지적측량에서 RTK-GPS의 효율적 적용을 위한 정확도 분석 연구

홍성언*, 이우화**
*청주대학교 지적학과, **대한지적공사 충북본부
*e-mail:hongsu2005@cju.ac.kr,**lwh1974@hanmail.net

A Study on the Accuracy Analysis of RTK-GPS for Cadastral Surveying Application

*Sung-Eon Hong,**Woo-Hwa Lee
*Cheongju University,**Korea Cadastral Survey Corporation

요 약

본 연구에서는 기준국을 달리함으로써 관측 횟수를 달리하여 RTK-GPS 측량을 시행하여 보고 이에 대한 정확도 분석을 토대로 지적측량에 효율적인 적용 방안을 제시하여 보고자 하였다. 실험지역을 선정하고 기준국을 달리하여 관측 후 기존 TS 성과와 비교한 결과, 제1기준국은 X좌표의 RMSE가 ±0.024m, Y좌표의 RMSE가 ±0.016m로 산출되었고, 제2기준국은 X좌표의 RMSE가 ±0.040m, Y좌표의 RMSE가 ±0.029m로 산출되었다. 이는 모두 현행 지적법령에서 규정하고 있는 성과인정 범위 이내의 오차이고, 더불어 두 성과의 차이는 크지 않았다. 따라서 GPS 위성자료 수신에 장애가 없다면 1회 관측으로도 충분히 안정적인 성과의 취득이 가능한 것으로 나타났다. 다만, 측량 환경에 따라 주변에 수신에 제약을 받는 요소가 있다면 이러한 지역에 대해서는 성과의 안정적인 취득을 위해 2회 이상의 관측이 필요할 것으로 판단된다.

1. 서 론

지적측량은 일필지 경계점의 위치를 결정하고자 지적삼각측량에서부터 시작하여 지적삼각보조측량, 지적도근측량, 지적세부측량 순으로 진행된다. 현재 지적삼각측량과 지적삼각보조측량은 스테틱(static) GPS측량 기술이 이용되고 있고, 지적도근측량에는 TS(Total Station) 측량 방법이 이용되고 있으며, 지적세부측량에서는 도해와 수치지역을 막론하고 전자평판측량이 이용되고 있다.

GPS측량 방법 중 RTK(Real Time Kinematic)-GPS측량 방법은 기지국을 중심으로 변조장치(Modem)를 이용하여 이동국에 오차량을 전송함으로써 이동국의 위치정확도를 향상시키는 실시간 동적 GPS 측의 방식이다.[1-3] 이러한 RTK-GPS 측량은 지도제작 분야나 RTK-GPS와 토탈스테이션을 이용한 도로선형분석 및 GSIS 구축 등 그 활용범위가 증대하고 있다. 나아가 모바일 매핑(mobile mapping), 긴급통신(emergency communication), 원격통신(telecommunication), 재해방지(the prevention of disaster) 등으로 활용범위가 확대되고 있다.[4-5]

지적측량 분야에서는 수신에 제약을 받지 않는 농경지, 개활지 등의 측량에서는 기존 지적세부측량 방법과 더불어 효율적으로 적용할 수 있는 방법이다.

이러한 효율성에 입각하여 기존 연구에서는 RTK-GPS 측량을 세부측량에 적용하기 위해 정확도 및 효율성의 분석에 관한 여러 연구가 있어왔다.[6-7] 이러한 많은 선행 연구를 통하여 지적세부측량 분야에 RTK-GPS 측량을 적용하기 위해 세부지침을 제정하기 위한 작업이 이루어지고 있다. 그러나 보다 효율적으로 RTK-GPS 측량을 적용하기 위해서는 지침의 작업시 대상지역의 위성자료 수신 환경 및 여건 등을 고려하여 최적의 측량 횟수 등이 결정되어야 한다.

본 연구에서는 기준국을 달리함으로써 관측 횟수를 달리하여 RTK-GPS 측량을 시행하여 보고 이에 대한 정확도 분석을 토대로 지적측량에 효율적인 적용 방안을 제시하여 보고자 한다.

2. 관측 및 자료취득

2.1 관측

연구에서는 RTK-GPS 관측을 위해 실험대상 지역으로 충청북도 청주시 흥덕구 성화 택지개발지구 내 일부지역을 연구대상지역으로 선정하였다. 연구대상지역은 최근 택지개발이 이루어진 지역으로 기존 토

탈스테이션(TS)에 의한 관측성과가 존재하고, 현장의 필지 경계점 표지의 보존상태가 대체적으로 양호하여 RTK-GPS 관측 성과와 정확한 비교가 이루어질 수 있을 것으로 판단하여 연구지역으로 선정하였다.

관측 방법은 동일 대상지역에 대하여 기준국을 달리하여 2회 독립관측을 시행하였다. 이는 1회 관측에 의하여 성과결정이 가능한지, 아니면 2회 이상 관측을 하여야 성과의 안정성을 확보할 수 있는지에 대한 분석을 기초로 효율적으로 현장에 적용할 수 있는 방법을 찾고자 함이다. 다시 말해 관측 횟수의 경우, 실제 현장에서 작업수행시 시간소요 정도를 결정할 수 있는 중요한 요인이기 때문이다.

따라서 연구에서는 실험측량을 함에 있어 기존 연구[8-9]에서의 1회 관측을 통한 토탈스테이션과의 성과 비교가 아니라 주변 지적도근점을 이용하여 기준국을 달리해, 2회의 중복관측을 통해 각각 독립적으로 성과를 토탈스테이션의 성과와 비교·분석하였다.

기지국의 선정은 주변 지적도근점을 이용하였다. 지적도근점 중에서 2점을 선정한 후 각각 독립적으로 2회 중복관측을 시행하였다. 각 필지경계점 당 수신시간은 3초 이내로 하였다.

기준국 선정을 위한 지적도근점의 선정은 성과의 정확한 비교를 위해 공간적으로 반대편에 위치하도록 선정하였다. <표 1>은 선정 기준국(지적도근점)의 제원을 나타낸 것이다.

<표 1> 대상지역의 기지국 제원 (단위 : m)

기준국 도근점 번호	X좌표	Y좌표
3738	346608.39	240927.68
3779	346463.86	241088.25

관측 장비는 TOPCON사의 TOPCON HIPER-GGD GPS 장비를 이용하였다. 이 장비는 GPS와 GLONASS(Global NAvigation Satellite System) 위성을 동시에 수신할 수 있는 장비로 보다 많은 수의 위성들을 이용하여 관측의 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.

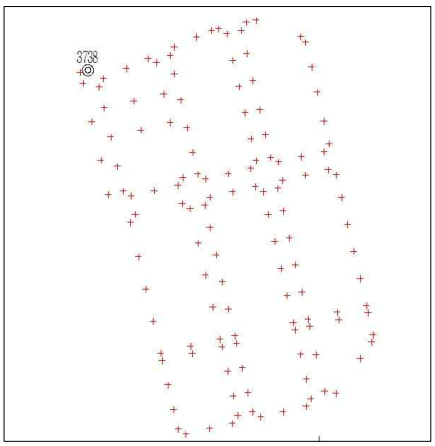
RTK-GPS 장비는 총 3대로 구성하였다. 기지국 1대, 이동국 2대로 구성하였다.

2.2 자료 취득

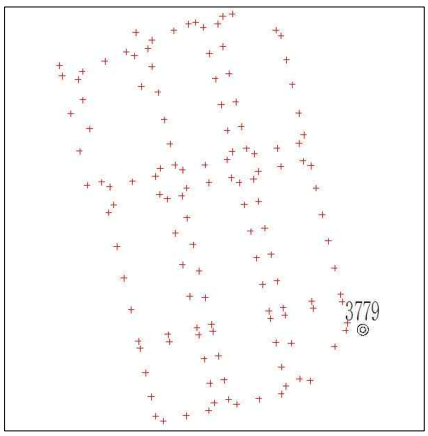
연구지역을 선정하고, 대상지역에 대하여 관측을 시행하였다. 관측은 총 120점을 관측하였다. 대상지역을 관측함에 있어 필계 중간점도 관측을 하여 모든 필지가 성필되도록 하고자 하였으나 필계 중간점들의 경계점 표지의 보존 상태가 양호하지 않아 일부 관측이 불가능하여 주로 블록 주변의 경계점을 위주로 관측하였다.

관측된 결과를 분석한 결과 총 5개 측점에서 과대오차가 발견되었다. 이러한 과대오차의 발생은 경계점 표지가 명확하게 표시되지 않아 기존 토탈스테이션 관측시 측정점과 다른 곳에 측정점을 선점하였기 때문인 것으로 분석된다. 따라서 연구에서는 이렇게 경계점 표지의 불완전성에 기인된 과대오차를 제외하고 정확도를 분석하였다.

[그림 1]과 [그림 2]는 취득된 각 측점들에 대한 위치를 포인트 형태로 나타낸 것이다. 제1기준국와 제2기준국을 독립적으로 중복 관측하여 취득한 성과이다. 그림에서도 알 수 있듯이 블록 중앙의 필지경계점은 많이 관측되지 않았다. 이것은 상기에서도 기술하였듯이 필지경계점 중앙부분에 경계점 표지의 보존상태가 좋지 않아 존재하고 있지 않기 때문이다.



[그림 1] RTK-GPS 관측성과(제 1기준국 : 도근 3738)



[그림 2] RTK-GPS 관측성과(제 2기준국 : 도근 3779)

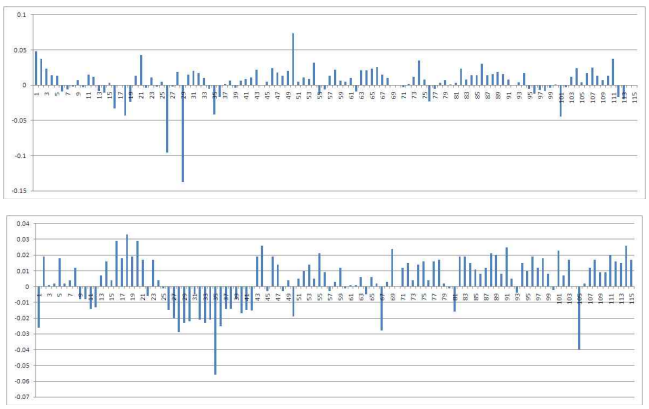
3. 결과 분석

관측으로부터 취득된 총 120중 과대오차가 발생한 5개 측점을 제외하고 기존 토탈스테이션 관측성과와 비교·분석을 시행하였다. 분석방법은 RTK-GPS 측량 제 1기준국으로부터 취득된 성과와 토탈스테이션 측량 성과를 비교하였다. 그리고 중복 관측된 제 2기준국의 성과를 다시 토탈스테이션 측량 성과와 비교하여 보았다. 이것은 기준국을 달리 하였을 경우 성과의 정확도를 분석하기 위함이다.

오차의 분석은 X좌표와 Y좌표의 RMSE(Root Mean Square Error)[10]를 산출하여 분석하였고, 이와 더불어 연결오차의 RMSE를 산출하여 분석하였다.

먼저, 제 1기준국의 RTK-GPS 측량 성과를 기존 토탈스테이션 측량성과와 비교하여 보았다. [그림 3]은 토탈스테이션 관측성과와 RTK-GPS 제 1기준국을 이용하여 관측한 성과를 비교한 것이다. 비교 분석 결과, X좌표의 RMSE는 ±0.024m, Y좌표의 RMSE는 ±0.016m로 산출되어 매우 양호하였다. 약간의 차이이긴 하나 X좌표의 오차가 상대적으로 Y좌표의 오차보다 큰 것으로 나타났다. 이에 대하여 연결오차의 RMSE를 산출한 결과, RMSE는 ±0.029m로 산출되어 매우 양호하였다.

이러한 결과는 현행 측량·수로 조사 및 지적에 관한 법률에서 규정하고 있는 성과인정 범위 이내의 오차이다.

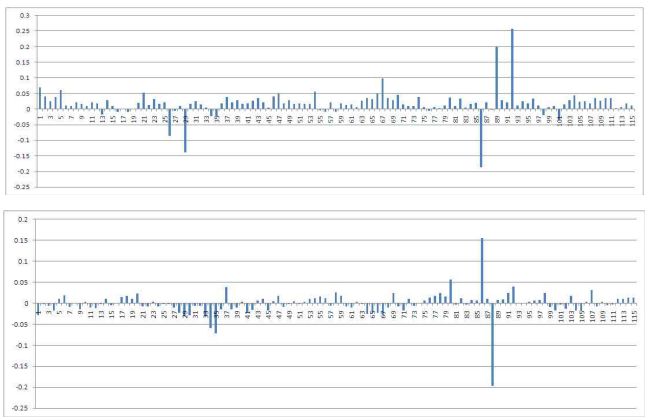


[그림 3] X좌표(위) 및 Y좌표(아래) 오차의 변화량

그림에서 RTK-GPS 측량 제1기준국으로부터 취득된 성과와 토탈스테이션 측량 성과를 비교하였때 X좌표, Y좌표의 오차 변화량을 나타낸 것이다. X좌표의 오차중 상대적이긴 하지만 27번 측점, 30번 측점, 51번 측점에서 오차가 많이 발생된 것으로 나타난다. 즉, 각각 대략 10cm, 14cm, 7cm로 오차가 조금 크게 발생되었다. 이는 대상 측점의 관측 당시 위성의 수신 상태가 좋지 못하였거나 또는 기존 경계점 표지에 정확하게 측점을 하지 못함으로 인하여 발생된 것으로 분석된다. Y좌표에서는 거의 모든 측점이 3cm 이내의 성과를 나타내어 X좌표 보다는 상대적으로 높은 정확도를 나타내었다.

기준국을 달리하여 중복 관측한 제 2기준국의 RTK-GPS 관측 성과 역시 제 1기준국의 성과 분석과 동일한 방법으로 분석하였다. 제 2기준국의 RTK-GPS 측량 성과를 기존 토탈스테이션 측량성과를 비교 분석하여 본 결과, [그림 4]와 같이 X좌표의 RMSE는 ±0.040m, Y좌표의 RMSE는 ±0.029m로 산출되어 제 1기준국 성과와 동일하게 매우 양호하였다. 약간의 차이이긴 하나 X좌표의 오차가 상대적으로 Y좌표의 오차보다 큰 것으로 나타났다. 이에 대하여 연결오차의 RMSE를 산출한 결과, RMSE는 ±0.049m로 산출되어 매우 양호하였다. 연결오차의 RMSE는 제 2기준국의 성과가 대략 2cm 큰 것으로 분석되었다. 이 성과 역시 현행 법령에서 규정하고 있는 성과인정 범위 이내인 것으로 나타났다.

결과적으로 동일 조건이라면 기준국을 달리하여 관측하여도 성과에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.



[그림 4] X좌표(위) 및 Y좌표(아래) 오차의 변화량

그림에서 RTK-GPS 측량 제 2기준국으로부터 취득된 성과와 토탈스테이션 측량 성과를 비교하였때 X좌표, Y좌표의 오차 변화량을 나타낸 것이다. X좌표의 오차 중 89번 측점이 19cm, 92번 측점이 20cm, 96번 측점이 26cm로 상대적으로 큰 오차가 발생되었다. 그리고 Y좌표에서는 89번 측점에서 16cm, 91번

측점에서 20cm로 상대적으로 큰 오차가 발생되었다. 이 역시 제 1기준국의 분석결과와 유사하게 관측 당시 위성의 수신 상태 및 경계점 표지의 불명확성에서 비롯된 것으로 분석된다.

4. 결 론

본 연구에서는 기준국을 달리함으로써 관측 횟수를 달리하여 RTK-GPS 측량을 시행하여 보고 이에 대한 정확도 분석을 토대로 지적측량에 효율적인 적용 방안을 제시하여 보고자 하였다.

실험지역을 선정하고 기준국을 달리하여 관측한 후 기존 토탈스테이션 측량성과와 비교한 결과, 제 1기준국의 RTK-GPS 측량 성과는 X좌표의 RMSE는 ±0.024m, Y좌표의 RMSE는 ±0.016m로 산출되어 매우 양호하였다. 제 2기준국의 RTK-GPS 측량 성과를 기존 토탈스테이션 측량성과를 비교 분석하여 본 결과, X좌표의 RMSE는 ±0.040m, Y좌표의 RMSE는 ±0.029m로 산출되어 제 1기준국 성과와 동일하게 매우 양호하였다.

두 성과의 경우 모두 현행 법령에서 규정하고 있는 성과인정 범위 이내로 동일 조건이라면 기준국을 달리하여 관측하여도 성과에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서 RTK-GPS 측량을 지적측량에 효율적으로 적용하기 위해서는 별도의 기준국을 달리하여 2회이상 관측할 필요는 없는 것으로 나타났다. 다만, 측량환경에 따라 주변에 수신에 제약을 받는 조건이 있다면 이러한 지역에 대해서는 성과의 안정적인 취득을 위해 2회이상의 관측이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

[1] Hubiao Lan, “Development of a Real-Time Kinematic GPS System : Design, Performance and Result”, Dpt. of Geomatics Engineering, the University of Calgary, Canada, pp.14-17, 1996.

[2] 노태호, 장호식, 이종출, “RTK GPS/GLONASS 조합에 의한 도로의 평면선형 정확도 분석”, 한국지형공간정보학회논문집, 제10권 제2호, 한국지형공간정보학회, pp.29-37, 2002.

[3] 홍성언, “RTK-GPS와 RTK-GPS/GLONASS에 의한 일필지 측량의 정확도 분석”, 한국GIS학회지, 제14권 제2호, 한국GIS학회, pp.211-221, 2006.

[4] 장상규, 홍순헌, 김가야, “RTK-GPS와 TS를 이용한 도로선형분석 및 GSIS 구축,” 한국측량학회지, 제21권 제4호, 한국측량학회, pp.293-299, 2003.

[5] 이인수, “계절별 RTK GPS의 Mapping 정확도 평가”, 한국GIS학회지, 제13권 제1호, 한국GIS학회, pp.19-29, 2005.

[6] 김재학, 최윤수, 이임평, “RTK-GPS와 항공정사사진에 의한 도해지적측량방법 개선 연구”, 한국지적학회지 제20권 제2호, pp.133-145, 2004.

[7] 이은수, 김홍진, “실시간 GPS를 이용한 지적 경계점 복원 측량 프로그램 개발”, 한국지적학회지, 제21권 제2호, pp.95-104, 2005.

[8] 최한영, “GPS를 이용한 일필지 좌표결정에 관한 연구”, 석사학위논문, 조선대학교 대학원, 1999.

[9] 정한용, “RTK-GPS와 전자평판을 이용한 지적측량 방법”, 석사학위논문, 충북대학교 산업대학원, 2006.

[10] 건설교통부, 국토지리정보원,「측량용어사전」, p.182, 2003.