

## 국가기준점 망조정을 위한 GPS 3등기준점 기선해석 Baseline Analysis for 3<sup>rd</sup> order GPS Network Adjustment

이영진<sup>1)</sup> · 정광호<sup>2)</sup> · 권찬오<sup>3)</sup> · 송준호<sup>4)</sup> · 조준래<sup>5)</sup> · 남기범<sup>6)</sup>

Lee, Young Jin · Jeong, Kwang Ho · Kwon, Chan O, Song, Jun Ho · Cho, Jun Rae · Nam, Gi Beom

- 1) 경일대 건설정보공학과 교수 (E-mail : yjlee@kiu.ac.kr)
- 2) 경일대 대학원 박사과정 (E-mail : 51tk3901@hanmail.net)
- 3) 경일대 대학원 박사과정 (E-mail : kambel@hanmail.net)
- 4) 경일대 대학원 석사과정 (E-mail : teufelsong@hanmail.net)
- 5) 경일대 대학원 석사과정 (E-mail : yjhjyr@nate.com)
- 6) 경일대 건설정보공학과 학부과정 (E-mail : gipom@nate.com)

### Abstract

The GPS baseline processing and the network adjustment was required a preliminary classification and check for effective work because the observation data of GPS 3<sup>rd</sup> order control points are enormous attain to about 12,000 points. Particularly, in baseline processing and network adjustment, a inaccuracy GPS antenna heights and point names yield a gross error or a S/W computation error. For the baseline processing of observation data, the related all materials were collected and were required a final check. The factor occurring a error, in GPS the baseline processing, were inspected variously after a checking observation data. Also, baseline processing method of GPS 3<sup>rd</sup> order control points were commented and the analysis carry out a results with a experiment. The ellipsoidal distance and height of duplication baseline was compared between adjoin campaign areas for a accuracy analysis of baseline processing. According to the result, the mean is about 1cm for horizontal direction and about 2cm for vertical direction.

## 1. 서론

우리나라에서는 세계측지계 기반의 한국측지계(KGD2002)를 새로 도입함에 따라 건설교통부 국토지리정보원에서는 30여년간 확보한 모든 국가기준점측량 데이터를 대상으로 망조정을 실시하게 되었다.

본 논문에서는 그 일환으로 수행된 GPS방식에 의해 관측된 삼각점을 대상으로 GPS3등기준점망의 데이터정리와 기선해석의 방법과 내용을 중심으로 기술하고자 한다.

요약하면, 관측데이터의 정리, 관측점명과 안테나고의 점검, 기선해석 방법 검토 등 기선해석 준비과정을 거쳐 총 69개의 GPS3등기준점 사업지구 중 40개의 기선채처리 지구를 선정하여 해당지역에 대한 재기선처리를 실시하고, 사업지구간 중복기선에 대해서 타원체상의 거리와 타원체고의 차이를 비교함으로써 기선해석의 신뢰성을 검토하였다.

## 2. GPS 3등기준점 관측데이터

GPS 3등기준점측량사업은 1997년에 4개 지구를 시작으로 2005년까지 총 69개 사업지구에 대하여 인접한 사업지구와의 중복점을 포함하여 11,012점의 삼각점에서 관측을 실시하였다. 또한 삼각점의 정표고 결정을 위한 측표수준측량(GPS leveling)을 위하여 총 1,138점의 수준점에 대한 관측이 함께 이루어졌다. 관측은 “GPS에 의한 기준점측량 작업규정”에 따라 충분한 중복도를 고려하여 30초의 저장간격으로 4시간 이상 실시되었다. 상위등급의 기준점과의 연결을 위해 2등기준점과 사이의 연결관측이 이루어져 국가기준점의 계층적 구성이 가능한 형태이다. 표 1은 GPS 3등기준점측량 사업의 기간과 사업지구의 수, 그리고 관측점의 개수 등을 요약하고 있다.

표 1. GPS 3등기준점 측량사업내용의 요약

사업연도	사업기간	사업 지구의 수	관측점의 수	
			삼각점	측표수준점 (수준점)
1997년	1997.05.13 ~ 1997.12.17	4	454	-
1998년	1998.04.01 ~ 1998.11.29	7	504	-
1999년	1999.03.12 ~ 1999.10.12	7	460	-
2000년	2000.04.19 ~ 2000.11.26	6	417	69
2001년	2001.03.30 ~ 2001.12.14	7	1048	61
2002년	2002.03.29 ~ 2002.12.04	9	1347	123
2003년	2003.04.10 ~ 2003.12.20	11	2201	194
2004년	2004.04.23 ~ 2004.12.28	11	2498	323
2005년	2005.02.24 ~ 2005.11.30	7	2083	368
합계		69	11,012	1,138

효율적인 GPS기선처리를 위해서는 10여년간 관측사업을 통해 획득된 방대한 GPS관측데이터의 체계적인 분류 및 정리 작업이 필요하다. 3등기준점측량사업에 대한 납품성과물들은 전산 파일 혹은 문서로 제출되었다. 전체 납품성과물들을 획득하였고, 그 중 관측데이터(Raw, RINEX), 관측망도 및 세션도, 관측 기록부(관측수부)등은 GPS기선처리 및 관측데이터의 점검을 위해 필수적으로 정리하였다.

프로젝트 백업파일과 기선해석 결과파일은 망조정 시 GPS기선재처리 과정이 없이 기 처리된 기선백터를 획득하고자 할 경우 필요하다. 또한, 관측점의 이설 및 재설여부 등을 점검하기 위해 삼각점 대장과 용역보고서를 정리하였으며, 추후 구성할 망조정 블록의 결정을 위해 기선처리 S/W의 종류를 점검하였다.

이와 같이 분류된 관측데이터의 성과품들은 전산파일은 년도별, 사업지구별로 폴더를 구성하여 저장하였으며, 문서파일들은 또한 체계적으로 분류하였다.

사업 연도	사업 지구	원시 데이터	RINEX 데이터	프로젝트 백업파일	기선해석 결과파일	망도	기선해석 S/W구분
1997년	부안	○	○	-	○	○	Trimble
	고창	○	-	○	○	○	Trimble
	합성	○	○	○	○	-	Trimble
1998년	합성	-	○	-	-	○	-
	동곡지구	○	○	○	-	○	Leica
	밀양지구	○	○	-	○	○	Trimble
	밀양	○	○	○	-	-	Leica
	영암	○	○	○	-	-	Leica
	영암	○	○	○	-	○	Leica
1999년	합성	-	○	-	-	○	-
	합성	○	○	○	○	○	Trimble
	북포	○	○	○	○	○	Trimble
	부안	○	○	○	-	○	Trimble/Leica
	영암-1	○	○	○	○	○	Trimble
	영암-2	○	○	○	-	○	Trimble
	와산	○	○	○	-	○	Trimble
장성	○	○	-	-	○	-	
장성	○	○	○	-	○	Trimble/Leica	

그림 1. 납품성과품의 점검 현황의 예

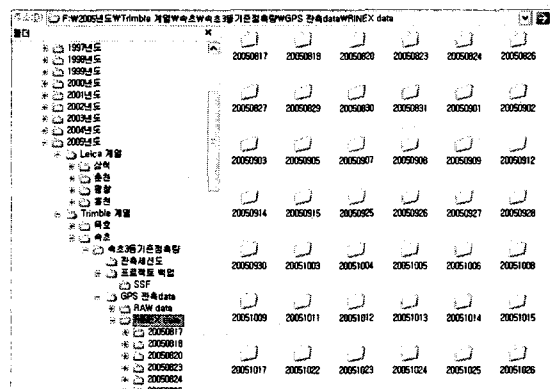


그림 2. GPS 3등기준점측량 관측데이터의 분류와 저장

### 3. 기선해석 준비

GPS3등기준점측량 사업 초기에는 특정한 체계 없이 임의로 관측점명을 부여하였다. 이러한 문제는 지구 간 혹은 블록간의 데이터를 통합하여 망조정할 경우 중복점의 점명오류로 S/W상이나 계산상의 치명적인 오류 및 최종성과 고시에서 의 혼란을 유발한다. 따라서, 본 연구에서 2001년 1월에 고시한 1:50,000 수치지형도의 도엽명 코드 두 자리와 삼각점 코드 두 자리를 조합하여 부여하는 방법으로 통일된 관측점명을 부여하였다.

GPS망조정에서 관측데이터의 처리에 부정확한 안테나고의 입력이 과대오차를 유발하는 가장 큰 원인이다. 특히, GPS 안테나고는 측점에서 안테나의 위상중심점(APC: Antenna Phase Center)까지의 연직높이로 정의되나 이를 직접 측정할 수 있는 방법이 없어 제조회사에 따라 다양한 방법으로 측정과 입력이 이루어진다. 즉, Trimble과 Topcon계열의 수신기는 위상중심점까지의 높이측정을 위해 현장에서 관측된 경사거리를 연직거리로 환산하는 작업이 필요하며, Leica계열의 수신기는 ARP(Antenna Reference Point)까지의 높이 측정을 원칙으로 하는데, 현장에서 관측된 줄자의 측정길이에 하이트혹 정수를 추가적으로 계산하였다. 또한, ARP까지 높이 측정이 된 경우 위상중심점까지의 거리로 보정하기 위해 각 제조사별 정확한 안테나 오프셋값을 기서처리 S/W에 import하여 자동계산이 이루어지게 하였다.

본 연구에서 사용되는 3등기준점등 경우에는 GPS상대측량의 길이가 단기선에 해당하는 2km~5km 정도이기 때문에 기선장에 따른 오차의 크기가 미소하여 어떠한 처리기법을 사용하더라도 거의 동일한 결과가 예상되어 기존에 납품된 기선해석의 결과의 사용이 가능할 것으로 판단된다. 따라서, 납품성과품의 점점에 문제가 발생한 경우에 대해서만 추가적인 기선해석을 하였다.

본 연구에서는 69개의 사업지구의 납품성과품의 점검을 통하여 프로젝트 백업파일이 확보되지 못한 경우, 프로젝트 백업파일을 신뢰할 수 없는 경우 그리고 Leica 혹은 Trimble 이외의 소프트웨어를 사용한 경우의 기선을 재처리해야 할 사업지구를 선정하였다.

### 4. GPS관측데이터의 기선해석

GPS망조정은 ECEF(Earth Centered Earth Fixed) 좌표계상의 X, Y, Z 방향의 기선 요소벡터와 이들의 불확실성을 나타내는 분산-공분산 행렬을 사용하며 이것들은 GPS 원시관측데이터의 기선해석으로부터 얻어진다.

LGO를 사용하여 GPS관측데이터의 전면재처리를 실시한 2등기준점과 달리, 3등기준점은 데이터와 사업지구의 수와 관측데이터의 방대성으로 인하여 전면적인 재처리에 어려움이 있다. 3등기준점망의 경우 측정들 사이의 기선장이 2km~5km정도의 GPS 단기선으로 안테나고와 같은 입력값에 문제가 없다면 모든 양호한 결과를 예상할 수 있다.

따라서, 위 세 가지 기준에 의해 선정된 3등기준점측량의 재기선해석 사업지구는 69개 중에서 40개 지구이며, 재처리된 기선의 수는 약 16,000 여개이다. 재기선해석시 망조정을 위해 구성된 블록에 맞게 Leica사와 LGO S/W와 Trimble사의 TGO S/W를 사용하였으며, 2등기준점망의 경우와 같이 static data processing module로 처리하였다.

3등기준점측량의 경우, 그 기선장이 2km~5km이기 때문에 관측값에 이중차분을 적용하면 관측잡음과 다중경로를 제외한 모든 오차들이 대부분 소거되기 때문에 미지정수의 결정의 효율성을 높이기 위하여 L1과 L2의 이중주파수를 모두 사용하고 최종 기선벡터의 해를 구하기 위해서는 L1 반송파만을 사용하였다. 이러한 기선 재처리를 통하여 모든 미지정수 고정해(ambiguity fixed solution)를 구할 수 있었다.

### 5. 기선해석의 결과 및 분석

선정된 40개 사업지구에 대해 16,000개 이상의 기선에 대해 재처리가 이루어졌다. 처리결과의 방대성으로 인하여 모든 중복기선에 대해 그 차이를 비교하지 못하고 조정작업에서 블록망의 구성의 적절성을

파악하기 위하여 인접 사업지구와의 중복기선에 대해 수평성분인 타원체상의 거리와 수직성분인 타원체고의 차이를 모두 계산하여 그 결과를 명확하게 보여주기 위하여 평균값들은 그림 3에 나타내었다.

비교의 결과를 살펴보면 수평방향의 경우 1cm정도의 일치를 보여주고 수직방향의 경우 대체로 약 2cm정도의 일치함을 보여준다. 이러한 결과는 2등기준점의 결과에 비해 매우 양호한 것으로 3등기준점망의 기선이 상대적으로 짧기 때문에 얻을 수 있는 결과였다.

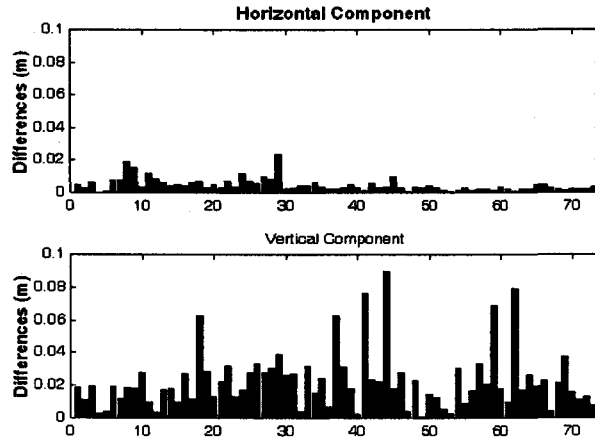


그림 3. 사업지구간 중복기선 차이의 평균값

## 6. 결론 및 요약

본 연구에서는 GPS관측지역의 3등기준점망조정을 위하여 대규모 데이터에 대한 GPS기선해석을 실시하였다. GPS3등기준점의 관측데이터는 총 69개의 사업지구에 약 12,000점에 이르는 방대한 자료로서 기선해석과 망조정 작업을 효율적으로 수행할 수 있도록 사전에 정리 및 점검을 하였다.

부정확하게 입력된 GPS안테나고와 측점명 등 기선해석과 망조정에서 과대오차 혹은 데이터 처리 소프트웨어 연산오류를 일으키는 요소에 대해 철저한 검토가 이루어졌다. GPS관측데이터의 기선해석을 위해서 관련된 모든 자료를 확보하고, 관측데이터들에 대한 최종 점검작업과 GPS기선해석에서 오차를 유발하는 요인들에 대한 다양한 검토가 이루어졌다. 3등기준점의 기선해석 방법을 결정하고, 69개 사업지구 중 40개의 재기선해석 지구를 선정하여 총 16,000여점을 기선해석 하였다.

기선해석의 결과를 분석을 위하여 인접사업지구와의 중복기선의 타원체상 거리와 타원체고의 차이를 계산하였다. 그 결과 수평방향에서 1cm, 수직방향에서 2cm의 차이가 나타났다.

## 참고문헌

1. 이영진 (1993), GPS위성의 P코드/위성측정용 2주파수 수신기에 의한 정밀측위, 대한토목학회논문집, 제13권, 제2호, pp.219-228.
2. 이영진, 이흥규, 정광호 (2006), GPS망조정에 의한 세계측지계의 국가기준점 성과산정, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.275-278.
3. Lee, Y.J., Lee, H.K, Jung, G. H. (2006), Realization of new Korean horizontal geodetic datum : GPS observation and network adjustment, Proceedings of IAIN/GNSS, pp. 529-534.