GPS 상시관측에 연계한 기준점 측량의 오차특성 분석

Error Feature Analysis of the Control Point Surveying in Connection with GPS Continuous Observation

윤희천[1], 강기석[2], 조성호[3]
Yun, Hee Cheon · Kang, Ki Seok · Cho, Sung Ho

[1]안산공과대학 토목과 교수(E-mail:yoonhc60@ansantc.ac.kr)
[2]충남대학교 측량 및 지형정보연구실 연구원(E-mail:kks2114@hanmail.net)
[3]충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:geocho@empal.com)

요 지(Abstack)

Most of the control point surveying use a triangulation point and a bench mark with Total Station and Level. nowadays, the research is being accomplished for practical use of GPS. but In this study, the optimum time and the optimum occupation time are analyzed, so as to examine possibility of the control point surveying that use GPS continuous station data of National Geography Institute. Also, The efficient surveying methods that compare the result of data that processed using broadcast ephemeris with the result of data that processed using precise ephemeris. As a result of that, Error feature analysis of the control point surveying in connection with GPS continuous observation will provide us estimation of errors and efficient topography information acquisition

1. 서 론

사회구조가 복잡, 다양해지고 도시화되면서 도시기반시설물의 신설·유지·관리를 위한 여러 공사들이 시행되고 있다. 이러한 각종 시설물의 정확한 위치정보 취득과 급변하는 사회구조에 부응하기 위해서는 신속한 위치정보의 갱신이 필요로 하게 된다.

현재 이러한 위치정보 갱신시 시행되는 기준점 측량은 TS와 레벨로 대부분이 이루어지고 있고 요구정확도에 부합하기 위해서는 삼각점과 수준점을 왕복측량함으로써 이루어지므로 많은 시간과 노력이 요구되고 있다. 최근에는 GPS 측량으로 이 작업을 대치할 수 있어 혁신적인 대안으로 제시되고 있다. 그러나 GPS로 측량을 수행한다 해도 삼각점과 수준점을 이용하여 관측하므로, 많은 GPS수신기를 필요로 하게 되며, 답사와 관측시 많은 시간과 노력이 필요로 하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 GPS 상시관측소의 연계에 대한 기초 연구가 수행되어져야 한다.

이에 본 연구에서는 GPS 상시관측소를 고정점으로 하여, 기준점측량시 발생되는 오차의 특성들을 분석하고자 삼각점, 수준점, 미지점들을 산출해내 연계가능성을 검토하고 48시간의 데이터를 점유시간별로 추출하여 최적의 점유시간을 분석하고자 하며 48시간의 데이터 3개를 2시간씩 구분 하여 3차원 망조정을 통한 자료처리로 최적의 시간대별 분석을 수행하고자한다. 또한 방송궤도력과 정밀궤도력을 사용하여 분석함으로써 최적의 위치결정을 위한 방법을 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

국립지리원의 GPS 상시관측소 9개 station의 데이터와 IGS 정밀궤도력을 전송받아 GPS 상시관측소 데

이터인 RINEX 데이터와 IGS 정밀궤도력인 EF18 데이터를 이용하여 다양한 조건으로 자료 처리를 수행하였고 GPS 상시관측 자료와 연계하여 기준점 측량에 이용할 수 있는 오차들의 특성들을 분석하고자 하였다. 이를 위해 최적의 시간대와 최적의 점유시간대를 분석하고자 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

삼각점과 수준점들에 대해 GPS 관측을 실시한 후, 국립지리원 GPS 상시관측소와 연계하여 동경기준계 성과와 정표고 성과를 산출하고, 이를 각 측점들의 고시성과와 비교하였다. 동일한 방법으로 임의점들에 대해 동경기준계 성과를 산출하여 비교함으로써 국립지리원 GPS 상시관측소 활용 가능성을 검토하고자 하였다. 또한 최적의 점유시간대별 분석과 최적의 시간대별 분석을 위해 국립지리원의 14개 GPS 상시관측소중 9개 station (청주, 전주, 서산, 상주, 수원, 태백, 대구, 원주, 울진)과 IGS 정밀궤도력 2002년 6월 26일~27일의 데이터와 2002년 10월 15일~16일의 데이터, 그리고 2003년 3월 1일~2일의 데이터를 전송받아 자료처리 하였다.

본 연구의 최초 자료처리시 9개station중 2곳(수원, 상주)을 고정점으로 하여 자료처리를 하였고, 두 번째와 세 번째 자료처리시에는 수원station을 제외한 8개station중 2곳(상주, 청주)을 고정점으로 하여 자료처리 하였다. 자료처리 방법은 점유시간대별 분석을 위해 2시간, 4시간, 6시간, 12시간으로 분류해서 자료처리하여 나머지 station의 좌표를 구하고 국립지리원에 공시되어 있는 WGS-84좌표와 비교함으로써 그 RMSE를 구해서 최적의 점유시간대 분석을 하였고, 시간대별 분석을 위해 2002년 6월 26일~27일의 데이터와 2002년 10월 15일~16일의 데이터를 2시간씩 분류해서 IGS 정밀궤도력을 사용하여 자료처리 하였고 그 경향분석을 하여 다시 2003년 3월 1일~2일의 데이터를 2시간씩 분류해서 자료처리함으로써 최적의 시간대별 분석을 하였다. 또한 궤도력에 따른 정확도의 차이를 알아보기 위하여 방송궤도력과 IGS 정밀궤도력을 이용하여 각각 자료처리를 수행하였다.

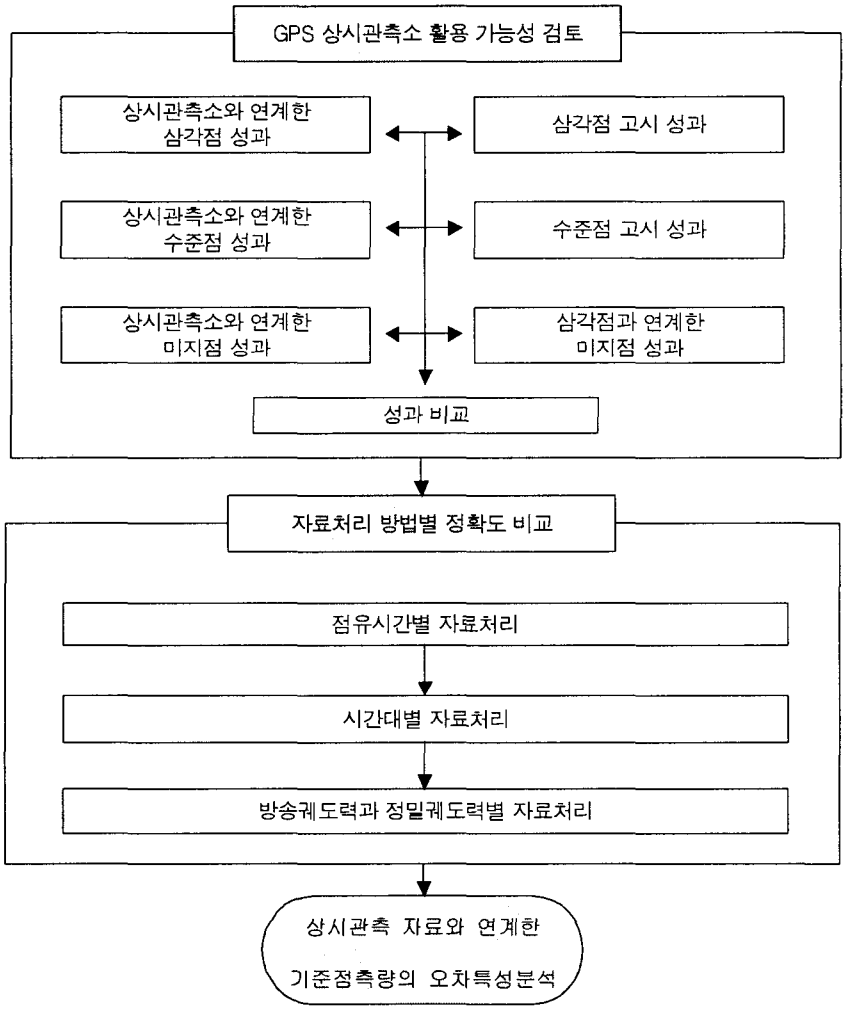


그림 1 연구 흐름도

3. 자료처리 및 분석

3.1 자료처리

GPS 상시관측 자료를 활용한 오차특성들을 분석하기위해 최초 자료처리(2002년 6월 26일~27일)는 국립지리원 14개 상시관측소중 9개의 (청주, 전주, 서산, 상주, 수원, 태백, 대구, 원주, 울진) 대상station을 택해 2개 station(상주, 수원)을 고정점으로 하여 자료처리 하였고, 두 번째(2002년 10월 15일~16일), 세 번째(2003년 3월 1일~2일) 자료처리는 수원을 제외한 8개의 상시관측소를 대상station으로 택하고 2개 station (상주, 청주)을 고정점으로 하여 상대측위기법으로 자료처리를 하였다. 또한 정밀궤도력과 방송궤도력을 사용하여 비교 분석하였다.

자료처리는 Trimble사의 기선해석 소프트웨어인 GPSurvey 2.35를 이용하였으며, 최적 관측 시간을 알아보기 위해 총 6일분 데이터중 2일간 연속 관측한 상시관측소 데이터 3개를 2시간, 4시간, 6시간, 12시간으로 나누어 처리하였고 최적 관측 시간대를 알아보기 위하여 2일간의 데이터 3개를 2시간씩 추출하여 자료처리 하였다.

3.2 점유시간별 분석

기선의 점유시간별 분석을 위해 국립지리원 GPS 상시관측소 데이터중 8개 station에 대한 2003년 3월 1일~2일의 데이터를 2시간, 4시간, 6시간, 12시간으로 나누고 2개 지역을 고정점(상주, 청주)으로 자료처리를 하여 나머지 station의 좌표를 구하였고 국립지리원에 공시되어 있는 WGS-84 좌표중 X, Y, Z 성과와 비교하여 RMSE를 구해 평균오차를 비교하였다.

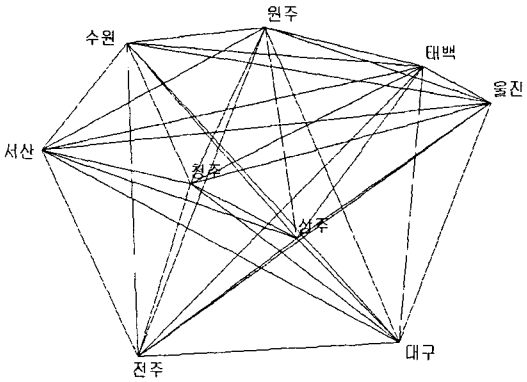


그림 2 관측망도

점유시간이 2시간인 경우 서산station에서 0.28m의 최대편차를 보였고, 점유시간이 4시간인 경우 울진station에서 0.14m의 최대편차를 보였다. 점유시간이 6시간인 경우 울진station에서 0.085m의 최대편차를 보였고, 점유시간이 12시간인 경우 태백station에서 0.049m의 최대편차를 보였다. 다음 표는 시간대별 X, Y, Z 성과에 대한 RMSE를 나타낸 것이고 대부분 station이 점유시간이 길어지면 적은 RMSE를 나타내었다. 최대편차가 발생한 대부분station은 울진이었다. 이렇게 울진station에서 대부분의 편차를 보이는 것은 8개 Station중 고정점(상주, 청주)과 기선길이가 가장 긴 station이기 때문에 편차가 커진 것으로 판단된다.

표 1 각 Station 점유시간별 분석 단위 (m)

전주	X	Y	Z	RMSE
2h	0.0195	0.0431	0.0216	0.0300
4h	0.0159	0.0283	0.0104	0.0197
6h	0.0107	0.0164	0.0201	0.0162
12h	0.0080	0.0149	0.0110	0.0116

서산	X	Y	Z	RMSE
2h	0.0401	0.0494	0.0190	0.0384
4h	0.0397	0.0307	0.0143	0.0301
6h	0.0378	0.0264	0.0218	0.0294
12h	0.0384	0.0118	0.0099	0.0239

태백	X	Y	Z	RMSE
2h	0.0300	0.0524	0.0295	0.0388
4h	0.0240	0.0457	0.0130	0.0307
6h	0.0179	0.0422	0.0143	0.0277
12h	0.0199	0.0458	0.0079	0.0292

대구	X	Y	Z	RMSE
2h	0.0321	0.0196	0.0212	0.0249
4h	0.0310	0.0146	0.0166	0.0220
6h	0.0256	0.0147	0.0165	0.0195
12h	0.0299	0.0168	0.0153	0.0217

원주	X	Y	Z	RMSE
2h	0.0499	0.0145	0.0181	0.0318
4h	0.0446	0.0151	0.0139	0.0283
6h	0.0495	0.0136	0.0111	0.0303
12h	0.0382	0.0121	0.0125	0.0242

울진	X	Y	Z	RMSE
2h	0.0466	0.0452	0.0373	0.0433
4h	0.0435	0.0565	0.0334	0.0455
6h	0.0395	0.0502	0.0268	0.0400
12h	0.0384	0.0397	0.0315	0.0367

3.3 시간대별 분석

인공위성은 지구주위를 12시간을 주기로 공전을 하지만 정확하게 12시간에 맞추어 공전을 하지는 않기 때문에 만약 정확도가 저하되는 시간대가 발생한다고 하면 어느 일정시간동안 발생하는지를 조사해 보고 또한 일정한 규칙이 있는가를 조사해보기 위해 시간대별 분석을 시행하였다.

이를 위해 최초 자료처리시 2002년 6월 26일~27일 데이터를 2시간씩 나누어 IGS 정밀궤도력을 사용하여 자료처리를 시행하였다. 그 결과 정확도가 저하된 데이터가 발생하는 대략 8시간의 범위를 추정하게 되었고, 최대편차를 나타낸 station과 시간은 14시~22시 (동경기준시 21시~07시) 사이 데이터중 울진station의 X좌표에서 0.28m의 최대편차를 보였다.

두 번째 자료처리시 2002년 10월 15일~16일 데이터를 2시간씩 나누어 IGS 정밀궤도력을 사용하여 자료처리를 하였다. 그 결과 정확도가 저하된 데이터가 발생하는 시간대를 마찬가지로 발견하였고, 그 시간대는 10시~18시(동경기준시 19시~03시) 사이 데이터중 태백station의 Y좌표에서 0.20m의 최대편차를 보였다.

두 번의 자료처리 결과 정확도가 저하된 데이터가 발생하는 일정시간은 대략 1일 8시간정도 발생하고, 이 시간에서는 정밀궤도력을 사용하여도 정확도 향상은 보이지 않았다. 이는 1일중 가시 인공위성수가 적어지며 배치가 나빠지는 시간대에 PDOP값이 높아져 다음과 같은 일정시간 동안 정확도가 저하되는 시간이 발생하는 것으로 추정된다. 실제적으로 최대편차를 발생시킨 station의 관측파일을 조사한 결과, 모두 GPS로 좌표결정에 필요한 최소 인공위성수인 4대만이 가시 인공위성인 것을 확인하였다.

표 2 울진station 6월 27일 19시 56분 관측파일 일부

```
 2  6 27 19 56    .0040000  0  4 08 11 28 31
-5440184.415     22884672.269      -127915.6074    22884677.2154
-12255621.103     21647151.801     -9392396.8574    21647154.3914
-5570417.562      24233166.223     -4243531.6764    24233170.0314
-394526.688      22464618.934       -270259.1704    22464622.9654
```

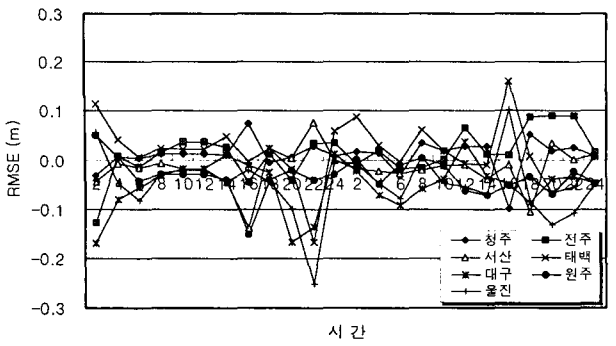
또한 인공위성은 1년을 주기로 보면 정확도가 저하되는 시간대가 변화하는 것을 알 수 있었는데 이는 인공위성이 12시간을 주기로 공전을 하지만 정확히 12시간이 아니기 때문인 것으로 추정된다.

이는 정확도가 저하되는 시간대가 변화한다는 것을 보여주고 있으며, 이에 따라 GPS 상시관측소 데이터를 사용할 때 정확도가 저하되는 시간대를 감안하여 기준점측량을 하는 것이 정확도 향상에 기여한다고 사료된다.

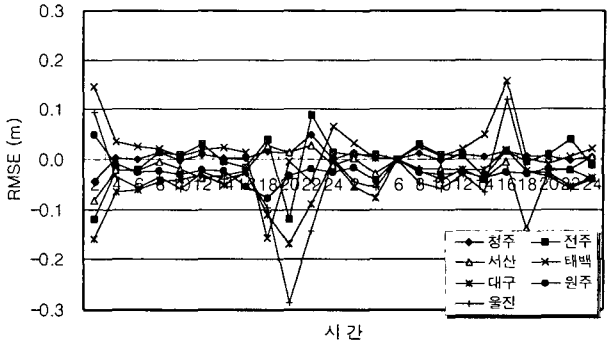
3.4 방송궤도력과 정밀궤도력

방송궤도력을 사용하여 자료처리한 데이터와 인터넷을 통한 IGS 정밀궤도력을 사용하여 자료처리한 결과의 편차를 그래프로 나타내어 비교하였으며 2002년 6월 26일~27일 데이터를 2시간씩 나누어 데이터를 자료처리하여 비교하였다. 그 결과 정밀궤도력을 사용한 데이터가 방송궤도력을 사용한 데이터보다 평균 0.05~0.10m 정도 더 정확한 결과를 보여주고 있다.

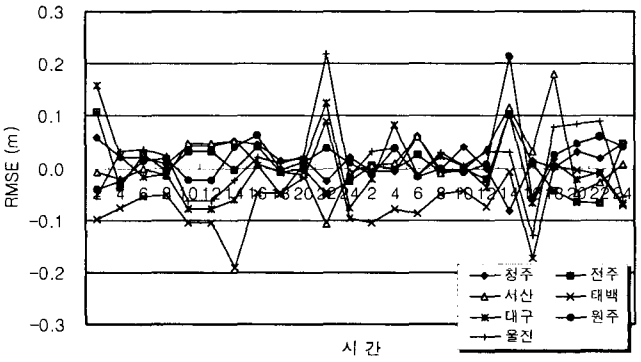
그림 3 X, Y, Z 좌표 편차 비교 (방송궤도력-정밀궤도력)



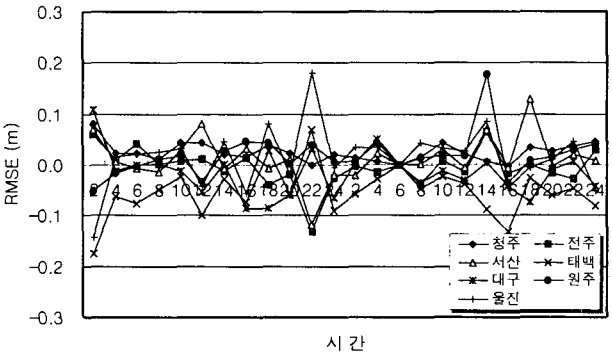
X좌표 편차 (방송궤도력)



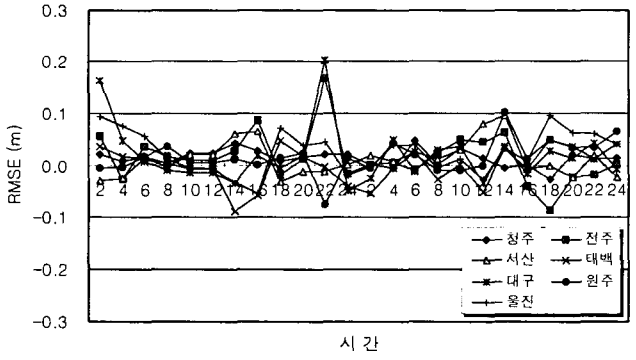
X좌표 편차 (정밀궤도력)



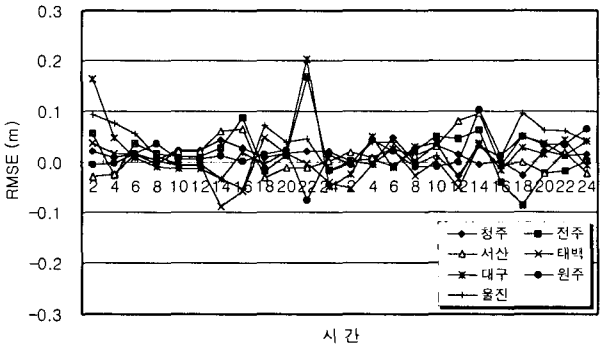
Y좌표 편차 (방송궤도력)



Y좌표 편차 (정밀궤도력)



Z좌표 편차 (방송궤도력)



Z좌표 편차 (방송궤도력)

다음의 도표는 위 그래프로 나타낸 좌표들의 RMSE(m) 값들을 나타낸 것으로 정밀궤도력을 사용한 데이터들이 방송궤도력을 사용한 데이터보다 거의 전 station에서 정확도 향상을 보여주고 있다.

표 3 정밀궤도력과 방송궤도력 X좌표 RMSE 비교 단위 (m)

X좌표	청주	전주	서산	태백	대구	원주	울진
RMSE (방송궤도력)	0.0329	0.0483	0.0442	0.0636	0.0721	0.0498	0.0813
RMSE (정밀궤도력)	0.0155	0.0436	0.0392	0.0598	0.0671	0.0331	0.0839

표 4 정밀궤도력과 방송궤도력 Y좌표 RMSE 비교 단위 (m)

Y좌표	청주	전주	서산	태백	대구	원주	울진
RMSE (방송궤도력)	0.0358	0.0435	0.0559	0.0851	0.0630	0.0542	0.0678
RMSE (정밀궤도력)	0.0311	0.0376	0.0465	0.0714	0.0466	0.0452	0.0608

표 5 정밀궤도력과 방송궤도력 Z좌표 RMSE 비교 단위 (m)

Z좌표	청주	전주	서산	태백	대구	원주	울진
RMSE (방송궤도력)	0.0210	0.0506	0.0358	0.0356	0.0596	0.0355	0.0473
RMSE (정밀궤도력)	0.0181	0.0333	0.0340	0.0409	0.0439	0.0468	0.0645

4. 결 론

국립지리원 GPS 상시관측 자료와 연계한 기준점측량의 오차특성 분석을 하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 동경기준계 성과 산출에 있어 GPS 상시관측 자료와 연계한 성과는 경·위도에서 최대 0.009초의 미소한 편차를 보여 상시관측 자료와 연계한 GPS 성과가 동등한 정확도로 활용 가능함을 알 수 있었다.

2) 점유시간별 분석에서 점유시간이 2시간인 경우 0.28m, 4시간인 경우 0.14m, 6시간인 경우 0.085m, 12시간인 경우 0.049m의 최대편차를 보였다. 상대적으로 기선길이가 긴 울진station에서 RMSE평균 0.0705m, 기선길이가 짧은 청주station에서 0.0226m로 0.0479m 정도의 차이를 보였으므로 기준점 측량시 대상지역과 가장 근거리에 있는 GPS 상시관측소를 활용하는 것이 더 유리할 것으로 사료된다.

3) 시간대별 분석을 한 결과, 정확도가 저하되는 시간대로 약 8시간정도 임을 추정 할 수 있었고, 48시간 3개의 데이터가 각각 14시~22시, 10시~18시, 5시~13시로 정확도가 저하되는 시간대가 변화하는 것을 알 수가 있었다. 이는 가시 인공위성수가 현저히 감소되어 PDOP값이 높아짐으로 생기며, 또한 인공위성의 주기가 정확히 12시간이 아니기 때문이라고 사료된다.

4) GPS 상시관측 자료를 활용함에 있어 방송궤도력만을 사용하는 것보다는 정밀궤도력을 사용함으로써 X좌표 RMSE 0.05m, Y좌표 0.10m, Z좌표 0.10m정도의 향상된 데이터 획득을 할 수 있었다.

참고문헌

1) 윤홍식, 황진상, (2001), GPS 상시관측소의 절대좌표 산정에 관한 연구, 한국측량학회, 제19권, 제4호, pp 415-423

2) 박필호, 박종욱, 조정호,"GPS 위성의 정밀궤도력에 의한 기선결정의 정밀도 향상에 관한 연구", 한국측지학회지, 제14권, 제2호, 1996, pp 199-207

3) www.ngi.go.kr 국립지리원