

## 국가기준점 망조정의 점검 및 평가

# Examination and Evaluation of Results of the National Wide Horizontal Network Adjustment

이영진<sup>1)</sup> · 최윤수<sup>2)</sup> · 권재현<sup>3)</sup> · 이흥규<sup>4)</sup>

Lee, Young Jin · Choi, Yun Soo · Kwon, Jay Hyoun · Lee, Hung Kyu

1) 경일대 건설정보공학과 교수 (E-mail : yjlee@kiu.ac.kr)

2) 서울시립대 공간정보공학과 교수 (E-mail : choiys@uos.ac.kr)

3) 서울시립대 공간정보공학과 교수 (E-mail : jkwon@uos.ac.kr)

4) 창원대 토목공학과 교수 (E-mail : hkyulee@cahngwon.ac.kr)

### Abstract

This paper focuses on examining and evaluating recent results of the national wide horizontal network adjustment which has carried out with respect to the Korean Geodetic Datum 2002 (KGD2002). To do this, 137 geodetic control points were observed by modern GPS technology. After processing all the observations, their outcomes are compared with ones provided by the national wide network adjustment. Results of GPS network show that RMSE is  $\pm 2.7\text{cm}$  and  $\pm 6.5\text{cm}$  in horizontal and vertical component, respectively. On the other hand, ones from comparison with EDM network indicate that RMSE is  $\pm 3.0\text{cm}$  in horizontal component.

## 1. 서론

우리나라는 2001년 12월 측량법이 개정되기 이전까지 국가 측지기준계로서 동경측지계를 사용해왔다. 하지만 우주측지기술의 고도화 및 실용화에 따라 전 세계가 세계측지계(지구중심좌표계)를 도입하여 위치기준을 재정립하였다. 이에 우리나라는 측량법 제5조를 개정하여 측량의 기준으로 세계측지계 도입을 명시하였고, 한국측지계2002(Korea Geodetic Datum 2002 : KGD2002)를 공표하였다.

따라서, 건설교통부 국토지리정보원에서는 정확한 한국측지계2002 성과를 산정하기 위해 30여년간 기준점 측량사업으로 획득된 관측데이터를 기반으로 GPS망조정과 EDM망조정을 실시하였다.

EDM망조정과 GPS망조정은 망조정을 위한 사전 준비작업을 거쳐 검증된 성과산출 절차를 이용하여 최종성과를 산출되었고, 안정된 망조정 성과를 검증하기 위해 망조정 과정과 최종조정성과에 대한 신뢰도를 평가할 필요성이 있다.

이를 위해 (주)범아엔지니어링에서는 GPS방식을 이용한 현지관측을 실시하였고, 본 연구에서는 EDM 망조정과 GPS망조정의 최종성과를 현지관측에서 측정된 관측데이터에서 산정된 성과와 비교하였고, 그 좌표차를 이용하여 통계값을 계산하여 망조정 정확도를 계산하였다.

## 2. 국가기준점 망조정 성과 이력

① KTN1910(Korea Triangulation Network of 1910) :

KTN1910은 1910년~1916년에 설정된 조선총독부의 삼각점 성과를 나타내며 기선측량과 삼각측량 방식에 의해 구성된 것으로서 당시 수준기점을 높이의 기준으로 사용한다.

② KTN1957(Korea Triangulation Network of 1957) :

KTN1957은 해방과 6.25 동란 이후 기설 삼각점을 조사하여 지리연구소와 국립건설연구소에서 삼각점의 긴급복구 작업을 통하여 잠정적으로 성과를 산정한 복구성과이며, 교회법에 의한 삼각측량방식을 사용하였다. 기설삼각점에 근거하여 고시된 성과로서 높이는 KLN1957을 이용한다.

③ KTN1987(Korea Triangulation Network of 1987) :

KTN1987은 지역적으로 전면 갱신한(전국으로 볼 때는 부분갱신) 성과로서 기설 1, 2등 삼각점(대삼각점) 중에서 선정된 삼각점을 고정점으로 하여 1974년에 착수한 1차망과 1987년 착수한 2차망을 조정한 것이다. 인천 수준원점을 근거로 동시조정된 수준성과 KLN1987을 이용한 것이다.

④ KGC2002(Korea Geodetic Coordinates of 2002) :

KGC2002는 “측지좌표2002”로 명명할 수 있으며, 세계측지계에 근거한 2002년 1월 1일 시점을 기준으로 하는 신 좌표체계에 의한 성과이며, 종래의 동경원점계와 완전히 다른 체계이며 GPS 등 위성측위시스템과 연동될 수 있다. 본 과업에서 산출해야 할 성과이다.

## 3. GPS 현지관측

GPS 현지관측은 EDM사업지구 내의 7개의 테스트지역에서 137점을 선정하여 2006년 6월 15일~10월 27일에 GPS관측을 실시하였다. 각각의 사업지구에서 취득된 GPS 관측데이터는 LGO static data processing 모듈을 이용하여 GPS상시관측점을 고정하여 매뉴얼 방식의 기선해석을 실시하였으며 측점 사이의 기선장을 고려하여 정밀계도력을 사용하였다.

기선해석을 통해 얻어진 기선벡터는 LGO network adjustment 모듈을 이용하여 최소제약조정 이후 사업지구내의 상시관측점과 모든 2등기준점을 고정하여 조정을 실시하고 최종적인 결과를 산출하였다.

표 1. GPS에 의한 현지관측 요약

테스트지역	관측기간	관측점수	고정점
부산	2006.7.17 ~ 2006.7.26	38	HE04, BM01
대구	2006.7.25 ~ 2006.7.27	26	TEGN, WD03, DD22
대전	2006.7.28 ~ 2006.7.31	21	BH05, GS06
광주	2006.7.16 ~ 2006.7.17	19	KWNJ, GX03
광양	2006.10.26 ~ 2006.10.27	7	GW01, NF06, GQ03
서산	2006.6.15 ~ 2006.6.16	6	SEOS, MB05
서울	2006.7.11 ~ 2006.7.14 2006.9.19 ~ 2006.9.20	20	SOUL, SH01, SN06

## 4. KGC2002 성과의 점검

### 4.1 GPS 사업지역

GPS망 조정성과의 점검을 위하여 GPS현지관측점 중에서 EDM과 GPS망 사이의 중복점에 해당하는 20점에 대하여 비교하였다. 이를 위하여 GPS현지관측 데이터를 GPS상시관측점 혹은 2등기준점을 고정하는 방식법에 의해 기선해석을 Leica의 LGO static data processing 모듈을 사용하여 기선해석을 실시하였다.

기선장을 고려하여 IGS에서 제공하는 정밀레도력을 사용하였으며 자료처리의 결과 모두 미지정수 고정해를 얻을 수 있었다. GPS현지관측 데이터의 기선해석 결과와 본 연구에서 얻어진 조정성과 사이의 차이를 비교한 통계값을 보면 수평방향의 경우 평균 2.3cm의 차이를 보였으며, RMS 값은 2.7cm로 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 이에 반하여 수직방향의 차이는 평균 5.5cm, 그리고 RMS는 6.5cm정도였다(표 2참조).

표 2. GPS조정성과와 현지검측 결과의 비교 통계표(단위: m)

좌표성분	평균	RMS	최대	최소
수평방향	0.023	0.027	0.057	0.000
수직방향	0.055	0.065	0.122	0.001

## 4.2 EDM 사업지역

2등기준점 및 3등경계점 좌표를 모두 고정하여 산출된 EDM지역의 최종성과와 GPS현지관측 데이터를 GPS2등기준점을 고정하여 산출된 결과를 비교하여 최종성과의 정확도를 검증하였고, 좌표의 비교는 경위도좌표와 평면직각좌표를 이용하였다.

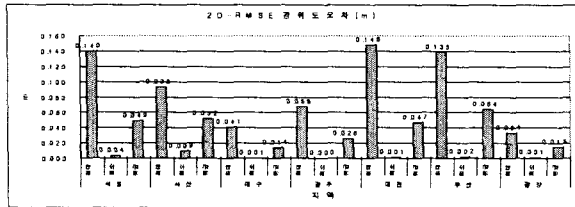


그림 1. 검측데이터와 최종성과의 비교(경위도)

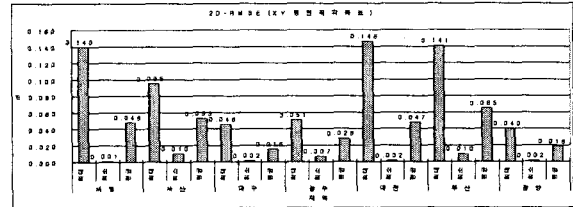


그림 2. 검측데이터와 최종성과의 비교(XY)

검측데이터와 EDM 최종성과와의 차이를 경위도 2D-RMSE 평균을 기준으로 했을 때, 부산에서 6.4cm로 가장 크게 나타났으며, 대구에서 1.4cm로 가장 작게 나타났다. 또한 서울, 대전, 부산에서는 검측데이터와 EDM 최종성과사이의 차이가 최대 14cm까지 차이가 발생하는 데이터도 있었다(그림 1참조). 평면좌표의 2D-RMSE 평균을 기준으로 했을 때에도 비슷한 결과를 보인다(그림 2참조).

## 5. 검측데이터를 이용한 망조정 시험

다양하고 많은 데이터를 이용하여 좀 더 나은 성과의 도출, 혹은 어떤 방법으로 선택한 고정점이 최적인지를 판단하기 위하여 부산·마산지역, 나주·광주지역, 광양·순천지역, 대구·경남지역 등 4개 지역을 시험지역으로 하여 다음 3가지로 구분하여 조정결과를 분석하였다.

- ① 2등점과 3등 경계점을 고정점으로 사용한 경우,
- ② 2등기준점과 검측데이터를 사용한 경우,
- ③ 2등기준점과 검측데이터, 그리고 3등 경계점 좌표를 고정점으로 사용한 경우

여기서, 3등경계점좌표는 GPS망조정지역과 EDM망조정지역의 경계에 위치한 중복점 좌표를 의미한다.

부산·마산 지역을 제외하고 나머지 3개 지역은 2등기준점과 검측 데이터를 고정점으로 사용한 경우가 다른 고정점을 사용한 경우보다 양호한 결과를 얻었고, 2등기준점과 3등 경계점을 고정한 경우와 2등기준점, 3등 경계점 그리고 검측 데이터를 모두 고정한 경우는 매우 유사한 결과를 얻었다. 그러나 부산지역은 2등기준점 및 3등 경계점을 고정한 경우에 가장 좋은 결과를 얻었고, 2등기준점 및 검측 데이터를 고정한 경우, 2등기준점과 검측 데이터, 그리고 3등 경계점 모두를 고정한 경우에는 결과가 좋지 않았다.

결론적으로 2등기준점 및 3등 경계점좌표를 고정하는 경우 가장 양호한 결과가 나타났으며, 이를 근거로 EDM망조정의 최종성과산정 방식에 적용하였다.

표 3. 최종성파로 사용되는 2등기준점 및 3등 경계점좌표를 고정한 결과

2등 기준점 + 3등 경계점					
파일명	지역	미지점	고정점	Mean square error (단위 :초)	S.D. of baseline (단위:cm)
95PC.dat	부산·마산	189	24	2.13	0.131
96KY.dat	광양·순천	137	40	1.71	0.113
96NK.dat	나주·광주	217	48	1.86	0.103
552.dat	대구·경남	687	137	1.37	0.089

표 4. 2등기준점 및 검측데이터를 고정한 결과

2등 기준점 + 검측 데이터					
파일명	지역	미지점	고정점	Mean square error (단위 :초)	S.D. of baseline (단위:cm)
95PC.dat	부산·마산	175	38	2.4	0.148
96KY.dat	광양·순천	173	4	1.407	0.091
96NK.dat	나주·광주	248	17	1.39	0.077
552.dat	대구·경남	787	37	1.253	0.08

표 5. 2등기준점 및 3등경계점과 검측데이터를 고정한 결과

2등 기준점 + 검측 데이터 + 3등 경계점					
파일명	지역	미지점	고정점	Mean square error (단위 :초)	S.D. of baseline (단위:cm)
95PC.dat	부산·마산	156	57	2.85	0.178
96KY.dat	광양·순천	134	43	1.71	0.113
96NK.dat	나주·광주	201	64	1.95	0.109
552.dat	대구·경남	667	157	1.42	0.092

## 6. 결론 및 요약

본 연구의 목적은 GPS방식과 EDM방식으로 산정된 KGC2002 성과의 결과를 점검하는 것이다. 따라서, 최종성파의 결과를 점검을 위해 EDM사업지역 중 7개의 테스트지역에서 137점을 선정하고, GPS방식을 이용한 현지관측이 실시되었다.

GPS망조정의 최종성파를 점검하기 위해 GPS현지관측 데이터에서 방사기선해석 방식으로 산정된 20점의 좌표와 비교하였다. 그 결과 수평방향에서 평균은 2.3cm, RMS는 2.7cm이고, 수직방향에서는 평균이 5.5cm, RMS가 6.5cm의 차이가 나타났다.

EDM지역의 최종좌표(GPS에 의해 산정된 2등기준점과 3등기준점과의 중복점을 고정하여 산출된 )와 현지관측 내에 포함된 2등기준점을 고정한 현지검측 조정성파를 비교하였다. 경위도 차이에 대한 2D-RMSE 평균을 비교한 결과 부산이 6.4cm로 가장 크게 나타났으며, 대구가 1.4cm로 가장 적게 나타났다.

## 참고문헌

1. Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, H., Collins, J. (1997). *GPS theory and practice*, Springer-Berlag /Wien, Austria.
2. Rizos, C. (1996). *Principle and practice of GPS surveying*, School of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Sydney, Australia
3. Paul, R. W., Charles, D. G (1997), *Adjustment computation(static and least squares in surveying and GIS)*, John Wiley & Sone, Inc