

GPS망조정에 의한 세계측지계의 3등기준점 성과산정 The 3rd order GPS Network Adjustment to Determine KGD2002 Coordinate Sets

이영진¹⁾·이흥규²⁾·정광호³⁾·송준호⁴⁾

Lee, Young Jin·Lee, Hung Kyu·Jeong, Kwang Ho·Song, Jun Ho

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

²⁾ 창원대학교 토목공학과 교수 (E-mail : hkyulee@cahngwon.ac.kr)

³⁾ 경일대학교 대학원 박사과정 (E-mail : 51tk3901@hanmail.net)

⁴⁾ 경일대학교 대학원 석사과정 (E-mail : teufelsong@hanmail.net)

Abstract

This paper describes general procedure and results of the GPS 3rd order network adjustment which has been carried out for determining coordinates sets with respect to new Korean Geodetic Datum, so-call Korean Geodetic Datum 2002 (KGD 2002). The adjustment begins with minimally constrained adjustments with respect to each of the 69 campaign networks. This was followed by constructing and adjusting sixteen block network. After detecting and removing outliers in the observation file, an attempt was made by applying the empirical stochastic modeling techniques used in the 2nd order network adjustment, so as to determine the magnitude of absolute and relative error for the estimated baseline vector from the GPS data processing. The over constrained adjustment were, in sequence, performed against each of the block network. In this adjustment, both of the 2nd order control points in the block network and the 3rd order control points overlapped with adjacent network whose coordinates were already determined from a preceding adjustment. The final adjustment results have shown that the accuracy of the 3rd order network adjustment was better than 1cm and 2cm in horizontal and vertical component, respectively.

1. 서론

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

본 논문에서는 기선해석결과인 기선벡터로부터 망조정 소프트웨어를 사용하여 최종성과인 KGC2002(Korea Geodetic Coordinates of 2002)좌표를 산출하는 방법과 내용을 중심으로 기술하고자 한다.

요약하면, 3등기준점의 성과산출 절차에 따라 69개의 사업지구를 16개의 블록으로 구성하고, GPS3등기준점의 기선처리에 의해 생성된 총 12,000여점에 대한 41,853개의 기선벡터를 이용하여 과대오차의 검출과 소거를 위해 최소제약조정과 통계모델의 계산을 위한 중량평가를 실시하였다. 그리고, 최종성과를

산정하기 위하여 다점고정조에 의한 망조정을 실시하고, 그 결과를 분석하였다.

2 성과산출 절차

3등기준점의 성과산정을 위한 망조정은 아래와 같이 네 단계로 실시하였다.(그림 1 참조).

① 69개의 각 사업지구를 하나의 망으로 하여 1점의 2등기준점을 고정하여 최소제약조정(minimally constrained adjustment)을 실시하고 4장 1절에 설명된 Tau검정을 사용하여 과대오차를 검출하여 소거하였다.

② 16개의 블록망을 형성한 후 각 블록망에 대해 최소제약조정을 실시하고 사업지구 통합시 불일치를 일으키는 과대오차를 검출하여 소거하였다.

③ 한 사업지구(2003년 가야지구)를 선정하여 LGO와 TGO에 의해 처리된 기선벡터를 사용하여 경험적모델링을 실시한 후 모든 분산-공분산 행렬을 수정하였다.

④ 블록내의 모든 2등기준점을 고정하여 다점고정에 의한 조정(over constrained adjustment)을 실시한 이후 두 블록의 중복점의 좌표를 비교하여 블록망 사이의 일치의 정도를 평가하고 중복점에 대한 이중의 성과가 산정되는 것을 방지하기 위하여 블록내의 모든 2등기준점과 이전 단계에서 산정된 중복점의 좌표를 모두 고정하는 다점고정 망조정을 실시하고 3등기준점의 최종성과를 산정하였다.

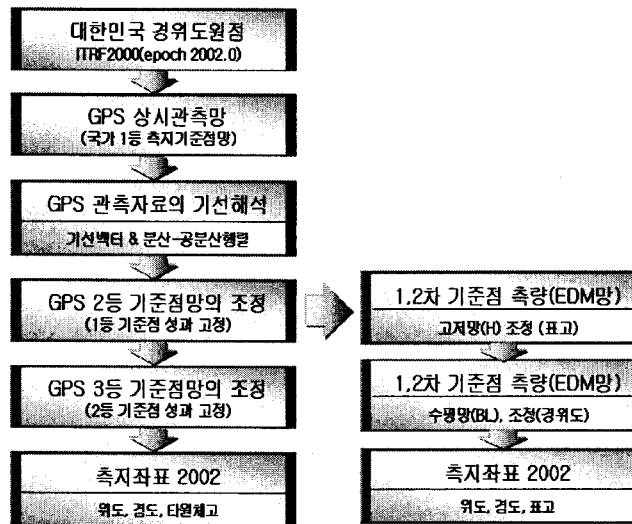


그림 1. GPS망조정에 의한 국가기준점의 세계측지계 성과산정 절차

3. 조정데이터와 블록망의 구성

GPS3등기준점망조정에서는 조정 작업을 효율적으로 수행하기 위하여 총 69개 지구의 기선벡터를 하나의 입력파일로 작성한 이후 파일의 확장자를 "GPS"로 하여 저장하고, 파일의 형식은 Geolab의 IOB 파일의 형식을 따르도록 하였다.

각각의 사업지구망조정을 위해서는 기선벡터 파일과 동일한 이름을 사용하고 확장자를 IOB로 하는 컨트롤 파일을 작성하여 Geolab의 "include" 명령을 사용하여 입력하도록 하였다. 이에 반해 통합망의 조정에서는 컨트롤 파일인 "INT-ALL.ION.IOB" 파일을 작성하여 모든 사업지구에 해당하는 기선벡터 파일을 "include" 명령을 사용하여 입력할 수 있도록 계층적으로 구성하였다.

3등기준점망의 경우 2개 이상의 사업지구를 하나로 통합하여 구성하는 블록망이 조정의 기본단위이기 때문에 2등기준점망의 경우와 유사하게 각 사업지구 단위로 기선벡터 입력파일을 작성하고 블록망의 조정을 위해 하나의 컨트롤 파일을 작성하여 블록망에 포함되는 모든 사업지구에 해당하는 기선벡터 파일을 입력

하도록 하였다.

이러한 입력파일의 구성은 추후의 3등기준점망을 하나의 망으로 구성하여 통합 망조정 계산절차를 대비하도록 하였다. 기본적으로 3등기준점의 사업지구망조정은 기선해석 소프트웨어의 망조정모듈을 사용하기 때문에 조정을 실시하고 검출되는 과대오차들을 모두 소거한 후 IOB 형식의 파일로 변환하였다.

GPS3등기준점은 69개 사업지구에 대해 중복점을 포함하여 총 11,012점의 삼각점에 대한 관측이 이루어졌으며 망조정에 사용될 기선벡터는 약 41,853개이다. 이러한 방대한 자료를 하나의 통합망으로 하여 처리하는 것에 많은 어려움이 있기 때문에 본 연구에서는 16개의 블록망을 구성하였다.(그림 2참조)

블록망의 구성은 동일한 년도에 관측사업이 이루어진 인접 사업지구들에 대하여 기선해석에 사용된 소프트웨어가 동일한 것을 하나의 블록망으로 구성하였다. 특히 1997년~2001년에 관측점의 수가 많지 않았기 때문에 각 사업연도에 이루어진 모든 사업지구를 하나의 블록망에 포함시켰으며, 1997년 한산지구, 2004년 울릉지구 그리고 2005년 제주지구는 다른 사업지구와의 연결이 없었기 때문에 독립 블록으로 구성하였다.

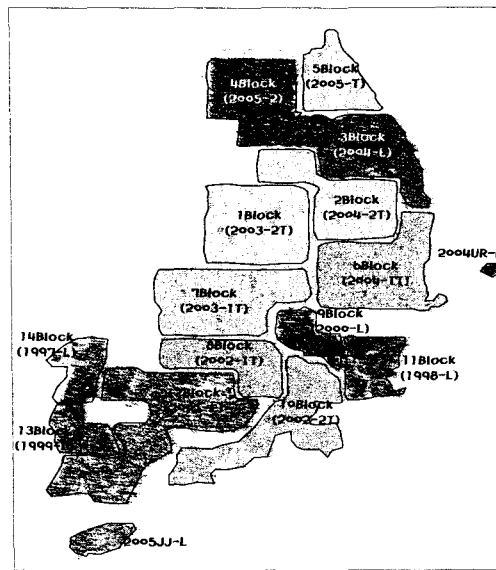


그림 2. 3등기준점 블록망의 구성도

4. 3등기준점망의 최소제약조정 및 중량

체계적인 과대오차의 검출과 소거를 위하여 우선 69개의 사업지구 각각을 하나의 망으로 하여 사업지구내의 2등기준점 1점을 고정하여 최소제약조정을 실시하였다.

조정작업의 효율성 높이기 위하여 사업지구망의 최소제약조정에는 GPS관측데이터의 기선해석에 사용한 LGO 혹은 TGO의 망조정 모듈을 이용하여 실시하고 표준화잔차에 대하여 Tau검정을 실시하여 과대오차를 검출하여 소거하였다. 그후에 16개의 블록망을 구성한 이후 Geolab™을 사용하여 블록망내 1점의 2등 기준점을 고정하여 블록별로 최소제약조정을 실시하였다.

사업지구망과 블록망의 최소제약조정 이후에 최종 성과산정에 사용될 경험적 통계모델링에 필요한 식의 절대오차 a 와 상대오차 b 를 결정을 위하여 전체 사업지구 중에서 2003년 가야지구를 선정하여 LGO와 TGO에 의해 기선해석을 두 번 실시하고 각각 최소제약조정 조정을 실시하였다. 두 가지 기선해석 소프트웨어에 의해 얻어진 기선벡터를 사용한 조정을 실시하고 χ^2 검정을 실용적으로 통과할 수 있는 수평과 수직방향의 절대오차와 상대오차의 크기를 표 1과 같이 결정하였다. 이 작업을 위하여 GPS기선해석으로부터 얻어진 기선벡터와 분산-공분산 행렬을 수정할 수 있는 소프트웨어를 개발하여 사용하였다.

표 1의 값들을 사용하여 모든 분산-공분산 행렬을 수정한 이후 각각의 블록망에 대해 최소제약조정을 다시 실시하였다. 사용된 통계모델의 적합성과 추정된 좌표들의 개략적인 절대 정확도를 살펴보기 위하여 블록망에서 조정을 통해 얻어진 2등기준점의 좌표와 2등기준점 조정을 통해 얻어진 좌표를 비교하였다.

표 1. 등기준점망 조정의 경험적 통계모델링에 오차와 상대오차의 크기

절대오차 크기(a)		상대오차 크기(b)	
수평방향	수직방향	수평방향	수직방향
5mm ($a_E = a_N = 2.8\text{mm}$)	10mm	0.5ppm ($b_E = b_N = 0.28\text{ppm}$)	1ppm

5 다점고정 조정 및 계산

3등기준점의 최종성과 산정을 위한 블록망의 조정은 블록내에 포함된 2등기준점과 인접한 블록의 중복점의 성과가 이중으로 산정되는 것을 방지하기 위하여 블록간 중복점을 고정점으로 하는 다점고정을 실시하였고, 전체 망의 중앙부에 해당하는 2003-2T 블록으로부터 순차적으로 14개의 블록에 대해 각각 망조정을 실시하고, 1997HS-L, 2004UR-L와 2005JJ-L은 울릉도와 제주도로 각각 블록망 내의 2등 기준점만을 고정하여 최종 조정을 실시하고 3등 기준점 9,296점(중복점 제외)의 성과를 산정하였다.

총 14개의 블록망조정의 결과를 요약하였고, 3등 기준점 각 블록망의 조정망도와 95%확률에 대한 절대오차타원과 오차막대를 도시한 결과 충분한 잉여관측값이 사용되었음을 알 수 있었다. 특히 조정좌표의 절대 정확도를 나타내는 95% 확률에 대해 계산된 측점의 절대오차타원의 장축과 오차막대의 크기의 평균값과 표준편차를 고려할 때 수평방향의 경우 1cm, 그리고 수직방향의 경우는 2cm 정확도로 조정좌표가 산정되었음을 알 수 있다. 이는 2등기준점을 고정한 결과로 고정점의 좌표에 포함된 오차의 크기를 고려한다면 이보다 낮게 평가될 수 있다.

5. 결론 및 요약

본 연구에서 GPS3등기준점의 기선처리에 의해 생성된 총 12,000여점에 대한 41,853개의 기선벡터를 이용하여 최종성과를 산정하는 마지막 단계인 다점고정에 의한 망조정까지의 과정과 방법 및 결과에 대해 설명하였다.

Geolab에서 망조정이 실시될 조정데이터의 구성에 대한 설명과, GPS망조정을 위한 조정계산의 절차와 조정블록의 구성 및 망조정 순서에 대해 살펴보았고, 3등기준점 조정 계산을 실시하는데 과대오차의 검출과 소거를 목적으로 2등기준점 1점에 의한 최소제약조정과 최종성과 산정을 위해 다점고정에 의한 망조정을 실시하였다.

최소제약의 경우 95% 확률에서 측점 간의 상대오차 타원의 장축과 오차막대의 길이에 대한 분석도 하였는데 수평방향 1cm이내, 수직방향 2cm 이내로 타나났으며, 다점고정조정의 경우 95% 확률에서 측점의 절대오차타원의 장축과 오차막대의 크기의 평균값과 표준편차를 고려할 때 수평방향의 경우 1cm, 그리고 수직방향의 경우는 2cm 정확도로 조정좌표가 산정되었다.

참고문헌

1. 이영진 (1998), 3차원 기선벡터망 조정기법에 의한 국가기본점의 성과산정(KTRF94), 한국측지학회지, 제16권, 제1호, pp.85-94.
2. 이영진, 이흥규, 정광호 (2006), GPS망조정에 의한 세계측지계의 국가기준점 성과산정, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.275-278.
3. 이영진 외 (2007), 국가기준점 망조정을 위한 GPS 3등기준점 기선해석, 한국측량학회, 춘계학술발표대회.
4. 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.