계열 분석을 실시하였다.

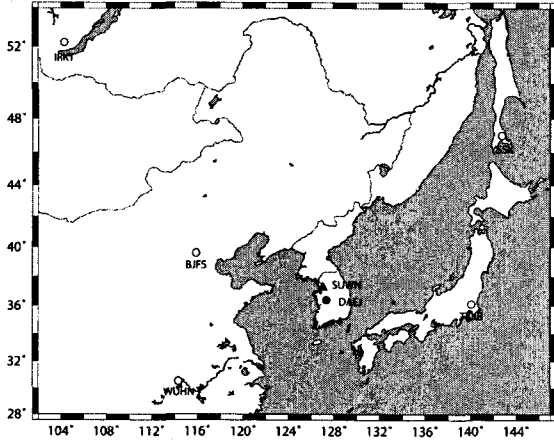
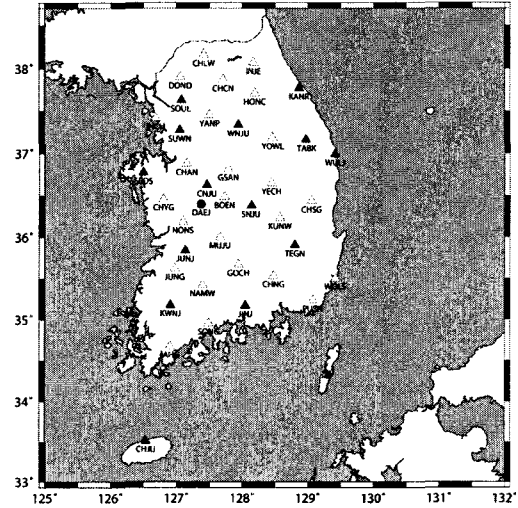


그림 1. 처리대상 한반도 주변 IGS 상시관측소



▲ : 국토지리정보원, △ : 행정자치부, ● : 천문연구원
그림 2. 처리대상 국내 GPS 상시관측소

2.2 지각변동량

본 연구결과에서 결정된 한반도 및 한반도 주변 지역의 지각변동량은 그림 3에서 보는 바와 같다. 유라시아판에 속한 GPS 상시관측소들은 평균 방위각 112.8°의 방향으로(WNW-ESE) 거동하고 있으며, 환태평양 지진대에 속하는 TSKB 점은 방위각 219.9°의 방향으로(NE-WS) 거동하고 있어 유라시아판과 태평양판이 서로 부딪혀 태평양판이 침강하는 메커니즘을 나타내고 있다. 한반도내 GPS 상시관측소의 지각변동 속도의 크기는 그림 4에서 보는 바와 같이 평균 29.06mm/yr(± 1.47 mm/yr)이며, 지각변동의 방향은 방위각 119.94°($\pm 3.13^\circ$)로써 그 편차가 매우 작은 것으로 나타났다.

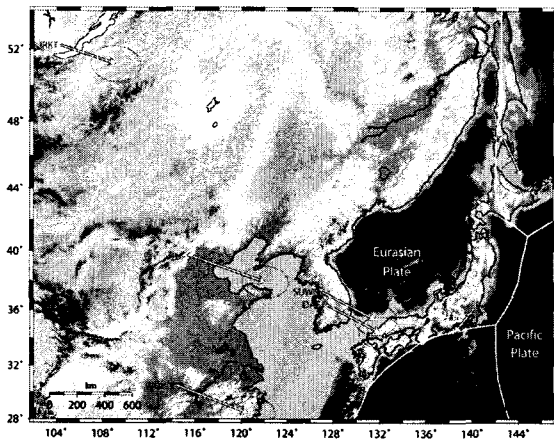


그림 3. 한반도 주변 GPS 상시관측소의 지각변동 속도 (오차타원 : 95% 신뢰도)

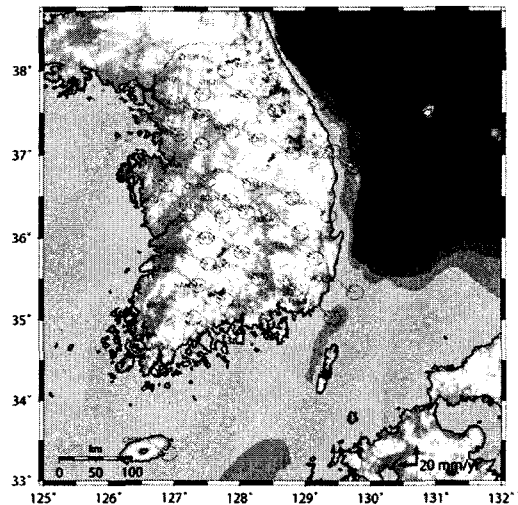


그림 4. 한반도 GPS 상시관측소의 지각변동 속도 (오차타원 : 95% 신뢰도)

3. 지각변동 파라미터

지각들의 상대적인 변동량의 차이는 지각의 경계부를 중심으로 주로 나타나게 되는데 판의 경계나 단층을 중심으로 하는 지각들의 상대적인 변동량의 차이나 이로 인한 지각들의 탄성변형률을 분석하면 지각변동에 의한 지진발생의 상관관계를 정량적으로 평가할 수 있다. 본 연구에서는 연구결과 계산된 한반도 및 한반도 주변 지각변동량으로부터 상대적인 지각변동 속도의 차이로 인한 GPS 기선장의 변화율을 계산하고 이로부터 지각변동 파라미터인 주변형률, 주변형률의 방향, 최대전단변형률 및 면적변화율을 계산하였다.

3.1 한반도 주변지역 지각변동 파라미터

그림 5에서 보는 바와 같이 한반도를 포함한 유라시아판 지역의 주변형률 크기 및 방향은 평균 $\epsilon_1=(2.39\pm 1.35)\times 10^{-9}/yr$, $\epsilon_2=(-1.20\pm 0.19)\times 10^{-8}/yr$, $\theta_p=(68.37\pm 3.92)^\circ$ 이며, 최대전단변형률의 크기 및 방향은 평균 $\gamma_{max}=(1.45\pm 0.30)\times 10^{-8}/yr$, $\theta_{\gamma_{max}}=(23.37\pm 3.92)^\circ$ 로써 서로 큰 차이를 보이지 않고 있으나 일본열도와 연결된 기선망은 그 크기와 방향에 있어서 다른 기선망과 매우 큰 차이를 보이고 있다. 이는 유라시아판과 일본열도 사이 지역에서 지각들의 상대적인 변동량의 차이가 다른 지역보다 크게 발생하는 것을 나타낸다. 지각의 상대적인 변동량의 차이가 큰 지역에서는 이로 인하여 응력의 집중이 발생하게 된다(Choi, 1997).

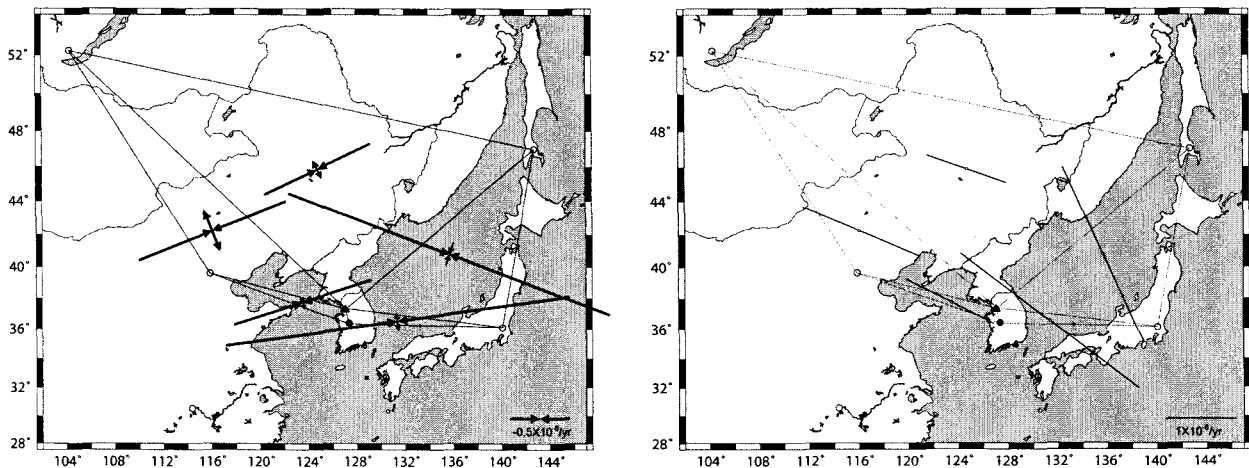


그림 5. 한반도 주변 지역의 주변형률 크기(좌측), 방향 및 최대전단변형률 크기, 방향(우측)

3.2 한반도 지역 지각변동 파라미터

그림 6에서 보는 바와 같이 한반도 내의 기선망에 대한 주변형률의 크기 및 방향은 평균 $\epsilon_1=(0.50\pm 1.68)\times 10^{-8}/yr$, $\epsilon_2=(-2.21\pm 1.37)\times 10^{-8}/yr$, $\theta_p=(68.5\pm 46.7)^\circ$ 이며, 최대전단변형률의 크기 및 방향은 평균 $\gamma_{max}=(-1.71\pm 2.59)\times 10^{-8}/yr$, $\theta_{\gamma_{max}}=(46.0\pm 44.6)^\circ$ 로써 크기와 방향에 있어서 매우 복잡한 양상을 나타내고 있다. 그러나 일부 기선망을 제외한 인접한 기선망 사이의 탄성변형률 성분의 크기 및 방향에 있어서는 상대적으로 큰 차이를 보이고 있지 않기 때문에 탄성변형률 성분의 급격한 변화에 따른 응력집중 현상은 일부 기선망 지역에서만 발생하는 것으로 판단된다.

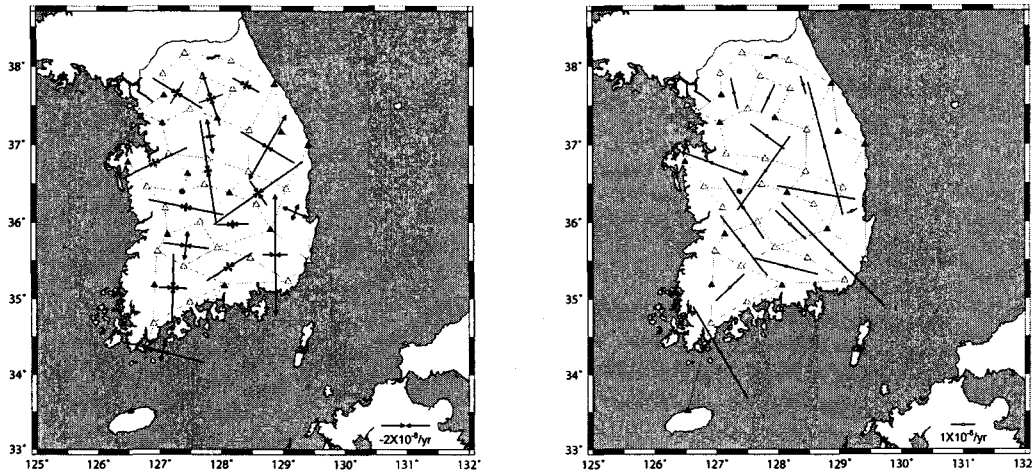


그림 6. 한반도 지역의 주변형률 크기, 방향(좌측) 및 최대전단변형률 크기, 방향(우측)

4. 결론

본 연구에서는 한반도 지각변동 파라미터 결정을 위해서 국내 GPS 상시관측소 40점과 IGS 상시관측소 5점에 대한 30개월(2002.1.1~2004.6.30)간의 일별 기선해석을 실시하여 지각변동량을 계산하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 한반도를 포함한 유라시아판 지역의 주변형률 크기 및 방향은 서로 큰 차이를 보이지 않고 있으나 일본열도와 연결된 기선망은 그 크기와 방향에 있어서 다른 기선망과 매우 큰 차이를 보이고 있다. 이는 유라시아판과 일본열도 사이 지역에서 지각들의 상대적인 변동량의 차이가 다른 지역보다 크게 발생하는 것을 나타내는 것으로써 태평양판이 유라시아판 밑으로 침강하는 지각변동 메커니즘에 의한 현상을 잘 나타내고 있다.

둘째, 한반도 지역의 탄성변형률은 매우 복잡한 양상을 나타내고 있으나 일부 지역을 제외하고는 그 크기 및 방향에 있어서 상대적으로 큰 차이를 보이고 있지 않기 때문에 탄성변형률 성분의 급격한 변화에 따른 응력집중 현상은 일부 기선망 지역에서만 발생하는 것으로 판단된다.

셋째, 단층대 지역의 탄성변형률에서는 특히, 양산단층이 위치하는 지역에서 남북방향의 인장 변형률 및 최대전단변형률이 크게 발생하고 있어 양산단층대를 중심으로 하는 지각들의 상대적인 변동량의 차이가 매우 크며, 이로 인한 단층에서의 응력집중 현상과 지진발생 가능성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

참고문헌

- 윤홍식 (2000), 지각변동 파라미터의 정밀계산을 위한 2차원 필터링 기법의 적용, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제18권, 제1호, pp. 75-83.
- Chen, X. (1997), Continuous GPS Monitoring of Crustal Deformation with the Western Canada Deformation Array : 1992-1995, University of New Brunswick, Canada.
- Choi, J. H. and H. Sato (1997), Horizontal Strain of the Crust in Korea inferred from Geodetic Data, Journal of Geodetic Society of Japan, Vol. 43, No. 3, pp. 159-180.
- Duong, C. C., Yun, H. S., Cho, J. M. and Lee, D. H. (2005), First Results of GPS Measurements Along the Lai Chau-Dien Bien Fault in North-West Vietnam, Korean Journal of Geomatics (in English), Vol. 5, No. 1, pp. 51-58.
- King, R. W., and Bock, Y. (2003) Documentation for the GAMIT GPS Analysis software, release 10.1, MIT, Cambridge.