

지역좌표계 성과분석을 위한 네트워크 RTK측량 사이트 캘리브레이션 기능 적용 방안*

Application Method of Site Calibration Function of Network RTK Survey for Local Coordinate System Result Analysis

신창수** · 최윤수*** · 박문재****
Shin, Chang Soo · Choi, Yun Soo · Park, Moon Jae

Abstract

The network RTK surveying has been widely used in the field of cadastral surveys in recent years, and its use is gradually expanding. As a result of the implementation of GPS static surveys by civilian companies in accordance with the progress of the cadastral surveys and gradual civilian transfer plans and cadastral surveys, there has been an increase in the number of civilian companies performing surveys. In this paper, we describe the process of applying the results of analysis of conformity using the network RTK site calibration function on the local coordinate system to the GPS static surveying of the cadastral reference points in Anyang city. In addition, the measurement results of the network RTK site calibration function and the results of the GPS static surveying network reconciliation in the local coordinate system were compared, and the performance was determined within 0.04m maximum of RMSE(Root Mean Square Error), and further study on the application method is needed.

Keywords: Local Coordinate System, Static Surveying, Network RTK Surveying, Site Calibration

1 서 론

우리나라는 100여 년 전 일제강점기부터 지역측지계 인 동경측지계를 사용하였고, “지적삼각점 및 지적삼각 보조점 등은 토지조사사업 시 설치된 삼각점을 기초로 하고 있으나 성과가 불확실한 점이 다수 포함되어 성과

의 불부합이 발생하였다. 그런데 해방과 6.25 전쟁으로 인해 많은 삼각점이 망실 파괴되었고, 이를 복구하는 과정에서 삼각점 성과에 많은 혼란이 생겼다.”(양철수 · 우인제 2006). 이로 인하여 지적기준점의 성과에 대한 재정비가 필요한 실정이며, 지적확정측량 및 지적재조사 사업 기준점 측량 적용에 어려움이 있다.

* 네트워크 RTK 측량기능 중 사이트 캘리브레이션은 트림블 사에서 사용되는 기능의 이름으로 장비사마다 기능에 대한 이름이 다름.

** 서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정, University of SEOUL (first author: field0901@uos.ac.kr)

*** 서울시립대학교 공간정보공학과 교수, University of SEOUL (corresponding author: choiys@uos.ac.kr)

**** 서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정, University of SEOUL (pmj0222@seoul.go.kr)

지적재조사 사업은 ‘제2차 지적재조사 기본계획 (2016. 3. 25. 고시)’¹⁾에 의해 시행중이며, 지적재조사 사업은 지적공부의 등록사항을 조사·측량하여 기존의 지적공부를 디지털에 의한 새로운 지적공부로 대체함과 동시에 지적공부의 등록사항이 토지의 실제 현황과 일치하지 않는 경우 이를 바로 잡기 위하여 실시하는 국가사업을 말한다.

지적확정측량은 ‘지적확정측량규정(2014. 4. 18. 시행)’²⁾에 의해 시행중이며, 지적확정측량도 지적재조사의 일환으로 기본계획에 포함되어 있고, 수행체계의 점진적 민간 이양 계획에 따라 2018년 완전 이양을 추진 중에 있다.

지적확정측량의 지구계 측량은 그 부합여부를 도해 측량방법으로 결정하거나 기존 경계점좌표등록부 지역을 재확정 측량하는 경우에는 수치측량방법으로 결정한다.

지적재조사 측량 경우도 사업지구 분할시 사용되는 기준점 설치를 위해 ‘지적재조사 측량규정 제7조 제2항’³⁾에 지적기준점좌표는 세계측지계 좌표로 산출하지만, 사업지구의 내·외 경계를 결정하기 위하여 필요한 경우 지역측지계 좌표를 산출할 수 있다고 되어있다.

GPS 정지측량은 GRS80 타원체 기반의 세계측지계 성과로 측정되나, GPS정지측량을 실시한 관측점에 있어서 지역측지계 성과를 가지고 있을 경우 그 성과를 이용한 망 조정을 통하여 지역측지계 성과 계산도 가능하다.

지적확정측량 점진적 민간이양계획 및 지적재조사 측량의 민간업체 낙찰에 따라 GPS정지측량의 민간업체의 수행이 많아지고 있다.

GPS정지측량의 민간업체의 수행 과정에서 지역측지계 망 조정 성과 계산 시 고정점의 추출 및 안정점 선정에 어려움이 있어 기준점 성과부합에 대해 확인 할 수 있는 점검방법의 필요성이 요구되고 있다.

“망 조정 계산의 고정점이란 계산과정에서 그 점의 좌표는 조정하지 않아서 좌표의 변동이 없도록 강제되

는 점이고, 안정점이란 점의 이력이라든지 활용실적 등에 의해 양호하거나, 좌표변환성과를 분석하여 현재 성과와 좌표변환성과의 교차가 작은 점을 의미한다.”(양철수·우인제 2006).

지역좌표계상의 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 (Site Calibration) 기능은 GPS수신기로 수집된 WGS84 데이터와 로컬 기준 위치간의 관계를 설정하고, 일련의 수학적 변환을 통해 두 성과 간 비교가 가능하다.

이 기능은 장비사마다 이름이 다르며 사이트 캘리브레이션은 트림블사에서 사용하는 이름⁴⁾으로 세계측지계 성과의 경우 상시관측소를 활용하여 수평오차 약 3cm 이내의 정확도로 위치 측량을 수행하고, 지역측지계 성과의 경우 기존 성과를 입력하면 관측된 GPS측량 성과와 지역좌표계 성과간의 상호비교를 통하여 수평, 수직, 3D 잔차를 계산해주는 기능이다.

이와 관련한 국내 연구동향을 살펴보면 이석배 외 (2014)는 지적재조사측량 지역을 대상으로 세계측지계상 측량규정에 정한 방법인 네트워크 RTK 와 정지측량 방식에 의한 기준점측량을 실시하고 그 결과를 비교하였고, 네트워크 RTK 수평위치 평균 오차 값이 줄어드는 캘리브레이션 기능 효과를 확인하였다. (이석배 외 2014)

최한준 외 (2013)는 공공측량 작업규정에 네트워크 RTK 측량성과를 수준측량에 적용하기 위해서 지오이드 기복이 다른 두 지역에서 네트워크 RTK 측량을 수행하여 사용되는 기준점 수와 점간거리를 상호 보완적으로 적용 할 수 있는 공공측량 작업규정 개선의 필요함을 주장하였다. (최한준 외 2013)

양철수 외 (2006)는 우리나라 전역 지적측량기준점의 통일성과 산출을 위해 전국 32개소 GPS 상시관측소의 베셀좌표를 산출하고, 다음으로 이들 GPS상시관측소에서 지적측량기준점과 결합하는 망 조정 실시를 통하여 지적기준점 정비 방안을 제시하였다. (양철수 외 2006)

이석배 외 (2014)의 논문은 세계측지계상에서 캘리

브레이션 기능을 적용하였고, 최한준 외 (2013)은 수준 측량에 캘리브레이션 기능을 적용한 논문이다.

본 논문은 지역측지계 지적기준점의 불부합 문제를 해결하고자 하는 목적으로 두 논문과 다른 지역측지계 (Bessel타원체)상에 캘리브레이션 기능을 적용한 실험을 수행하여 차별성을 두었다.

2. GPS 정지측량과 네트워크 RTK 측량

2.1. GPS 정지측량과 지적측량

지적확정측량 및 지적재조사 측량 시 GPS 정지측량 (Static)은 알고 있는 지적기준점, 상시관측소 및 통합 기준점 등을 사용하며, 기지점과 미지점에서 동시에 관측을 실시하여 기선해석 및 망 조정을 통해 성과를 도출한다.

세계측지계 성과의 경우 상시관측소 및 통합기준점을 기준으로 하여 성과를 도출할 수 있으며, 지역측지계 성과도 지적삼각점, 지적삼각보조점, 지적도근점의 성과를 기준으로 하여 알고자 하는 점의 성과를 알고 있는 기존 성과의 망 조정을 통해 도출 할 수 있다.

지적측량대행자는 기선해석 및 점검계산이 완료된 후 망 조정계산을 통하여 지리학적 경위도, 평면직각좌표, 타원체고, 표고를 결정해야 하며, 사업지구 내·외 경계 결정을 위해 지역측지계 좌표를 산출하기도 한다.

또한 평면위치와 표고를 동시에 정확하게 결정하려면 평면과 표고에 대하여 각각 4점의 기지점이 필요하다.

세계측지계, 지역측지계 및 표고를 동시에 고려한 GPS 정지측량을 수행하기 위해서는 지역좌표성과를 알고 있는 지적기준점 이외에 표고 고정점에 사용하기 위한 통합기준점, 수준점 배치를 고려한 측량이 필요하다.

GPS 정지측량을 실시 한 후 상시관측소 성과와의 연결을 통한 기선해석, 순차적 망 조정을 통해 세계측지계

상의 지리학적 경위도, 평면직각좌표, 타원체고, 표고를 결정한다.

추가적으로 GPS 프로그램 상에서 지역좌표계로 좌표변환을 수행 후 지역측지계의 지리학적경위도와 평면직각좌표를 결정한다.

2.2. 네트워크 RTK 측량과 지적측량

‘네트워크 RTK 위성측량은 오차 모델링과 보정정보 전송방식에 따라 VRS(Virtual Reference Station), FKP(Flachen Korrektur Parameter), MAC(Master Auxiliary Concept)방식으로 나뉜다.’(Retscher 2002)

VRS 위성측량의 기본개념은 4개의 GPS 기준국 네트워크로부터 생성된 오차를 기준국 내부의 한 점에서 보간하여 거리에 따라 발생하는 오차를 제거한 보정데이터를 생성하여 전송하는 것이다.

우리나라의 경우 VRS방식과 FKP방식 서비스를 제공하고 있으나, 본 연구에서는 VRS방식을 이용한 측량 방식을 사용하였다.

네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 지역좌표계 수평오차 분석에 사용 시 세계측지계 성과와 지역측지계 성과의 상호비교를 통하여 수평 잔차를 계산하며 이 기능은 좌표변환 프로그램의 공통점 과대오차 산출기능과 유사하다.

좌표변환 프로그램에서 공통점 과대오차 제거 후 좌표변환을 진행하듯이 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능도 기지점에 세계측지계 성과만 취득한다면 기존 지역좌표와의 기지점 성과의 부합성 점검, 즉 좌표계 상호간차 비교를 통해 불부합점 확인 후 제거가 가능하다.

불부합점 제거 후 캘리브레이션 된 성과를 네트워크 RTK 기기에 다시 적용하여 성과를 알고자 하는 미지점에 새로 측량 시 캘리브레이션 된 기지점 성과가 반영된 미지점 성과를 결정할 수 있다.

지역측지계 성과를 반영하기 위해 정지측량 망 조정

시 수평, 타원체, 표고 등 원하는 망 조정 고정점의 선택, 삭제 가능하듯이 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능 역시 조정을 원하는 점의 선택, 삭제가 가능하다.

또한, 현장에서 즉시 캘리브레이션 된 결과를 반영하여 지적삼각점, 지적삼각보조점, 지적도근점 성과 재 측량하는 경우 캘리브레이션 된 성과가 반영된 기준점 상호간 편차량을 현장에서 바로 확인 할 수 있는 장점이 있다.

3. 지역측지계상 GPS 정지측량 및 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능 적용 실험

3.1. 실험 방법

안양시 관양임야지구구의 경우 안양동편택지개발지구에 상단에 인접하고 있고, 안양 동편택지개발지구 내 · 외 지적도근점으로 지구계 경계가 이루어진 수치지 역으로 주변의 지적삼각점과 지적삼각보조점 및 사업 지구 부근 지적도근점을 하나의 블록으로 가정하고 지역측지계 캘리브레이션 기능을 적용하여 지구계 경계 확인 시 사용한 지적도근점과 성과 부합여부를 확인하였다.

지적삼각점, 지적삼각보조점, 지적도근점성과의 경우 경기도 부동산 포털에서 측량기준점조회기능을 이용하여 쉽게 성과를 취득 할 수 있었다.

먼저 각각 블록으로 가정한 지적삼각점, 지적삼각보조점, 관양택지개발지구 내 · 외에 위치한 지적도근점에 각각 캘리브레이션 기능을 적용한 후 수평잔차의 최대값, 최소값, 평균값을 분석한후 동편택지개발지구에 위치한 40점의 지적도근점 측량에 각각 재 측량을 하여 성과를 정리하였다.

이 평균오차 결과로 GPS정지측량을 실시하였고, GPS 정지측량을 통해 검출된 과대오차점에 다시 지역

측지계 네트워크 RTK 측량을 실시하여 두 측량 방식 간 차이를 확인하였다.

본 실험 지역의 경우 지적재조사 측량 지구계 부근 도 근점과 주변의 지적삼각점, 지적삼각보조점, 지적도근 점 상호간의 부합여부 확인 시 높은 산에 위치하지 않아 측량 접근이 용이하였다.

본 실험의 경우 다음의 기준점 불부합 문제를 해결하고자 하는 목적으로 수행되었다.

지적측량 수행자의 경우 지역측지계 측량 시 신뢰성 있는 지적기준점 정보를 제공받지 못하고 있어서 측량 지역 지적기준점 부합 여부를 알기 어려우며, 지적소관청이 기준점 부합여부 정보를 제공한다 하여도 사업지구 주변 지적기준점 상호 간 잔차나 표준편차 등의 수치로 표시된 기준점 상호간 부합정보 제공이 어려운 실정이다.

한국국토정보공사의 경우도 사업지구인 산업단지나 지적확정측량지역에 통일원점, 구조삼각원점, 특별소 삼각원점 등 다양한 기준점이 존재 하고 수치, 도해 지역 존재 등의 이유로 기준점 상호간 부합정보 확인이 필요하나 상호간 편차 확인을 위한 측량규정은 없어 측량 시 어려움이 있을 것으로 예상된다.

따라서, 본 실험을 통해 지적기준점 상호간 편차 확인을 위한 방법을 제시하고 그 결과를 정리하고자 한다.

지역좌표계상의 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능의 장점으로는 1~2인으로 간편하게 성과를 확인 할 수 있고, 세계측지계 성과만 측량되어 있으면 현장에서 쉽게 필요 조정점을 선택 할 수 있다.

다음 Figure 1은 본 연구의 내용을 정리한 연구흐름 도이다.

3.2. 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 이용한 지적기준점 성과분석

본 연구는 안양시 관양임야지구 지적재조사 기준점 측량 수행을 위해 지역측지계에서 Network RTK 사이

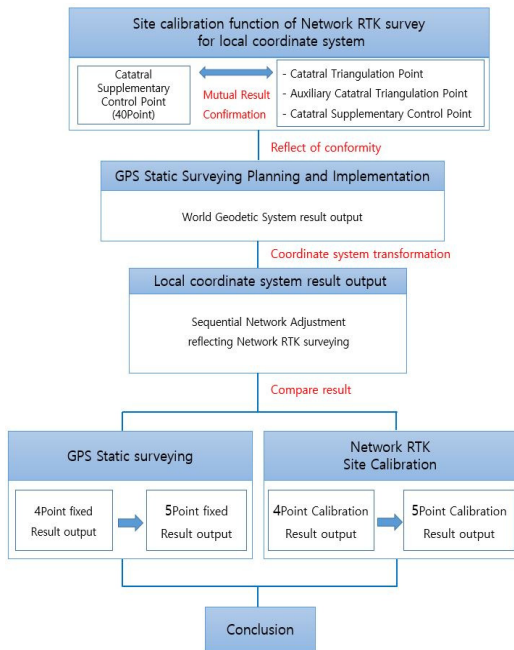


Figure 1. Research Flowchart

트 캘리브레이션 기능을 활용하여 지적기준점 상호간 부합여부 확인 후 GPS 정지측량 계획 및 시행에 고려한 과정을 설명하고자 한다.

본 연구의 이해를 돕기 위한 안양시 관양 임야지구 지적재조사 사업지구의 지역적 특징은 다음과 같다.

안양시 관양임야지구 지적재조사 사업지구의 경우 Figure 2와 같이 관양고등학교와 안양 동편택지개발 지구 상단에 위치하고 있어, 동편택지개발지구 내·외 지적도근점 성과를 이용하여 지적재조사 사업지구 지구계 성과와의 부합여부 점검확인이 필요하여 택지개발 지적도근점을 이용하여 지구계 확인을 진행하여 지적도근점과 지구계 성과가 부합함을 확인하였다.

임야지구 블록 내부는 수목으로 인하여 GPS측량이 어려웠지만 차후 세부 복원측량을 위해 블록 내·외부 개활진 곳에 신규 지적도근점 설치가 필요할 것으로 예상하여, GPS 정지측량 계획 시 세계측지계 성과산출 이외에 세부측량용 지역측지계 상 신규 지적기준점 설치를 고려하였다.

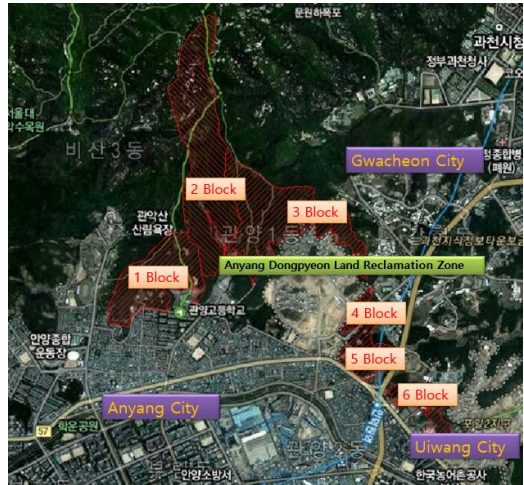


Figure 2. Anyang City Gwanyang Forest Area location map

하지만, 실제 임야지구 내부 경계점 복원을 위한 지역 측지계 세부측량 시에는 임야지구 내부 등산로 중간, 중간에 선점을 통한 기준점 막목을 설치하고, 토털스테이션을 활용한 다각망도선법을 이용하여 기준점 측량을 하였고, 계산 시에는 동편택지개발지구 내·외 GPS정지측량으로 성과부합 여부를 확인한 지적도근점의 기존 고시 좌표를 사용하여 계산하였다.

다음 Figure 3은 관양임야지구 부근 지적기준점 위치를 나타내었다.

지구계 복원 확인을 위해 사용한 안양 동편택지 개발 지구 내·외 지적도근점과 사업지구 주변의 안양시 관할 6점의 지적삼각점, 6점의 지적삼각보조점 및 11점의 동편택지개발지구 내·외 지적도근점 상호간 성과부합 확인을 위하여 지역측지계 캘리브레이션 기능을 적용하여 결과를 분석하였다.

먼저 안양시 지적삼각점 6점의 지역측지계 캘리브레이션 기능 적용 시 지적삼각점 6점간의 수평잔차와 평균값, 최대값, 최소값을 다음 Table 1에 정리하였다.

캘리브레이션 기능을 적용하여 조정된 삼각점 6점 성과를 기기에 적용하여 안양 동편택지개발지구 내·외 지적도근점 40점을 다시 현장 측량한 평균오차, 즉 지적



Figure 3. Cadastral Reference Point near Anyang-city Gwangyang Forest Area

도근점 40점의 기존의 지적도근점의 성과와 측정값의 평균오차는 X:0.199m, Y:0.248m 이며, X값의 경우 모두 양수, Y값의 경우 모두 음수(-)이었고, 평균오차 계산을 위해 절대값을 평균하였다.

이 중 GPS 정지측량 시 사용된 지적도근점 1438의 경우 기존 지적도근점 성과와 X:0.230m, Y: -0.188m 의 차이를 보였다.

상기 방법과 같이 동안보 1~5의 지점삼각보조점 성

Table 1. Cadastral Triangulation Point Calibration Result (Unit : m)

Point of Observation	Horizontal Residual ⁵⁾	Maximum value Minimum value
KYONGGI_29	0.103	Maximum value
KYONGGI_412	0.076	-
KYONGGI_30	0.059	-
KYONGGI_410	0.026	Minimum value
KYONGGI_28	0.039	-
KYONGGI_411	0.045	-
Horizontal Residual Mean	0.058	

과와 동편택지개발지구 내·외의 지적도근점의 성과 부합여부 확인을 위해서 먼저 안양시 지적삼각보조점 5점의 지역측지계 캘리브레이션 기능 적용시 지적삼각보조점 5점간의 수평잔차와 평균값, 최대값, 최소값을 다음 Table 2에 정리하였다.

기존 지적삼각보조점 동안보 1~6의 경우 GPS 정지측량으로 성과가 결정됨을 확인하였고, 동안보 6의 경우 본 실험 현장 사정상 관측을 하지 못하였다.

지적삼각보조점 지역측지계 성과계산을 위해 사용된 GPS 정지측량 망 조정 지적삼각점은 총 4점으로, 이 중 Table 1의 경기28 이외에 3점은 다른 지적삼각점을 이용하여 GPS 정지측량 지역측지계 망조정 고정점으로 사용하였다.

캘리브레이션 기능을 적용하여 조정된 5점 지적삼각점보조성결과를 반영하여 안양 동편택지개발지구 내·외 지적도근점 40점을 다시 현장 측량한 평균오차, 즉 지적도근점 40점의 기존의 지적도근점의 성과와 측정값의 평균오차는 X:0.093m, Y:0.193m 이며, X값의 경우 5점만 음수(-), Y값의 경우 모두 음수(-)이었고, 평균오차 계산을 위해 절대값을 평균하였다.

이 중 GPS 정지측량 시 사용된 지적도근점 1438의 경우는 기존 지적도근점 성과와 X:0.127m, Y: -0.160m 의 차이를 보였다.

마지막으로 안양시 동편지구 내·외 11점의 지적도근점 상호간 성과부합여부를 확인하였고, 이 11점 지적

Table 2. Auxiliary Cadastral Triangulation Point Calibration Result (Unit : m)

Point of Observation	Horizontal Residual	Maximum value Minimum value
Donganbo_1	0.012	-
Donganbo_2	0.021	-
Donganbo_3	0.009	Minimum value
Donganbo_4	0.026	Maximum value
Donganbo_5	0.013	-
Horizontal Residual Mean	0.016	

도근점의 수평잔차와 평균값, 최대값, 최소값을 다음 Table 3에 정리하였다.

안양시 동편지구내·외 11점의 지적 도근점과의 캘리브레이션 적용 측량 시에는 분포 고려 없이 Network RTK 측량 특성상 개활진 곳에 위치한 도근점만 측량하였고, 아파트 단지가 들어선 이후라 관측이 안 되는 도근점이 다수 있었다.

Table 3 지적도근점 11점을 캘리브레이션 기능에 적용 후 안양 동편택지개발지구내·외 지적도근점 40점을 현장 측량한 평균오차, 즉 지적도근점 40점의 기존 지적도근점의 성과와 측정값의 차이의 평균오차는 X:0.032m, Y:0.032m 이며, X값의 경우 10점 음수(-), Y값의 경우 24점 음수(-)이었고, 계산 시 절대값을 평균하였다.

이 중 GPS 정지측량 시 사용한 지적도근점 1438의 경우는 기존 지적도근점 성과와 X:0.042m, Y: -0.033m의 차이를 보였다.

결론적으로 지구계 확인에 사용된 동편택지개발지구내·외 지적도근점 상호간 성과는 경계점좌표등록 지역 지적도근점 오차인 10cm 이내로 결정되어 있음을

Table 3. Cadastral Supplementary Control Point Calibration Result (Unit : m)

Point of Observation	Horizontal Residual	Maximum value Minimum value
2028	0.020	-
1443	0.025	-
1441	0.025	-
1944	0.043	-
857	0.070	Maximum value
815	0.011	Minimum value
779	0.051	-
1669	0.029	-
1668	0.037	-
1430	0.058	-
1442	0.043	-
Horizontal Residual Mean	0.037	

확인하였고, 택지개발지구 내부 지적도근점 성과도 택지개발지구 주변 도근점을 이용한 다각망도선법으로 결정하였다는 정보를 추가 확인하였다.

네트워크 RTK 장비의 캘리브레이션 기능상에서 제공되는 지적기준점 상호간, 즉 지적삼각점 6점, 지적삼각보조점 5점, 지적도근점 11점 상호간 평균제곱근오차와 최대잔차를 정리하면 다음 Table 4와 같고 판단 기준이 없어, 최대잔차 약 0.10m를 기준으로 판단해 보았다.

지적삼각보조점이 상호간 편차가 제일 양호한 이유는 GPS정지측량을 통한 망 조정 성과가 망 평균되어 지적삼각보조점에 균일하게 반영되어 성과를 결정하였기 때문으로 판단된다.

Table 5는 지적삼각점 6점, 지적삼각보조점 5점, 지적도근점 11점 캘리브레이션 적용된 성과를 이용하여 GPS관측이 가능한 동편지구 지적도근점 내·외 40점에 대해 부합여부를 판단하기 위하여 각각 측량한 값들의 평균오차를 재정리하였다.

Table 5의 평균오차를 분석하면 지구계 결정에 사용된 택지개발지구 내·외 지적도근점과 지적삼각점의 경우 Y값에서 0.248m, 지적삼각보조점의 경우 Y값에서 0.193m의 성과차이를 보이며, 반면에 택지개발지구

Table 4. Horizontal Calibration Result Summary (Unit : m)

Division	Root Mean Square Error ⁶⁾	Maximum Residual	Observation Result Opinion
Cadastral Triangulation Point	0.064	0.103	Defective deviation
Auxiliary Cadastral Triangulation Point	0.020	0.026	Good deviation
Cadastral Supplementary Control Point	0.041	0.070	Good deviation

Table 5. Horizontal Mean Error (Unit : m)

Division	Mean Error ⁷⁾		Observation Result
	X	Y	
Cadastral Triangulation Point	0.199	0.248	Inconsistency
Auxiliary Cadastral Triangulation Point	0.093	0.193	Inconsistency
Cadastral Supplementary Control Point	0.032	0.032	Coincidence

내·외 지적도근점 상호간 편차는 X·Y값 0.032m 로 양호함을 알 수 있다.

Table 5의 성과의 경우 안양 동편택지개발지구 내·외 지적도근점 40점을 현장 측량한 평균오차, 즉 지적기준점 고시 좌표를 기준으로 네트워크 RTK로 측정된 X, Y치의 절대값을 평균한 값이고 지적삼각점과 지적삼각보조점의 경우 ΔY 값에 모두 음수(-)를 나타내었다.

Table 5의 성과의 경우 판단기준이 없어 수치지역 지적도근점 오차인 0.10m를 기준으로 판단하였고, 이 분석 결과를 GPS 정지측량 관측망도 계획 시 판단기준

0.10m 보다 오차가 큰 지적삼각점, 지적삼각보조점 성과를 제외하였다.

지적도근점, 통합기준점, 위성기준점을 GPS정지측량 계획에 반영하여 다음 Figure 4와 같은 GPS정지측량망도 작성 후 관측을 실시하였고, 상시관측소 위치의 경우 관측망도에 표시하면 스케일(Scale) 문제로 지적도근점들의 위치가 표시되기 어려워 GPS 정지측량 관측망도에서 제외하였다.

3.3. GPS 정지측량

세계측지계 성과의 경우 서울, 인천, 양평, 수원 4점의 상시관측소 성과를 이용하여 수평위치 고정점에 사용하였고, 표고의 경우 통합기준점 U0219, U0220, U0221, U0227 성과를 수직위치 고정점으로 사용하였다.

통합기준점 4점과 지적도근점 6점 0543, 1438, 1664, 2016, UW38(의왕보38), KCB9(과천보9)의 기준망은 2시간 이상 동시관측을 진행하였고, 세계측지계 산출이 필요한 나머지 14점의 기 설치된 지적도근점의 경우 1시간이상 관측을 진행하였다.

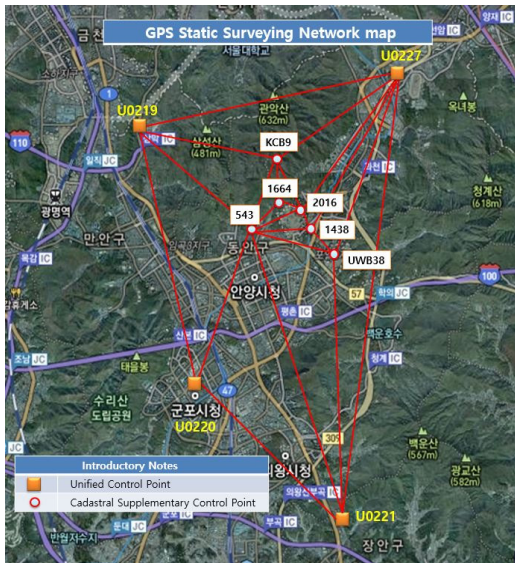


Figure 4. GPS Static Surveying Network Map

Table 6. Unified Control Point Horizontal RMSE (Unit : m)

Point of Observation	ΔX	ΔY	Horizontal RMSE
U0219	0.005	0.000	0.005
U0220	0.012	0.004	0.013
U0221	0.000	-0.002	0.002
U0227	-0.005	-0.015	0.016

Table 7. Unified Control Point Ellipsoid Height (ΔH) (Unit : m)

Point of Observation	Notification Ellipsoid Height	Surveying Ellipsoid Height	ΔH
U0219	87.074	87.063	0.011
U0220	83.318	83.315	0.003
U0221	119.350	119.362	-0.012
U0227	67.255	67.269	-0.014

관측 후 분석결과 GPS 관측망도 지적도근점 상호간 외곽의 거리는 약 2.6Km~ 3.9Km 정도의 거리 분포를 보였다.

Table 6, Table 7은 서울, 인천, 양평, 수원 4점의 상시 관측소 성과를 이용하여 망 조정 후 정리한 통합기준점 4점의 수평 RMSE 및 타원체고 높이차를 정리하였다.

차후 세계측지계 성과를 산출한 전체 20점의 기 설치된 지적도근점에 Network RTK 측량을 통한 세계측지계 성과와 비교하여 모두 수평 3cm 이내의 오차를 확인하였다.

또한, 통합기준점 U0219, U0220, U0221, U0227 표고성과 망 조정 시 표고오차 확인을 위하여 2등 수준점 08-04-21-11에 Figure 5와 같이 GPS 정지측량을 실시하여 표고차를 비교하였고, 표고 고시값과 4mm의 높이차를 확인하였다.

지적재조사 GPS 정지측량 표고값의 경우, 실질적으로 표고를 확인할 수 있는 수준점, 통합기준점에 실제 GPS 정지측량을 실시하여 고시된 표고값과 비교해 보는 현장 확인 방법 도입도 고려해 볼 필요가 있다 판단된다.

GPS정지측량에 사용된 수신기는 Table 8과 같다.

본 연구에 사용된 GPS정지측량 기선해석 및 망조정 프로그램은 상업용 소프트웨어인 Trimble사의 TBC(Trimble Business Center) 프로그램을 사용하



Figure 5. Benchmark GPS Static Surveying

Table 8. GPS Static Surveying Equipments and Period

Division	GPS Static Surveying
Surveying Period	2014. 03. 10. ~ 2014. 03. 18. (3 DAYS Surveying)
GPS Receiver	Trimble 4700 : 7 Trimble 5700 : 3
GPS Antenna	Micro-centered L1/L2 : 7 Zephyr : 2 Zephyr Geodetic : 1

였다.

세계측지계상 GPS 망조정은 위성기준점 및 통합기준점의 성과를 이용하여 GPS 망 조정을 실시하며, 이 경우는 고정점의 순서에 상관없이 4점 이상의 고정점 수치의 정확한 입력만으로 약 3cm 이내의 최종성과를 산출할 수 있다.

따라서, 기존 지역측지계 성과를 가지고 있으며 GPS 정지측량이 가능한 개활진 곳에 설치된 동편택지개발 지구 내·외 20점의 지적도근점에 세계측지계 성과를 도출하였다.

반면, 지역측지계상 좌표의 GPS 망조정은 세계측지계상의 망 조정과 달리 기존 성과의 불부합 가능성으로 인해 1점 고정점의 자유망 조정부터 망 조정을 시작하며, 첫 번째 망 조정 후 기준망 관측점의 기존 고시성과와의 좌표변화량을 확인하며, 순차적으로 고정점을 늘려 구속조정을 실시하며, 오차량이 클 경우에는 구속 조정시 제외해야 한다.

본 연구의 망 전체 회전과 이동성과 분석에 고정점이 아닌 미지점으로 좌표변동 확인에 사용되는 과천보 8, 9번의 경우 안양에서 과천으로 지역적 경계를 넘어간 점이고, 산 중턱 바위에 단독으로 위치하여 초기 측량 계획시 성과 차이를 예상하였지만, 임야지구 최상단에 설치된 지적도근점으로 GPS정지측량이 가능하고, 바위에 동판으로 견고하게 설치가 되어있어서 신규로 설치를 하지 않아도 되어 GPS 정지측량에 사용하였다.

KCB 8, 9 (과천보 8, 9)은 초기 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능으로 지적기준점 성과부합 확인 시

에 산 중턱에 있어 성과부합여부를 확인하지 못하였다.

GPS정지측량에 사용 후 지역측지계 망조정을 통해 안양 동편마을 지적확정측량 지적도근점과는 성과차이가 있음을 확인하여, 지역측지계 망조정 고정점 선정 및 다각망도선법 성과 계산 시에는 제외하여 계산하였다.

KCB 8, 9 지역측지계 성과의 경우 동편마을 택지개발지구 내 · 외 지적도근점에서 약 2~4Km 떨어져 있고, 동편마을 택지개발지구 지적도근점 외곽 상단에 배치되어 있었다.

따라서, GPS 정지측량 망 조정 시 동편마을 쪽 지적 기준점 몇 점을 고정시키는지 여부와 어느 점을 고정시키는가에 의한 좌표 변화량, 즉 망의 회전과 이동성 분석 판단에 좋은 점이라 생각이 되어 미지점으로 변화량을 살펴보고, 동일하게 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 적용하여 좌표 변화량을 상호 비교해 보았다.

앞서 진행된 Network RTK 캘리브레이션 기능으로 지구계 확인에 사용된 동편택지개발지구 내 · 외 지적도근점 상호간 부합은 확인이 되어, 지역측지계 망조정 시 택지개발지구 중간에 위치한 2016 지적도근점을 첫 번째 자유망 고정점으로 사용하였고, 두 점 고정 시 1438, 세 점 고정 시 1664, 네 점 고정 시 UW38, 다섯 점 고정 시 0543 순으로 기지점을 고정하여 최종성과를 산출하였다.

지적도근점 2016, 1438, 1664, UW38 4점 망조정인 경우 순차적 망조정 결과 확인 시 기존 지적도근점 성과와 각각 평면 RMSE 0.10m 이내의 오차를 보였고, 최종 5점 구속 조정 시 추가한 0543 지적도근점의 경우 상기 4점 고정 망 조정 결과 확인 시 평면 RMSE 0.13m 오차를 보였으나 동편택지개발지구 외곽지역에 위치하여 최종 구속조정 하였다.

KCB9(과천보9)의 기준망 관측성과의 경우 기존성과와 RMSE 0.050m 이상의 성과 불부합점으로 판단되어 망 구속조정 시 제외하였다.

Table 9. Comparison of result on Cadastral Supplementary Control Point in the local coordinate system (Unit : m)

Point of Observation	ΔX (m)	ΔY(m)	Horizontal RMSE(m)
2025	0.00	0.01	0.01
1989	0.04	0.01	0.04
1988	-0.01	0.00	0.02
1933	-0.04	0.02	0.05
1889	0.06	-0.03	0.07
1871	-0.03	-0.02	0.04
1439	-0.05	-0.07	0.08
1663	-0.01	-0.01	0.01
1655	0.04	0.04	0.06
1654	0.04	0.05	0.06
1641	-0.01	0.03	0.03
1067	0.06	-0.06	0.08
0541	0.07	-0.07	0.10
KCB8	0.08	-0.50	0.51
KCB9	0.10	-0.51	0.52

Table 9는 동편택지개발지구 내 · 외 지적도근점 2016, 1438, 1664, UW38, 0543 5점을 최종구속 조정하여 산출한 나머지 지적도근점 15점의 GPS측량성과와 기존 고시성과 차이의 결과이다.

상기 지적도근점 15점 중 KCB8, KCB9를 제외한 나머지 13점은 평면 RMSE 0.10m 이내의 오차를 보였지만, Table 9에서 KCB8, KCB9의 측정명으로 표시된 과천보 8, 9번의 경우 망 조정 이후 기존성과와 차이를 계산한 평면 RMSE가 과천보 8의 경우 0.51m, 과천보 9의 경우 0.52m 차이가 있었고, 동편택지개발지구 지적도근점과는 부합하지 않음을 확인 할 수 있었다.

3.4. Network RTK 사이트 캘리브레이션 기능 적용 측량

과천보 8, 9와 같은 과대 성과 차이를 GPS 정지측량 망 조정 기능 이외에 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능

을 이용해서 도출이 가능한지를 확인하고자, GPS 정지 측량 망조정시 안정적 성과 산출을 위한 망 조정 조건인 4점 기지점 고정과 추가한 점을 더 고정한 5점 고정 망 조정을 실시하여 회전과 이동에 의한 성과 변화를 산출해 보았고, 이와 동일한 조건으로 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능에 적용하여 두 기능의 성과를 비교해 보았다.

네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능 수행 시 장비별 차이를 확인하기 위해 Trimble R4 장비와 FOIF GNSS A30 장비의 사이트 캘리브레이션 조정량을 비교하였고, 조정량의 평균 RMSE 비교시 0.01m 이내의 차이를 보여서 현장 측량에 적용하기 위한 장비별 캘리브레이션 조정량 차이는 없어 기종에 따른 캘리브레이션 기능 적용에 어려움은 없다고 판단되었다.

다음 Table 10은 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능을 적용을 위해 사용한 측량기와 측량 기간이다.

3.5. 두 기능별 결과 정리 및 비교

동편택지개발지구 내·외 지적도근점 2016, 1438, 1664, UW38 4점을 고정하여 산출한 과천보8, 9번의 좌표와 추가로 0543 5점을 구속 조정하여 산출한 지역측지계 GPS 정지측량 망조정 결과를 Table 11에 정리하였고, 고시좌표와의 RMSE를 계산하였다.

Table 11은 과천보 8, 9의 4점 및 5점 고정 정지측량 성과와 고시좌표 차이를 나타내며 5점을 구속 조정한 최종성과의 경우 4점 고정된 성과보다 고시좌표와의 평면 RMSE 차이값이 KCB8의 경우 0.09m, KCB9의 경우 0.06m 감소함을 확인할 수 있었고, 이는 한 점을 더

Table 10. Network RTK Equipments and Period

Division	Network RTK
Surveying Period	2015. 12. 01. 2015. 12. 05.
GNSS Receiver	Trimble R4 FOIF GNSS A30

고정함으로 인한 전체 관측망 회전량 감소가 원인으로 판단되었다.

이와 같은 방식으로 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 적용하여 정리하였다.

먼저 지적도근점 2016, 1438, 1664, UW38, 0543 5점을 조정점으로 캘리브레이션 성과를 적용하여 관악산 중턱 바위에 위치한 과천보 8, 9번의 좌표를 측량하였고, 과천보 8, 9번 위치에서 0543 지적도근점 한 점을 조정점에서 삭제 후 4점의 캘리브레이션 성과를 다시 기기에 적용하여 과천보 8, 9번의 위치에 재 측량하여 다음 Table 12에 정리하였다.

이와 같이 세계측지계 성과만 관측되어 있는 경우 조

Table 11. Static Survey Results Summary (Unit : m)

Division		Point of Observation	
		KCB 8	
		X(N)	Y(E)
Notification Coordinate : (C)		436087.36	196667.70
Static Survey	4 Points FIXED : (A)	436087.54	196667.13
	5 Points FIXED : (B)	436087.44	196667.20
(A)-(C)	ΔX ΔY	0.18	-0.57
	RMSE	0.60	
(B)-(C)	ΔX ΔY	0.08	-0.50
	RMSE	0.51	
Division		Point of Observation	
		KCB 9	
		X(N)	Y(E)
Notification Coordinate : (C)		435999.77	196505.73
Static Survey	4 Points FIXED : (A)	435999.95	196505.17
	5 Points FIXED : (B)	435999.87	196505.22
(A)-(C)	ΔX ΔY	0.18	-0.56
	RMSE	0.58	
(B)-(C)	ΔX ΔY	0.10	-0.51
	RMSE	0.52	

Table 12. Network RTK Survey Results Summary (Unit : m)

Division		Point of Observation	
		KCB 8	
		X(N)	Y(E)
Notification Coordinate : (C)		436087.36	196667.70
Network -RTK Survey	4 Point Calibration : (A)	436087.56	196667.18
	5 Point Calibration : (B)	436087.48	196667.24
(A)-(C)	ΔX ΔY	0.20	-0.52
	RMSE	0.56	
(B)-(C)	ΔX ΔY	0.12	-0.46
	RMSE	0.48	
Division		Point of Observation	
		KCB 9	
		X(N)	Y(E)
Notification Coordinate : (C)		435999.77	196505.73
Network -RTK Survey	4 Point Calibration : (A)	435999.98	196505.16
	5 Point Calibration : (B)	435999.87	196505.24
(A)-(C)	ΔX ΔY	0.21	-0.57
	RMSE	0.61	
(B)-(C)	ΔX ΔY	0.10	-0.49
	RMSE	0.50	

정을 원하는 점의 캘리브레이션 기기 적용 시 선택 및 삭제가 가능하며, 캘리브레이션 기능 적용 가능한 기지점 조정 갯수도 장비마다 차이가 있지만 보통 20점 이상 가능하여 기준점 부합 점검 활용 시 유용하게 사용할 수 있다.

관측시간의 경우 캘리브레이션 조정점의 경우 180초, 현장 부합 확인을 위한 측량 시에는 30초간 관측하였고, 좀 더 정확한 성과를 얻을 수 있는 관측시간을 추가 연구를 통해 결정을 해야 할 것으로 판단된다.

또한, GPS 정지측량처럼 많은 인원과 장비 투입이 필요 없고, 현장에서 즉시 기준점 상호간 오차 확인을 통한 안정된 조정점 선택이 가능하다.

이를 다시 KCB8, KCB9의 지역측지계 GPS 정지측량 망조정 기능과 네트워킹 RTK 사이트 캘리브레이션 기능의 RMSE 값만 비교하여 Table 13에 정리하면 다음과 같고, 두 기능별 RMSE 차이는 최대 0.04m 이내에서 성과가 결정되었다.

본 연구의 분석결과 지적도근점 0543과 KCB9(과천보9)의 거리는 약 2.6Km, UW38(의왕보 38)와 KCB9의 거리는 약 3.9Km, 0543과 UW38의 거리는 3.4Km로 GPS 정지측량 망조정 기능과 네트워킹 RTK 사이트 캘리브레이션 기능의 적용거리는 약 2.6~3.9Km의 거리 상에서 분석이 이루어 졌다.

4. 결 론

지적확정측량 점진적 민간이양계획 및 지적재조사 측량의 민간업체 낙찰에 따라 GPS정지측량의 민간업체 수행이 많아지고 있으며, 지역측지계 망 조정 성과 계산 시 고정점의 추출 및 안정점 선정에 어려움이 있어

Table 13. Comparison of RMSE between 4 points and 5 points by function (Unit : m)

Division		Point of Observation			
		KCB 8		KCB 9	
		$\Delta X(N)$	$\Delta Y(E)$	$\Delta X(N)$	$\Delta Y(E)$
		RMSE		RMSE	
4 Point	Static	0.18	-0.57	0.18	-0.56
		0.60		0.58	
	N-RTK	0.20	-0.52	0.21	-0.57
		0.56		0.61	
Δ RMSE		0.60-0.56=0.04		0.58-0.61=-0.03	
5 Point	Static	0.08	-0.50	0.10	-0.51
		0.51		0.52	
	N-RTK	0.12	-0.46	0.10	-0.49
		0.48		0.50	
Δ RMSE		0.51-0.48=0.03		0.52-0.50=0.02	

기준점 성과부합에 대한 이들 간의 부합을 점검할 수 있는 확인 방법의 필요성이 요구되고 있다.

실제 지적측량 수행자의 경우 지역측지계 측량 계획 시 신뢰성 있는 지적기준점 정보를 제공받지 못한다면 측량지역 지적기준점의 부합 여부를 알기 어려우며, 지적소관청이 기준점 부합여부 정보를 제공한다 하여도 사업지구 주변 지적기준점 상호간 잔차나 표준편차 등의 수치로 표시된 기준점 상호간 정보를 제공받지 못하고 있는 실정이다.

과거 '지적측량기준점의 성과통일 및 활용방안수립 연구(양철수·우인제 2006)'의 경우 GPS삼시관측소, 삼각점, 지적도근점의 순으로 지역측지계 성과를 결정 하였다면, 본 연구의 경우 하위의 지적도근점 단계에서의 상위 기준점 단계인 지적삼각점과 지적삼각보조점의 성과부합여부 분석을 하였다.

본 연구의 경우 지역측지계 지적기준점 상호간 성과 분석을 위해 측량지역 주변 지적도근점을 기준으로 지적삼각점, 지적삼각보조점, 지적도근점 상호간 부합여부를 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능을 이용하여 분석하고, 그 결과를 바탕으로 GPS 정지측량에 반영하는 과정을 설명하였다.

또한, 지역측지계 지적기준점 과대 성과 차이를 GPS 정지측량 망 조정 기능과 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능을 이용해서 도출이 가능한지를 확인하고자, 두 기능의 성과를 비교하여 정리하였다.

본 연구를 통해 다음의 결론을 도출하였다.

첫째, 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능을 활용하여 기준점 상호간 분석한 결과를 GPS정지측량 지역측지계 망조정 고정점의 추출 및 안정점 선정에 판단 근거로 사용해 보았으며, 수치에 근거한 부합여부 판단 가능성을 확인하였다.

둘째, 연구대상 지역 약 2.6~3.9Km 거리 지역에서 동일 개수를 고정 및 조정된 지역측지계상 정지측량 망 조정 성과와 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 적용한 측량 결과의 RMSE 차이는 최대 0.04m 이내에

서 성과가 결정되었다.

셋째, KCB 8, 9(과천보8, 9) 5점을 구축 조정된 최종성과의 경우 4점 고정된 성과보다 고시좌표와의 평면 RMSE 차이값이 KCB8의 경우 0.09m, KCB9의 경우 0.06m 감소함을 확인할 수 있었고, 이는 지역측지계 성과 망조정시에는 고정점 개수 및 기준점 분포 형태가 전체 관측망 회전량에 영향을 준다는 것을 재확인하였다.

지구계 측량에 사용되는 지적도근점 성과와 주변 지적기준점 성과의 확인을 위해 GPS정지측량 방식을 사용하여 성과 확인을 할 수도 있지만 많은 인원과 장비가 필요하다.

따라서, 효율적인 측면에서 2명의 인원으로 수행되며 지역측지계 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 활용 시 GPS 정지측량 방식을 사용한 성과 확인 방식과 RMSE 0.04m 이내의 성과 차이가 확인이 되어 차후 기준점 부합점검 실무활용을 고려해볼 필요가 있다 판단된다.

지역측지계의 경우 측량거리 및 고정점에 의한 성과의 차이가 있어서 GPS 측량 시 고정점에 대한 측량이력 관리가 필요하며, 본 실험거리는 약 3.9Km 이내에서 이루어 졌지만, 최대 어느 정도 거리이내에서 활용가능한 지에 대한 검토도 필요하다.

본 연구에서 사용된 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능의 경우 기준점 캘리브레이션 시 180초 동안 관측하고, 지적도근점의 재관측시에는 30초 동안 관측하여 성과를 취득하였는데 정확도를 높일 수 있는 안정적인 관측시간과 두 번 이상 관측하여 평균하면 좀 더 정확한 성과가 도출 가능 한지 여부 또한, 본 연구의 경우 대상 지역 약 2.6~3.9 Km의 거리에서 두 기능별 차이를 비교하였으나, 좀 더 넓은 범위인 지적소관청 단위에서 지적기준점의 성과부합여부 확인을 위한 지역측지계상 네트워크 RTK 측량 사이트 캘리브레이션 기능 적용 가능 여부에 대한 활용 확대 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

지적확정측량이나 지적재조사 사업 시 지역측지계

지적기준점 상호 부합여부에 대한 정확한 정보가 없다면 지적측량수행자 스스로 부합여부를 점검할 수밖에 없는 실정이며, 부합여부를 점검할 수 있는 과정이나 작업규정이 제정되어 있지 않아 어려움이 있다.

따라서, 지적소관청 단위별로 지역측지계상 일명“지역측지계 기준점 성과부합 분포도”제작이 필요하며, 제작은 다음과 같은 방법을 제안하고자 한다.

첫째, 기존의 GPS 기준점 측량, 다각망도선법에 의한 토털스테이션 측량 등의 지적소관청 보유 기준 측량이력자료와 한국국토정보공사 보유 기준점 측량 이력자료를 분석하여 지역별 기준점 성과 분포를 블록별로 표시한다.

둘째, 본 연구에서 제시한 지역측지계 상 네트워크 RTK 캘리브레이션 기능을 이용한 부합여부 점검 및 GPS정지측량 망 조정을 기능을 이용하여 블록별 지적 기준점 비교를 통해 상호 부합관계 및 블록 내부 부합여부를 파악한다.

셋째, 블록별 내부 지적도근점은 부합하지만 상위 기준점인 지적삼각점, 지적삼각보조점과 부합하지 않는 경우 블록내부 지적도근점만 사용하여 측량 할 수 있도록 참고 정보를 제공한다.

이렇게 제작된 자료를 다시 지적소관청에서 한국국토정보공사와 민간지적측량수행자에게 제공하며, 성과 제공 전까지는 기준점 성과 분석을 위한 과정이나 작업규정을 연구 및 제정하고, 작업규정에 상응 하는 품셈을 산정하여 지적측량 수수료 및 용역 설계단가에 반영하여 지급하는 것이 필요하다 판단된다.

본 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 이용한 지역측지계 지적기준점 부합여부 점검방법 연구는 지적이 해결해야 할 장기적인 숙제이자 미래에 고민하게 될 문제의 시작점이라고도 볼 수 있기에 적용방법에 대한 추가적 연구를 통한 실무 활용을 제안하고자 한다.

주1. 「지적재조사에 관한 특별법」 제4조에 따라 제2차 지적 재조사 기본계획(2016~2020) 고시 (제2016 -131호), 국토교통부, 고시일(2016.3.25.일)

- 주2. 「지적확정측량규정」 국토교통부 예규 제 72호 국토교통부. 제정일(2014년 4월 18일)
- 주3. 「지적재조사측량규정」 국토교통부 고시 제2016-812호, 국토교통부, 고시일(2016년 12월 05일)
- 주4. Trimble社의 경우 GPS Site Calibration 의 이름으로 사용하며, Leica社의 경우 Data transfer, 한국토폴콘社의 경우 Site Calibration/ Localisation 이름으로 사용함.
- 주5. 잔차 (Residual) : 최확값과 측정값과의 차, 조규전, 측량정보공학 (양서각), P61
- 주6. 평균제곱근오차 (RMSE : Root Mean Square Error) : 관측값의 불일치도를 나타내기 위해 오차의 제곱을 산술 평균한 값의 제곱근, 조규전, 측량정보공학 (양서각), P73
- 주7. 평균오차 (Mean Error) : 각 측정값과 그의 평균값과의 차의 절대값에 대한 산술평균값, 조규전, 측량정보공학 (양서각), P76

참고문헌 References

박문재. 2015. 지적도면의 세계측지계 변환을 위한 효율적인 공통점 선정에 관한 연구. 석사학위논문. 서울 시립대학교. p.9-19.

Park MJ. 2015. *A Study on Selection of Common Control Point for World Geodetic System Transformation of Cadastral Map* [dissertation]. University of SEOUL. p.9-19.

이석배 외. 2014. 지적재조사 측량방법의 정확도 비교 및 정확도 향상방안 연구. 한국지형공간정보학회지. 22(4): 39-46.

Lee SB et al. 2014. A Study on Accuracy Evaluation and Accuracy Improvement in Cadastral Re-survey Surveying Method. *Jornal of the Korean Society for Geospatial Information System*. 22(4): 39-46.

양철수, 우인제. 2006. 지적측량기준점의 성과통일 및 활용방안 수립. 한국국토정보공사 공간정보연구원. 공간정보연 2006-12.

Yang CS, Woo IJ. 2006. *Coordinate Unification of*

- Cadastarl Control Points over the Country*. Korea Land and Geospatial InformatiX Corporation. LXSiri 2006-12.
- 양철수, 우인제. 2006. 기타원점지역 지적측량기준점의 성과 통일. 한국국토정보공사 공간정보연구원. 공간정보연 2006-13.
- Yang CS, Woo IJ. 2006. *Coordinate Unification of Cadastarl Control Points located over the Extra Datum Origin*. Korea Land and Geospatial InformatiX Corporation. LXSiri 2006-13.
- 최한준 외. 2013. 네트워크 RTK 측량의 사이트 캘리브레이션 방안에 관한 연구. 한국측량학회지. 31(1): 99-107.
- Choi HJ et al. 2013. A Study on the site Calibration of Network RTK Surveying. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*. 31(1): 99-107.
- 조규전. 2008. 측량정보공학. 양서각, P60-84
- Cho GJ. 2008. *Geomatics Engineering*, Yangseogag, p. 60-84.
- 국토교통부. 2017. 제2차 지적재조사 기본계획 [인터넷] [http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/dt1.jsp?idx=14315]. 2017년 03월 24일 검색.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2017. Master Plan of 2nd Cadastral Resurvey Project [Internet]. [http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/dt1.jsp?idx =14315]. Last accessed 24 March 2017.
- 국토교통부. 2017. 지적확정측량규정 [인터넷] [http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/1st.jsp?gubun=&flag=I&r_id=&lcmspage=1&search_dept_id=&search_dept_nm=&search_regdate_s=&search_regdate_e=&srch_usr_year=&srch_usr_num=&srch_usr_titl=Y&search=%EC%A7%80%EC%A0%81%ED%99%95%EC%A0%95%EC%B8%A1%EB%9F%89%EA%B7%9C%EC%A0%95&x=0&y=0]. 2017.03.24. 검색
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2017. Cadastral Confirmation Survey Regulations[Internet]. [http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/1st.jsp?gubun=&flag=I&r_id=&lcmspage=1&search_dept_id=&search_dept_nm=&search_regdate_s=&search_regdate_e=&srch_usr_year=&srch_usr_num=&srch_usr_titl=Y&search=%EC%A7%80%EC%A0%81%ED%99%95%EC%A0%95%EC%B8%A1%EB%9F%89%EA%B7%9C%EC%A0%95&x=0&y=0]. Last accessed 24 March 2017.
- 국토교통부. 2017. 지적재조사 측량규정 [인터넷]. [http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/dt1.jsp?idx=14688]. 2017년 03월 24일 검색
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2017. Cadastral Resurvey Project Survey Regulations [Internet]. [http://www.molit.go.kr/USR/I0204/m_45/dt1.jsp?idx=14688]. Last accessed 24 March 2017.
-
- 2017년 4월 21일 원고접수(Received)
 2017년 6월 07일 1차심사(1st Reviewed)
 2017년 6월 19일 2차심사(2nd Reviewed)
 2017년 6월 20일 게재확정(Accepted)

초 록

최근 네트워크 RTK 측량은 지적측량분야에서도 많이 활용되는 등 그 사용 분야가 확대 되고 있다. 지적확정측량 점진적 민간이양계획 및 지적재조사측량 민간업체 낙찰에 따라 GPS정지측량의 민간업체 수행이 많아지고 있으며, 사업 적용 시 지역좌표계 기준점 성과의 상호간 불부합으로 인하여 이들 간의 부합을 점검할 수 있는 확인 방법의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구에서는 안양시 지역의 지적기준점을 대상으로 지역좌표계상 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능을 이용한 부합여부 분석결과를 GPS 정지측량에 반영하여 진행한 과정을 설명하고자 한다. 추가적으로 지역측지계상 GPS 정지측량 망 조정 성과와 네트워크 RTK 사이트 캘리브레이션 기능의 측량결과를 비교하여 측량 결과의 RMSE(평균제곱근 오차)가 최대 0.04m 이내에서 성과가 결정되었고, 적용방법에 대한 추가적 연구를 통한 실무 활용이 필요하다 생각된다.

주요어 : 지역좌표계, 정지측량, 네트워크 RTK 측량, 사이트 캘리브레이션