

## 한국의 고정밀 합성지오이드 모델 개발

### Development of High-Precision Hybrid Geoid Model in Korea

이동하<sup>1)</sup> · 윤홍식<sup>2)</sup>

Lee, Dong Ha · Yun, Hong Sik

<sup>1)</sup> 정회원 · 성균관대학교 공과대학 겸임교수(E-mail:dhlee@geo.skku.ac.kr)

<sup>2)</sup> 정회원 · 성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수(E-mail:yoonhs@skku.edu)

#### Abstract

The hybrid geoid model should be determined by fitting the gravimetric geoid to the geometric geoid which were presented the local vertical level. Therefore, it is necessary to find firstly the optimal scheme for improving the accuracy of gravimetric geoid in order to development the high-precision hybrid geoid model. Through finding the optimal scheme for determining the each part of gravimetric geoid, the most accurate gravimetric geoid model in Korea will be developed when the EIGEN-CG03C model to degree 360, 4-band spherical FFT and RTM reduction methods were used for determining the long, middle and short-frequency part of gravimetric geoid respectively. Finally, we developed the hybrid geoid model around Korea by correcting to gravimetric geoid with the correction term. The correction term is modelled using the difference between GPS/Levelling derived geoidal heights and gravimetric geoidal heights. The stochastic model used in the calculation of correction term is the LSC technique based on second-order Markov covariance function. 503 GPS/Levelling data were used to model the correction term. The degree of LSC fitting to the final hybrid geoid model in Korea was evaluated as 0.001m  $\pm$ 0.054m.

▶ Key words : Gravimetric geoid model, Hybrid geoid model, Local vertical datum, LSC fitting

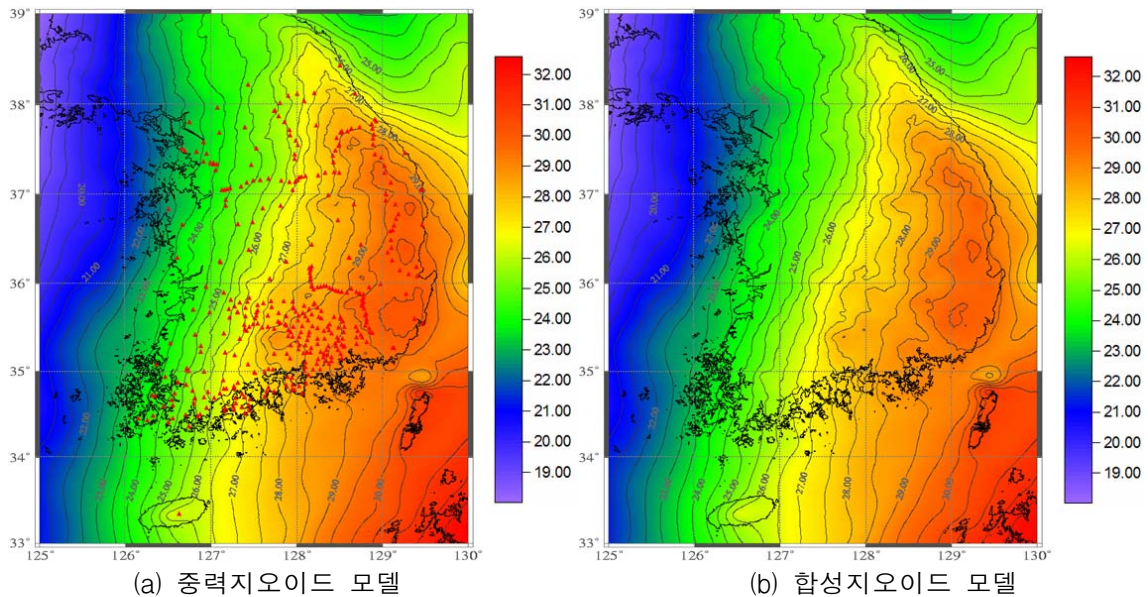
## 1. 서론

본 논문에서는 중력지오이드의 파장별 성분의 정확한 결정과 보정을 통하여, 한국의 정확한 수직기준으로 사용이 가능한 고정밀의 합성지오이드 모델을 개발하기 위한 최적의 방안을 제시하고자 하였다. 합성지오이드 모델은 중력지오이드 모델과 지역적 수직기준을 대변하는 기하학적 지오이드고와의 합성에 의하여 결정되므로, 이를 위해 중력지오이드 모델의 개발 시 정확도를 향상시킬 수 있는 다양한 방안에 대하여 연구를 수행하고 그 결과를 분석하였다. 그 후 산출된 중력지오이드에 총 503개의 GPS/Levelling 자료를 이용한 LSC 적합(윤홍식 등, 2005)을 수행하여 최종적으로 한국의 수직기준에 적합한 합성지오이드를 결정하고 그 적합도(degree of LSC fitting)를 분석하였다. 최종적으로는 결정된 합성지오이드 모델의 적합도를 기초로 위치결정을 필요로 하는 다양한 관련 분야에서의 합성지오이드 모델의 활용성을 분석하였으며, 향후 한국의 지오이드 모델의 개발 시 정확도를 보다 향상시킬 수 있는 추가적인 고려사항 및 연구방안에 대해서도 토의하였다.

## 2. 연구의 방법 및 내용

일반적으로 정밀한 중력지오이드 모델은 지구중력장모델의 해석에 의하여 구해지는 지오이드의 장과장 효과, 지구중력장모델과 실제 중력측정치간의 중력이상의 해석에 의한 장과장 효과 및 지형에 의하여 구해지는 단과장 효과를 정확하게 결정하고 이를 합성하는 것에 의하여 결정된다(윤홍식 등, 2005). 각 과장별 성분의 최적합한 결정과정을 분석한 결과, 한국 일원에 대하여 최대차수 360으로 해석된 EIGEN-CG03C 모델을 기준면으로, 4-밴드 구면 FFT 방법(Yun, 1999) 및 RTM 환산방법(Forsberg, 1984)을 적용하여 지오이드 장과장 및 단과장 성분을 각각 해석하는 방법이 가장 적합한 것으로 결정되었다. 상기의 최적합한 방안을 통하여 개발된 중력지오이드 모델은 한국 일원에 대해 위도  $0.0125^\circ$  및 경도  $0.01667^\circ$  (약  $1.4\text{km} \times 1.5\text{km}$ )의 격자간격을 갖도록 하였으며, 모델의 정확도는 약  $-1.63\text{m} \pm 0.123\text{m}$ 로 결정되었다.

그 후 전 지구적인 수직기준을 가지는 중력지오이드 모델을 한국의 지역적인 수직기준으로 적합시키기 위하여, 개발된 중력지오이드 모델에 총 503개의 GPS/Levelling 자료를 이용하여 LSC 방법(Heiskanen 등, 1967 ; Tscherning, 1994)에 의한 수직기준의 적합을 수행하였다. 이를 통해 중력지오이드 모델의 장과장 영역에서 발생하는 다양한 계통적 오차(지역적 지구중력장모델의 오차, 수직기준과의 편위 등)를 제거한 합성지오이드 모델을 개발하였으며(Kuroishi, 2002), 최종적인 한국 일원의 합성지오이드 모델의 적합도는 약  $0.001\text{m} \pm 0.054\text{m}$ 로 계산되었다.



[그림 1] 개발된 지오이드 모델(해상도: 1.5km, ▲: GPS/Levelling 데이터)

## 3. 결론

본 논문에서는 중력지오이드의 과장별 성분의 정확한 결정과 우리나라 지역적 수직기준과의 편차 보정을 통해, 한국의 수직기준과  $\pm 5\text{cm}$ 로 적합되는 고정밀의 합성지오이드 모델을 개발하였다. 개발된 합성지오이드 모델의 적합도를 기초로 위치결정을 필요로 하는 다양한 관련 분야에서의 합성지오이드 모델의 활용성을 분석한 결과, 그 적합도만을 고려할 경

우에는 다양한 분야에서 활용성이 매우 높을 것으로 판단되었다. 특히 GPS 측량분야에 있어서는 정확한 타원체고를 통해 약  $\pm 5\text{cm}$  내외의 정밀도로 실제의 높이(정표고 혹은 정규표고)를 직접 획득할 수 있을 것으로 판단된다. 이는 본 합성지오이드 모델이 정밀을 요하는 위치결정이 필요한 다양한 분야에서 경제적·시간적 효율성을 확보할 수 있게 하는 정확한 수직기준으로 이용될 수 있음을 말해주며, 이와 더불어 지구물리 및 지구운동에 관한 다양한 연구분야 및 위치정보 관련분야에서 핵심적인 기초자료로서의 역할도 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

하지만 본 연구에서 결정된 합성지오이드의 적합도는 불충분한 분포밀도의 중력관측자료 및 GPS/Levelling 자료, 다소 큰 해상도(100m)의 지형자료 등에 의해 산출된 것이므로, 보다 명확하고, 향상된 정확도의 합성지오이드 모델의 개발을 위해서는 고정밀-고해상도의 지형자료의 확보, 추가적인 중력측정 및 GPS/Levelling 측정이 조속히 수행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 산악지형에서의 정확한 지형효과의 산출을 위해서, 특정한 지형효과 계산 모델(이동하 등, 2008)에서 발생될 수 있는 부정확한 지형효과의 산출 및 aliasing 효과(Bajracharya, 2003) 등에 관한 추가적인 연구도 필요할 것으로 판단된다. 이와 더불어 중력학적 환산방법 적용 시 고려되어야 하는 지형의 질량의 완벽한 제거를 위해, 한국의 2-D DDM(digital density model)이나 3-D DDM의 이용 및 개발을 통한 지각의 실제 밀도를 이용하는 방안도 고려되어야 할 필요가 있다(Bajracharya 등, 2007).

## 참고문헌

- 윤홍식, 이동하 (2005), Least Square Collocation에 의한 GPS/Levelling의 정확도 개선, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 23권, 제 4호, pp. 385-392.
- 이동하, 이석배, 권재현, 윤홍식 (2008), 다양한 중력학적 환산방법을 적용한 한국의 합성지오이드 개발, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제28권 제5D호, pp. 741-747.
- Bajracharya, S. (2003), Terrain effects on geoid determination, Ph.D. dissertation, University of Calgary, Canada.
- Bajracharya, S. and Sideris, M. G. (2007), Density Effects on Ruzdki, RTM and Airy-Heiskanen Reductions in Gravimetric Geoid Determination, International Association of Geodesy Symposia, Vol. 130, Part III, pp. 397-402.
- Forsberg, R. (1984), Terrain corrections for gravity measurements, M.Sc. Thesis, Dept. of Surveying Engineering, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.
- Heiskanen, W. A. and Moritz, H. (1967), Physical Geodesy, W.H. Freeman and Co., San Fransisco.
- Kuroishi, Y., Ando, H. and Fukuda, Y. (2002), A new hybrid geoid model for japan, GSIGEO2000, Journal of Geodesy, Vol. 76, No. 8, pp. 428-436.
- Tscherning, C. C. Knudsen, P. and Forsberg, R. (1994), Description of the GRAVSOFIT package, Technical Report, Geophysical Institute, University of Copenhagen, Denmark.
- Yun, H. S. (1999), Precision geoid determination by spherical FFT in and around the Korean peninsula, Earth Planets Space, Vol. 51, pp. 13-18.