

관측조건에 따른 GPS 타원체고 결정의 정확도 분석

Accuracy Analysis of GPS Ellipsoidal Height Determination in Accordance with the Surveying Conditions

이석배* · 어수창**
Lee, Suk Bae · Auh, Su Chang

要 旨

GNSS/Leveling기술은 GNSS기술과 Leveling기술을 이용하여 기하학적 방법으로 지오이드고를 얻을 수 있게 해주며, GNSS/Geoid기술은 GNSS기술을 통해 얻은 타원체고에서 Geoid기술을 통해 얻은 지오이드고를 제하여 정표고를 얻는 기술을 말한다. 본 연구에서는 GNSS/Geoid기술을 이용한 표고결정 정확도를 검증하기 위하여 GNSS 타원체고 측정의 정확도를 검증하고자 하였다. 연구를 위하여 경남 지역에 테스트 베드(test bed)를 선정하고 GNSS 정적측위관측을 실시하였으며, 여러 가지 해석 조건에 따라 데이터를 처리함으로써 관측조건에 따른 GNSS 타원체고 측정의 정확도를 규명하였다. 연구결과 GNSS 정적측위방법에 의한 타원체고 결정에 있어서 3cm의 목표정확도를 확보하기 위해서는 측량지역 주변부의 네 점의 기지점을 고정하여 두 시간 이상 관측하여야 하며 기선거리는 20km로 제한하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

핵심용어 : GNSS/Leveling기술, GNSS/Geoid기술, GNSS 정적측위방법, 타원체고 결정

Abstract

GNSS/Leveling technology makes it possible to get geoidal height geometrically using GNSS and Leveling technology. GNSS/Geoid technology refers to a technology for obtaining orthometric height by subtracting geoidal height achieved by Geoid technology from ellipsoidal height achieved by GNSS technology. The purpose of this study is to verify the accuracy of the ellipsoidal height determination in order to verify the accuracy of the orthometric height determination by the GNSS/Geoid technology. For the study, a test bed was selected in Kyungnam province and GNSS Static surveying was accomplished in the test bed and then the GNSS data was processed in accordance with various analysis conditions. So, it was verified the accuracy of the ellipsoidal heights determination in accordance with the surveying conditions under the GNSS Static surveying. According to the research results, to ensure the 3cm goal accuracy of the ellipsoidal height determination, it should be surveyed by four fixed points on the survey area periphery and more than two hours of the GNSS occupation time, And also, it was found that should be limited to a baseline distance of 20km under the GNSS Static surveying.

Keywords : GNSS/Leveling Technology, GNSS/Geoid Technology, GNSS Static Surveying, Ellipsoidal Height Determination

1. 서 론

GPS/Leveling 또는 GNSS/Leveling기술은 GNSS (GPS)기술과 Leveling기술을 이용하여 지오이드고를 얻는 방법으로 GNSS(GPS)기술을 통하여 취득한 타원체고와 Leveling기술을 이용하여 얻은 표고값을 이용

하게 된다. GNSS/Geoid기술 즉 GNSS기술을 통해 얻은 타원체고(h)에서 Geoid 기술을 통해 얻은 지오이드고(N)를 제하면 정표고를 구할 수 있는데, 바로 이 기술을 GNSS/Geoid기술이라 한다. GNSS/Geoid기술을 이용한 표고 측정 기술은 GNSS 위성측위기술의 영역을 평면기준점측량에서 표고기준점측량에까지 확대하

Received: 2015.12.07, revised: 2015.12.15, accepted: 2015.12.15

* 교신저자 · 정회원 · 경남과학기술대학교 토목공학과 교수(Corresponding author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, sblee@gntech.ac.kr)

** 정회원 · 경남과학기술대학교 토목공학과 박사과정(Member, Doctoral Student, Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, pig9456@naver.com)

는 것이다. 이미 정밀 지오이드모델 개발을 완료한 국가들에서는 GNSS의 활용분야를 표고기준점측량에까지 확대하여 시행할 준비를 차근차근 해 나가고 있다. 따라서 우리나라도 이러한 국제 경쟁에 뒤처지지 않고 장기적으로 우리의 기술력을 확보하기 위해서는 GNSS/Geoid기술을 이용한 표고결정기술의 개발과 이에 대한 구체적인 실용화 방안 연구가 필요한 실정이다. GNSS/Geoid기술을 이용한 정표고 측정 기술은 GNSS 수신기를 확보하고 있는 경우 기존의 전통적인 수준측량 및 중력측정에 의한 정사보정량 계산에 비하여 매우 경제적인 방법이 될 것이다. 오늘날 건설현장에서 설계 엔지니어링측량과 건설시공측량 등에 GNSS 측량기술이 활발하게 이용되고 있다. 그리고 이 GNSS 측량기술은 단지 평면측량분야에만 국한되는 것이 아니고 표고측량 분야에도 널리 활용되고 있는 실정이다. 아울러 항공사진측량시 사진기준점측량(AT:Aerial Triangulation)을 위한 지상의 표고기준점 성과는 그다지 높은 정밀도를 요구하지 않으므로 AT 표고기준점 성과확보 수단으로 GNSS 측량기술이 널리 활용되고 있다. 그러나 GNSS 측량을 활용한 표고기준점측량에 대한 기본규칙이나 작업절차가 명확하게 제시되지 않음으로 사용자에 의하여 서로 다르게 적용되고 있는 실정이다.

GPS 위성을 운용하고 있는 미국의 경우 GPS를 활용한 표고 결정에 매우 적극적인데, 미국은 측지기준계가 세계측지계로 전환되면서 평면기준은 NAD83(North American Datum of 1983)으로, 수직기준은 NAVD88(North American Vertical Datum of 1988)로 전환되었다(Lee, 2015). 또한 NOAA NGS(National Geodetic Survey)에서는 USGG2009 중력지오이드 모델에 기하학적 지오이드고를 합성한 GEOID09 하이브리드 지오이드 모델을 개발한 바 있으며, GRAV-D(Gravity for the Redefinition of the American Vertical Datum) Project를 통하여 2021년 완성 및 2cm 정확도를 목표로 미국의 수직기준재정립 프로젝트를 진행하고 있다(NOAA, 2015). 또한 GPS유도정표고(GPS-Derived orthometric height) 활용을 위한 NOAA Technical Memorandum NOS NGS 59의 제정을 통하여 Guidelines for Establishing GPS-Derived Orthometric Heights을 제시하고 있는데, 이 가이드라인의 주요내용은 GPS 유도정표고 결정을 위한 3-4-5 시스템으로 GPS 관측시 반드시 따라야 하는 3가지 기본규칙과 4가지 필요조건, 그리고 5가지 기본절차로 이루어져 있다(Zilkoski et als., 1997; Zilkoski et als., 2008). 아울러 일본에서도 일본의 국토지리원을 중심으로 GNSS 유도정표고 결정을 위한 가이드라인을 발표한 바 있으

며(GSI, 2014), 우리나라에서는 Lee(2013)에 의하여 Network-RTK, VRS측량방법에 의한 표고정확도 평가에 관한 연구가 발표된 바 있고 Shin et al.(2014)에 의하여 우리나라의 KNGeoid모델을 기초로 하여 GNSS Sattic방법에 의한 정확도 분석이 발표된 바 있다. 아울러 2015년도에는 정확한 정표고결정을 위하여 정사보정량 계산을 쉽게 할 수 있는 프로그램 개발에 관한 연구가 발표된 바 있고(Lee and Sim, 2015), 대구지역 등에서의 실험결과를 바탕으로 GNSS/Geoid기술을 활용한 정표고 결정에 있어서의 기본규칙 등이 연구되었다(Lee and Auh 2015a, Lee and Auh 2015c). 또 GNSS 측량을 활용한 표고정확도와 타원체고 정확도를 평가하려는 연구가 발표된 바 있다(Lee and Auh 2015b, Lee and Auh 2015d).

따라서 본 연구는 GNSS/Geoid기술을 이용한 표고결정 기술의 가능성을 검토해 보고자 한 실무적인 연구이다. GNSS/Geoid기술을 이용한 표고 측정 기술의 가능성을 검토하기 위해서는 GNSS/Geoid기술을 이용한 표고결정 정확도를 먼저 검증하여야 하는데 이 정확도에는 GNSS를 통한 타원체고 측정의 정확도와 Geoid기술을 통해 얻을 수 있는 지오이드고 계산의 정확도를 필요로 하게 된다. 따라서 본 연구에서는 GNSS/Geoid기술을 이용한 표고결정 정확도의 가장 큰 요인으로 작용하게 되는 GNSS 타원체고 측정의 정확도를 검증하고자 하였다. 연구를 위하여 경남 일원에 테스트 베드를 선정하고 GNSS 관측을 실시하였으며, 여러 가지 해석 조건에 따라 데이터처리를 실시함으로써 GNSS 타원체고 측정의 정확도를 규명하고 측정시 지켜야 할 가이드라인을 제시하고자 하였다.

2. GNSS에 의한 타원체고 측정

GNSS 측량기술이 도입된 이후 기존의 측량기술로는 측정이 어려웠던 타원체고(h :ellipsoidal height)의 결정이 가능하게 되었으며, GNSS 측량을 통해 얻은 타원체고(GNSS Technology)에서 정표고(Leveling Technology)를 제거하여 지오이드고(N :Geoidal height)를 획득하는 기술을 GNSS/Leveling기술이라 한다. 이 GNSS/Leveling기술을 역으로 이용한 것이 GNSS/Geoid기술인데, 이 기술을 활용하면 GNSS 측량지점에서 지오이드 모델을 활용하여 임의점의 정표고를 얻을 수 있게 된다.

Fig. 1에서 보는 것과 같이 GNSS에 의하여 결정되는 높이는 타원체고(h)로 GRS80타원체를 기준한 높이이며, 정표고(H)는 등중력포텐셜면의 하나인 지오이드를 기준으로 한 것이다. 따라서 GNSS 측량을 실시

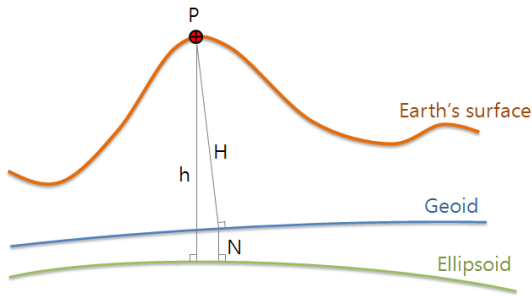


Figure 1. Relationship of the ellipsoidal height(h), orthometric height(H) and geoidal height(N)

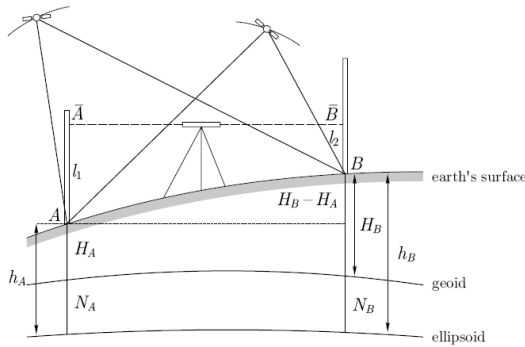


Figure 2. GNSS/Leveling by GNSS and Level technology(Lee et al., 2009)

한 지점에서 정확한 지오이드고 정보를 가지고 있다면 그 지점의 정표고를 구할 수 있게 된다. 따라서 신뢰할 수 있는 지오이드 모델이 존재하는 지역내 임의의 한 점에서 GNSS 측량에 의한 타원체고(h)를 결정하게 된다면, 식 (1)에 의하여 그 지점의 정표고(H)를 산정할 수 있다.

$$H = h - N \tag{1}$$

Fig. 2에서 보는 것과 같이 두 점 A와 B에서의 정표고 H_A 와 H_B 는 식 (1)에 따라 $H_A = h_A - N_A$, $H_B = h_B - N_B$ 로 결정될 수 있으며, 따라서 두 점 A와 B 사이의 높이차(δH_{AB})는 식 (2)와 같게 된다(Lee and Auh 2015b).

$$\delta H_{AB} = \delta h_{AB} - \delta N_{AB} \tag{2}$$

여기서, δh_{AB} 는 두 점 A와 B 사이의 타원체고 차이

이며, δN_{AB} 는 두 점 사이의 지오이드고 차이를 말한다. 따라서 정밀을 요하는 GNSS/Leveling에서는 δh 의 정밀도가 δH 의 정밀도를 제한할 수 있으므로 δN 의 요구 정밀도에 대해서도 고려해야 한다(Kearsley, 1988). 따라서 GNSS/Geoid기술을 이용한 정표고 측정의 정확도는 식 (3)에 의하여 계산할 수 있다.

$$\sigma_{GNSSH} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_N^2} \tag{3}$$

여기서, σ_h 는 타원체고 측정정확도를 말하며, σ_N 는 지오이드고 측정정확도를 의미한다.

따라서 GNSS/Geoid기술을 활용하여 정표고를 측정하고자 할 때 타원체고 측정의 정확도(σ_h)와 지오이드고 측정의 정확도(σ_N)를 고려하여야 하는데 지오이드고 정확도는 대부분 그 나라 또는 그 지역 지오이드 모델의 정확도에 따라 결정되게 된다. 따라서 본 연구에서는 GNSS 타원체고 측정의 정확도를 규명하고자 하였다. GNSS 타원체고 측정의 정확도를 규명하기 위하여 ‘테스트 베드에서의 GNSS 관측을 통한 정확도 분석’을 연구방법으로 결정하였다. 이를 위하여 적절한 관측망을 포괄할 수 있는 테스트 베드 지역을 선정하고 GNSS 타원체고 측정의 정밀도를 규명할 수 있는 여러 가지 GNSS 관측조건을 도출하였다.

3. 테스트 베드에서의 GNSS관측

본 연구에서는 GNSS/Geoid기술을 이용한 타원체고 측정 정밀도를 규명하기 위하여 테스트 베드를 선정하고 GNSS관측망을 구성하였다. 테스트 베드는 기선거리에 따른 타원체고 측정정확도를 분석하기 위하여 1 등 수준점을 중심으로 동서남북으로 약 10km, 20km, 30km 간격으로 수준점이나 통합기준점을 배치할 수 있는 곳이어야 한다. 따라서 이런 조건을 만족할 수 있는 지역으로 진주, 대구 및 대전 등 몇 개의 도시지역이 도출되었다. 그 중 여러 가지 작업여건 및 연구팀의 접근성 등을 고려하여 ‘경상남도 진주시 일원’을 테스트 베드로 선정하고 GNSS 관측망을 구성하였다.

GNSS 관측망은 Fig. 3에서 보는 것과 같이 중앙에 있는 중심점(GBM03)을 기준으로 평균변장이 약 10km의 거리에 네 점을 배치하고 또 평균변장이 약 20km와 약 30km 거리에 고성, 함안, 산청, 하동에 걸쳐 각각 네 점씩을 배치하였다. 배치된 수준점 및 통합기준점은 Table 1과 같다.

GNSS 관측은 Table 2에서 보는 것과 같이 2015년

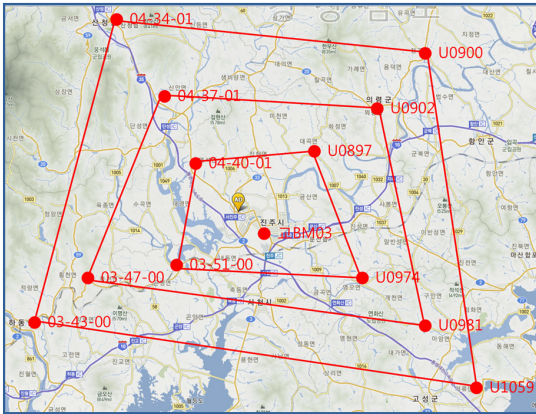


Figure 3. GNSS surveying network in the Jinju Test Bed

Table 1. Used control points in the GNSS surveying network

Baseline Length	Used Control Points (Number)
Center	GBM03
10km	U0974, U897, 04-40-01, 03-52-00
20km	U0902, U0981, 04-37-01, 03-47-00
30km	U0900, U1059, 04-34-01, 03-43-00

Table 2. GNSS surveying condition and surroundings

Surveying period	Jun.28~Jun.30, 2015
GNSS occupation time	4 Hours/session
Session numbers	3 Session
GNSS Receiver	Trimble R7, R8, 5700
Receiver accuracy	Horizontal 5mm±0.5ppm·D Vertical 5mm±1.0ppm·D
Data sampling rate	15 sec
Mask angle	15°

6월 28일부터 6월 30일 사이에 이루어졌으며, 세 세션을 구성하고 세션당 네 시간씩 정적측위(Static)방법에 의한 관측을 실시하였다. 사용된 GNSS 수신기는 Trimble R7, R8 및 5700 모델을 사용하였다. 데이터 취득간격은 15초로 설정하였고, GPS 고도각은 15°로 설정하였으며 사용된 수신기의 수평 관측정확도는 5mm±0.5ppm·D, 수직 관측정확도 5mm±1.0ppm·D이다.

4. 데이터처리 및 관측조건에 따른 타원체고 정확도 분석

타원체고 정확도 분석에 있어서 달라질 수 있는 GNSS 관측조건은 기선거리와 관측시간이다. 따라서 테스트 베드에서의 기선거리에 따른 관측망의 데이터를 처리하여 분석하였으며 아울러 네 시간씩 관측한 데이터를 0.5시간, 1시간, 2시간 및 4시간으로 구분하여 GNSS 위성신호 수신시간에 따른 타원체고를 취득하고 그 정확도를 분석하고자 하였다.

먼저 GNSS 데이터 처리를 위하여 Fig. 4에서 보는 것과 같이 중앙에 있는 GBM03(교BM03) 수준점을 중심으로 주변부 네 점씩의 기준점을 연결하여 측지망을 구성하였다(Lee and Auh 2015d). 아울러 미리 결정된 GBM03 수준점의 타원체고를 참값으로 가정하고 기선거리별, 데이터수신시간별, 고정점수별 관측조건에 따라 산정된 GBM03 수준점의 타원체고와의 교차 분석에 따라 정확도를 분석하였다.

미리 결정된 GBM03 수준점(교BM03)의 타원체고는 55.1517m로, 이는 국토지리정보원의 관측데이터의 정밀성과계산 서비스인 N-OPS(NGII Online Positioning System) 서비스를 통하여 결정된 수치이며(NGII, 2015), 이는 직접 TBC(Trimble Business Center) 해석을 통하여 확인된 수치이다. 기선처리와 망조정을 수행한 결과 망 기준계수(Network reference factor)는 3.8이었으며, 카이 제곱 검정(Chi Square Test, α=95%)를 통과하여 데이터가 잘 처리되었음을 보여주고 있다.

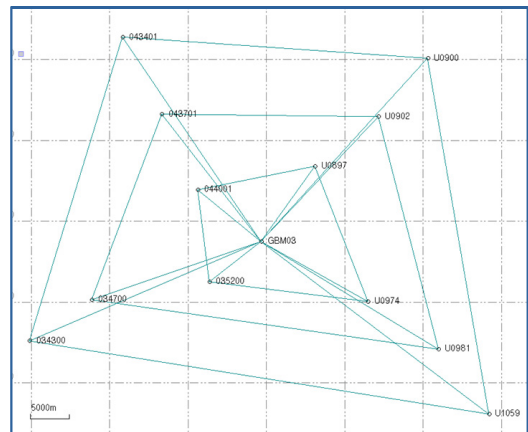


Figure 4. GNSS data processing network

4.1 기선거리 10km 관측망의 데이터 처리

평균 기선거리 10km 관측망의 구성은 GBM03을 중심으로 통합기준점 U0974, U0897과 1등수준점 04-40-01, 03-52-00의 4점을 이용하여 Fig. 5에서 보는 것과 같이 관측망을 구성하였다. 따라서 망조정에는 4점 고정, 3점 고정, 2점 고정, 1점 고정의 순서대로 고정점의 수를 변화시켜 가면서 망조정을 수행하였다. 또 1등수준점 04-40-01, 03-52-00의 타원체고는 주변의 상시관측소를 이용하여 결정하였으며, 통합기준점인 U0974와 U0897의 타원체고는 고시성과를 사용하였다. Table 3은 이렇게 결정된 타원체고와 결정에 사용된 상시관측소(CORS)를 보여주고 있으며, Fig. 6은 상시관측소와 GNSS 관측점들을 보여주고 있다. 여기서, 큰 삼각형은 상시관측소를 그리고 작은 사각형은 GNSS 관측점을 보여주고 있다.

Table 3. Ellipsoidal heights of the four control points in 10km network

Control Points Number	Ellipsoidal height(m)	Used CORS
U0974	84.9106	GOCH, CHNG, HADO, JINJ, CHWN
U0897	55.06507	
04-40-01	104.7937	
03-52-00	70.89757	

4.2 기선거리 20km 관측망의 데이터 처리

평균 기선거리 20km 관측망의 구성은 GBM03을 중심으로 통합기준점 U0902, U0981과 1등수준점 04-37-01, 03-47-00의 4점을 이용하여 Fig. 7에서 보는 것과 같이 관측망을 구성하였다. 따라서 망조정에는 고정점의 수를 변화시켜 가면서 망조정을 수행하였으며, 1등수준점 04-37-01, 03-47-00의 타원체고는 주변의 상

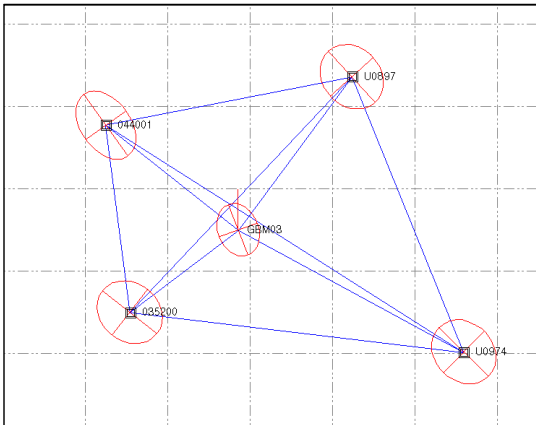


Figure 5. Baseline 10km data processing network

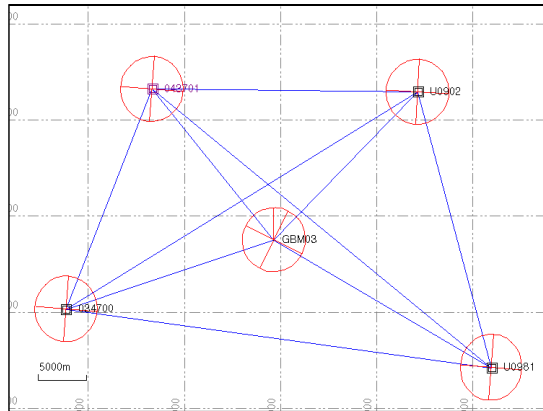


Figure 7. Baseline 20km data processing network

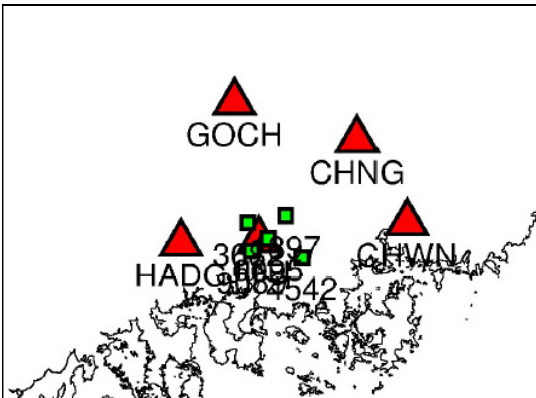


Figure 6. Distribution of the CORS and control points in 10km network

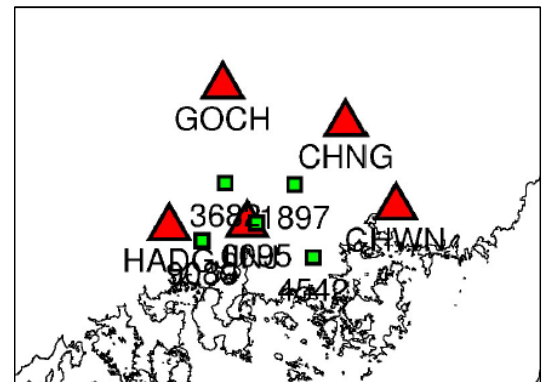


Figure 8. Distribution of the CORS and control points in 20km network

Table 4. Ellipsoidal heights of the four control points in 20km network

Control Points Number	Ellipsoidal height(m)	Used CORS
U0981	48.5068	GOCH, CHNG, HADO, JINJ, CHWN
U0902	48.6600	
04-37-01	107.4466	
03-47-00	182.3820	

시관측소를 이용하여 결정하였으며, 통합기준점인 U0902, U0981의 타원체고는 고시성과를 사용하였다. Table 4는 이렇게 결정된 타원체고와 결정에 사용된 상시관측소(CORS)를 보여주고 있으며, Fig. 8은 상시관측소와 GNSS 관측점들을 보여주고 있다. 여기서, 큰 삼각형은 상시관측소를 그리고 작은 사각형은 GNSS 관측점을 보여주고 있다.

4.3 기선거리 30km 관측망의 데이터 처리

평균 기선거리 30km 관측망의 구성은 GBM03을 중심으로 통합기준점 U0900, U1059과 1등수준점 04-34-01, 03-43-00의 네 점을 이용하여 관측망을 구성하였다. 30km 관측망 역시 고정점의 수를 변화시켜 가면서 망조정을 수행하였으며, 통합기준점 U0900, U1059의 타원체고는 고시성과를 사용하였으며, 1등수준점 04-34-01, 03-43-00의 타원체고는 주변의 상시관측소를 이용하여 결정하였다. Table 5는 이렇게 결정된 타원체고와 결정에 사용된 상시관측소(CORS)를 보여주고 있으며, Fig. 9는 상시관측소와 GNSS 관측점들을 보여주고 있다. 여기서, 큰 삼각형은 상시관측소를 그리고 작은 사각형은 GNSS 관측점을 보여주고 있다.

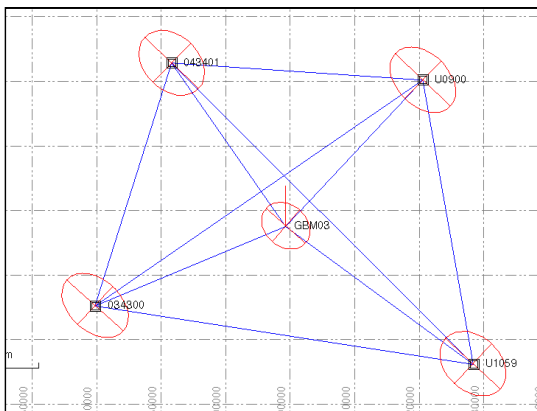


Figure 9. Baseline 30km data processing network

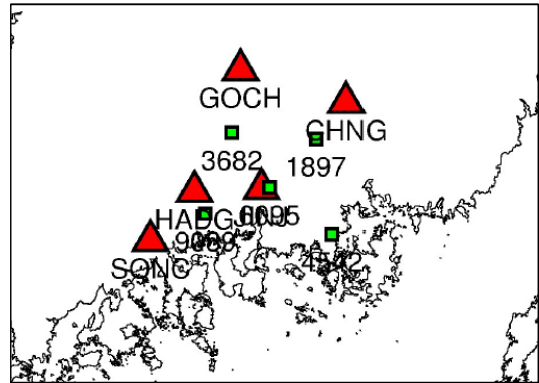


Figure 10. Distribution of the CORS and control points in 30km network

Table 5. Ellipsoidal heights of the four control points in 30km network

Control Points Number	Ellipsoidal height(m)	Used CORS
U1059	33.61228	GOCH, CHNG, HADO, JINJ, SONC
U0900	43.49662	
04-34-01	149.2260	
03-43-00	70.94719	

4.4 관측조건에 따른 타원체고 정확도 분석

관측조건에 따른 타원체고의 정확도를 분석하기 위하여 4.1, 4.2, 4.3절에서 결정된 기선거리별 타원체고를 활용하여 해석조건을 변화시켜 가면서 GBM03 수 준점의 타원체고를 해석하고 미리 결정된 타원체고와의 차이를 분석하였다(Lee and Auh 2015d). 관측조건에 따른 오차분포는 Fig. 11 및 Fig. 12에 나타내었다.

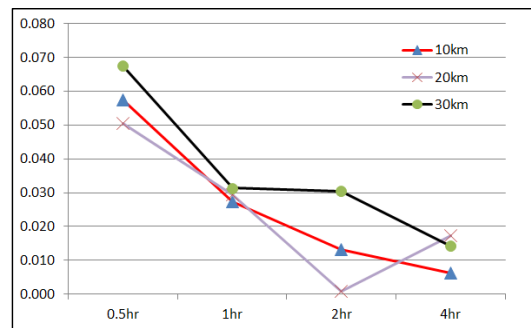


Figure 11. Error distribution in accordance with GNSS occupation time of the three baseline length cases

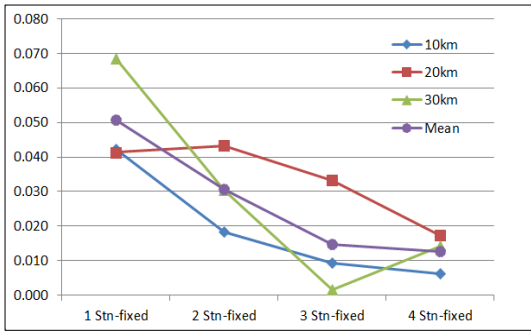


Figure 12. Error distribution in accordance with station fixed-points of the three baseline length cases

Fig. 11은 GNSS 관측시간(x축)에 따른 오차분포(y축)를 기선거리별로 보여주고 있는데 일부 경우를 제외하면 대부분 관측시간이 증가할수록 타원체고 오차가 적어지는 경향을 보여주고 있다. 10km 기선의 경우 0.5hr 관측시 5.7cm의 오차를 보여주고 있으며 1hr 관측시 2.7cm, 2hr 관측시 1.3cm, 4hr 관측시 0.6cm로 감소하는 것을 알 수 있었다. 우리가 목표정확도로 잡은 3cm의 타원체고 정확도를 확보하려면 20km 기선의 경우 1hr, 30km 기선의 경우 4hr가 필요하나 20km 기선의 경우라도 안전율을 고려한다면 2hr 이상의 관측이 바람직하다는 것을 알 수 있다. 따라서 GNSS Static관측시 3cm의 타원체고 측정정확도를 확보하려면 20km 이하의 기선거리에서 두 시간 이상 관측하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

또 Fig. 12에서는 1점 고정, 2점 고정, 3점 고정, 4점 고정의 고정점수에 따라 기선거리별 오차를 보여주고 있다. 1점 고정의 경우 기선거리에 상관없이 모두 4cm를 초과하는 오차를 보여주고 있고, 2점 고정의 경우 10km 기선에서 1.8cm, 20km 기선에서 4.3cm 그리고 30km 기선에서는 3.0cm의 오차를 나타내고 있다. 3점 고정의 경우에는 20km 기선에서는 3cm를 초과하고 있고 나머지 두 기선에서는 2cm 이내로 들어오고 있는 것을 알 수 있다. 4점 고정의 경우에는 10km 기선에서 0.6cm의 양호한 결과를 보이다가 20km 기선에서는 1.7cm, 그리고 30km 기선에서는 1.4cm의 결과를 보여주고 있다. 따라서 이런 결과를 통하여 3cm의 타원체고 결정 정확도를 확보하기 위해서는 관측점 주변에 타원체고를 알고 있는 최소 네 점을 고정하여 GNSS 데이터를 해석하여야 한다는 것을 알 수 있었다. 3점 고정의 경우에는 20km 기선에서 오차가 3cm를 초과하였으므로 3점 고정으로는 부족하며 4점 고정이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 물론 Fig. 11에서는 4점

고정의 경우 30km 기선에서도 2cm 이내의 오차를 보이고 있으나, Fig. 10에서 두 시간 관측으로 제한하는 경우 30km 기선에서 3.0cm의 오차를 보이고 있기 때문에 어느 정도의 안전율을 고려한다면 기선거리는 20km 이하로 제한하는 것이 합리적이다. 따라서 기선거리가 20km를 넘는 경우에는 세션을 분할하여 GNSS 관측을 실시하여야 한다.

5. 결론

GNSS 측량은 측량방법의 효율성과 그 결과의 정확성이 입증되어 삼각점 및 지적도근점, 기준점 등 평면 기준점 측량분야에 널리 활용되어 오고 있다. 또한 오늘날 미국 NGS를 중심으로 표고기준점 측량분야에까지 그 활용분야를 확장시켜 가고 있는데, GNSS 측량이 표고기준점측량에 활용되기 위해서는 먼저 그 정확도가 입증되어야 한다. 그런데 GNSS 표고기준점측량의 정확도는 GNSS 타원체고측량의 정확도와 지오이드 모델의 정확도에 따라 결정되게 된다. 따라서 본 연구는 GNSS관측을 통하여 타원체고 측정 정확도를 규명하기 위한 연구로 경남 진주시 일원에 테스트 베드를 구축하고 GNSS관측을 실시하였으며 관측데이터를 여러 가지 조건에 따라 해석한 후 그 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, GNSS 정적측위방법에 의한 타원체고 결정에 있어서 3cm의 정확도를 확보하기 위해서는 두 시간 이상을 관측하여야 한다.

둘째, 타원체고 결정 3cm의 정확도를 확보하기 위해서는 측량지역 주변에 타원체고를 알고 있는 기지점중 최소 네 점을 고정하여 GNSS 데이터를 해석하여야 한다.

셋째, 타원체고 결정 3cm의 정확도를 확보하기 위해서는 기선거리를 20km로 제한하여야 한다. 따라서 기선거리가 20km가 넘는 경우에는 세션을 분할하여 GNSS 관측을 실시하여야 한다.

아울러 이러한 연구결과는 본 연구의 테스트 베드에서의 GNSS 관측을 통하여 얻은 연구결론이므로 일반적으로 이를 적용하기 위하여는 충분한 수량의 GNSS 관측을 통한 검증 및 규정의 매뉴얼화가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 2014년도 일반연구지원사업의 연구과제(2014R1A1A 2059383)로 수행되었으며

이에 감사드립니다.

References

1. GSI, 2014, Guidelines for establishing GNSS-Derived orthometric heights, GSI Publication A1-No.368, Geospatial Information Authority of Japan, Tsukuba, Japan, pp. 5-22. (in Japanese)
2. Lee, S. B., Kim, J. S., Kim, C. Y. and Kwon, J. H., 2009, Calculation of geometric geoidal heights by GPS surveying on 1st and 2nd order Benchmark line, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 27, No. 2, pp. 213-223.
3. Lee, S. B., 2009, Accuracy evaluation of the height determined by Network-RTK VRS positioning, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 21, No. 4, pp. 3-12.
4. Lee, S. B. and Auh, S. C., 2015a, The basic rules for orthometric height determination using GNSS/Geoid technology in GNSS Static surveying, Proc. of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, pp. 349-351.
5. Lee, S. B. and Auh, S. C., 2015b, Evaluation of height accuracy according to observation condition in GNSS Static surveying, Proc. of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, pp. 141-142.
6. Lee, S. B. and Auh, S. C., 2015c, Basic research for height determination of the GNSS Static method using GNSS/Geoid technology, Proc. 2015 Conference of the Korean Society for Geospatial Information Science, pp. 95-96.
7. Lee, S. B. and Auh, S. C., 2015, Accuracy evaluation of ellipsoidal height at GNSS Static surveying under observation condition, Korean Society of Civil Engineers, KSCE 2015 Convention, GSCO, KOREA, pp. 1-2.
8. Lee, S. B. and Sim, J. M., 2015, Development and inspection of the Ortho-Calc v1.0 program for the calculation of the orthometric correction, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 23, No. 3, pp. 41-47.
9. NGII, 2015, N-OPS(NGII Online Positioning System) service, <https://gnss.ngii.go.kr/service/ops/precision>
10. NOAA, 2015, GRAV-D, <http://www.ngs.noaa.gov/GRAV-D/>
11. Shin, G. S., Han, J. H. and Kwon J. H., 2014, Accuracy analysis of orthometric heights based on GNSS Static surveying, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 32, No. 5, pp. 527-537.
12. Zilkoski D. B., Carlson E. E. and Smith C. L., 2008, Guidelines for establishing GPS-Derived orthometric heights, NOAA Technical Memorandum NOS NGS-59 Version 1.5 National Geodetic Survey, USA, pp. 1-19.
13. Zilkoski D. B. , D'Onofrio J. D. and Frakes S. J., 1997, Guidelines for establishing GPS-derived ellipsoidal heights (Standards: 2 and 5cm), NOAA Technical Memorandum NOS NGS-58 Version 4.3 National Geodetic Survey, USA, pp. 1-20.