

지적재조사사업에서 Network RTK 측량의 적용 정확도 분석

Accuracy Analysis of Network RTK Surveying for Cadastral Re-survey Project

박춘수* · 박기현** · 홍성언***

Park, Chun Soo · Park, Ki Heon · Hong, Sung Eon

要 旨

본 연구에서는 Network RTK 측량 성과와 기존 확정성과(TS기반)에 대해 지역별 적용 정확도 분석을 통해 향후 지적재조사사업에서의 Network RTK 측량의 합리적인 적용 방안을 제시해보고자 하였다. 이를 위해 실험지역을 선정하고 총 307점에 대해 Network RTK 측량으로 성과를 취득하고 이를 확정성과와 비교한 결과 전체 연결오차의 RMSE는 $\pm 0.1028\text{m}$ 로 분석되었고, 총 48점이 지적재조사 허용기준(0.07m)을 초과하는 것으로 나타났다. 연구에서는 이러한 분석결과를 종합적으로 평가한 후 향후 지적재조사사업에서의 현실적인 대안을 제시해 보았다. 즉, Network RTK와 전자평판 통합형 측량 기법의 개발-적용을 제안하였다. 그리고 최초 일필지 성과 취득은 토털스테이션측량으로 단일화를 하고, 검사측량에 Network RTK 측량을 적용하는 방법을 제안하였다.

핵심용어 : 지적재조사, Network RTK측량, 토털스테이션측량, 전자평판측량

Abstract

The purpose of this research is to suggest the reasonable method of Network RTK surveying in future cadastral re-survey project through the accuracy analysis about Network RTK surveying achievement and the conventional TS-based confirmation surveying. To achieve it, we selected the experiment places and succeeded in achieving the result by Network RTK surveying about total of 307 parcel boundary point. We compared it with the result of confirmation surveying for cadastral, and it was shown that total connection errors of RMSE was $\pm 0.1028\text{m}$ and total 48 places exceeded in the cadastral re-survey allowable error tolerance. The research suggested the practical alternatives in cadastral re-survey project after the comprehensive evaluation of those analysis results. Therefore, the author suggested development and adoption of integrated electronic plane table surveying method. Moreover, we suggested unifying the first parcel boundary point method into the total station surveying and adopt the Network RTK surveying on the cadastral surveying inspection.

Keywords : Cadastral Re-survey, Network RTK Surveying, Total Station Surveying, Electronic Plane Table Surveying

1. 서 론

아날로그 방식의 지적도면을 디지털화 방식으로 전환하고 전국토의 일률적인 측량 성과 등록과 토지정보로서의 가치를 확립하기 위해 지적재조사에 관한 특별법이 2011년 공포되어 2012년부터(2030년까지) 본격적으로 지적재조사사업이 시행되었다. 지적재조사 측

량에 있어서는 주로 토털스테이션(전자평판) 측량과 GPS 측량을 병행하는 것으로 사업을 추진하고 있다. 특히, 신기술 적용을 강조하여 기준점측량과 세부측량 부문에서 GPS측량의 활용을 권고하고 있다.

GPS측량에 의한 기준점측량(static)은 현재 실무에서 대부분 적용되고 있어 지적재조사사업에 있어서도 적용함에 무리가 없다. 그러나 세부측량의 경우 실무에서

2013년 11월 8일 접수, 2013년 11월 26일 수정, 2013년 12월 9일 채택

* 대한지적공사 지적재조사추진단(Dept. of Cadastral Reform, Korea Cadastral Survey Corporation, spark@kscs.co.kr)

** 정회원 · 대구미래대학교 토지정보과 조교수(Member, Assistant Professor, Dept. of Land Information, Daegu, Future College, khpark@dmc.ac.kr)

*** 교신저자 · 정회원 · 청주대학교 지적학과 조교수(Corresponding author, Member, Assistant Professor, Dept. of Land Management, Cheongju, University, hongsu2005@cju.ac.kr)

는 전자평판측량을 주로 이용하고 있으나 지적재조사 사업에서는 RTK(Network RTK) 방식을 많이 활용할 것을 권고하고 있어 이에 대한 사전 철저한 검증이 요구된다.

RTK-GPS 측량은 기존 여러 연구를 통해 지적세부 측량에서의 정확도와 효율성이 입증되어 활용성이 검토되어 왔다. 최근에는 RTK-GPS의 거리제약 요소의 단점을 극복하기 위해 Network RTK 측량에 대한 여러 연구들이 진행되어 지적세부측량에 보다 다양한 활용성을 촉진 시키고 있다.

그러나 지적재조사측량에 Network RTK 측량을 적용하기 위해서는 중요하게 고려해야할 사항이 있다. 즉, 현행 지적세부측량에서의 측량성과의 허용정확도는 경계점좌표등록부 시행지역 기준 $\pm 0.10\text{m}$ 이내 이고, 지적재조사에서 일필지 경계점 측량의 요구정확도는 $\pm 0.07\text{m}$ 이내이다. 또한 지적측량에서는 성과검사를 요하지 않는 일부 측량종목(경계복원, 지적현황측량)에 한하여 국지적인 적용이 이루어지고 있는 반면, 지적재조사사업에서는 일필지의 경계를 새로이 재확정하는 모든 지역을 대상으로 하기 때문에 상이한 특성을 가진다. 따라서 지적재조사사업에 Network RTK 측량을 적용하기 위해서는 이에 대한 명확한 정확도 분석을 기초로 효율적인 적용 방안의 모색이 필요하다.

지적세부측량과 지적재조사에 Network RTK 측량을 적용과 관련한 대표적인 연구로 Yun et al., (2013)은 지적재조사시범지역을 대상으로 Network RTK 측량을 통해 시가지 지역 적용의 한계성과 농경지와 임야지역 적용의 가능성을 제시하였다. Kim and Hong(2013)은 Network RTK 측량의 정확도 분석을 기초로 성과검사용 목적으로 적용하는 것이 효율적임을 제시하였다. Kim et al., (2009)은 Network RTK와 전자평판 관측 결과를 비교하였을 때 4cm 이내의 차이가 있음을 제시하였다. Kim et al., (2005)은 고층건물 밀집지역에서 RTK GPS 측량의 세부측량이용 및 활용가능성을 분석하여 건물과의 이격 거리가 가까울수록 정확도의 저하 문제가 나타남을 제시하였다.

선행 연구성과의 경우 대체적으로 실험지역 모든 성과에 대해 RMSE 분석과 이에 대한 차이정도를 분석해 Network RTK 측량의 적용가능성을 제시하고 있다. 그러나 새로이 경계점의 좌표를 확정하는 지적재조사사업의 특성상 모든 측점에 대해 정확한 성과가 취득되어야 하고, 이 또한 지적재조사에 관한 특별법에서 제시하고 있는 성과이내를 보여야 함으로 분석방법을 다양화할 필요가 있고, 도출된 성과를 기반으로 적용방안이 명확히 제시되어야 한다. Kim and Hong(2013)의 연구

에서 국지적인 지역을 대상으로 Network RTK 장비를 이용해 지적측량과 지적재조사사업에서의 허용오차 범위를 적용해 분석한 결과 수신장애가 없는 곳에서도 불규칙적인 오차가 발생함이 제시되었다. 따라서 광범위한 지역이나 실제 지적재조사사업 시범지구를 대상으로 지역별 Network RTK 측량의 적용 정확도 분석을 통해 지적재조사사업서 최적의 적용 방안이 모색되어야 한다.

본 연구에서는 광역 지적재조사사업 시범지구에 대해 Network RTK 측량으로 일필지 경계점의 성과를 취득해보고자 한다. 취득한 성과에 대해 기존 확정성과(TS기반)와 지역별 적용 정확도 분석을 시행한다. 그리고 이 결과를 토대로 향후 지적재조사사업에서의 Network RTK 측량의 합리적인 적용 방안을 제시해보고자 한다.

2. 지적재조사 및 Network RTK 측량

2.1 지적재조사

지적재조사사업은 지적공부의 등록사항을 조사·측량하여 기존의 지적공부를 디지털에 의한 새로운 지적공부로 대체함과 동시에 지적공부의 등록사항이 토지의 실제 현황과 일치하지 아니하는 경우 이를 바로 잡기 위하여 실시하는 국가사업을 말한다. 이 사업은 토지의 실제 현황과 일치하지 아니하는 지적공부(地籍公簿)의 등록사항을 바로 잡고 종이에 구현된 지적(地籍)을 디지털 지적으로 전환함으로써 국토를 효율적으로 관리함과 아울러 국민의 재산권 보호에 기여함을 목적으로 하고 있다(지적재조사에 관한 특별법 제1, 2조).

지적재조사사업은 2012년부터 2030년까지 약 20여년간 추진을 계획하고 있으며 2013년도 현재 2차년도 사업이 전국적으로 진행되고 있다.

지적재조사측량은 지적기준점을 정하기 위한 기초측량과 일필지의 경계와 면적을 정하는 세부측량으로 구분하고 있다. 기초측량은 위성측량 및 토털 스테이션측량의 방법으로 한하고, 세부측량은 위성측량, 토털 스테이션측량 및 항공사진측량 등의 방법으로 시행하도록 규정하고 있다(지적재조사에 관한 특별법 시행규칙 제5조).

지적재조사측량의 결과에 대해서는 지적소관청에 성과검사를 받아야 한다. 소관청에서는 지적측량수행자가 행한 사업지구의 성과에 대해 위성측량, 토털 스테이션측량 및 항공사진측량 방법 등으로 지적재조사측량성과(지적기준점측량성과는 제외한다)의 정확성을 검사하여야 한다. 성과허용 범위는 지적재조사측량성

과와 지적재조사측량성과에 대한 검사의 연결교차가 지적기준점은 $\pm 0.03\text{m}$ 이내, 경계점은 $\pm 0.07\text{m}$ 이내일 경우 최종 확정 성과로 결정한다(지적재조사에 관한 특별법 시행규칙 제6, 7조).

2.2 Network RTK 측량

RTK-GPS는 기준국으로부터 이동국이 멀어질수록 위성의 궤도력, 대류권, 전리층의 영향에 의한 계통적 오차가 발생하고 이에 의한 계통적 오차의 상관성이 저하됨에 따라 정확도의 감소와 수신기의 초기화 시간이 증가하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하고자 GPS 상시관측소의 기준점망을 사용하여 계통오차를 분리, 모델링하여 네트워크 내부의 임의의 위치에서 관측된 것과 같은 가상의 기준점 자료를 생성하고, 이 가상의 기준점자료와의 상대측위를 통하여 정밀한 이동국의 위치를 결정하는 방법이 Network RTK 방식이다(Han, 2010; Kim and Hong, 2013).

Network RTK의 종류에는 가상기준점 방식(VRS)과 면보정계수 방식(FKP), 격자보정계수 방식(MutiRef)이 있으며, 소프트웨어의 종류 중 그 중 하나가 가상 기준점(virtual reference station)방식으로 알려진 Trimble사의 VRS와 독일의 GEO++사와 Leica사가 공동으로 개발한 GNSMART/GEO++가 있으며 이는 초기 모델로 현재는 Leica사가 초기버전을 독자적으로 보완하여 개발한 Spider Net이 있다(Choi et al., 2013).

각각의 방식들은 계산 알고리즘, 데이터 전송 방법 등의 기술이 조금씩 다르다. 이들 방식의 주된 차이는 오차를 계산하는 알고리즘, 오차를 전송하는 형태와 방식에 있으며 실제 사용자 입장에서 가장 큰 차이점은 사용자가 가상 관측치를 취득하는 방법에 있다. 현재 우리나라에서는 Fig. 1과 같이 상시관측소들의 데이터를 이용하여 이동국 인근에 가상 기준점(VRS)를 생성

하고, 보정신호를 이동국에 전송하여 위치를 결정하는 방식을 사용하고 있다.

가상 기준점 방식의 측위 과정은 이동국의 위치를 모바일 통신 방식인 CDMA(Code Division Multiple Access)를 이용하여 NMEA(National Marine Electronics Association) 형식으로 VRS 서버에 전송한다. 서버에서 전송받은 이동국 위치에 인접한 상시관측소들의 데이터를 이용하여 전리층, 대류층, 위성 관련 오차등과 같은 오차를 계산하고 이동국 근처에 가상 기준점을 생성한다. 마지막으로 생성된 가상 기준점의 위치 및 보정 정보를 NTRIP(Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) 방식으로 이동국에 전송하고 이 정보를 이용하여 이동국의 정밀한 위치를 결정하게 된다(No et al., 2012).

이동국으로의 통신 방식에 있어서 양방향 통신 방식은 휴대전화 등을 이용하여 사용자의 단독측위 결과를 중앙 제어국에 통보하고 중앙 제어국에서는 이로부터 계산한 가상 관측치를 이동국으로 재전송하는 방식이며, 단방향 통신방식은 중앙 제어국에서 보간계산면 상수(FKP)를 계산하여 방송하고 가상 관측치는 사용자 자신이 계산하는 방식이다. 보정계수방식을 채택 하면 사용자 수는 무제한이지만 사용자 측에서 가상 관측치를 계산해야 하는 부담이 따르고, VRS 방식을 채택하면 중앙 제어국의 동시 연결회선 수 제한으로 인해 사용자수에 제한이 있는 단점이 있다.

3. 실험 및 분석

3.1 연구지역 선정 및 관측

연구에서는 Network RTK 실험측량을 위해 기존 지적재조사사업 시범지구인 경기도 오산시 서량지구를 선정하였다. 실험지구를 선정함에 있어서는 크게 2가지 요소가 충족되어야 한다. 첫째는 취득한 Network RTK 측량 성과의 비교를 위해 기존 확정성과가 있어야 한다. 둘째는 Network RTK 측량시 기존 일필지 경계점의 경계점 표지가 존재하고 있어야 동일 측점에 대한 비교분석이 가능하다. 연구에서는 이러한 요소를 고려하고 실제 지적재조사사업 시범지구를 선정해 Network RTK 측량을 수행하고 성과를 비교 분석해 봄으로써 실질적인 Network RTK 측량의 적용 방안을 모색해 보고자 하였다. 실험지역으로 선정한 서량지구의 필지 수는 총 311필지이고, 면적은 297.458km^2 에 해당한다. Fig. 2는 연구대상을 나타낸 것이다.

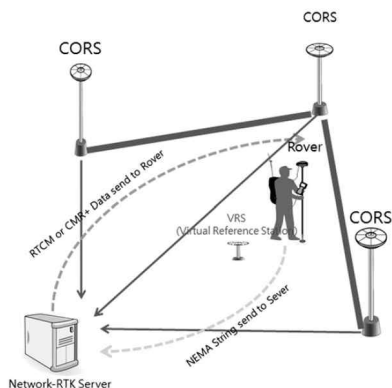


Figure 1. Introduction to VRS Network RTK

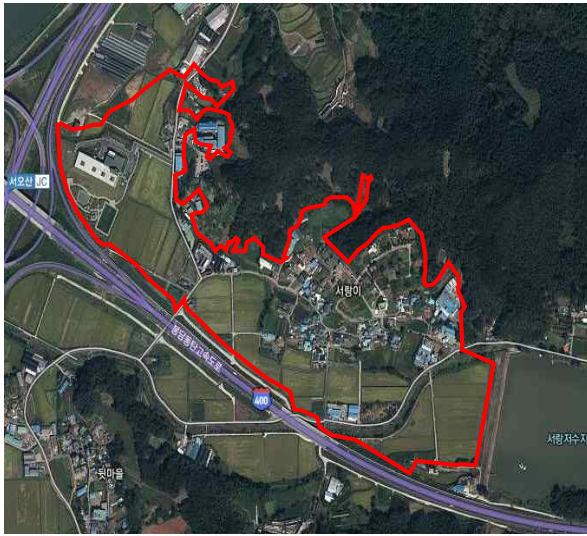


Figure 2. Study area

연구지역 일필지 경계점의 관측은 국토지리정보원에서 제공하는 가상기준점 서비스를 이용하여 Network RTK 관측을 수행하였다. Network RTK 측량을 하기 위하여 휴대폰의 모바일앱 기능과 블루투스 기능을 이용해 무선인터넷을 연결하고, 가상기준점 서비스에 접속해 보정데이터를 전송받았다. 접속이 완료된 후에는 이동국이 되는 1대의 수신기와 컨트롤러를 이용하여 측량을 수행하였다. 일필지 경계점을 관측함에 있어 전체 관측점에 대해 Network RTK 측량을 적용해 보고자 수신기 양호하지 않을 것으로 예측된 측점까지도 전부 포함해 경계점포지 관측을 시행하였다. 데이터 수신 간격은 1초로 하였으며, 측정시간은 고정해를 얻은 후

Table 1. Leica receiver(GS15)

Type	Specifications
No. of channels	• 120 channels
Satellite signals	• GPS : L1, L2, L2C, L5 • GLONASS : L1, L2
Accuracy	Static • Horizontal : 3 mm ± 0.1 ppm (rms) • Vertical : 3.5 mm ± 0.4 ppm (rms) RTK • Horizontal : 10 mm ± 1 ppm (rms) • Vertical : 20 mm ± 1 ppm (rms)
Network solution	• VRS, FKP, iMAX
RTMC Specification	• RTCM 2.1, RTCM 2.3, • RTCM 3.0, RTCM 3.1
Communication devices	• Serial RS232, bluetooth, RF modem

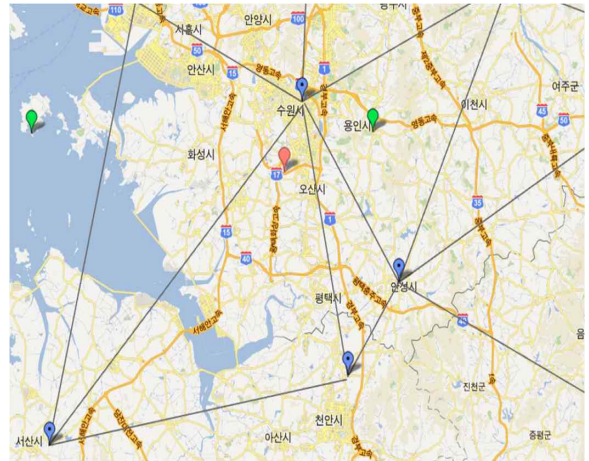


Figure 3. VRS network of study area

10초 이상 관측하였다. 실험관측시 지적재조사측량규정 제7조 4항에 의한 RTK 위성측량 주의사항을 준수하였다. 관측한 데이터는 컨트롤러에 저장된 프로젝트 파일에서 각 측점의 관측값, RAW 데이터, PDOP, 수평-수직 RMS, 관측정밀도 등을 컴퓨터에서 분석하여 성과를 취득하였다. 실험에 사용된 Network RTK 장비는 라이카(Leica)사의 GS15이며 안테나, 수신기, RF모뎀, 배터리가 통합된 일체형으로 장비의 제원은 Table 1과 같다.

실험지역의 VRS 네트워크는 Fig. 3과 같이 수원(SUWN), 서산(SEOS), 천안(CHEN) 상시관측소로 구성되어 있으며, 기준국간 평균 거리는 약 56km (수원~서산: 74km, 서산~천안: 34km, 수원~천안: 60km)이다.

3.2 실험결과 분석

3.2.1 전체 관측점의 성과 분석

실험결과의 분석은 연구지역 전체 관측점에 대한 성과를 분석하였고, 또한 지역별, 오차 구간별(지적재조사측량 성과 기준)로도 함께 분석을 시행하였다. 분석 대상은 취득된 성과 총 324점 중에서 경계점포지가 존재하지 않아 기존 확정성과와 비교분석이 어려운 17점을 제외한 총 307점에 대한 성과를 분석하였다.

전체 관측점수 총 307점에 대한 성과를 분석한 결과 전체 RMSE는 X=±0.0107m, Y=±0.0029m로 분석되었고, 연결오차의 RMSE는 ±0.1028m로 분석되었다. 이는 관측에 있어 Network RTK 측량으로 전체 사업지구를 측량한다는 가정을 하였기 때문에 측점별 수신 장애가 있는 지역이 포함되어 있기 때문인 것으로 분석된다. 이 결과만 놓고 본다면 현행 법률에서 규정하고 있는 경계점좌표등록부 시행지역에서의 일필지 경계점 오차 범위에 근접하는 결과이다.

전체 관측점 취득 성과에 대해 지적재조사에 관한 특별법 시행규칙 제7조(지적재조사 측량성과의 결정)에서 규정하고 있는 성과인정 범위인 $\pm 0.07m$ 를 기준으로 분석을 해 보았다. 결과, 오차 범위 이내를 보이는 측점은 총 258점으로 나타났고, 오차 범위를 초과한 측점은 48점으로 총 관측점수의 16%에 해당하는 것으로 나타났다(Table 2).

3.2.2 지역별 성과 분석

관측점 전체에 대한 오차 분석과 함께 지역별로 구분하여 분석을 해 보았다. 지역구분은 경지정리 지역, 주거지역, 토지와 임야경계선 접합 지역으로 구분해 분석을 시행하였다. 먼저 개발지에 해당하는 경지정리지역의 경계점에 대하여 총 98점을 관측한 결과 지적재조사에 관한 특별법에서 규정하고 있는 $\pm 0.07m$ 이내인 경계점이 96점(98%)으로 분석되었다. 그러나 오차의 허용범위를 초과하는 경계점이 2점으로 나타났다(Table 3).

주거지역의 경우 전체 총 118점을 관측한 결과 경계점의 연결오차가 $\pm 0.07m$ 이내인 경계점은 99점(84%)으로 분석되었고, $\pm 0.07m$ 를 초과한 측점은 19점(16%)인 것으로 나타났다. 초과한 측점에서의 최대오차는 1.74m이었고, 평균오차는 0.11m로 분석되었다. 이러한 오차의 원인으로는 대상지역이 주거지역이므로 건축물

Table 2. Observation result(total)

No. of observation (A)	Within allowable error tolerance($\pm 0.07m$)(B)	Exceed the allowable error tolerance($\pm 0.07m$)	Ratio (A:B)
307	259	48	84%



Figure 4. Case of exceeding the allowable error tolerance($\pm 0.07m$) in readjustment of fields(0.083m)

Table 3. Observation result(readjustment of fields)

No. of observation (A)	Within allowable error tolerance($\pm 0.07m$)(B)	Exceed the allowable error tolerance($\pm 0.07m$)	Ratio (A:B)
98	96	2	98%



Figure 5. Case of exceeding the allowable error tolerance($\pm 0.07m$) in residential area

및 구조물 등과 담장 및 울타리, 과실수 등으로 인한 상공장애가 원인 것으로 판단되었다. 또한 주택지역은 처마밑 등 네트워크 RTK 관측이 불가능한 경계점이 다수 있었으며, 이는 분석에서 배제하였다. 실험측량 시점이 동절기라 낙엽이 진 상태여서 비교적 관측환경이 양호했다는 것을 감안하면 하절기에는 관측율이 더욱 저조할 것으로 예상된다(Table 4).

지적재조사사업은 지적재조사에 관한 특별법 제24조(새로운 지적공부의 작성)에 의하여 새로운 지적공부에 지상건축물도 등록하도록 되어있으므로 지적재조사측량시 경계점뿐만이 아니라 건축물도 관측하여야 한다. 그러나 Network RTK 장비로는 건축물을 완벽하게 관측하기에 곤란하므로 건축물의 측량은 토털스테이션 측량 방법으로 추가 관측이 이루어져야 하는 문제점이 있다.

토지와 임야경계선이 접하는 부분에 대해서는 총 91점이 관측되었다. 일필지 경계점 91측점 중에서 경계점 연결오차 $\pm 0.07m$ 를 초과하는 경계점은 총 27점(30%), 허용범위 이내인 측점은 총 64점(70%)로 분석되었다. 이 지역의 경우 관측시기가 동절기임에도 최대오차가 3.23m, 평균오차가 0.19m인 것으로 나타났다. 따라서 임야와 토지가 접하는 지역에서는 수목의 및 주변 구조물들의 영향으로 Network RTK 측량 적용에 한계성이 있는 것으로 분석되었다(Table 5).

Table 4. Observation result(residential area)

No. of observation (A)	Within allowable error tolerance($\pm 0.07m$)(B)	Exceed the allowable error tolerance($\pm 0.07m$)	Ratio (A:B)
118	99	19	84%



Figure 6. Large observation error due to buildings (0.085m)



Figure 7. Case of exceeding the allowable error tolerance($\pm 0.07m$) in neighboring areas of land and forest

3.3 분석 결과 평가

본 연구에서 실험지역 일필지 경계점 전체 관측점수 총 307점에 대한 성과를 분석한 결과 연결오차의 RMSE는 $\pm 0.1028m$ 로 분석되었다. 이는 수신장애가 발생할 것으로 예측된 지점의 오차까지 함께 포함되어 나타난 결과로 예측할 수 있다. 따라서 여기서 수신장애 의심지역을 배제한다면 연구지역에서 Network RTK 측량은 적용가능하다고 분석·제시할 수 있을 것이다. 즉, 연구성과에서 0.07m를 초과하는 측점을 제외하고 분석한다면 Network RTK 측량의 성과는 지적재조사사업의 오차 허용 범위를 만족하는 수준이 된다.

그러나 지적재조사사업에서의 성과 취득은 1인이 하

Table 5. Observation result(neighboring areas of land and forest)

No. of observation (A)	Within allowable error tolerance($\pm 0.07m$)(B)	Exceed the allowable error tolerance($\pm 0.07m$)	Ratio (A:B)
91	64	27	70%

는 것이 아니라 전국을 대상으로 다수의 지적측량수행자에 의해서 측량이 시행된다. 이는 곧 Network RTK 측량 가능 환경이 명확히 제시되어야 통일적이고 일률적인 성과의 취득을 유도할 수 있다. 그런데 일선 작업 현장에서는 Network RTK 측량시 수신장애가 없어야 하는 것은 인지하고 있을 수 있으나 어느 정도의 수신장애가 위치측정 성과에 영향을 미치는지에 대해서는 표준화된 규정이 없고 이를 표준규정으로 제정하기에도 어려움이 있다.

따라서 현실적인 방법은 토털스테이션과 Network RTK를 병용하여 적용하는 것으로 제안할 수 있다. 즉, 수신장애가 조금도 발생하지 않는 지역은 Network RTK 측량을 적용하고 수신장애 발생 지역과 건축물은 토털스테이션 측량을 적용하는 것이다. 연계 적용 방법의 문제는 측량 작업에서 효율성이 저하되는 문제가 발생한다는 것이다.

특히, 경지정리지역과 같이 수신장애가 전혀 발생되지 않는 지역에서도 실험결과 2점이 $\pm 0.07m$ 를 초과하는 것으로 나타났다. 불규칙적인 오차(수신기 성능 및 펌웨어 관련 오류, 통신장애 오차 등)에 대해 아직까지 그 원인이 명확히 밝혀지지 못하고 있다. 이러한 문제의 해결을 위해서는 1회 관측을 2회 이상으로 관측 횟수를 증가시켜 관측할 수 있으나 이 역시 토털스테이션 측량과 비교시 효율성이 떨어지는 단점이 있다.

결국 현재까지 연구된 성과와 본 연구의 성과를 종합해 볼 때, 현재 상황에서의 Network RTK 측량만을 적용해 일필지 경계점 성과를 모두 취득하기에는 무리가 있다고 본다. 본 연구에서 보다 현실적인 대안을 제시해 보면 다음과 같다.

현재 Network RTK와 전자평판을 연계해 측량할 수 있는 통합형 측량방법을 개발하고 있다. 따라서 이 장비의 개발과 적용 실험을 통해 효율성과 정확성이 입증된다면 이 방식을 적용하는 것이다. 즉, 통합형 측량장비로 관측 환경이 양호한 지역은 Network RTK 측량을 적용하고, 수신에 문제가 있거나 불규칙적인 오차가 발생하는 지역 또는 측점에 대해서는 전자평판 측량방법을 적용하게 되면 정확도와 효율성 문제를 동시에 해결할 수 있다고 판단된다. 두 번째는 최초 일필지 성과

취득은 토털스테이션측량으로 단일화를 하고, 이후에 이루어지는 소관청의 검사측량에서 Network RTK 측량을 적용하는 방법이다. 이렇게 적용함으로써 최초 일필지 경계점 성과 취득의 통일성과 안정성을 기하고, 소관청에서는 경계점, 지적도근점 등의 표본을 실시간으로 검사할 수 있으므로 지적재조사측량의 작업을 보다 더 빠르게 마무리할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 지적재조사사업 시범지구에 대해 Network RTK 측량으로 일필지 경계점의 성과를 취득해보고, 취득한 성과에 대해 기존 확정성과(TS기반)와 지역별 적용 정확도 분석을 통해 향후 지적재조사사업에서의 Network RTK 측량의 합리적인 적용 방안을 제시해보고자 하였다. 도출된 연구결론은 다음과 같다.

실험지역으로 지적재조사사업 시범지구인 경기도 오산시 서량지구를 선정하고, Network RTK 측량으로 일필지 경계점 총 307점에 성과를 취득하였다. 그리고 이에 대해 기존 확정성과와 비교를 해 보았다. 비교는 전체 측점수의 RMSE와 지적재조사에 관한 특별법에서 규정하고 있는 일필지 경계점의 오차허용 범위인 $\pm 0.07\text{m}$ 기준을 만족하는 정도, 지역별 분석을 시행하였다.

분석결과 전체 관측점수 총 307점에 대한 성과를 분석한 결과 전체 RMSE는 $X=\pm 0.0107\text{m}$, $Y=\pm 0.0029\text{m}$ 로 분석되었고, 연결오차의 RMSE는 $\pm 0.1028\text{m}$ 로 분석되었다. 이중 총 49점(16%)이 $\pm 0.07\text{m}$ 을 초과하는 것으로 나타났다. 지역별로는 경지정리지역에서 총 98점 중 2점(0.02%)이, 주거지역 118점 중 19점(16%)이, 토지와 임야경계선이 접하는 부분 91점 중 27점(30%)이 지적재조사 허용기준을 초과하는 것으로 나타났다.

연구에서는 이러한 분석결과를 종합적으로 평가해 향후 지적재조사사업에서의 현실적인 대안을 제시해 보았다. 즉, 지적재조사사업에서의 일률적인 성과취득을 위해서는 Network RTK와 전자평판 통합형 측량 기법의 개발과 적용을 제안하였다. 그리고 통합형 장비가 개발·적용되기 이전까지는 최초 일필지 성과 취득은 토털스테이션측량으로 단일화를 하고, 이후에 이루어지는 소관청의 검사측량에서 Network RTK 측량을 적용하는 방법을 제안하였다.

References

1. Choi, H.J., Lee, B.K., Yeon, S.H., 2013, A study on the site calibration of Network RTK surveying, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol.31, No.1, pp. 99-107.
2. Han, J.H., Kwon, J.H., Hong, C.K., 2010, Analysis of Network-RTK(VRS) positioning accuracy for surveying public control point, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol.18, No.2, pp. 13-20.
3. Kim, D.H., Hong, S.E., 2013, A accuracy analysis of Network-RTK for applying in cadastral and cadastral resurvey surveying, Journal of the Korean Society of Cadastre, Vol.29, No.1, pp. 57-70.
4. Kim, J.S., Seo, D.J., Kim, N.S., 2005, Cadastral boundary surveying in high-rise building of density area using RTK positioning of GNSS, Journal of the Korean Cadastre Information Association, Vol.7, No.1, pp. 1-10.
5. Kim, K.R., Kand, D.R., Song, G.F., 2009, Application of Network RTK using VRS to cadastral surveying, Journal of the Korean Cadastre Information Association, Vol.11, No.1, pp. 89-99.
6. Lee, Y.J., Lee, H.K., Bae, K.H., Jeong, K.H., 2007, Tests of RTK GPS positioning using multiple reference stations, Journal of the Korean Society of Cadastre, Vol.23, No.1, pp. 133-142.
7. National Geographic Information Institute, 2003, A study on the introduction of VRS.
8. No, S.J., Han, J.H., Kwon, J.H., 2012, Accuracy analysis of Network-RTK(VRS) for real time kinematic positioning, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol.30, No.4, pp. 389-396.
9. Yun, H.C., Park, M.H., Choi, S.Y., 2013, A study on the economical surveying method for resurvey of cadastre, Journal of the Korean Society of Cadastre, Vol.29, No.1, pp. 71-89.