

지적재조사 측량방법의 정확도 비교 및 정확도 향상방안 연구 A Study on Accuracy Evaluation and Accuracy Improvement in Cadastral Re-survey Surveying Method

이석배* · 어수창** · 서용운***

Lee, Suk Bae · Auh, Su Chang · Suh, Yong Woon

요 旨

네트워크 RTK측량은 단일기준국 RTK측량의 한계를 극복하고자 개발된 GNSS 위치결정기술로 그 정확도와 효율성이 높아 일반측량, 지적측량 및 엔지니어링측량 등에서 많이 활용되고 있다. 지적재조사측량규정에서는 네트워크 RTK, 단일기준국 RTK와 정지측위를 지적재조사측량방법으로 규정하고 있는데, 본 연구에서는 경남 하동의 지적재조사측량지역을 대상으로 측량규정에 정한 방법인 네트워크 RTK와 정지측위 방식에 의한 기준점측량을 실시하고 그 결과를 비교하였다. 아울러 네트워크 RTK 측량의 정확도를 개선시키고자 사이트 캘리브레이션을 실시하고 경계점 측량을 수행하였으며 이를 사이트 캘리브레이션 실시없이 네트워크 RTK(VRS) 측량을 수행한 측량결과와 비교하였다. 연구결과 네트워크 RTK 방식과 정지측위 방식의 평균오차는 두 개 지구에서 각각 2.44cm와 1.53cm로 나타났고, 캘리브레이션을 실시한 경우에는 네트워크 RTK 방식과 정지측위 방식의 평균오차값이 두 개 지구에서 각각 0.19cm와 0.82cm로 나타나 캘리브레이션의 효과를 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 네트워크 RTK, GNSS, 사이트 캘리브레이션, 통합기준점, 지적재조사측량

Abstract

Network RTK GNSS positioning technique which has been developed to overcome the limitation of Single reference station RTK is used widely in the field of general surveying, cadastre surveying and engineering surveying due to the high accuracy and efficiency. It is specified Network RTK, Single reference station RTK and Static of GNSS as a surveying method in the regulation of Cadastre Re-survey Surveying. In this study, Network RTK and Static GNSS surveying were accomplished at cadastral re-survey field in Hadong, Gyeongnam and the surveying results were compared. Also, to analyze the performance of site calibration in Network RTK surveying, two types of Network RTK surveying with and without site calibration were accomplished and the results was compared. The research result shows that average positioning error between Network RTK(VRS) without site calibration and Static surveying result is 2.44cm and 1.53cm respectively and average positioning error between Network RTK(VRS) with site calibration and Static surveying result is 0.19cm and 0.82cm respectively at two zone. So, it was proved the effect of calibration in network RTK(VRS) surveying.

Keywords : Network RTK, GNSS, Site Calibration, Unified Control Point, Cadastral Re-survey Surveying

1. 서 론

지적재조사사업은 지적공부의 등록사항을 조사·측량하여 기존의 지적공부를 디지털에 의한 새로운 지적공부로 대체함과 동시에 지적공부의 등록사항이 토지의 실제 현황과 일치하지 아니하는 경우 이를 바로 잡

기 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(MLIT, 2013a).

Received: 2014.08.22, accepted: 2014.10.16

* 정회원 · 경남과학기술대학교 토목공학과 교수(Member, Professor, Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, sblee@gntech.ac.kr)

** 교신저자 · 정회원 · 경남과학기술대학교 대학원 토목공학과 박사과정(Corresponding author, Member, Doctoral student, Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, pig9456@naver.com)

*** 포항대학교 플랜트건설과 부교수(Associate professor, Department of plant construction, Pohang University)

지적재조사에 관한 특별법이 2011년 공포되었으며 2012년부터 지적재조사사업이 시행되고 있다. 지적재조사측량은 지적기준점을 정하기 위한 기초측량과 일필지의 경계와 면적을 정하는 세부측량으로 구분하고 있다. 기초측량은 위성측량 및 토털스테이션측량의 방법으로 한하고, 세부측량은 위성측량, 토털스테이션측량 및 항공사진측량 등의 방법으로 시행하도록 규정하고 있다. 또한 지적재조사측량규정에서는 GNSS의 네트워크 RTK, 단일기준국 RTK와 정지측위를 지적재조사측량방법으로 규정하고 있다(MLIT, 2013b).

GNSS측량 방법은 그동안 지적분야에 많이 활용되어 왔다. 정지측량(Static) 방식은 지적삼각점과 지적삼각보조점의 성과를 갱신하는 기준점측량에 많이 이용되어 왔고, 실시간 이동측량(RTK: Real Time Kinematic)은 지적세부측량에 활용되어 왔다. 그러나 실시간 이동측량(RTK) 방식에서는 실시간 측량이라는 편리함과 효율성에도 불구하고 기준국과 이동국 간의 거리가 멀어질수록 계통오차의 문제로 위치정확도가 저하되어 이로 인한 기선길이의 제한과 같은 기술적인 한계를 발생하게 되었다. (Lee, 2013).

그러나 Retscher(2002)의 연구로 인하여 그 나라의 상시관측소들을 다중기준점으로 활용하여 RTK측량을 실시하는 네트워크 RTK 측량기술이 소개된 이후로 우리나라의 국토지리정보원에서도 상시관측소에 기반한 네트워크 RTK 시스템을 구축하고 2007년부터 관련 서비스를 제공하여 오고 있으며(NGII, 2013), 따라서 지적분야에서 시행되어 오던 실시간 이동측량(RTK) 방식은 대부분 네트워크 RTK 측량방식으로 바뀌게 되었으며, 지적재조사측량 규정에서 네트워크 RTK 방식을 지적재조사측량방법의 하나로 규정한 이후로 대폭 증가하게 되었다.

이와 관련한 국내 연구동향을 살펴보면, Park et al.(2013)은 RTK기법과 VRS기법으로 지적도근점에 대한 관측 좌표를 등록좌표와 비교하여 측위정확도를 비교하는 연구를 수행하였으며, Sin et al.(2008)은 관측시간 및 인원 등을 비교하여 작업의 효율성을 비교하는 연구를 수행하였다. 그리고 Kim et al.(2009)은 지적재조사측량에서 네트워크 RTK 측량의 정확도를 전자평판 토털스테이션측량과 비교하여 4cm이내의 차이가 있으므로 지적측량에 적용가능하다고 발표하였다.

실시간 이동측량(RTK)에 있어서는 측량결과와 지역좌표(절대좌표)를 얻기 위해서는 측량 전에 해당지역에서 네 점 이상의 기지점을 활용하여 캘리브레이션을 실시하여야만 했다. 이것은 기지점을 활용한 캘리브레이션을 통하여 지역좌표계와의 결합정도를 높여줌으로써

GNSS 측량의 결과물이 지역좌표계에 부합하는 성과를 얻을 수 있게 하는 작업이다. 그러나 네트워크 RTK측량에 있어서는 캘리브레이션에 관한 특별한 규정을 가지고 있지 않다. 다만 공공측량 작업규정 제6편 네트워크 RTK측량, 제168조에서는 네트워크 RTK측량을 3급 및 4급 공공삼각점측량에 적용할 수 있으며 공공수준점측량(표고)에는 적용할 수 없다고 규정하고 있다. 다만 현황측량에 있어서 네트워크 RTK를 이용한 높이측량에 적용하고자 할 때에는 최소 5개의 수준점에서 타원체고를 통한 지오이드고를 산출하여 지역적 지오이드로 활용하도록 하고 있다(NGII, 2011).

따라서 본 연구에서는 단일기준국 RTK측량에 있어서 필수 과정으로 규정되어 있는 캘리브레이션 과정이 네트워크 RTK측량에 있어서는 수평정확도에 어떠한 영향을 미치는가를 파악하고자 하였다. 또 지적재조사측량방법으로 규정하고 있는 네트워크 RTK, 단일기준국 RTK 및 정지측위(Static) 방법의 교차를 분석하여 정확도를 비교하고자 하였다. 그러나 RTK 측량방식이 네트워크 RTK의 출현으로 단일기준국 RTK 방식이 거의 쓰이지 않고 있는 점을 고려하여 네트워크 RTK측량 결과와 정지측위 결과를 비교하였다. 연구를 위하여 지적재조사측량이 실시된 지역을 연구대상지역으로 선정하고 연구대상지역 내에 설정된 기준점들에 대하여 네트워크 RTK 측량을 실시하였다. 또 이 측량 결과를 GNSS 정지측위방식에 의하여 1시간 이상 관측한 성과와 비교하였다. 네트워크 RTK측량에 있어서는 캘리브레이션 실시 이전에 기준점 측량을 실시하고 또 캘리브레이션 실시 이후에 동일 지점에 대하여 다시 한번 네트워크 RTK측량을 실시하여 사이트 캘리브레이션이 수평위치 정확도에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 아울러 전국에 걸쳐 균등한 배점밀도를 보이고 있는 통합기준점을 사이트 캘리브레이션을 위한 기지점으로 활용함으로써 작업구역 주변에 새로운 기준점을 설치·관측하던 기존의 캘리브레이션 기준점 설치과정을 통합기준점이 대신할 수 있는지를 판단하고자 하였다.

2. GNSS측량과 네트워크 RTK

GNSS 측량은 사용하는 신호와 자료 처리 방법에 따라 Fig. 1과 같이 코드(code)신호를 사용하는 방법과 반송파(carrier phase)를 해석하는 방법의 두 가지로 크게 구분된다. 단일위성항법시스템(Stand-alone GNSS)은 절대위치측정법이라고도 하며, 한 대의 GNSS 수신기로 위성들의 전파와 코드를 분석하여 지구상의 위치를 나타내어 절대위치를 측정하는 방법이다. 이는 주로

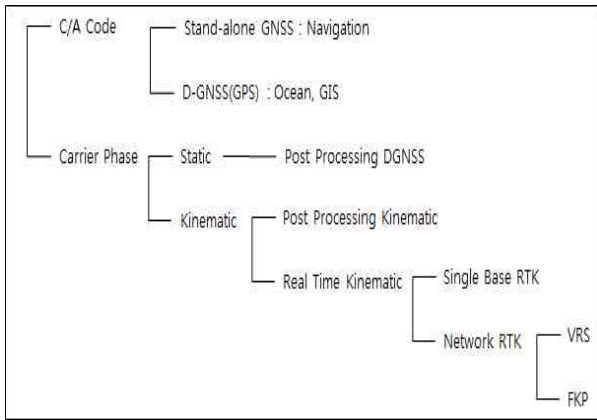


Figure 1. Classification of GNSS positioning

자동차, 항공기 및 인공위성과 같은 고속운동체의 위치 결정과 등산, 해상위치 등과 같이 비교적 낮은 위치 정확도를 필요로 하는 경우에 사용되고 있다. 상대위성항법시스템(DGNSS:Differential GNSS)은 이미 자신의 위치를 알고 있는 기준국에서 위치 데이터의 편차를 통해 오차값을 계산하고 그 값을 관측자에게 전달하여 오차를 제거한 정확한 위치를 알 수 있도록 한다. 그러나 코드신호를 판독하여 위치를 결정하는 데는 정확도 향상에 한계가 있다.

이러한 한계를 극복하여 측지측량에서 사용가능한 정도까지 정확도를 향상하는 방법으로 반송파를 해석하는 방법이 사용되는데, 이는 정지측량(Static)과 이동측량(Kinematic)으로 구분된다. 정지측량은 정밀후처리 상대측위(Post Processing DGNS)라 불리며, 단독측위와는 달리 정밀한 위치를 알고 있는 지점과 위치측정이 요구되는 지점에서 동시에 GNSS 관측을 수행하고, 두 수신기에서 수신된 고주파 확산스펙트럼 형식의 반송파를 이용하여 자료처리를 함으로써 정밀도를 현저하게 증가시키는 방법이다. 일반적으로 상용화된 고정밀 GNSS 자료처리 프로그램은 기선거리에 대하여 백만분의 일(1ppm)또는 천만분의 일 정도의 정밀도를 가지고 있다.

이동측위는 후처리 이동측위와 실시간 이동측위로 구분된다. 이 중 실시간 이동상대측위(RTK-GNSS)는 광범위한 관측점의 정밀좌표들을 빠른 시간내에 획득하기 위해서 이동측량을 수행하는 동시에 후처리 자료처리 기법이 갖는 정밀도에 근접한 결과를 산출할 수 있는 방법이다.

RTK-GNSS의 기본개념은 오차보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신자료라는 것을 제외하고는 DGNSS의 개념과 거의 유사하다. 다만 RTK-GNSS가 각 위성에 대한 반송파 측정치를 지속적

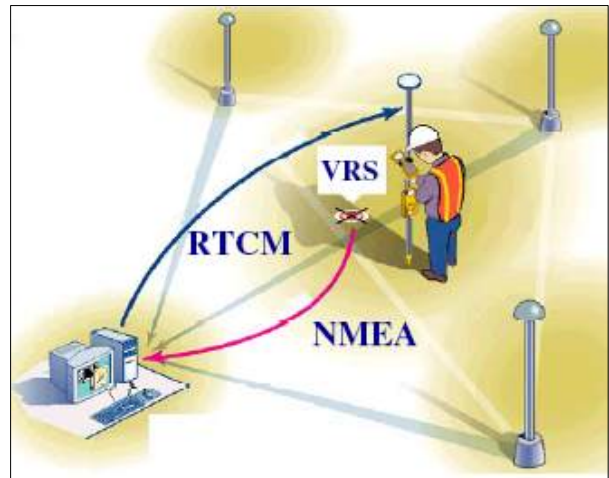


Figure 2. Configuration of VRS(Trimble)

으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGNSS보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고도 신속한 정보전달 통신 시스템이 요구된다. RTK-GNSS는 기준국의 수에 따라 단일 기준국과 다중기준국 RTK로 나뉘며, 다중기준국(Network RTK)은 다시 신호처리 방식에 따라 가상기준국을 이용하는 VRS (Virtual Reference System by Real Time Kinematic; VRS-RTK)와 FKP (Flachen Korrektur Parameter)로 구분된다(Retscher, 2002).

가상기준점 방식의 측위과정은 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 관련오차 등과 같은 오차를 계산하고 이동국 근처에 가상 기준점을 생성한다. 그리고 여기서 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 되는 것이다

3. 시험지역의 GNSS 관측

연구는 다음의 Fig. 3과 같이 수행되었다. 먼저 지적재조사 지역중에서 시험지역(Test Bed)을 선정하고, 선정된 시험지역안에서 GNSS 정지측위 측량을 실시하였다. 또 시험지역 안의 각 지구(Zone)별로 캘리브레이션을 실시하기 위한 통합기준점을 배치하였다. 아울러 GNSS 네트워크 RTK(VRS) 측량을 실시하였는데 사이트 캘리브레이션을 실시하기 이전과 이후에 거의 동

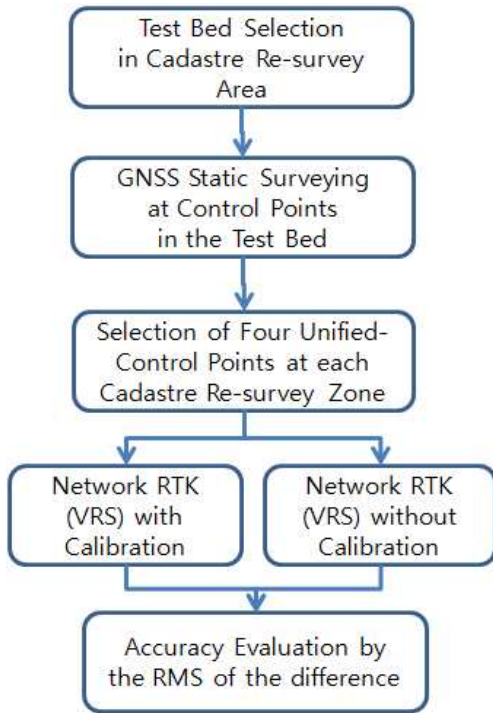


Figure 3. Research Flowchart

일한 환경하에서 각각 측량을 수행하여 그 결과값을 비교하였다. 최종적으로 GNSS 정지측위 측량결과를 정확한 값으로 보고 이 결과와의 교차분석을 통하여 정확도를 평가하였다. 전체적인 연구흐름도는 Fig. 3과 같고 연구대상지역으로 선정된 시험지역의 위치는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 시험지역(Test Bed)은 경남 하동지역의 지적재조사사업이 실시된 중서지구



Figure 4. Location map of Test Bed

Table 1. GNSS Surveying at Test Bed

Division	Static	Network RTK(VRS)
Surveying Period	2013. 10.02. ~ 10.30	2013. 11.22. ~ 11.24
Used GNSS receiver	Trimble 5700 Trimble R8 Topcon Hyper+	Trimble R8 Topcon Hyper+
Observation Precision	Horizontal; 3mm+0.1ppm·D (baseline) Vertical; 3.5mm+0.4ppm·D	Horizontal; 10mm+1ppm·D Vertical; 20mm+1ppm·D

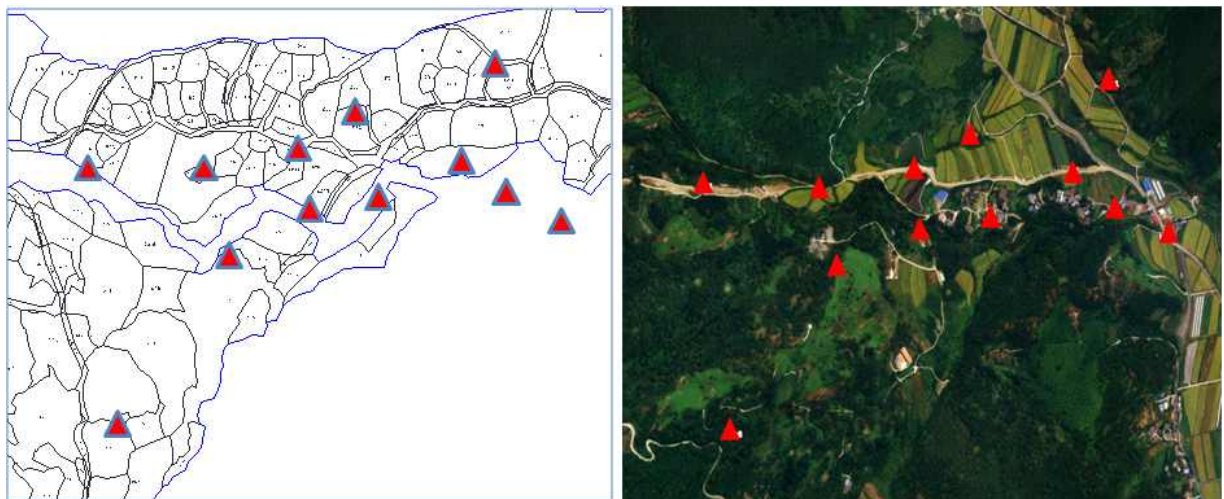


Figure 5. Placement of control points and calibration points at Jungseo Zone

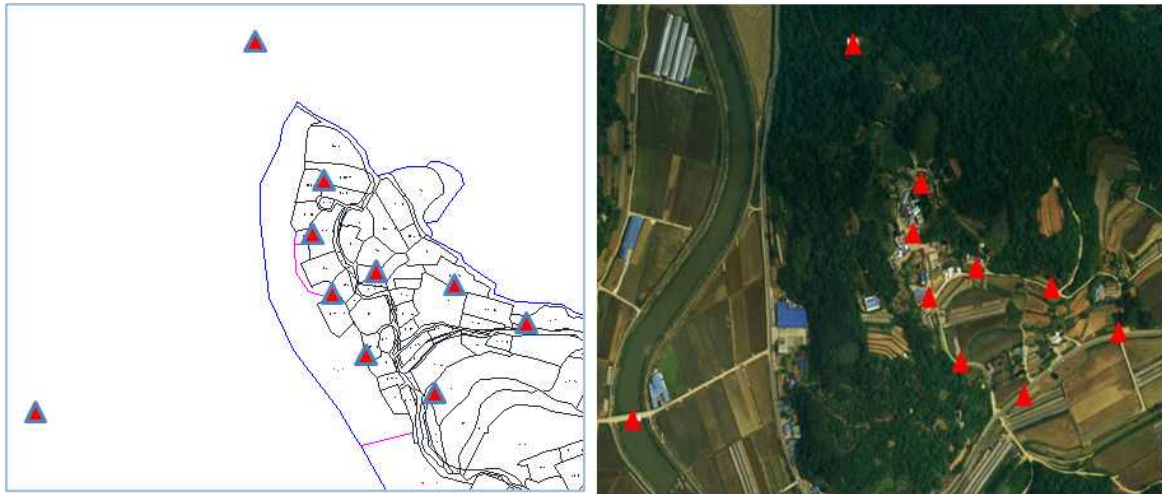


Figure 6. Placement of control points and calibration points at Manji Zone

(Jungseo Zone)와 만지지구(Manji Zone)의 두 개 지구를 선정하였다. GNSS 관측은 정지측위와 네트워크 RTK 방식으로 Table 1과 같이 수행되었다.

시험지역으로 선정된 두 개의 지적재조사지역에서 GNSS 관측에 이용된 수신기의 사양은 Table 1과 같으며, 지적재조사측량규정에 명시된 RTK 위성수신기의 성능($\pm(10\text{mm}+1\text{ppm}\cdot\text{D})$)과 정지측위 위성수신기의 성능($\pm(5\text{mm}+1\text{ppm}\cdot\text{D})$)을 만족시키고 있다(MLIT, 2013b). 아울러 GNSS 관측이 실시된 경계점을 표시하면 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. Fig. 5는 중서지구(경남 하동군 적량면 서리)의 지적도와 12개 기준점 위치를, Fig. 6은 만지지구(경남 하동군 고전면 명교리)의 지적도와 10개의 기준점의 위치를 보여주고 있다.

GNSS 정지측위관측은 1시간 이상씩 관측하였고 인근의 세 점의 상시관측소 데이터를 활용하여 기선해석

과 망조정을 실시하여 성과를 계산하였다. 또 사이트 캘리브레이션의 영향을 알아보기 위하여 Table 2에서 보여주는 것과 같이 각 준별로 네 개의 통합기준점 성과를 기지점 성과로 이용하였다. 이는 사이트 캘리브레이션을 위한 기준점을 별도로 설치하지 않았다는 것을 의미하며, 통합기준점의 균등한 배점밀도에 따라 지적재조사측량의 네트워크 RTK 측량을 실시할 때에 통합기준점을 기지점으로 직접 활용할 수 있는지를 분석하고자 하였다. 사이트 캘리브레이션을 위한 통합기준점

Table 2. Used Unified control points of NGII for Site Calibration

Division	Jungseo Zone	Manji Zone
Used Unified Control Points	U0961, U0964, U0965, U0967	U0964, U0965, U0967, U0968

Table 3. Control points coordinates by GNSS Static and Network RTK(VRS) with and without calibration at Jungseo Zone

No.	Static		VRS without Calibration		VRS with Calibration	
	X(N)	Y(E)	X(N)	Y(E)	X(N)	Y(E)
bo1	281677.4095	269294.5171	281677.4125	269294.5479	281677.4040	269294.5150
bo2	281354.3273	269434.5147	281354.3387	269434.4917	281354.3320	269434.5130
bo3	280964.4254	268705.9299	280964.4407	268705.9632	280964.4150	268705.9190
bo4	281448.7725	268325.3050	281448.7577	268325.2971	281448.7610	268325.2870
1	281444.5785	268581.3523	281444.5611	268581.3709	281444.5870	268581.3290
2	281497.9487	268819.1896	281497.9511	268819.2168	281497.9410	268819.1870
3	281491.9988	269209.8103	281491.9825	269209.8024	281491.9990	269209.8060
4	281418.7036	269304.6251	281418.7032	269304.6078	281418.6930	269304.6130
5	281389.1758	268991.2390	281389.1482	268991.2360	281389.1790	268991.2300
6	281352.0483	268828.2792	281352.0609	268828.2999	281352.0400	268828.2780
7	281077.9774	268813.6853	281077.9612	268813.6965	281077.9730	268813.6830
8	281282.4517	268636.3904	281282.4535	268636.4137	281282.4330	268636.3900

Table 4. Control points coordinates by GNSS Static and Network RTK(VRS) with and without calibration at Manji Zone

No.	Static		VRS without Calibration		VRS with Calibration	
	X(N)	Y(E)	X(N)	Y(E)	X(N)	Y(E)
bo1	271171.0424	278105.9274	271171.0603	278105.9249	271171.0369	278105.9394
bo2	270894.7050	277789.5975	270894.6954	277789.5973	270894.7020	277789.5916
bo3	271066.6339	277356.0697	271066.6395	277356.0645	271066.6354	277356.0636
bo4	271521.0832	277695.6993	271521.0836	277695.6804	271521.0787	277695.6996
1	271351.0213	277805.4188	271351.0223	277805.3921	271351.0276	277805.4114
2	271273.2172	277767.9492	271273.2361	277767.9617	271273.2154	277767.9426
3	271248.8721	277843.9757	271248.8749	277843.9793	271248.8708	277843.9716
4	271230.4871	277999.0050	271230.5014	277999.0144	271230.4788	277998.9914
5	271099.8219	277955.7910	271099.8268	277955.8057	271099.8175	277955.7840
6	271135.8673	277861.0716	271135.8705	277861.0595	271135.8673	277861.0778

까지의 거리는 중서지구가 평균 11.9km이고 만지지구 는 평균 13.9km의 거리를 나타내고 있다.

중서지구와 만지지구의 GNSS 관측결과를 정리하면 각각 Table 3 및 Table 4와 같다. 여기서 Static은 정지 측위 관측결과를 의미하며, VRS without Calibration 은 사이트 캘리브레이션 없이 실시된 네트워크 RTK VRS 측량결과이며 VRS with Calibration은 사이트 캘 리브레이션을 실시하고 네트워크 RTK VRS 측량을 수 행한 결과이다.

4. 관측결과 분석

관측결과를 분석하기 위하여 먼저 관련 법령을 검토 하였다. ‘지적측량 시행규칙’ 제27조(지적측량성과의 결 정)에 경계점 성과는 검사성과와 경계점 좌표등록부 시 행지역에 있어서는 0.10m, 그 밖의 지역에 있어서는 10분의 3M밀리미터(M은 축척분모)로 규정하고 있다. 또 ‘지적재조사에 관한 특별법’ 제7조(지적재조사측량 성과의 결정)에는 경계점에서 지적재조사측량성과와 검사성과의 연결교차가 ±0.07m로 규정하고 있다. 본 연구에서는 정지측위성과를 검사값으로 가정하고 네트 워크 RTK의 VRS에 의한 관측성과를 정지측위성과와 비교하여 교차분석을 수행하였으며, 최종적으로 ±0.07m 이내에 들어오는지를 검토하였다.

중서지구(Jungseo zone)의 관측결과를 분석한 내용 을 Fig. 7, Fig. 8 및 Table 5에 정리하였다.

중서지구의 VRS 측량성과를 정지측위 성과와 비교 해 본 결과 X(N)좌표 교차의 평균값과 표준편차는 1.16cm와 0.82cm가 발생하였으며, Y(E)좌표의 경우 각각 1.87cm와 0.96cm 가 발생하였다. 또한 사이트 캘 리브레이션을 수행한 VRS측량과 비교해 본 결과 X(N) 좌표 교차의 평균값과 RMSE는 0.78cm와 0.48cm가

발생하였으며, Y(E)좌표 교차의 절대평균과 RMSE는 0.73cm, 0.74cm 가 발생하였다. 따라서 사이트 캘리브 레이션을 수행한 결과가 수행하지 않은 결과보다 정확 도가 대폭 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

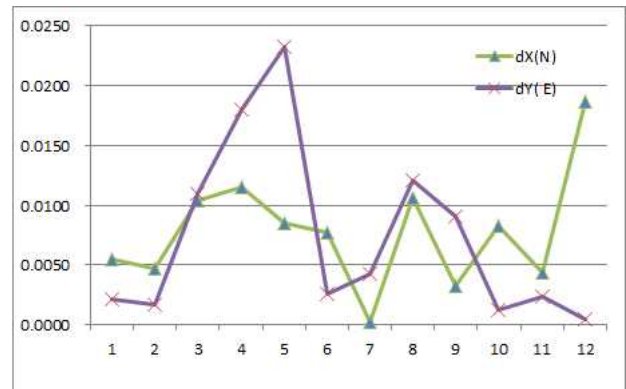


Figure 7. Coordinate differences between VRS with calibration and Static method at Jungseo zone

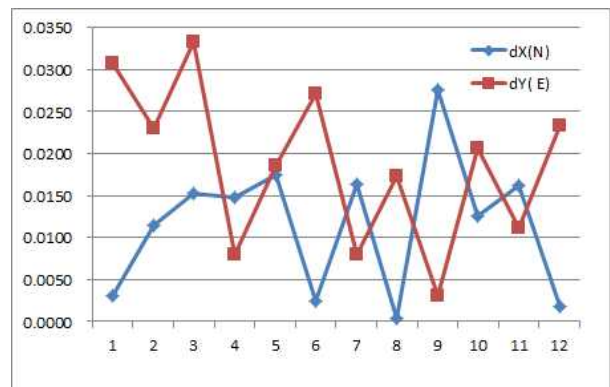


Figure 8. Coordinate differences between VRS without calibration and Static method at Jungseo zone

Table 5. Statistics of the coordinate component difference at Jungseo zone

Difference	VRS without Calibration(m)		VRS with Calibration(m)	
	dX(N)	dY(E)	dX(N)	dY(E)
Average	0.0116	0.0187	0.0078	0.0073
RMS	0.0082	0.0096	0.0048	0.0074

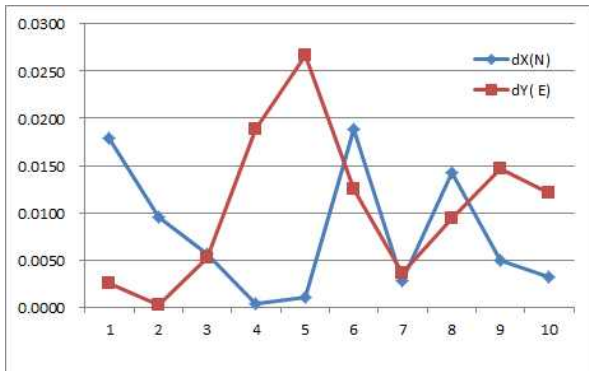


Figure 9. Coordinate differences between VRS without calibration and Static method at Manji zone

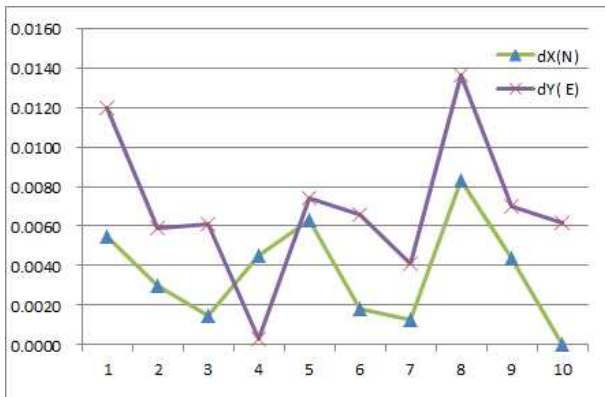


Figure 10. Coordinate differences between VRS with calibration and Static method at Manji zone

Table 6. Statistics of the coordinate component difference at Manji zone

Difference	VRS without Calibration(m)		VRS with Calibration(m)	
	dX(N)	dY(E)	dX(N)	dY(E)
Average	0.0079	0.0106	0.0037	0.0069
RMS	0.0069	0.0082	0.0026	0.0037

만지지구(Manji zone)의 관측결과를 분석한 내용을 Fig. 9, Fig. 10 및 Table 6에 정리하였다.

만지지구의 사이트 캘리브레이션없이 수행한 네트워크 RTK VRS 측량성과를 정지측위 성과와 비교해 본

Table 7. Statistics of the position error between Static and Network RTK(VRS)

Error	VRS without Calibration(m)		VRS with Calibration(m)	
	Jung-seo	Manji	Jung-seo	Manji
Average	0.0244	0.0153	0.0019	0.0082
RMS	0.0059	0.0069	0.0071	0.0038

결과 X(N)좌표 교차의 평균값과 RMSE는 0.79cm와 0.69cm가 발생하였으며, Y(E)좌표의 경우 각각 1.06cm와 0.82cm가 발생하였다. 또한 캘리브레이션을 수행한 VRS 측량과 비교해 본 결과 X(N)좌표 교차의 평균값과 표준편차는 0.37cm와 0.26cm가 발생하였으며, Y(E)좌표 교차의 절대평균과 표준편차는 0.69cm, 0.37cm가 발생하였다.

Table 7은 좌표성분이 아닌 경계점의 위치오차에 대한 통계이다. 사이트 캘리브레이션을 수행하지 않은 경우나 수행한 경우 모두 경계점의 허용정확도 $\pm 0.07m$ 를 만족하고 있는 것으로 나타났으나, 사이트 캘리브레이션을 실시하면 그렇지 않은 경우보다 평균오차가 중서지구의 경우 2.44cm에서 0.19cm로, 만지지구의 경우 1.53cm에서 0.82cm로 개선되는 것을 알 수 있었다. 따라서 지적재조사측량을 위한 네트워크 RTK 측량에서 사이트 캘리브레이션의 실시 여부에 상관없이 경계점의 허용정확도를 만족하는 것을 알 수 있었으나 사이트 캘리브레이션을 실시하는 경우 상당한 정확도 개선이 가능함을 확인할 수 있었다. 따라서 향후 도심지 한복판 등 민감한 지역에 있어서 지적재조사측량을 실시하는 경우, 사이트 캘리브레이션을 실시한 후 네트워크 RTK 측량을 실시한다면 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 본 연구에서 사이트 캘리브레이션의 기준점으로 별도의 기준점을 현장에 설치하지 않고 국토지리정보원이 관리하고 있는 통합기준점을 사용하였으나 사이트 캘리브레이션의 충분한 효과를 확인할 수 있었다. 따라서 지적재조사측량에 있어서 통합기준점을 사이트 캘리브레이션을 위한 기지점으로 사용한다면 기준점 설치와 관측에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 지적재조사 측량방법의 정확도를 비교하고 정확도 향상방안을 모색하고자 한 연구이다. 지적재조사 측량방법에 있어서는 단일기준국 RTK의 대안으로 현장에서 많이 활용되고 있는 네트워크 RTK VRS

측량결과가 지적재조사측량 규정을 만족하는지를 알아 보고, 또 정확도 향상방안으로 사이트 캘리브레이션을 실시한 경우에 있어서 얼마만큼 위치정확도를 향상시킬 수 있는지를 분석하고자 하였다. 연구를 위하여 지적재조사측량지역에 연구대상지역을 설정하고 사이트 캘리브레이션 실시하지 않은 경우와 실시한 경우로 나누어 중서지구와 만지지구에 대하여 VRS 측량을 반복 실시하고 그 결과를 정지측위 결과와 비교하였다. 연구 결과로 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, GNSS에 의한 지적재조사측량의 경우 정지측위방식이나 네트워크 RTK 방식 모두 지적재조사측량의 경계점 허용정확도를 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 평균오차의 크기를 가지고 지적재조사측량방법의 정확도를 비교한 결과 네트워크 RTK(VRS) 측량의 경우보다 정지측위의 결과가 중서지구에서 2.44cm, 만지지구에서 1.53cm 좋다는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 지적재조사측량방법으로 현장에서 가장 많이 활용되고 있는 네트워크 RTK (VRS) 측량의 정확도를 향상시키고자 사이트 캘리브레이션을 실시하고 동일한 지역에 동일한 방법과 조건으로 네트워크 RTK (VRS) 측량을 실시하였더니 정지측위와의 평균오차가 중서지구의 경우 0.19cm, 만지지구의 경우 0.82cm로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

넷째, 따라서 사이트 캘리브레이션을 실시한 경우가 그렇지 않은 경우보다 평균오차가 중서지구에서는 2.25cm, 만지지구의 경우는 0.71cm 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 아울러 지적재조사사업을 위하여 대상 지역의 캘리브레이션을 위한 기준점 측량을 별도로 수행하지 않고 주변(평균 12km 이내)에 설치된 통합기준점을 이용한다 하여도 충분한 정도향상의 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에 적용된 지적재조사사업 두 개 지구는 모두 캘리브레이션망의 중앙에 위치한 관측대상지역에서 네트워크 RTK VRS 측량을 수행하였다. 향후 통합기준점을 활용한 사이트 캘리브레이션을 지적재조사사업에 적용하기 위해서는 다양한 캘리브레이션망의 조합에서 수행한 측정결과를 분석하여, 지적재조사사업의 사이트 캘리브레이션 시행기준으로 제시할 필요가 있다 하겠다.

References

1. Kim, K.R., Kamg, D.R., Song G.P., 2009, Application of network RTK using VRS to cadastral surveying, Journal of The Korean Cadastre Information Association, Vol.11, No.1, pp.89-99.
2. Jang S.K., Kim, J.S., Jeong, K.U., 2009, Accuracy evaluation of boundary corner point using VRS GPS, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol.17 No.14, pp.37-42.
3. Lee, S.B., 2013, Accuracy evaluation of the height determined by network-RTK VRS Positioning, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol.21 No.4, pp.3-12.
4. MLIT(Ministry of Land Infrastructure and Transport), 2013a, Special laws on Cadastral Re-survey, Legislation Laws 11690.
5. MLIT(Ministry of Land Infrastructure and Transport), 2013b, Regulations on Cadastral Re-survey Surveying, Notification 2013-97.
6. NGII, 2003, A study on Introduction of the virtual reference system, National Geographic Information Institute, Report pp. 36-54.
7. NGII, 2007, Network RTK Service, URL; <http://gnss.ngii.go.kr>, National Geographic Information Institute, Suwon, Korea. (last date accessed; 14 Aug. 2014)
8. NGII, 2011, Public Surveying Work Regulation, NGII Notification 2011-605, National Geographic Information Institute.
9. Park, C.S., Park, K.H., Hong, S.E., 2013, Accuracy analysis of network RTK surveying for cadastral re-survey project, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol.21 No.4, pp.117-123.
10. Retscher G., 2002, Accuracy performance of Virtual Reference Station(VRS) networks, Journal of Global Positioning Systems, Vol.1, No.1, pp. 40-47.
11. Sin, D.Y., Kim, J.S., 2008, Accuracy estimation of cadastral control point using the VRS RTK GPS, Journal of The Korean Society of Cadastre, Vol.24, No.2, pp.127-134.