

연구논문

VRS GPS을 이용한 필계점의 정확도 평가 Accuracy Evaluation of Boundary corner point using VRS GPS

장상규* · 김진수** · 정공운***

Jang, Sang Kyu · Kim, Jin Soo · Jeong, Gong Uhn

要 旨

GPS를 이용한 RTK 측량은 기준국으로부터 거리가 멀어짐에 따라 궤도오차나 전리층, 대류권의 영향에 의해 거리가 제한된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 가상기준점 시스템이 구축되었다. 본 연구에서는 여러 장비와 시간이 요구되는 토탈스테이션과 RTK GPS 측량을 대신에 VRS GPS 측량으로 경계점의 좌표를 취득하여 지적세부측량의 정확도를 평가하고자 한다. 이들 연구를 통하여 VRS RTK 측량의 위치오차가 0.144m, RTK GPS 측량의 위치오차가 0.146m로 관측되어 거의 차이가 없음을 알 수 있었고 수치지적시행 지역에서 효율적인 측량방법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 가상기준점, VRS RTK, RTK GPS, 수치지적측량

Abstract

The accuracy of RTK GPS is limited by the distance dependent errors from orbit, ionosphere and troposphere, as the distance between the rover and the base station increases in the Real Time Kinematic surveying. To solve this problem, VRS system has installed. This study would estimated the accuracy of cadastral detail surveying, which is used on the VRS RTK instead of Total Station and RTK GPS demand for various equipments and time. As a result of study, the positioning accuracy of the VRS RTK and RTK GPS surveying make no greater difference, as RMSE of VRS RTK surveying is 0.144m and that of RTK GPS surveying is 0.146m and the new method would be more efficient.

Keywords : VRS RTK, RTK GPS, Numerical cadastral surveying

1. 서 론

지적측량은 토지자원의 정확한 파악과 토지에 대한 물권이 미치는 한계를 밝히고, 지적공부의 등록에 필요한 정량성과 통일성을 갖추기 위한 일필지 토지의 소재, 경계, 지번, 지목, 면적, 좌표 등의 토지표시사항을 법률적으로 결정하는 행정처분을 하기 위한 특수목적의 측량이다. 특히 면적측정은 일필지의 경계선에 의하여 이루어지고 있는 한 지번에 대한 넓이를 도면 또는 경계점 좌표로 측정하는 것이며, 이때의 면적은 수평면적을 의미한다(신동운, 2000).

지적측량은 토지의 경계표시 방법에 따라 도해지적측량과 수치지적측량으로 분류할 수 있고, 도해지적은 경

계점의 위치를 도면에 표시하는 것을 말하며, 수치지적은 경계점의 위치를 평면직각중형선좌표로 표시하는 것을 말한다. 우리나라의 지적도나 임야도는 주로 측판측량에 의한 도해적으로 표시하고 있지만, 지가(地價)가 높은 대도시 지역과 구획정리사업지구 등에 부분적으로 수치지적을 시행하고 있다(유환희외 2명, 2004).

수치지적측량에 사용되는 장비는 주로 디지털 경위의, Total Station, GPS(Global Positioning System)장비 등이 사용되고 있다. 특히 GPS를 이용한 지적측량은 도근측량이나 세부측량까지 적용범위를 넓혀가고 있고, 세부측량의 경우 RTK(Real-Time Kinematic) GPS 방법을 이용하여 경지정리지구, 택지개발지구 등과 같이 전파수신장애가 없는 지역 즉, 수치지적시행지역에서는 Total Station

2009년 2월 7일 접수, 2009년 2월 27일 채택

* 교신저자·정회원·경북대학교 이공대학 토목공학과 교수 (skjang@knu.ac.kr)

** 정회원·안동과학대학 건설정보과 전임강사 (kjs2006@asc.ac.kr)

*** 정회원·신화지리정보(주) 대표이사 (gw-jeong@hanmail.net)

측량보다 더 효율적으로 위치정보의 취득이 가능한 것으로 제시되고 있다(홍성연, 2007).

RTK GPS는 측량시간과 투입 인력을 줄일 수 있고 cm 수준의 측량 정확도를 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 초기화시간이 증가되는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 GPS 상시관측소들로 이루어진 기준점망을 사용하여 계통적 오차를 분리하고 모델링하여 네트워크 내부의 임의의 위치에서 관측된 것과 같은 가상의 기준점 자료를 생성하고, 이 가상의 기준점자료와의 상대측위를 통하여 정밀한 이동국의 위치를 결정하는 새로운 RTK GPS 방식이 가상기준점(VRS) RTK 시스템이다(국토지리정보원, 2003, 2007).

따라서 본 연구에서는 택지개발지구를 선정하여 실시간 위치결정방법인 RTK GPS와 가상기준점 방식인 VRS(Virtual Reference Station) RTK 측량방법을 활용하여 필지 경계점의 위치정보를 도출하고, 이에 대한 정확도 기준은 Total Station 측량 성과를 이용함으로써, RTK GPS 측량과 VRS RTK 측량의 위치정확도를 비교, 분석하여 향후 지적측량의 정확도 향상을 위한 방안을 제시하고자 한다. 또한 각각의 측량방법별 기준점 설치 및 이동국 이동시간 등 관측에 소요되는 관측시간을 분석함으로써 VRS RTK 측량의 효율성을 제시하고자 한다.

2. VRS RTK 시스템

광범위한 측량지역의 정밀좌표를 신속하게 관측할 수 있는 RTK GPS는 정밀한 위치정보를 가지고 있는 기준국의 반송파 위상에 대한 보정치를 이용하여 이동국에서 실시간으로 cm 수준 정확도의 측위결과를 얻을 수 있다. 하지만 기준국과 이동국간의 거리가 멀어짐에 따라 정확도가 저하되기 때문에 기선거리가 짧아야 한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 네트워크 RTK 시스템이 연구되었다(국토지리정보원 2003). 현재까지 개발된 네트워크 RTK 시스템은 MultiRef, FKP(Flachen Korrektur Parameter), VRS 등이 있으며, 이들 방식들은 계산 알고리즘, 데이터 전송방법 등의 기술이 조금씩 다르다. 국토지리정보원에서는 VRS 방식의 네트워크 RTK 시스템을 채택하여 14개의 GPS 상시관측소를 이용한 VRS 망 구축을 완료하였다. 2007년 11월부터 ‘실시간 정밀 GPS 측량 서비스’라는 이름으로 본격적으로 개시되었다(김혜인의 3명, 한국측량학회, 2008). 최석근 등은 이

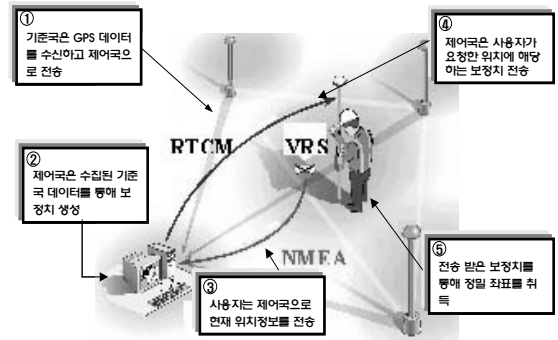


그림 1. VRS RTK의 원리

시스템을 이용하여 지역 파라미터를 결정하고 도근점에 대한 정밀도와 정확도를 분석하였다.

VRS 시스템은 그림 1과 같이 크게 중앙 제어국, GPS 상시관측소, 이동국으로 나눌 수 있으며, 중앙 제어국에서는 네트워크 내의 상시관측소 자료를 통합한 후 정수 바이어스, 전리층과 대류권 지연에 의한 신호 지연 등이 포함되어 있는 오차를 분리해낸다. 오차들을 제거한 후, 선형 보간법을 통해 가상기준국의 가상 관측치를 생성하게 되며, 분리된 오차들은 가상기준점에서의 보정치를 생성하는데 이용된다. 각 기준국은 중앙 제어국과 연결되어 있으며, 이를 위해 중앙 제어국과 사용자 사이에는 송수신이 가능한 통신 수단이 필요하며, 데이터는 RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Service) 형식으로 전송된다(국토지리정보원 2007).

따라서 본 연구에서는 필지 경계점에 대해 RTK GPS와 VRS RTK 시스템을 이용하여 위치정확도를 평가하고 면적 분석을 통해 가능성 여부를 판단하며, Total Station 측량을 비롯한 세 관측방법에 대한 작업효율성 분석을 통해 가장 합리적인 측량방법을 제안하는 것이다.

3. 실험 및 분석

3.1 실험지역선정

본 연구의 실험관측을 위해서 수치지적시행 지역으로 경상북도 00시의 택지개발지구의 일부지역을 선정하였다. 또한 주변 장애물이 없기 때문에 실시간 관측이 용이하다고 판단되어 선정하였다. 대상지역의 경우 최근에 택지개발사업이 이루어져 Total Station에 의해 이미 세 부측량이 이루어진 곳이다. 따라서 Total Station 측량 성과가 존재하고, 관측에 소요된 인원 및 시간 등의 파악이 가능하며, 필지 경계점의 보존상태가 양호하기 때문에 RTK GPS 및 VRS RTK 측량성과와 정확한 비교가 이루어

어질 수 있을 것으로 판단하여 선정하였다. 그림 2는 연구대상지역의 개발계획도를 나타낸 것이다.

3.2 관측방법 및 장비

관측은 RTK GPS 관측과 VRS RTK 관측으로 구분하여 시행되었다. 먼저 대상지역의 필지 경계점에 대한 RTK GPS 관측을 위해서는 대상지역 주변에서 기준국을 선정할 필요가 있기 때문에 주변의 도근점 중에서 관측에 용이한 1점을 선정하였다. 또한 지역 파라미터를 생성하기 위해서 주변 도근점 4점을 선정하여 그림 3과 같이 관측되었으며, 이들 도근점과 기준국의 좌표는 표 1과 같다.

VRS GPS 관측은 핸드폰을 국토지리정보원의 VRS시스템과 연결하여 관측지역 부근에 가상의 기준국을 생성하고 이들 기준국으로부터 가상기준국 데이터와 보정정보를 이동국에 전송하는 방식이기 때문에 1대의 이동국을 이용하여 관측되었다. 이때 가상기준국의 좌표는 X=40034.585, Y=172667.446, Z=132.409이고, VRS GPS 관

측에서도 좌표변환을 수행하기 위해서 RTK GPS에서 사용한 4개의 도근점을 이용하여 수행되었다.

본 연구에서 사용된 장비는 SOKKIA사의 GSR2700ISX 수신기 모델과 Allegro CX 컨트롤러 그리고 휴대폰을 이용하여 실시하였으며, 데이터 취득은 Allegro CX 컨트롤러에 저장하였다. 안테나는 Pinwheel L1/L2 안테나이며, 통신포트는 무선연결이 가능한 Bluetooth 시스템이다. 이 장비는 GPS와 GLONASS 위성을 동시에 수신할 수 있어 보다 많은 위성관측이 가능하여 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.

관측시 위성의 수는 그림 4~그림 5에서와 같이 RTK GPS에서는 평균 5~12개였고, VRS RTK에서는 평균 7~10개로 대체로 양호하였다. 또한 PDOP(Position Dilution of Precision)값은 RTK GPS에서는 1.3~2.3정도였고, VRS RTK에서는 1.2~3.1로서 양호한 결과를 나타내었다. 관측은 오후 1시에서 4시 사이에 이루어졌으며, 필지 경계점당 수신시간은 RTK GPS와 VRS RTK에서 각각 5초로 설정하였다. 또한 대상지역의 필계점 수는 총 133점이었다.

3.3 측정별 자료처리 및 분석

취득된 RTK GPS와 VRS RTK 측량성과에 대한 정확도 분석을 위해서 Total Station 측량으로 관측된 좌표와 비교 분석하였다. 정확도 분석은 대상지역 총 133점에 대하여 Total Station좌표를 기준으로 RTK GPS와 VRS RTK 측량결과에 대한 RMSE를 산출하여 분석하였다. RMSE는 각각의 필지별로 X좌표와 Y좌표로 구분하여 분석하였고, 전체 측점에 대한 RMSE도 산출하였다. 각각의 필지에 대하여 알파벳 A에서 S까지 부여하고 관측 방법별 필지에 대한 RMSE를 분석하고자 하였다.

따라서 총 133점에 대해 총 19개의 필지별로 RTK GPS의 RMSE를 산출한 결과, 그림 6과 같이 X좌표가 $\pm 0.047 \sim \pm 0.249m$, Y좌표가 $\pm 0.018 \sim \pm 0.251m$ 로 산출되었다. 동일한 방법으로 VRS RTK의 RMSE를 산출한 결과, 그림 7과 같이 X좌표가 $\pm 0.048 \sim \pm 0.249m$, Y좌표가 $\pm 0.021 \sim \pm 0.252m$ 로 산출되었다. 또한 전체 측점에 대한 RMSE를 산출한 결과, RTK GPS는 X좌표가 $\pm 0.113m$,

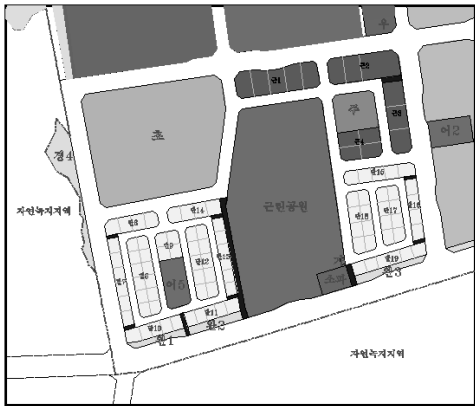


그림 2. 연구대상지의 개발계획도

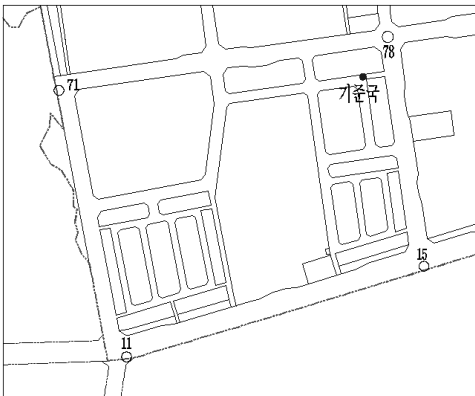


그림 3. 파라미터 생성 도근점 및 기준국 위치

표 1. 좌표변환에 필요한 기준점과 기준국 좌표

측점	x 종선좌표(m)	y 종선좌표(m)	비고
11	339671.510	172339.570	
15	339781.220	172699.820	
71	339993.950	172257.760	
78	340058.740	172656.000	
102	340010.440	172625.840	기준국

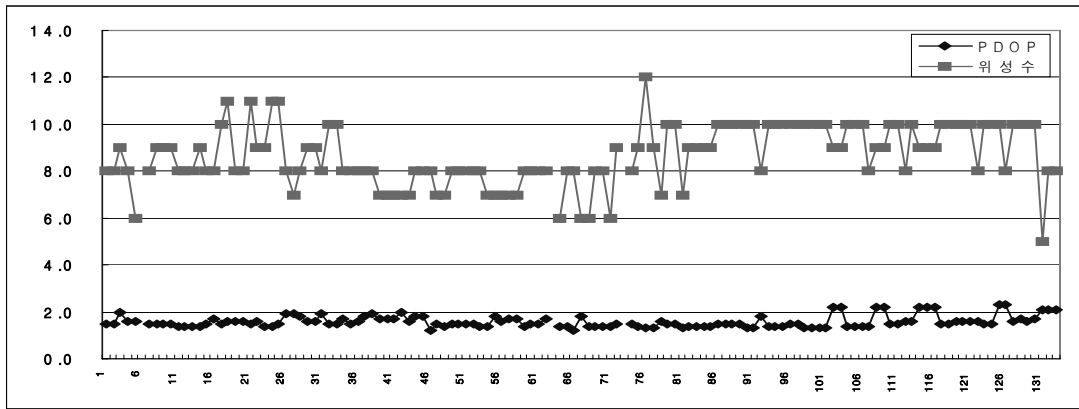


그림 4. RTK GPS측량의 PDOP과 위성수

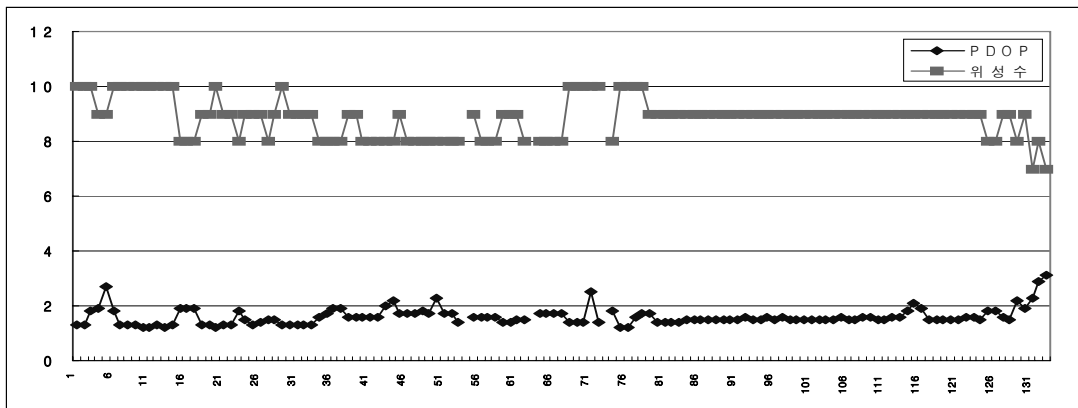


그림 5. VRS RTK측량의 PDOP과 위성수

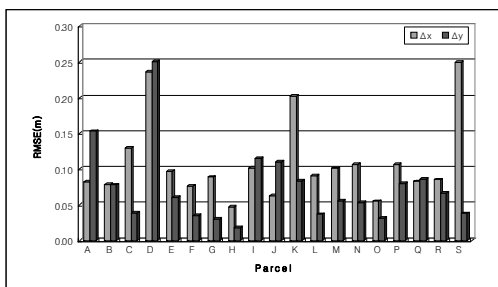


그림 6. RTK GPS 좌표에 대한 필지별 RMSE

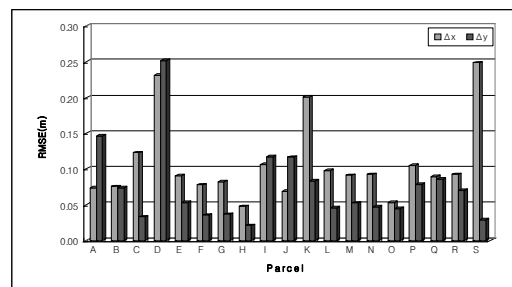


그림 7. VRS RTK 좌표에 대한 필지별 RMSE

Y좌표가 $\pm 0.092\text{m}$ 이고, VRS RTK는 X좌표가 $\pm 0.111\text{m}$, Y좌표가 $\pm 0.092\text{m}$ 로 산출되었다. 현행 지적법 시행규칙 제 54조에서는 수치지적측량시행 지역의 세부측량에 관하여 성과인정 범위를 허용오차 10cm 이내로 규정하고 있다. 그러므로 RTK GPS와 VRS RTK 측량 성과는 큰 차이없이 동일한 정확도로 사용할 수 있음을 확인할 수

있었고, 지적법에서 규정하고 있는 허용오차를 벗어남을 알 수 있지만 그림 6과 그림 7의 필지별 RMSE 분석에서, 동일한 필지에 대한 RMSE가 높게 나타나기 때문에 경계 표지가 훼손되어 경계점이 불명확하게 표시된 필계점으로 인한 것으로 파악된다. 따라서 현장 경계표지의 보존 상태가 양호하다면 정확히 관측되어 RTK GPS와 VRS

RTK 측량성과는 Total Station성과 비교에서도 거의 차이가 없는 것으로 분석된다.

본 연구에서는 VRS RTK 측량성과를 이용하여 지적측량의 정확도를 평가하고자 하였기 때문에 RTK GPS 측량을 같이 진행하였으며, 이때 두 관측의 정확도가 그림 8과 같이 거의 동일한 결과를 산출함에 따라 현장에서 두 수신기를 이용하는 RTK GPS측량보다 하나의 수신기를 이용하는 VRS RTK측량이 더 효과적임을 파악할 수 있다.

3.4 면적별 자료처리 및 분석

본 연구의 관측대상지에 대한 면적오차 분석은 Total Station 측량성과를 기준으로 RTK GPS와 VRS RTK 측량성과를 좌표법으로 계산하여 필지면적을 산출하였다. 이때 필지별은 그림 9와 같이 A~S까지 알파벳을 부여하여 산출된 면적차이값을 표 2와 같이 비교, 분석하였다. 표 2는 필지별 면적오차를 나타내는 것으로 Total Station성과를 기준으로 비교하였다. 이때 RTK GPS의 RMSE는 $\pm 6.171\text{m}^2$ 이고, VRS RTK의 RMSE는 $\pm 6.210\text{m}^2$

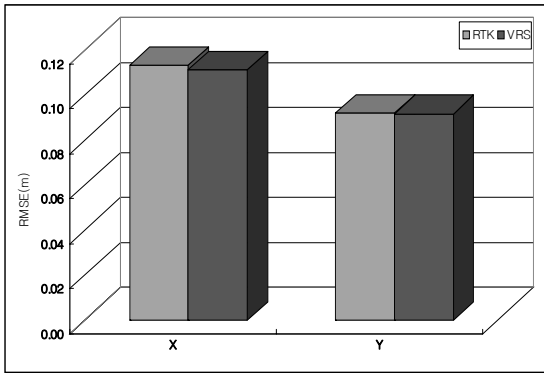


그림 8. 전체 측점에 대한 RMSE

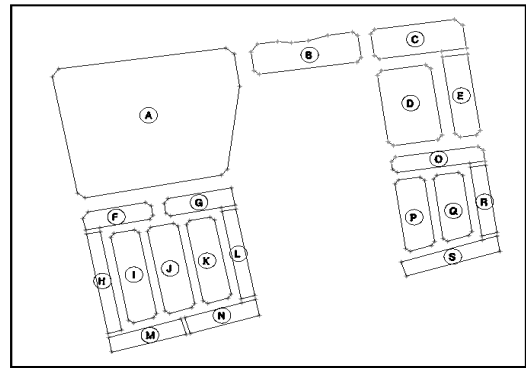


그림 9. 관측대상 필지 및 필지명

표 9. 필지별 면적오차

(단위 : m^2)

필지	TS측량	VRS 측량	RTK 측량	TS-VRS	TS-RTK	VRS-RTK
A	20400.021	20402.073	20401.896	-2.052	-1.875	0.177
B	2895.700	2891.382	2891.063	4.318	4.637	0.319
C	2561.000	2561.960	2561.405	-0.960	-0.405	0.555
D	3786.000	3776.761	3775.800	9.240	10.200	0.960
E	1914.000	1913.856	1912.228	0.144	1.772	1.628
F	1102.189	1096.122	1096.401	6.067	5.788	-0.280
G	1120.160	1117.195	1117.737	2.965	2.424	-0.541
H	1349.549	1349.474	1349.534	0.075	0.015	-0.060
I	2397.597	2392.785	2392.071	4.813	5.526	0.714
J	2484.957	2482.232	2483.320	2.725	1.637	-1.088
K	2213.743	2211.026	2211.426	2.717	2.316	-0.400
L	1194.783	1199.147	1199.431	-4.364	-4.647	-0.283
M	1112.803	1109.587	1110.901	3.215	1.901	-1.314
N	1118.926	1124.802	1125.382	-5.877	-6.456	-0.580
O	1319.750	1318.145	1317.793	1.605	1.957	0.352
P	1939.825	1940.864	1940.108	-1.039	-0.282	0.756
Q	1793.601	1788.520	1788.076	5.081	5.524	0.443
R	993.982	988.082	989.533	5.900	4.449	-1.451
S	1390.523	1409.841	1409.340	-19.318	-18.817	0.501
RMSE				± 6.210	± 6.171	± 0.804

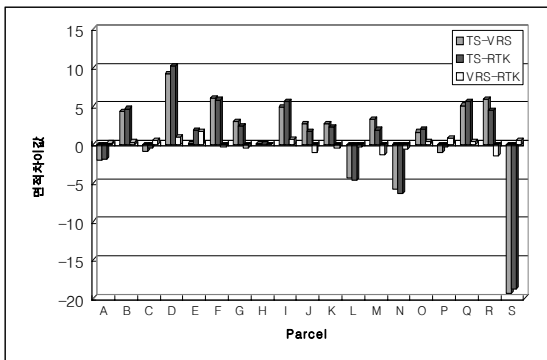


그림 10. 필지별 면적 차이값

으로 나타났다. 또한 이들 두 관측방법의 RMSE는 $\pm 0.804\text{m}^2$ 로 나타났다. 이러한 결과는 현행 지적법시행령 제 48조에 규정된 신규면적 오차허용 범위인 $0.026^2 M\sqrt{F}$ 에 적용할 경우, 모든 산출값이 오차허용 범위 이내의 성과에 포함되어 RTK GPS 측량뿐만 아니라 VRS RTK 측량 성과의 높은 정확도를 보여주고 있다.

그림 10은 필지별 면적의 차이값을 나타낸 것으로, S필지의 면적오차가 가장 큰 것으로 파악되고 있다. 이는 S필지의 경계점이 불명확하여 발생한 것으로 파악되지만, 이 필지도 정확도 이내에 포함되고 있다. 따라서 RTK GPS 측량뿐 아니라 VRS RTK 측량도 경지정리지구, 농경지, 임야지 등과 같이 위성전파수신에 장애가 발생하지 않는 곳에서는 위치정보 획득에 있어 높은 효율성이 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 현재 지적측량에서 Total Station으로 이루어지는 수치지적측량을 대체할 RTK GPS 측량과 VRS RTK 측량으로 택지개발지구를 선정하여 정확도를 분석하였다. 또한 이들 측량시스템을 이용한 면적 정확도, 관측시간 및 인원 등을 비교하여 작업의 효율성을 비교함

으로써, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

연구대상지역의 필계점에 대해 Total Station측량 성과를 기준으로 RTK GPS 측량성과와 VRS RTK 측량성과를 비교한 결과, 전체 측점에 대한 RTK GPS의 RMSE와 VRS RTK의 RMSE가 비슷하게 산출되어 지적법의 세부 측량 허용오차 기준을 만족함으로 수치지적시행 지역에서 효율적인 측량방법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

면적 정확도를 분석하기 위해서 필지별로 면적을 산출하고 Total Station성과를 기준으로 RMSE를 분석하여 RTK GPS는 $\pm 6.171\text{m}^2$, VRS RTK는 $\pm 6.210\text{m}^2$ 으로 현행 지적법에 규정된 면적허용 범위 이내에 포함되어 VRS RTK 측량을 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 강태석, 홍성언, 2002, "RTK-GPS에 의한 일필지 좌표결정의 정확도 분석에 관한 연구", 한국지형공간정보학회지 제 10권 제 1호, pp. 37-49.
2. 김혜인, 유기석, 박관동, 하지현, 2008, "국토지리정보원 VRS RTK 기준망 내부 측정 측량 정확도 평가", 한국측량학회지 제 26권 제 2호, pp. 139-147.
3. 국토지리정보원, 2003, "가상기준점(VRS) 도입에 관한 연구", pp. 5-12.
4. 국토지리정보원, 2007, "한반도 지각변동 연구", pp. 125-161.
5. 신동운, 2000, 지적세부측량학, 한울출판사.
6. 주정준, 김성삼, 유환희, 2004, "필지중심토지정보시스템 자료를 이용한 지적측량 정확도 평가", 한국지형공간정보학회지 제 12권 3호, pp. 23-31.
7. 최석근, 안원태, 이선규, 문용현, 2008, "VRS를 이용한 지역 파라메타 결정과 도시 기준점 분석", 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 63-66.
8. 홍성언, 서철수, 강태석, 2007, "효율적인 지적재조사를 위한 측량 방법 연구", 한국지적학회지 제 23권 제 2호, pp. 13-26.
9. 홍성언, 2007, "토탈스테이션과 RTK-GPS 측량을 이용한 수치지적측량의 작업효율성 비교", 한국지형공간정보학회지 제 15권 제 3호, pp. 86-96.
10. Wanninger L., 2004, "Ionospheric Disturbance Indices for RTK and Network RTK Positioning", Proc. of ION GNSS 2004, Long Beach, CA, pp. 2849-2854.