

지적세부측량에 있어서 RTK-GPS의 실용화 방안

Direction for the Practical Use of RTK-GPS in Cadastral Detail Surveying

이우화* · 홍성언** · 오이균***

Lee, Woo Hwa · Hong, Sung Eon · Oh, Yi Kyun

要 旨

RTK-GPS 측량의 경우, 정확성과 효율성이 입증되고 있기는 하나 건물밀집 지역에서의 위성 수신장애로 인한 정확도의 저하, 실무 적용을 위한 세부지침의 불비 등의 여러 문제로 인하여 기초측량과는 달리 지적세부측량에서는 GPS 측량이 활용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현행 실무에서 RTK-GPS 측량 적용의 문제점 분석을 통하여 실용화를 위한 세부 방안을 제시하고자 하였다. 연구결과 실용화 방안으로서 규정 제정 방안, 실질적인 RTK-GPS 측량의 적용을 기존 세부측량 방법 등과의 연계활용 방안, 기준국 배점밀도 향상을 위한 가상기준점 방식의 도입, 정확도와 성과의 안정성 확보를 위한 GPS, GLONASS, Galileo 위성의 통합 활용을 제시하였다.

핵심용어 : 지적세부측량, GPS, RTK-GPS

Abstract

The accuracy and efficiency of RTK-GPS is proved through its measurement, but it is not used in cadastral detail surveying, due to low accuracy caused by the trouble of satellite reception in a built-up area and lack of detailed guidelines for practical application. Thus, this study tries to offer detailed directions for the practical use of RTK-GPS by analyzing the application problem of RTK-GPS measurement. As results of the study, for the practical use of RTK-GPS it suggests enactment of regulations, connection of practical RTK-GPS measurement with the existing detail surveying methods, introduction of a VRS method for increasing the arrangement density of reference stations, and integrated use of GPS, GLONASS and Galileo satellites for securing accuracy and stability.

Keywords : cadastral detail surveying, GPS, RTK-GPS

1. 서 론

과거 지적세부측량은 일부 지역의 수치지측량을 제외하고는 대부분 종이도면에 필지의 위치정보를 제도하는 측판측량이 주류를 이루었다. 그러나 지적제도의 선진화를 위해 우리나라에서는 2005년에 지적도면을 모두 전산화하였다. 그리고 이를 이용·운영하기 위한 시스템으로 1996년도부터 2001년까지 PBLIS(Parcel Based Land Information System)를 구축하였다. 이러한 PBLIS는 구 건설교통부의 LMIS(Land Management Information System)와 정보의 공유, 데이터의 중복 구축 방지 등을 위해 KLLIS(Korea Land Information System)로 통합 구축하여 운영하고 있다(홍성언, 2005). 이러한 전산화된 환경에 편승하여 지

적세부측량 방법 역시 기존 아날로그식의 측판측량 방법에서 디지털화된 전자평판 측량방법으로 모두 전환하였다.

위와 같이 현재 지적측량 기술은 많이 발전하고 있다. 그리고 보다 더 정확하고 효율적인 지적측량 기술 도입을 위해 최신 측량기법에 대한 연구가 진행되고 있다. 이중 대표적인 측량 방법이 GPS(Global Positioning System) 측량 방법이다. GPS 측량은 이미 그 정확성과 효율성이 입증되어 지적측량 분야 중 기초측량에서는 실용화되어 현재 지적실무에서 이용되고 있다. 기초측량과 더불어 세부측량에서도 GPS 측량 방법 중 RTK-GPS(Real Time Kinematic GPS) 측량을 이용하여 지적측량 업무의 효율성을 확보하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

2009년 2월 20일 접수, 2009년 3월 16일 채택

* 대한지적공사 충북본부 청주시지사 (lwh1974@hanmail.net)

** 교신저자·정회원·청주대학교 복지도지정보학부 지적학과 정임강사 (hongsu2005@cju.ac.kr)

*** 정회원·신흥대학 지적부동산과 교수 (ykoh@mail.shc.ac.kr)

대표적인 연구로, RTK-GPS와 TS(Total Station) 측량의 성과비교를 통하여 RTK-GPS의 정확성과 효율성을 제시한 연구가 있었다(최한영, 1999). 그리고 RTK-GPS 측량의 도심지역에서 수신장애 해결을 위해 항공사진 및 TS 측량을 연계·이용할 수 있는 방법이 연구되었다(김천영, 1999; 서철수, 2000; 조규전 등, 2002; 김재학 등, 2004). 실무에서도 RTK-GPS 측량의 실용화를 위해 TS 측량과의 정확도 비교 및 위성전파의 수신 방법 등에 관한 연구가 있었다(대한지적공사행정자치부, 2000). 이외에도 현행 RTK-GPS 측량의 정확도 향상과 효율성 확보를 위한 네트워크 RTK 도입에 관한 연구가 시행되었다(최원준, 2004). 이렇게 현재까지 RTK-GPS를 지적세부 측량에 적용하기 위한 다양한 방법들이 연구되어지고 있지만, 적용에 한계성을 기초로 실용화를 위한 제반 요소들에 대한 종합적인 검토와 세부적인 적용 방안에 대해서는 연구가 부족하다고 할 수 있다. 즉, 여러 연구를 통하여 RTK-GPS 측량의 정확성과 효율성이 입증되고 있기는 하나 건물밀집 지역에서의 위성 수신장애로 인한 정확도의 저하, 실무 적용을 위한 세부지침의 불비 등의 여러 문제가 해결되지 않아 기초측량과는 달리 세부측량에서는 GPS 측량이 실용화가 되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 지적세부측량에서 RTK-GPS 측량의 실용화를 위하여 현행 실무에서 RTK-GPS 측량 적용의 문제점을 진단하고, 실무 활용을 위한 세부 방안을 제시하고자 한다.

2. RTK-GPS 측량 이론

RTK-GPS 측량은 기지국을 중심으로 변조장치(modem)를 이용하여 이동국에 오차량을 전송함으로써 이동국의 위치정확도를 향상시키는 실시간 동적 GPS 측위 방식이다. 실시간 동적 측위는 오차량을 전송하는 신호 종류에 따라 코드 방식과 반송파 위상 방식으로 구분할 수 있다. 실시간 동적 측위의 구성은 기지국과 이동국으로 구성되어 있으며, 기지국은 위성신호를 수신하는 위성 안테나와 기지 좌표성과와의 차이를 발견하고, 그 차이값을 변조하는 변조장치, 이를 통하여 이동국으로 전송하기 위해 신호를 증폭시키기 위한 증폭기로 구성되어 있다. 이동국은 기지국에서 발송되는 전파를 수신할 수 있는 안테나와 위성신호를 수신할 수 있는 안테나, 그리고 관측점에 대한 자료입력을 위한 자료제어기로 구성되어 있다(Lan, 1996; 노태호 등, 2002; 홍성언, 2006).

RTK 측량은 해당 지역의 범위 내에 있는 정확한 기준점을 기지국으로 한대의 수신기를 설치하고 또 다른 수신기를 이용하여 미지점을 이동하며 필요한 epoch를 관

측하는 기법으로 단시간에 많은 경계점들의 3차원 좌표를 결정할 수 있는 경제적인 측량기법이다(최한영, 2004).

RTK-GPS 측량은 이동국의 수신기가 기준국에서 발신하는 반송파위상에 대한 계통오차의 보정치 정보를 수신하여 좌표를 계산하여야 한다. 이때 하나의 기준국에서 정보를 수신하는 방식이 기본인데 둘 이상의 기준국에서 정보를 수신하여 위치결정에 이용한다면 계통오차의 보정을 더욱 적절히 할 수 있다. 그러나 기준국과 이동국 간의 거리가 멀어질수록 양 수신기간 전리층과 대류층 지연효과와 같은 계통오차가 적절히 제거되지 않는다. 따라서 cm 단위의 정확도를 획득하기 위해선 기선의 길이를 10~15km 범위로 제한해야 하는 한계가 있다. RTK 방식으로 측량할 때 위치(좌표)를 알고 있는 점이면 어떤 점이라도 기준국이 될 수 있지만 최근 측량분야 패러다임인 1인 측량의 구현을 위해서 GPS 상시관측소에 장비를 갖추어 상시기준국(CORS)으로 이용하는 추세이다(최원준, 2004).

최근 정부조직이 개편됨에 지적관련 업무가 국토해양부로 이관되었다. 이렇게 됨으로써 국토해양부 국토지리정보원에서는 구 건설교통부 및 구 행정자치부에서 설치·운영하고 있던 GPS 상시관측소를 2008년 4월 21일부터 통합 서비스한다고 발표하였다. 그래서 GPS 상시관측소의 위치정보를 이용하여 측량을 하고자 할 경우에는 한번의 인터넷 접속으로(gps.ngii.go.kr) 전국 44개소의 GPS 상시관측소 자료를 신속하게 제공받을 수 있게 되었다. 이로 인해 휴대전화 등 무선 단말기를 이용해 실시간으로 위치보정 정보를 제공받는 RTK-GPS 측량 서비스도 더욱 정확해질 것으로 기대하고 있다(국토해양부, 2008).

3. 지적세부측량 및 RTK-GPS 측량 적용의 문제점

3.1 지적세부측량

지적세부측량은 일필지 측량이라고도 하며 지적삼각측량과 도근측량에서 얻어진 정확한 기초점을 근거로 하여 행정구역 경계와 일필지별 토지경계와 굴곡점을 결정하여 지적도와 경계점좌표등록부에 등록하고자 하는 목적을 갖고 행하는 측량을 말한다. 즉, 기초측량의 결과물인 지적측량기준점을 기초로 하여 일필지 마다의 형상을 측량하는 것으로 일필지 경계점의 좌표를 결정하여 지적도(임야도 포함)를 작성하는 측량을 말한다(강태석, 2000).

세부측량의 대상은 토지를 지적공부에 새로이 등록하기 위한 신규등록측량, 멸실된 지적공부를 복구하기 위한 지적복구측량, 토지를 등록전환하기 위한 등록전환측량, 토지를 분할하기 위하여 분할측량, 바다로 된 토지를 말소 또는 회복하기 위한 측량, 지적공부의 축척을 변경

하기 위한 측량, 지적공부의 등록사항을 정정하기 위한 측량, 도시개발사업 등의 시행으로 인한 지적확정측량, 지적측량수행자가 실시한 측량의 검사측량, 경계점을 지상에 복원하기 위한 경계복원측량, 지상 또는 지하시설물의 위치를 표시하기 위한 지적현황측량으로 구분할 수 있다(정한용, 2006).

과거 세부측량은 주로 도해지역에서는 측판측량 방법을, 수치지역에서는 경위의측량방법을 이용하였으나 최근에는 지적도면 전산파일을 이용하여 도해와 수치지적측량을 막론하고 전자평판 측량을 이용하고 있다.

전자평판측량 방법은 종이도면이 아닌 전산파일 기반으로 측량할 수 있도록 컴퓨터 시스템과 토탈스테이션을 통합한 측량시스템이다. 전자평판 측량은 종이도면을 기반으로 이루어짐으로서 발생되었던 오차(신축 및 제도오차 등)를 해결하여 측량의 정확도를 한층 높이고 있다. 또한 효율성면에서도 컴퓨터 시스템을 이용한 관측 및 성과 처리로 인하여 인원 소요 및 관측 시간을 줄여주고 있다. 전자평판의 주요 기능은 토탈스테이션과 GPS를 연결하여 현장을 관측할 수 있으며, 현장에서 바로 컴퓨터를 통하여 성과를 결정하여 경계복원, 분할 면적 조정 등과 같은 업무를 현장에서 실시간으로 처리할 수 있다(이재혁, 2005). 그림 1은 전자평판 측량 시스템을 이용한 지적세부측량의 관측 흐름도를 나타낸 것이다.

3.2 RTK-GPS 측량 적용의 문제점

앞서서 논의된 바와 같이 현재까지 RTK-GPS 측량을 지적세부측량에 적용하기 위한 연구들이 많이 이루어졌다. 많은 연구들을 통하여 위성의 수신장애를 받지 않는 개활지, 농촌지역 등에서 그 정확도와 효율성이 입증되고 있다. 그러나 건물밀집 지역에서의 위성 수신장애로 인한 정확도의 저하, 세부지침의 부재 등의 여러 문제로 인하여 기초측량과는 달리 세부측량에서는 GPS 측량

이 실용화가 되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 절에서는 현재 RTK-GPS 측량이 실무에서 실용화 되지 못하고 있는 문제점에 대하여 기존 연구를 토대로 고찰하여 보고자 한다. 기존 논문을 토대로 종합적으로 고찰한 결과 다음과 같았다(최한영, 1999; 김천영, 1999; 서철수, 2000; 조규전 등, 2002; 김재학 등, 2004; 대한지적공사행정자치부, 2000; 최원준, 2004; 대한지적공사, 2006).

첫째, 지상측량 방식과 상이한 RTK-GPS 측량의 위치결정 방식에 기인된 문제이다. RTK-GPS 측량은 지상측량 방식과는 달리 위성데이터를 수신하여 대상 지점의 위치를 결정하는 방식이다. 그렇기 때문에 건물이나 기타 위성의 정보수신을 방해할 수 있는 구조물이 있는 경우에는 사이클 슬립(cycle clip) 또는 다중경로 오차(multi path)로 인하여 위치결정에 있어 정확성이 저하되는 문제가 있다.

따라서 이러한 문제로 인하여 기존 연구에서의 경우 대부분 위성의 수신제약이 없는 개활지에서의 현행 측량 방식인 토탈스테이션(전자평판) 측량 방식과 비교하여 RTK-GPS 측량의 정확도와 효율성을 제시하고 있다. 그리고 이러한 문제의 해결을 위해서는 토탈스테이션 측량 방식과 RTK-GPS 측량을 연계이용하는 방식을 제안하고 있다. 즉, 위성데이터의 수신에 제약이 없는 개활지 등에서는 RTK-GPS 측량을 적용하고, 위성수신에 제약이 있는 도심지나 건물밀집지역 또는 기타지역에서는 토탈스테이션 시스템을 연계하여 측량하여야 한다고 제시하고 있다. 이렇게 RTK-GPS 측량의 위치결정 방식에 따른 근본적인 문제로 인하여 현재 지적세부측량에서 실용화가 되지 못하고 있다.

둘째, RTK-GPS 측량을 실무에서 이용하기 위한 세부지침의 부재이다. 현재 GPS 측량의 지적측량에 적용을 위한 기준으로 『GPS에 의한 지적측량 규정』이 있다. 그런데 이 규정에는 기초측량 즉, 지적기준점 및 지적도근점 측량과 관련된 내용이다. 정지측량(Static GPS)을 이용한 지적삼각점 측량과 이동측량 즉, 신속정지측량(Rapid Static GPS, Stop&GO GPS)을 이용한 지적도근측량 관련 내용을 규정하고 있다. 물론 지적세부측량에 관련된 내용이 있으나 이는 정지측량을 이용한 지적세부측량을 규정하고 있는 것으로서 RTK-GPS 측량의 내용을 규정하고 있지는 않다. 정지측량 방식은 위성신호의 수신시간이 장시간 소요되고, 관측성과의 처리 방식이 후처리방식으로 이루어지기 때문에 현장에서 바로 경계결정이 필요한 지적세부측량에는 활용하기가 적절하지 못하다.

그렇기 때문에 현 GPS 규정은 기초측량에 활용을 위한

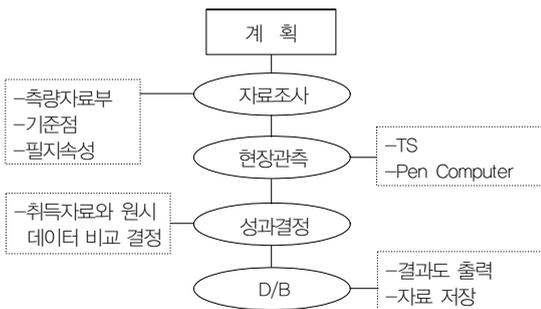


그림 1. 전자평판 측량 시스템의 관측흐름도(김태훈, 2000 참조)

규정이지만 실제 세부측량에 활용할 수 있는 RTK-GPS 측량의 규정은 없는 것이다. 이러한 규정 부재로 인하여 측량의 정확도와 효율성이 입증되고 있고, 부분적으로 실무에서 RTK-GPS 측량이 이루어지고 있음에도 불구하고 실용화가 되지 못하고 있다.

셋째, RTK-GPS 측량의 효율성 확보를 위한 GPS 상시관측소의 배점밀도가 낮다는 것이다. RTK-GPS 측량은 이동국의 수신기가 기준국에서 발신하는 반송파위상에 대한 계통오차의 보정치 정보를 수신하여 해당 위치의 좌표를 계산하는 방식이다. 그렇기 때문에 위치결정을 위해서는 기준국이 필요하다. 기준국은 물론 주변 지적보조삼각점이나 지적도근점을 이용할 수 있으나 보다 정확하고 안정적이며 신속하게 관측하기 위해서는 기준국 역할을 할 수 있는 적정 밀도의 GPS 상시관측소가 필요하다.

현재 우리나라의 경우 각 기관별로 대략 70여개의 GPS 상시관측소를 설치하여 운영하고 있다. 이를 효율적으로 이용하기 위해 각 관에서 관리하고 있는 상시관측소를 통합 또는 공동 활용할 수 있는 방안을 모색하고는 있지만, 통합을 한다고 하여도 지적세부측량을 위해서는 그 숫자가 부족하다.

상시관측소의 배점밀도를 높이기 위해서 추가로 설치할 경우 RTK-GPS 측량을 이용한 측량 적용의 효율성보다 오히려 상시관측소를 추가로 증설하는데 소요되는 비용이 더 소요된다는 문제가 있다. 이렇게 RTK-GPS 측량의 기준국 역할을 하는 상시관측소 적정 밀도의 문제로 인하여 현재 RTK-GPS 측량이 실용화되지 못하고 있다.

이상과 같이 RTK-GPS 측량에 관한 많은 연구에도 불구하고 다양한 문제로 인하여 현재까지 RTK-GPS 측량은 실무에서 활용되지 못하고 있다. 그러나 RTK-GPS 측량이 적용가능한 지역을 선별하여 적용할 수 있는 규정을 제정하거나 혹은 현재 새롭게 논의되고 있는 새로운 기술이나 위성항법 시스템 등을 연계하여 활용할 수 있는 방법론을 찾는다면 실무 이용의 가능성이 있을 것이다.

4. RTK-GPS 측량의 실용화 방안

4.1 RTK-GPS 측량관련 규정마련

RTK-GPS 측량이 실무에서 이용되기 위해서는 세부적인 규정의 마련이 필요하다. 물론, 상기에서도 기술하였듯이 현행 GPS에 의한 지적측량규정에는 RTK-GPS 측량에 관한 규정이 존재하고 있다. 그러나 이는 기초측량에 활용을 위한 규정이지 실제 세부측량에 활용할 수 있는 RTK-GPS 측량의 규정은 없는 것이다. 상황이 이렇다 보니 실무에서는 검사규정이 없는 일부 종목(성과검사를

필요로 하지 않는 종목) 즉, 현황측량이나 혹은 경계복원 측량 등에 한하여 부분적으로 이용되고 있다.

따라서 RTK-GPS 측량을 실질적으로 활용할 수 있도록 하는 현실성 있는 규정의 마련이 필요하다. 규정의 제정에 있어 특히 중요하게 고려되어야 할 사항을 제시하여 보면 다음과 같다.

첫째는 주변의 어떠한 큰 영향을 받지 않는 한 2set의 중복관측으로 성과를 결정할 수 있도록 하여야 할 것이다. 즉, 기준국을 달리하는 2회의 중복 관측으로 성과를 결정할 수 있도록 하여야 한다는 것이다. 기존 연구의 실험 결과에서도 제시되었듯이 기준국 성과만 양호하다면 어떤 기준국을 이용한다고 하여도 성과의 차이가 없음을 알 수 있다. 그렇기 때문에 2set 정도로 관측을 시행할 경우 충분한 정확도와 성과의 안정성(검증)을 확보할 수 있을 것이다. 따라서 규정의 제정시 작업의 효율성과 실용성 있는 규정이 될 수 있도록 3~4set의 중복관측이 아닌 2set 정도로 중복관측을 하도록 규정하여야 할 것이다.

둘째, RTK-GPS 측량에 있어 가장 중요한 것이 다중경로오차(multi path error) 요인의 고려이다. 그렇기 때문에 건물에 밀집하여 다중경로오차가 발생할 수 있는 지역에 대해서는 기존 TS측량(전자평판)에 의한 방식을 적용하도록 규정하여야 할 것이다. 기존 측량방법과 연계이용에 대해서는 다음에서 보다 구체적으로 설명하였다.

셋째, 이외에도 RTK-GPS 측량에 있어 수신장애가 발생할 수 있는 레이더안테나, TV송신탑, 방송국, 우주통신국 등 강력한 전파의 영향을 받는 곳 등에 대해서는 특정 공간적인 범위를 제한하여 관측불가 지역으로하는 규정이 제정되어야 할 것이다. 이상과 같은 내용을 포함하여 RTK-GPS 측량 세부규정의 구성 체계(안)을 제시하여 보면 표 1과 같다.

이러한 규정을 제정함에 있어 두 가지 방법을 고려할 수 있을 것이다. 즉, 이미 지적기준점 측량을 위한 『GPS에 의한 지적측량 규정』이 제정되어 있으므로 여기에 RTK-GPS 측량 세부규정을 추가하는 방법과 RTK-GPS 측량의 특수성을 고려하여 독립적인 세부규정으로 제정하여 운영하는 방법을 고려할 수 있다. 이는 규정을 제정하여 운영하는 방법상의 문제이므로 추후 논의를 거쳐 결정되어야 할 사항으로 판단된다.

4.2 기존 세부측량 방법과 연계 활용

새로운 측량 방법이 기존 측량 방법을 대체하여 이용되기 위해서는 크게 두 가지 조건이 필요하다고 판단된다. 즉, 기존 측량 방법에 비하여 정확도가 높아야하고, 또한 기존 측량방법에 비하여 인원이나 비용소요 면에서 효율적이어야 할 것이다.

표 1. RTK-GPS 측량 세부구정의 구성 체계(안)

제1장 총 칙	제2장 선점 및 측량	제3장 성과계산	제4장 성과검사	제5장 측량기기
1. 목적 2. 적용범위 3. 용어정의 4. 공정별 작업	1. 작업계획 2. 선점 3. 관측순서 4. 관측 5. 공정 및 정밀도 관리	1. 측량성과 2. 지적좌표계산 3. 성과작성 4. 점검 및 재측	1. 성과검사 방법	1. RTK-GPS 측량기기 2. 기기점검 3. 소프트웨어 사용

RTK-GPS 측량의 경우 기존 측량방법에 비하여 정확도는 유사하지만 인원이나 시간소요 측면에서는 효율적이다. 그러나 기존 지상측량 방법에 비하여 수신 장애가 발생하는 지역에서는 효율성이 저하되고 있다. 그렇기 때문에 RTK-GPS 측량을 지적측량에 활용하기 위해서는 두 가지 방법에 대한 병행이 필요하다. 즉, 측량 기술적인 통합(fusion)을 통하여 가장 최적으로 활용할 수 있을 것이다. 이를 좀 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

기존 RTK-GPS 측량과 관련된 연구에서 공통적으로 제시되고 있는 것이 RTK-GPS 측량이 기존 측량 방법에 비하여 수신 장애가 발생하지 않는 개활지나 광대지에서는 높은 효율성이 있다는 것이다. 그러나 수신 장애가 발생하는 지역(도심지, 건물밀집지 등)에서는 이용의 한계성이 있음을 제시하고 있다(대한지적공사, 2006).

이렇게 RTK-GPS 측량의 경우 측량 지역별로 효율성에서 차이를 보인다. 따라서 RTK-GPS 측량이 실무에서 상용화되기 위해서는 이러한 것을 최대한 반영하여야 한다. 즉, 100% 지적세부측량을 RTK-GPS 측량으로 수행하기에는 무리가 있다. 따라서 RTK-GPS 로 측량이 어려운 지역에 대해서는 기존 전자평판 측량 방법과 병행하여 이용될 수 있어야 할 것이다.

4.3 가상기준점 방식(VRS)의 도입

RTK-GPS 측량이 이용되기 위해서는 기준국 역할을 하는 많은 수의 상시관측소가 필요하다. 즉, RTK-GPS 측량이 보다 더 신속하고, 정확하게 수행되기 위해서는 많은 수의 정확한 기준국(상시관측소)이 필요하다.

현재 국내 GPS 상시관측소는 앞서 기술하였듯이 대략 70여개 정도이다. 그런데 이 또한 각 기관별로 독립적으로 관리되고 있어 RTK-GPS 측량을 위한 상시관측소의 수는 절대적으로 부족한 실정이다. 따라서 현재 각각 독립적으로 관리되고 있는 상시관측소에 대한 통합관리가 필요하다. 물론 올해부터 국토지리정보원의 상시관측소와 구 행정자치부의 상시관측소 정보를 통합 서비스한다고는 하나 기타 다른 기관에서 관리하고 있는 상시관측

소에 대한 통합이 있어야 할 것이다.

이렇게 우선적으로 국내 GPS 상시관측소에 대한 통합관리를 통한 통합 서비스의 제공이 필요하다. 그러나 통합관리를 통한 서비스의 제공이 이루어진다고 하여도 국내 대략 70여개의 상시관측소 만으로는 RTK-GPS 측량의 기준국 역할을 수행하기에 부족하다.

단순하게 생각한다면 상시관측소의 수를 늘려 배치밀도를 증가시킬 수 있을 것이다. 그러나 이러한 것은 RTK-GPS 측량을 이용함에 따른 효율성 확보 면에서 효율성이 저하될 것이다. 즉, 상시관측소의 배치 밀도를 향상시키려면 그 만큼 많은 비용이 소요되기 때문이다. 따라서 최대한 비용소요를 줄이면서 RTK-GPS 측량의 기준국을 확보할 수 있는 기술의 도입이 필요하다.

최근 상시관측소 수의 배점 밀도가 낮은 경우에 가상기준점 기술을 이용하여 RTK-GPS 측량의 기준국을 확보하는 방안이 연구되고 있다(최윤수 등, 2004). 따라서 기존 상시관측소의 수를 유지하면서 RTK-GPS 측량의 기준국을 확보하기 위해서는 이러한 기술의 도입이 필요하다.

현재의 RTK-GPS 기술은 수신기가 이동중인 상태에서 기선의 길이 약 15km 내외인 경우 약 1~2cm의 정확도를 획득할 수 있는 수준이다. 특히, 측량시간과 투입인력을 줄일 수 있고, cm 수준의 위치정확도를 실시간으로 제공하여 널리 이용되지만 기준점으로부터 이동국간의 거리가 증가할수록 위성의 궤도력, 대류권, 전리층의 영향에 의한 계통적 오차가 발생하고 이러한 계통적 오차의 상관성이 저하됨에 따라 정확도가 감소하며 또한 수신기의 초기와 시간이 증가되는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여, GPS 상시관측소들로 이루어진 기준점 망을 사용하여 계통적 오차를 분리, 모델링하여 네트워크 내부의 임의의 위치에서 관측된 것과 같은 가상의 기준점 자료를 생성하고, 이 가상의 기준점자료와 상대측위를 통하여 정밀한 이동국의 위치를 결정하는 방법이 가상기준점 방식이다(Beutler et al., 1999; Jäggi et al., 2002; 최윤수 등, 2004).

이렇게 가상기준점 방식의 경우 기존 기준국의 배점밀도의 저하에서 오는 RTK-GPS의 한계성을 극복할 수 있

고, 관측시 발생하는 다양한 오차 요인에 대해서도 최소화 가능하기 때문에 상시관측소의 수를 늘리기 보다는 이러한 새로운 기술을 도입하여 이용하는 것이 효율적일 것이다.

4.4 GPS, GLONASS, Galileo 위성의 통합 활용

인공위성을 이용해 대상물의 위치, 고도, 속도를 계산하는 글로벌항법위성시스템(GNSS : Global Navigation Satellite System)에는 GPS와 더불어 러시아에서 운용하고 있는 GLONASS, 유럽연합의 Galileo가 있다.

GLONASS는 1982년에 발사되었다. 완전히 위성이 배치될 경우 위성의 숫자는 GPS와 같은 24개로서, 한때는 실제로 24개의 위성이 가동되었던 시기도 있었지만, 2002년 시점에서는 고장 등으로 인하여 10개 정도만 운영되었고, 최근 2009년 3월 현재는 19개의 위성으로 운영되고 있다. 한때 유럽연합의 Galileo와 통합하고자 하는 시도도 있었지만 논의 과정에서 합의점을 찾지 못하였다(대한측량협회, 2004).

Galileo는 유럽연합(EU)이 미국의 위성항법시스템인 GPS에 대응해 새로이 추진하고 있는 위성항법시스템이다. Galileo는 2008년부터 운영이 예정되어 있었으나 2009년 현재 2개의 시험위성이 운영되고 있다. EU에서 계획하고 있는 Galileo는 몇 개의 정지위성과 GPS 위성과 비슷한 중궤도 위성 등 총 30개의 위성으로 구성되며, 비군사용 시스템이다. 물론 전 세계 언제, 어디에서라도 사용할 수 있다. Galileo는 일반용 무료채널과 높은 정확도의 유료채널을 갖추고 있으며, GPS의 결점 중 하나인 민간 항공용 인티그리티(integrity) 채널을 보유하고 있다. 또한 정보기관 전용 채널과 구급, 방재용 채널도 있다. 정보기관 전용채널 등은 일반인들이 이용할 수 없도록 되어있는데, 실질적으로는 GPS의 군사용 측위신호와 같은 종류이다(대한측량협회, 2004; 이상근, 2004).

2001년 5월 EU는 우리나라에 Galileo 사업 참여 요청을 하였다. 이에 따라 우리정부에서는 2006년 1월 12일에 Galileo 프로젝트에 참여하기 위해 ‘한·EU간 민간위성항법시스템 협력협정’에 가서명하였고, 2006년 1월 24일에 Galileo 프로젝트에 본격 참여한다고 공식 발표하였다(중앙일보, 2006). 이렇게 우리나라에서도 Galileo 프로젝트에 참여를 통하여 GPS를 포함한 보다 다양한 위성항법정보를 서비스하기 위한 노력을 기울이고 있다.

현재 제시되고 있는 연구결과에 의하면 GPS와 GLONASS의 위성정보를 통합적으로 수신함으로써 위치결정의 정확도 향상은 물론 성과의 안정성을 동시에 확보할 수 있는 것으로 제시되고 있다(박운용 등, 2003; 홍성언, 2006). 이렇게 GLONASS 위성데이터와 GPS 위

성데이터를 통합적으로 수신하여 위치를 결정함으로써 성과의 안정성 및 정확도의 향상이 가능하다. 그런데 이에 더하여 유럽연합의 Galileo 위성정보를 통합적으로 수신할 수 있는 수신기 및 소프트웨어를 이용한다면 현재 보다 높은 정확도로 지적세부측량이 가능함은 물론 성과의 안정성 역시 확보가 가능할 것이다. 다시 말해, GLONASS, Galileo 위성데이터의 동시수신이 가능하였다면 보다 많은 가시위성의 수의 확보가 가능할 것이고, PDOP의 수치를 좀 더 낮출 수 있기 때문에 보다 안정된 성과의 확보가 가능할 것이다.

따라서 RTK-GPS 측량을 이용하여 실무에서 보다 더 정확하고 안정된 성과를 확보하기 위해서는 GPS 위성데이터, GLONASS 위성데이터, Galileo 위성데이터를 통합적으로 수신할 수 있는 수신기 및 소프트웨어가 개발 및 도입되어야 할 것이다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 지적세부측량에서 RTK-GPS 측량의 실용화를 위하여 현행 실무에서 RTK-GPS 측량 적용의 문제점을 진단한 후, 실무 이용을 위한 세부 방안을 제시하고자 하였다. 연구성과는 다음과 같다.

첫째, RTK-GPS 측량을 활용하기 위한 규정 제정 방안을 제시하였다. 구체적으로, 규정의 제정에 있어 작업의 효율성과 실용성 있는 규정이 될 수 있도록 3에서 4set의 중복관측이 아닌 2set 정도로 중복관측을 하도록 규정하여야 할 것을 제안하였다. 그리고 다양한 오차의 영향요인을 고려하여 측량 배제지역을 선별제시하였다. 이상의 내용을 기반으로 RTK-GPS 측량 세부규정의 구성 체계(안)를 제시하였다.

둘째, 실질적이고 최적화된 RTK-GPS 측량의 적용을 위해 기존 세부측량(전자평판) 방법 등과의 연계활용 방안을 제시하였다. RTK-GPS 측량의 경우 측량 지역에 따라 정확도나 효율성에서 차이를 보이는 것으로 제시되고 있어, RTK-GPS 측량이 실무에서 상용화되기 위해서는 100% 지적세부측량을 RTK-GPS 측량으로 수행하기에는 무리가 있고, RTK-GPS 측량이 어려운 곳에서는 기존 세부측량 방법과 병행하여 이용되어야 함을 제시하였다.

셋째, 기준국 배점밀도 향상을 위한 가상기준점(VRS) 방식의 도입을 제안하였다. 우선적으로 기준국 배점밀도 향상을 위해 국내 GPS 상시관측소에 대한 통합관리를 제시하였다. 그런데 국내 대략 70여개의 상시관측소 만으로는 RTK-GPS 측량의 기준국 역할을 수행하기에 부족하다. 그래서 가상기준점 방식을 이용하여 RTK-GPS 측량의 기준국을 확보하는 방안을 제시하였다.

넷째, GPS, GLONASS, Galileo 위성의 통합 활용 방안을 제시하였다. 기존 GLONASS 위성데이터와 GPS 위성 데이터를 통합적으로 수신하여 위치를 결정함으로써 성과의 안정성 및 정확도의 향상을 가져오고 있기 때문에, RTK-GPS 측량을 이용하여 실무에서 보다 더 정확하고 안정된 성과를 확보하기 위해서는 GPS 위성데이터, GLONASS 위성데이터, Galileo 위성데이터를 통합적으로 수신할 수 있는 수신기 및 소프트웨어가 개발 및 도입되어야 할 것이다.

끝으로 본 연구의 한계성에 기초한 향후 연구과제를 제시하여보면 다음과 같다. 연구에서는 RTK-GPS 측량이 지적세부측량에 실용화될 수 있도록 하는 규정마련의 필요성과 구성체계(안)을 제시하여 보았으나 향후 연구에서는 이러한 구성체계를 기초로 보다 더 구체적인 성과 검사방법, 세부적인 측량방법, 품셈 적용 방법 등이 제시되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강태석, 2000, *지적측량학*, 서울:형설출판사, p. 529.
2. 국토해양부 보도자료, 2008, 국토지리원정보원 측지과(2008.4.21).
3. 김재학, 최윤수, 이임평, 2004, "RTK-GPS와 항공정사사진에 의한 도해지적측량개선 방법 연구", *한국지적학회지*, 한국지적학회, 제20권, 제2호, pp. 133-145.
4. 김천영, 1999, "지적측량의 정확도 향상을 위한 GPS와 TS 측위의 조합해석", 석사학위논문, 동아대학교.
5. 김태훈, 2000, "T/S와 휴대용 컴퓨터시스템을 활용한 지적측량 개선방안", *2000년 지적세미나*, 대한지적공사, p. 141.
6. 노태호, 장호식, 이종출, 2002, "RTK GPS/GLONASS 조합에 의한 도로의 평면선형 정확도 분석", *한국지형공간정보학회지*, 한국지형공간정보학회, 제10권, 제2호, pp. 29-37.
7. 대한지적공사, 2006, "모바일 지적측량 기술 개발".
8. 대한지적공사, 행정자치부, 2000, "지적재조사 기반기술 확보를 위한 GPS 측량기법의 실용화 연구".
9. 대한측량협회, 2004, *산·GPS측량의 기초*, p. 8.
10. 박운용, 김진수, 김용보, 백기석, 2003, "RTK-GPS와 RTK-GPS/

GLONASS에 의한 도근점 측위의 정확도 분석", *한국지형공간정보학회지*, 한국지형공간정보학회, 제11권, 제1호, pp. 61-69.

11. 서철수, 2000, "GPS와 TS의 병용에 의한 지적측량기법 연구", *한국지적학회지*, 한국지적학회, 제16권, 제1호, pp. 69-81.
12. 이상근, 2004, "EU의 갈릴레오 프로젝트", *기술뉴스브리프*, 한국과학기술정보원, pp. 1-2.
13. 이재혁, 2005, "전자평판에 의한 지적측량 방법 연구", 석사학위논문, 인하대학교, pp. 8-16.
14. 정한용, 2006, "RTK-GPS와 전자평판을 이용한 지적측량 방법", 석사학위논문, 충북대학교, p. 9.
15. 조규전, 공종덕, 류중희, 2002, "GPS와 TS 연동 측위에 관한 연구", *한국지적학회지*, 한국지적학회, 제18권, 제2호, pp. 103-111.
16. 중앙일보, 2006, '갈릴레오' 뜨면 위치 찾기 정확도 2배로 높아져, 2006.2.3.
17. 최원준, 2004, "GPS 현대화 계획과 네트워크 RTK에 관한 소고", *지적*, 대한지적공사, 제34권, 제4호, pp. 82-98.
18. 최윤수, 이용창, 권재현, 이재원, 2004, "GPS 가상기준점 도입에 관한 연구", *한국측량학회지*, 한국측량학회, 제22권, 제2호, pp. 105-116.
19. 최한영, 1999, "GPS를 이용한 일필지 좌표결정에 관한 연구", 석사학위논문, 조선대학교.
20. 최한영, 2004, "지적불부합지점리의 효율성 제고를 위한 지적측량기법에 관한 연구", 박사학위논문, 조선대학교, p. 45.
21. 홍성언, 2005, "지적재조사를 위한 GIS 기반의 지적불부합지 자동 조사 방법 연구", 박사학위논문, 인하대학교, p. 1.
22. 홍성언, 2006, "RTK-GPS와 RTK-GPS/GLONASS에 의한 일필지 측량의 정확도 분석", *한국GIS학회지*, 한국GIS학회, 제14권, 제2호, pp. 211-221.
23. Beutler, G., Schaer, S. and Rothacher, M, 1999, Wide Area Differential GPS, Study in the Context of AGNES, Printing Office, University of Bern, September 17.
24. Lan, H. 1996, "Development of a Real-Time Kinematic GPS System : Design, Performance and Result", Dpt. of Geomatics Engineering, the University of Calgary, Canada, pp. 14-17.
25. J ggi, A., Beutler, G. and Hugentobler, U. 2002, Using Double Difference Information from Network Solutions to Generate Observations for a Virtual GPS Reference Receiver, in *Vistas for Geodesy in the New Millennium*, edited by J. Adam and K.P. Schwarz, Springer, pp. 59-65.