

연구논문

# 지적측량을 위한 GPS의 활용방안에 관한 연구 A Study on Application of Global Positioning System for Cadastral Surveying

임현철\*

Yim, Hyon Cheol

## 요 旨

본 연구는 지적측량을 위한 GPS의 활용방안을 제시하는 것으로서 보다 연구를 효과적으로 수행하기 위하여 최근 세계적으로 그 효율성 및 효용성이 증대되고 있는 최신의 측량기법인 인공위성에 의한 GPS(Global Positioning System)를 활용하였다. 실증분석은 연구대상지역에 대하여 GPS관측을 실시한 후 현행 Total Station과 GPS의 측량 성과에 대해 비교·분석한 결과 효율성 및 경제성에 대한 측면에서 현행 측량방법보다 GPS가 시간·비용·경제적인 측면에서 보다 높은 효율성을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 GPS측량의 산출성도가 현행 지적법에서 인정하고 있는 측량성과 인정범위에 모두 포함되어 GPS 측량방법의 높은 정확도를 입증할 수 있었다. 이러한 분석 결과를 토대로 지적측량을 위한 GPS의 활용방안을 제시하였다.

**핵심용어** : 지적측량, GPS, 토털스테이션

## Abstract

This study aims to suggest efficient setting up of GPS (Global Positioning System) for cadastral surveying. In order to perform it effectively, worldly used modern surveying technology GPS introduced. In a practical analysis, GPS observation had been performed in the research area and the results had been compared and analysed with the results of Total Station. As a results, it is shown that GPS is more efficient rather than current surveying method in terms of time, cost and economy. The results of GPS surveying were included in the scope of error tolerance, being accepted by cadastral laws, showing high accuracy of GPS surveying method. With the results of analysis, how to application of GPS for cadastral surveying was suggested.

**Keywords** : Cadastral Surveying, Global Positioning System, Total Station

## 1. 서 론

정보화 사회로 빠르게 변화하는 현대사회는 고도의 경제성장과 초고속 통신망 및 정보기술(IT : Information Technology)의 발달로 디지털 도구가 주된 기능을 수행하는 시대라고 볼 수 있다. 우리나라의 지적제도는 지난 100여년 동안 체계적으로 관리되어 왔지만 오늘날과 같은 정보화 사회속에서 토지에 대한 사용자의 요구사항이 늘어나고 있다.

현재 우리나라가 사용하고 있는 지적정보는 크게 속성 정보와 도형정보로 구분할 수 있다. 속성정보는 전산화가 완료되어 전국적으로 활용하고 있는 반면에 도형정보

는 아직도 수치화가 되지 않은 상태로 수작업에 의존하고 있어 지적의 전산화 및 이를 토대로 구축될 모든 정보 시스템에 많은 장애요인이 되고 있다. 그리고 지적도면 전산화에 대한 부분은 지적도가 실질적으로 지적측량에 이용할 수 있는 정확도를 고려하지 않고, 지적도면을 단순히 스캐닝하거나 디지털이징하여 수치화하였기 때문에 이를 바탕으로 실제적으로 지적측량의 실시는 불가능한 실정이다.

한편, 우리나라의 지적측량은 1910년대에 구성된 삼각점의 좌표에 근거를 두고 있으며, 우리나라에서 이용하고 있는 평면직각중형선좌표의 원점은 통일원점(서부·중부·동부), 구소삼각원점, 특별소삼각원점으로 구분되

2007년 10월 23일 접수, 2007년 11월 13일 채택

\* 정희원·청주대학교 복지도지정보학부 지적학과 시간강사, 행정학박사, (주)세한항업 GIS 담당차장 (yim5108@daegu.ac.kr)

고 있다. 그리고 지적측량기준점의 수평위치표시에 이용되고 있는 평면직각중형선좌표는 1841년 발표된 벡셀(Bessel)값을 이용한 측지원점의 설치와 그것을 가우스상사(등각)이중투영방법에 의하여 계산된 좌표이다. 현재 지적측량기준점들은 이러한 기준점체계에 따라 그 성과가 유지·관리되고 있으며, 게다가 망실된 많은 지적측량기준점들을 복구하여 사용함으로써 정확도 저하 및 지적측량성과의 통일성 결여에 의해 지적불부합의 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 세계적으로 그 효율성 및 효용성이 증대되고 있는 최신의 측량기법인 인공위성에 의한 범 지구위치결정시스템(GPS : Global Positioning System)을 이용하여 신속하고 정확하게 필지정보를 취득하고자 한다. GPS 측량기법의 정확도 및 효율성에 대한 실증분석을 위해 연구대상지역에 대하여 GPS관측을 실시·처리한 성과로부터 현행 측량방법에 의한 토털스테이션시스템(Total Station System)의 성과와 비교·분석을 하고자 한다. 이에 따라 실증분석에서 얻어진 결과분석에 따라 지적측량을 위한 GPS의 활용방안을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다. 본 연구에서는 GPS관측을 하기 위하여 연구대상지역을 선정하여 GPS관측을 실시하였다. 그러나 GPS관측에 의하여 얻어진 WGS84(World Geodetic System 1984)의 데이터는 3차원 지심좌표계로 산출된다. 하지만 우리나라에서 사용하고 있는 것은 Bessel 타원체이기 때문에 좌표변환 소프트웨어를 이용하여 평면직각좌표계로 변환성과를 실시하고자 한다. 따라서 GPS측량에 의하여 얻어진 좌표와 토털스테이션시스템에 의하여 산출된 좌표와 비교·분석하여 GPS측량의 정확도를 평가하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 GPS의 구성체계

최초로 소련의 인공위성 Sputnik-I이 발사된 후, 1959년 미해군에서 Transit계획에 의하여 미 해군항법위성체계(NNSS : U.S Navy Navigation Satellite System)가 시작되었다. 1961년 Transit 인공위성이 발사되고, 이어서 여러 개의 시험위성이 발사됨으로써 1964년에 실용화되었으며, 1967년 일반에게 공개된 인공위성을 이용한 선박항법시스템이었다. 그러나 NNSS는 위성이 관측자의 상공을 통과하는 시간에만 관측이 가능하고 위치오차가 비교적 큰 수미터에서 수백 미터까지 발생하는 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 보완하고 저속의 선박 외에도 고속의 항공기나 미사일의 위치를 측정할 수 있는 기술에 관한 연구개발이 1960년대 중반에 착수되었다. 이러

한 부분적인 연구개발은 1973년에 미해군의 timation 프로그램과 미공군의 621B프로젝트가 미 국방성 프로젝트로 통합되면서 NAVSTAR(Navigation Satellite Time and Ranging)로 명명됨으로써 본격적인 GPS계획이 추진되기 시작하였다.

GPS위성은 1978년 2월부터 시험위성인 Block-I 위성이 발사되었으며, 1989년 2월부터 실용위성인 Block-II 위성이 발사되기 시작하였다. 이러한 GPS 기술발달로 우리나라에서도 1995년 전국 삼각점에 대하여 망구성을 하고 GPS 동시 관측을 실시하여 급기야 1996년부터 국방부 좌표체계가 GPS에 의한 WGS84 좌표계로 바뀌게 되었으며, 2002년부터는 국립지리원에서도 지심좌표계를 도입하기로 하였다.

GPS는 미국방성에서 항해하는 선박이나 항공기의 위치를 결정하기 위한 목적으로 개발된 것으로서, 고도 20,200km 상공에 위치한 24개의 인공위성을 이용하여 지구상의 어디에서라도 경사각 55°인 6개의 궤도면에 4개씩 배치되어 있어 3차원적인 위치측정이 가능하도록 되어 있다. 이들 각각은 약12시간 주기로 지구우위를 공전하면서 자신의 위치정보와 시각정보 등을 반송파에 실어 지상으로 시시각각 전송한다. GPS는 지상, 해상, 공중 등 지구상의 어느 곳에서나 항상 4개 이상의 위성으로부터 전파를 수신함으로써 시간제약 없이 인공위성에서 발신하는 정보를 수신하여 정지 또는 이동하는 물체의 위치를 측정할 수 있도록 우주부문(space segment), 제어부문(control segment), 사용자부문(user segment)등의 3부분으로 구성되어 있는 전천후 위치측정시스템이다.

### 2.2 GPS 측량방법

지적측량에 이용하기 위한 GPS의 측량방법으로는 정지측량(static survey), 신속정지측량(rapid static survey or fast static survey), 이동측량(kinematic survey), 그리고 실시간 이동측량(real time kinematic survey)방법 등이 있다. 지적삼각점과 지적삼각보조측량에 이용하는 측정 방법에는 정지측량이 있으며 여건에 따라 30분~120분 정도 계속해서 GPS신호를 수신하는 방식이다. 지적도근점 설치에 이용할 경우에 관측방법으로는 신속정지측량, 필지경계점 측정에 이용할 수 있는 관측방법으로는 신속정지측량, 실시간 이동측량 방법이 있다. 또한 지적측량에서도 GPS를 활용하려는 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근 지적재조사사업과 관련하여 이미 1990년대 들어서면서 GPS 상시관측소가 부분적으로 설치되기 시작하였으며, 전국적으로 67여개의 상시관측소가 운영되고 있으며, 향후 전국적으로 상시관측소를 행정자치부, 대한지

적공사, 국립지리원, 해양수산부, 한국전문연구원, 한국지질자원연구소 등 여러 기관들이 상호협조 아래 추가 설치·운영될 계획이다.

**2.3 토털스테이션에 의한 지적도면 작성**

현재의 지적도면은 1910년대 토지조사사업 당시 작성된 지적도면과 6.25전란 이후 분·소실된 지적도를 복구한 도면과 도면이 더럽혀지거나 헐어져서 재작성된 도면이 혼재되어 있고, 자연적·인위적인 지형변화에 따라 불부합이 있는 곳이 많이 있으며, 산업화, 도시화가 진전되면서 토지의 집약적 이용도가 증가됨에 따라 지적도면은

수록정보의 부족과 정밀성의 한계로 대응력을 상실하게 되었다. 지적도면은 토지대장에 등록된 필지단위의 토지에 대한 경계를 획정하는 것을 주목적으로 하는 국가에서 만든 토지의 평면도인데, 토지소유권이나 물권이 미치는 한계를 결정하는 중요한 역할을 하고 있는 지적공부중의 하나이다. 우리나라 지적도면의 작성은 1910~1924년까지 조선총독부에서 시행한 토지·임야조사사업으로 기초측량 및 일필지측량을 실시하여 그 결과에 의하여 지적도면을 작성하였다.

현행 토털스테이션에 의한 지적도면의 작성과정을 살펴보면 그림 1과 같다. 토털스테이션을 이용하여 기계자체에 내장된 메모리카드를 이용하거나 전자야장을 이용하여 현지계산 및 관측자료를 저장하는 방법이다. 관측이 완료되면 메모리카드나 전자야장에 저장된 자료를 컴퓨터로 전송하여 계산과 편집과정을 마친 후, 지적도면은 플로터 및 프린터로 출력하게 된다. 즉, 관측에서 계산 및 편집과정을 거쳐 지적도면이 작성된다. 실내작업에 있어서는 측량준비도, 측량결과도, 측량성과도를 컴퓨터 속에 저장된 자료에 의하여 처리하므로, 이러한 현행의 방법으로 지적도면을 작성하는데는 작업량이 많고 소요시간도 과다하며 정교한 도면제작에는 전문제도요원이 있어야 하는 등 실내작업에서 도면작성이 상당한 비용을 차지하고 있다. 또한 이렇게 작성된 지적도면의 정확도가 저하되어 현지복원 능력이 떨어지고, 지적도면의 누적오차로 인하여 디지털 토지관리에 많은 문제점을 발생시키게 되었다.

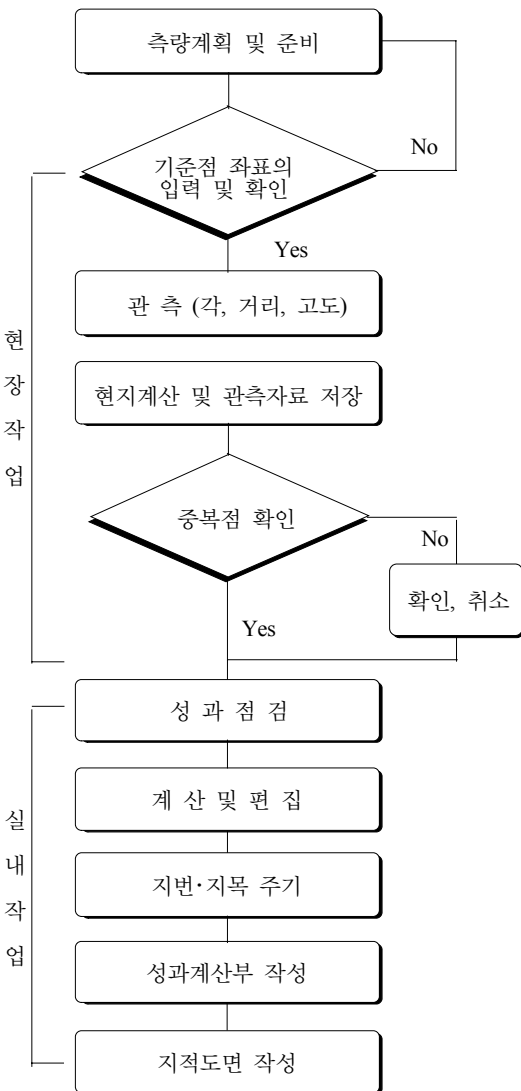


그림 1. 토털스테이션에 의한 지적도면 작성 흐름도

**3. GPS의 관측**

**3.1 관측계획 및 연구대상지역**

본 연구를 위한 관측은 관측계획과 현장답사를 통하여 망구성 및 기준점의 위치를 확인하고, 관측사전계획을 통하여 위성상태 등을 확인한 후 GPS관측을 실시하였다. 관측에 사용된 수신기는 Leica사의 SR500과 Sokkia사 radian system 정밀측량용 수신기를 사용하였다. 관측으로부터 얻어진 데이터는 Leica에서 제공된 Ski-pro 소프트웨어에 의해 processing 과정과 좌표변환 과정을 거쳐 GPS 측량성과를 산출하게 된다.

연구대상지역의 선정은 사전답사와 도상계획을 통하여 접근방법, GPS 위성신호의 수신가능성, 전파에 영향을 미치는 장애물의 유·무 등의 제반 여건을 종합적으로 검토하여 충청북도 청주시 상당구 용암동 지적도(수치) 122장중 제74호 지역중에 3개 블록을 선정하였다. 이 지역은 최근에 새로이 택지개발을 시행하고 있는 지역으로서 토털스테이션 측량에 의한 확정측량이 완료된 상태이

다. 따라서 일필지경계점들이 정확하고 일률적으로 표시되어 있어 GPS 수신기에 의하여 일필지경계점을 측량할 경우 객관적이고 정확하게 비교·분석이 이루어질 수 있을 것이다.

### 3.2 관측망 구성 및 관측장비

기준점은 축척 1 : 25,000 지형도상에서 선점하고, 이를 기반으로 현장답사를 통하여 기준점 상태를 조사하였다. 그리고 기준점의 상태는 대한지적공사 중복지사의 자문을 얻어 위성신호 수신가능성, 전파에 미치는 장애물 등을 검토하여 기준점을 확정하였다. 이렇게 확정된 기준점을 가지고 GPS 관측망을 구성하였다. 기준점측량망의 구성은 그림 2와 같다.

본 연구를 위하여 사용된 관측장비는 Leica사의 SR500 과 Sokkia사 radian system 정밀측량용 수신기를 사용하여 관측을 하였다. Leica SR500 수신기 3대를 기지점(보조삼각점)에 고정하고, Leica 및 Sokkia의 수신기 4대를 이용하여 도근점 및 필지경계점을 관측하였다. 수신기중 나머지 한 대는 GPS미지점에 설치하여 위성신호를 동시에 수신하여야 하는데 관측시간은 관측조건과 요구 정밀도에 달려 있다. 관측시간은 기선길이, 관측 위성수, 사용 장비에 좌우되며 일반적으로 30분에서 2시간의 세션

(session)동안 1~30km의 비교적 짧은 기선을 관측하는데 걸리는 시간이다. 자료처리는 후처리에 의한다. 본 연구의 GPS측량에 사용된 수신장비의 주요 제원은 표 1과 같다.

### 3.3 기준점성과

연구대상지역을 토털스테이션을 이용해서 관측할 경우에는 도근점 측량이 필수적이므로 본 연구대상지역의 도근점에 대한 GPS측량을 시행하였다. 연구대상지역의 도근망은 그림 3과 같이 구성하였다. GPS측량으로 필지경계점을 관측할 경우 별도로 도근망을 구성하거나 관측을 할 필요성은 없지만, 본 연구에서는 현행 토털스테이션 성과와 비교를 위해 도근망의 구성과 GPS측량을 시행하였다. 기준점성과는 3개의 기지점(보조삼각점)으로부터 GPS측량에 의하여 산출하였다.

### 3.4 필지경계점의 산출성과

기지점으로부터 각각의 필지경계점을 관측하여 좌표를 산출하였다. 필지경계점의 경우 총 20측점을 관측하였다. 필지경계점의 산출성과는 static GPS측량에 의하여 이루어졌으며, 점당 약 10분에서 15분정도로 수신을 하였다.

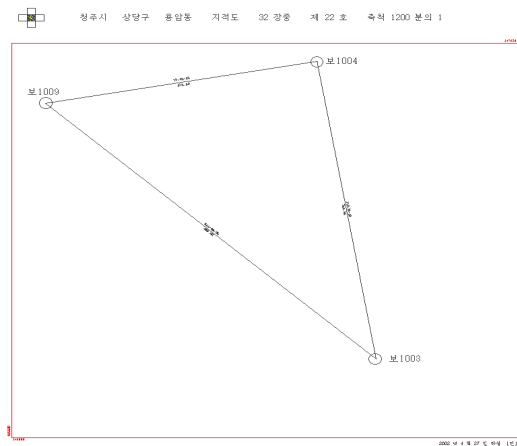


그림 2. 기준점측량 망구성

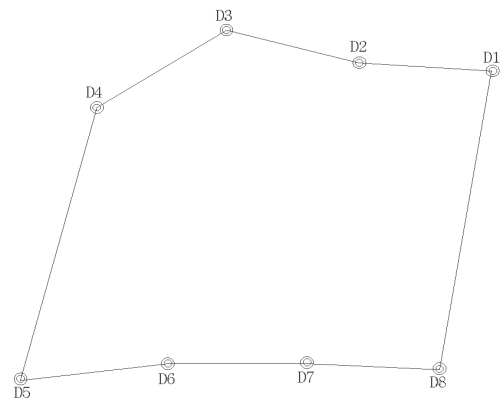


그림 3. 연구대상지역의 도근망

표 1. GPS 수신장비의 주요 제원

장 비	Channel	Cycle	Code	Signals Tracked	Weight	Memory size
Leica SR500	24ch	P1,P2,C/A	Full	L1(code & carrier) L2(code & carrier)	1.25kg	4MB
Sokkia Radian	24ch	P1,P2,C/A	Full	L1(code & carrier) L2(code & carrier)	1.3kg	4MB

### 4. 토털스테이션과 GPS의 측량성과의 정확도 비교·분석

#### 4.1 토털스테이션과 GPS 산출좌표의 비교·분석

토털스테이션 좌표와 GPS 산출좌표와의 비교·분석은 토털스테이션 측량으로 확정이 되어있는 좌표값과 GPS 측량에 의하여 산출된 좌표값을 비교하였다. 도근점의 분석과 같이 토털스테이션 좌표와 GPS 산출좌표의 중·횡선오차를 산출하고, 산출된 ΔX, ΔY로 연결오차를 산출하여 분석하였다. 표 2는 토털스테이션 측량과 GPS측량을 비교하여 측점별 중·횡선오차, 연결오차, 이에 대한 RMSE를 비교·분석하여 나타낸 것이다. 중·횡선오차의 RMSE는  $\Delta x = \pm 0.02m$ ,  $\Delta y = \pm 0.04m$ 로 나타나 성과가 양호한 것으로 분석되었다. 중·횡선오차를 이용하여 산출한 연결오차의 RMSE는  $\pm 0.04m$ 로 분석되었다.

이러한 결과를 종합해 보면, 모든 측점이 지적법 시행규칙 제54조에 의한 측량성과 인정범위인 0.10m 이내로 분석되어 위성의 수신장애를 받지 않는 경지정리지역,

수치지적시행지역, 일반 측지측량에서 시간이나 경제적 인 면에서 매우 효율적이다. 또한 향후 시행될 지적재조사사업에 있어서도 매우 효율적인 것이라 판단된다. 그림 4는 종선오차의 변화량을 나타낸 그래프이다. 그래프상의 범위는 -0.2m에서 +0.2m로 설정 해 주었다. 오차의 분포상태는 변화량이 미소해 GPS 측량성도가 매우 양호한 것을 알 수 있다. 그림 5는 횡선오차의 변화량을 나타낸 것이다. 이것도 종선오차의 변화량과 마찬가지로 그래프상의 범위를 -0.2m에서 +0.2m로 설정 해 주었다. 횡선오차 역시 P4측점을 제외하고는 고른 분포를 보여 성과가 매우 양호한 것으로 분석되었다.

#### 4.2 토털스테이션과 GPS의 필계경계점간 거리오차 분석

토털스테이션과 GPS의 필계경계점간 거리분석은 도근점 분석과 동일하게 토털스테이션에 의하여 산출된 좌표를 역계산하여 산출한 대상 필지경계점간 거리와 GPS측량에 의하여 산출된 거리를 비교·분석하였다. 표 3은 필

표 2. 필지경계점의 중·횡선오차 비교

(단위 : m)

측점명	Total Station		GPS		중·횡선오차		연결오차	비 고
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY		
P0	346957.94	245746.48	346957.93	245746.43	-0.01	-0.05	0.05	
P1	346964.13	245753.17	346964.13	245753.12	0	-0.05	0.02	
P2	346969.12	245753.49	346969.10	245753.45	-0.02	-0.04	0.04	
P3	346977.59	245746.61	346977.56	245746.57	-0.03	-0.04	0.05	
P4	346969.73	245736.90	346969.71	245736.82	-0.02	-0.08	0.08	
P5	347000.07	245728.35	347000.05	245728.30	-0.02	-0.05	0.05	
P6	347011.31	245719.22	347011.29	245719.18	-0.02	-0.04	0.04	
P7	346995.57	245699.80	346995.57	245699.79	0	-0.01	0.01	
P8	346984.36	245708.92	346984.35	245708.91	-0.01	-0.01	0.01	
P9	346978.19	245703.60	346978.21	245703.58	0.02	-0.02	0.03	
P10	346989.43	245694.48	346989.45	245694.44	0.02	-0.04	0.04	
P11	346972.62	245673.63	346972.62	245673.62	0	-0.01	0.01	
P12	346961.39	245682.75	346961.41	245682.72	0.02	-0.03	0.04	
P13	346960.70	245672.99	346960.72	245672.95	0.02	-0.04	0.04	
P14	346951.25	245680.66	346951.27	245680.63	0.02	-0.03	0.04	
P15	346938.82	245690.76	346938.84	245690.74	0.02	-0.02	0.03	
P16	346927.02	245700.34	346927.04	245700.34	0.02	0	0.02	
P17	346911.73	245681.50	346911.76	245681.47	0.03	-0.03	0.04	
P18	346924.37	245672.97	346924.39	245672.94	0.02	-0.03	0.04	
P19	346937.76	245663.93	346937.78	245663.90	0.02	-0.03	0.04	
P20	346947.77	245657.18	346947.73	245657.16	-0.04	-0.02	0.04	
RMSE					0.02	0.04	0.04	

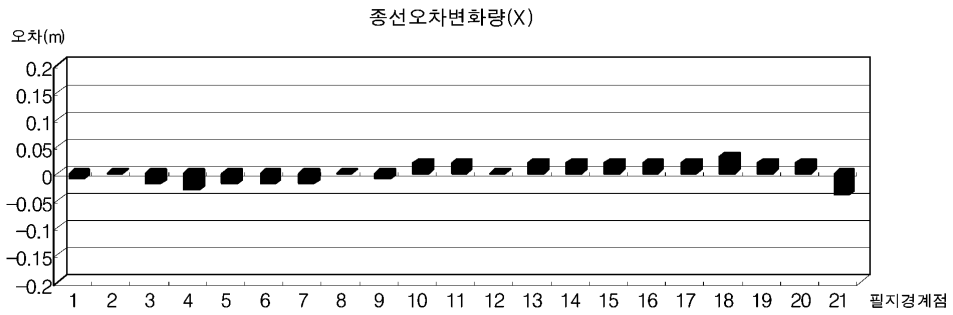


그림 4. 필지경계점의 중선오차 변화량

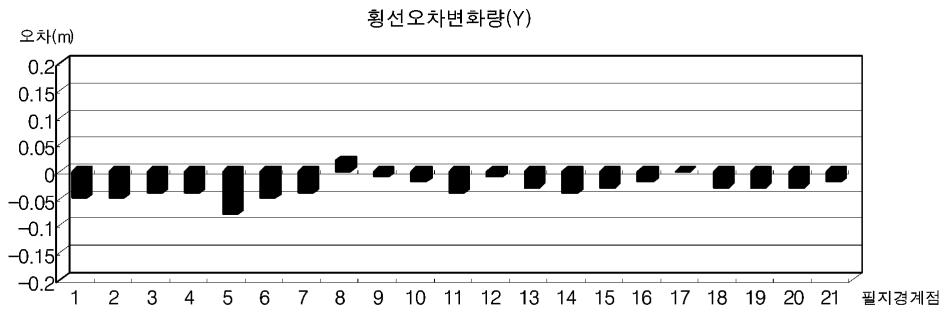


그림 5. 필지경계점의 횡선오차 변화량

표 3. 필지경계점간 거리오차 비교

(단위 : m)

블럭	지번	점간번호		계산거리	관측거리	오 차	비 고
		에서	까지				
50	50-2	P9	P10	14.47	14.52	0.05	
		P11	P12	14.47	14.47	0	
51	51-2	P5	P6	14.48	14.49	0.01	
		P7	P8	14.45	14.45	0	
	51-5	P0	P4	15.19	15.23	0.04	
		P2	P3	10.91	10.90	-0.01	
125	125-2	P13	P14	12.17	12.17	0	
		P19	P20	12.07	12.04	-0.03	
	125-3	P14	P15	16.02	16.05	0.03	
		P18	P19	16.16	16.16	0	
	125-4	P15	P16	15.20	15.23	0.03	
		P17	P18	15.25	15.25	0	
RMSE						0.08	

지경계점간 거리오차를 나타낸 것이다. 필지경계점간 거리오차의 RMSE는 ±0.08m로 나타나 성과가 비교적 양호한 것으로 분석되었다.

분석결과 상대적으로 점간거리 오차가 가장 높게 산출된 거리는 50-2번지의 P9~P10의 거리로 0.05m로 나타났다. 그러나 50-2번지의 P11~P12, 51-2번지의 P7~P8,

125-2번지의 P13~P14, 125-3번지의 P18~P19, 125-4번지의 P17~P18측점의 거리는 오차를 보이지 않아 GPS 측량의 높은 정확도를 나타내고 있다. 점간거리 오차의 경우는 지적법 시행규칙 제54조에 의한 측량성과 인정범위인 수치지적시행지역 경계점 오차범위 0.10m로 규정되어 있는 것을 고려할 경우 모든 측점에서 0.10m이내의

성과를 보이고 있어 매우 양호한 성과를 나타내고 있다. 그리고 그림 6은 점간거리 오차의 변화량을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프상의 범위는 -0.1m에서 +0.2m로 설정 해 주었다. 변화량의 분포가 대체로 고른 분포를 보이고 있는 것을 알 수 있다.

**4.3 토털스테이션과 GPS의 면적오차 분석**

토털스테이션과 GPS의 면적오차 분석은 토털스테이션에 의해 산출된 좌표를 좌표면적계산법으로 계산한 면적과 GPS 측량으로 산출한 좌표 역시 동일 계산법으로 계산을 하여 면적의 차이를 비교·분석한 것이다. 표 4는 필

지별 면적오차를 나타내는 것으로 RMSE가  $\pm 0.3m^2$ 로 나타나 성과가 양호한 것으로 분석되었다. 상대적으로 면적오차가 가장 크게 산출된 필지는 50-2번지의 필지로  $0.4m^2$ 로 나타났고, 51-2번지와 51-5번지는 면적오차가  $\pm 0.2m^2$ 로 나타나 대상 필지 중 오차가 가장 작게 산출되었다.

그림 7은 필지별 면적오차의 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프상의 오차범위는  $-2m^2$ 에서  $+2m^2$ 으로서 설정 해 주었다. 오차의 분포를 보면  $-0.2m^2$ 에서  $+0.4m^2$  사이로 매우 고른 분포를 보이고 있어, 성과가 매우 양호한 것으로 분석되었다.

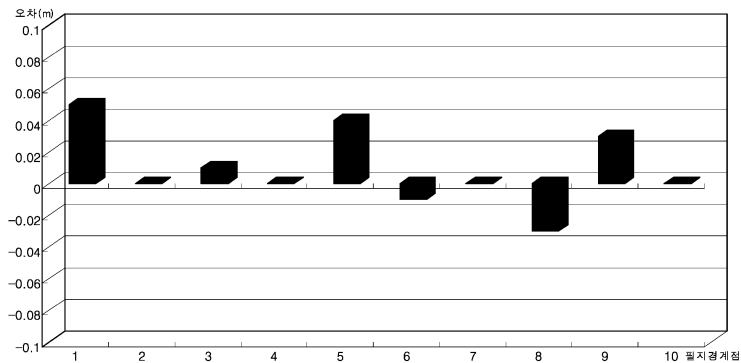


그림 6. 필지경계점간 거리오차 변화량

표 4. 필지별 면적오차

(단위 :  $m^2$ )

블럭	지번	Total Station	GPS	오차	비고
50	50-2	387.5	387.9	0.4	
51	51-2	361.5	361.3	-0.2	
	51-5	178.7	178.9	0.2	
125	125-2	253.6	253.3	-0.3	
	125-3	356.5	356.8	0.3	
	125-4	358.5	358.8	0.3	
RMSE				0.3	

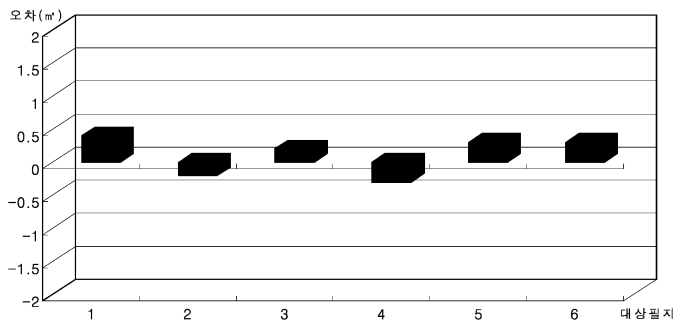


그림 7. 필지별 면적오차 변화량

분석결과 기존의 성과와 비교를 하여도 거의 차이를 나타내고 있지 않아 매우 성과가 좋은 것으로 판단된다. 면적오차에서 가장 양호한 성과를 보인 곳은 51블럭의 51-2, 51-5번지이며, 오차는 0.2m<sup>2</sup>으로 나타났다. 상대적으로 가장 큰 오차를 나타낸 곳은 50블럭의 50-2번지로 0.4m<sup>2</sup>으로 나타났다. 이것은 현행 지적법 시행규칙 제43조에 규정된 신규면적 오차 허용범위에 적용할 경우 모든 산출값이 오차 허용범위 이내의 성과에 포함되어 GPS 측량성과의 높은 정확도를 보여주고 있다.

따라서, GPS에 의한 측량은 택지개발지역에서의 세부 측량과 경지정리지구, 임야지, 농경지 등의 지역에 있어서는 위성전파 수신에 장애를 받지 않는 곳에서의 위치 정보 획득에 있어 시간이나 비용면에서 높은 효율성이 있을 것으로 판단된다.

### 5. GPS의 효율성 분석

토탈스테이션과 GPS측량방법의 효율성측면에서 시간과 인력에 대해 비교하여 보면 표 5와 같다. 이는 실제 관측 지역별 난이도의 차이가 있을 수 있으나, 분석결과 시가지나 건물밀집지역이 아닌 위성신호의 수신과 전파의 장애가 없는 경지정리지구나 택지개발지구에서는 현행 토탈스테이션 측량과 GPS 측량방법을 비교할 경우 약 2배 정도의 차이를 나타내고 있어 GPS 측량방법의 효율성을 입증할 수 있었다.

GPS를 이용한 기준점 및 필지경계점의 측량은 많은 관측점을 현행에 의한 토탈스테이션 방법 보다 효율적으로 단시간에 정확하게 결정할 수 있다는 점에서 국가기준점 뿐만 아니라 지적기준점 측량에도 매우 효율적임을 보여주고 있다. 건물 및 도로가 혼재되어 있는 도회지에 산재한 도근점의 경우라도 관측점에서 양호한 성과산출이 가능하다. 따라서 수신장애를 받지 않는 곳에서의 위치 정보 획득에 있어 높은 효율성이 있을 것으로 판단된다. 또한 기준점의 복구와 신설 그리고 향후 시행될 지적재조사사업에 있어 GPS를 효율적으로 활용함에 있어서 매우 효과적일 것이라고 기대된다.

또한 GPS측량은 시간이나 소요인력에 대한 효율성 이외에도 수평적인 시통장애는 받지 않으며 어느 곳이라도 천정의 시통만 확보되면 관측이 가능하다. 현장 관측시 장비설치가 용이하고, 고속으로 관측자료 처리가 가능하다. 비가 오거나 눈이 내리는 경우, 일몰 후에도 전혀 영향을 받지 않으며 오히려 일몰 후에는 일몰 전에 비하여 약 2배 정도의 높은 성과를 나타내기 때문에 효율적이다. 그리고 세계표준좌표계를 사용하므로 전국적으로 동일한 좌표와 성과를 얻을 수 있어 통일성을 기할 수 있어 정보화 사업에 활용이 용이하고, 단기선 또는 장기선 측량 등 실질적인 거리에 제한을 받지 않으며 현행 측량과 같은 인위적·기계적인 오차의 영향을 받지 않아 현행 측량방법에 비하여 많은 인력과 시간, 비용절감의 효과를 기대할 수 있다. 그리고 정확도 및 효율성 측면에서 표 6과 같이 토탈스테이션과 GPS에 대해 비교하여 살펴보면 다음과 같다.

첫째, ① 정확도 측면에서 토탈스테이션은 1, 2차원의 위치측정 방식이며, 표고를 측정하려면 별도의 수준측량을 하여야 한다. 이에 반하여 GPS는 3차원 위치결정이 가능하다. 그러므로 표고와 함께 보다 높은 정확도의 성과산출이 가능하다. ② 측위정확도는 토탈스테이션이 1/100,000m이고, GPS는 1/1,000,000m의 정확도를 가지고 있다. ③ 토탈스테이션의 경우는 좌표계가 통일되어 있지 않고, GPS는 하나의 좌표계 WGS84로 통일되어 있어 일관성 있는 성과를 산출할 수 있다. ④ 관측기선의 시통에 대해 토탈스테이션의 경우는 상호관측기선이 가시구역내에 위치하여야 하나 GPS의 경우는 가시구역이 필요 없고 천정의 시통만 확보되면 관측이 가능하다. ⑤ 토탈스테이션은 작업자 및 장비에 따라 여러 가지의 오차가 발생할 수 있으나, GPS는 작업자에 의한 오차가 없기 때문에 일률적인 성과산출이 가능하다. ⑥ 자료처리 부분에 있어서 토탈스테이션은 작업자에 의한 오차발생 가능성이 상존하는 반면, GPS는 초보자도 일정한 교육만 이수한다면 신속하게 처리가 가능하여 오차발생을 최소화 할 수 있다.

둘째, 효율적인 측면에서 ① 토탈스테이션의 경우 기

표 5. 토탈스테이션과 GPS의 효율성 비교

(시간 : 분, 인력 : 명)

구 분	측점수	시 간			인 력			비 고
		Total Station	GPS	차이	Total Station	GPS	차이	
합 계	32점	210	105	105	12	6	6	각 작업별 4인 1조 기준 (현행측량의 경우)
삼각측량	3점	120	60	60	4	2	2	
도근측량	8점	30	15	15	4	2	2	
일필지측량	21점	60	30	30	4	2	2	



표 6. 토털스테이션과 GPS의 정확도·효율성 비교

구 분		Total Station	G P S	비 고
정	차원 (dimension)	1, 2차원	3차원	GPS는 표고까지 고려되어 보다 높은 정확도의 성과산출
	측위정확도	1/100,000m	1/1,000,000m	
확	좌 표 계	좌표계가 통일되지 않음	좌표계 통일 (WGS84)	GPS는 좌표계의 통일로 일관성 있는 성과 제시 가능
	관측기선	상호관측 기선이 가시구역내 위치	가시구역이 필요 없고 위성을 추적할 수 있는 공간	우주를 향한 시야의 확보(고도각 10°~15°제한)
도	오 차	작업자에 따른 오차 발생 (오차소거 불가능)	작업자에 의한 오차가 없는 보다 높은 일정한 성과산출	GPS측량의 경우 천정의 시통만 확보되면 관측이 가능
	자료처리	작업자에 의해 오차발생 가능성 상존	초보자 교육수로 후 단순응용 신속한 처리	
효	측량조건	기상조건에 좌우	기상조건은 무관	GPS는 주변의 전파에 의해 영향을 미침
		관측시간 제약	24시간 관측가능	Total Station은 야간 불가능
울	관측시간	60분	30분	필지경계점 21측점 기준
성	수요인원	· 노동집약적(비효율적) · 다수인원(4인 1조)	· 최소인력으로 가능 · 1인 시스템	
	소요예산	과 다	현행방식의 20~30%	
	정보화 사업	정보화사업의 어려움	정보화 사업에 용이	
기 타		* GPS측량은 장비설치가 용이하고,고속으로 관측자료 처리가 가능하다.		

※ 참 고 : 관측시간, 소요예산은 변동적일 수 있음.

상조건에 영향과 주간에만 관측이 가능하지만, GPS의 경우는 기상조건과는 무관하게 관측이 가능하고, 주야간 24시간 관측이 가능하다. 단, GPS는 주변의 전파영향을 받는다. ② 관측시간의 소요는 GPS가 대략 1/2정도 효율적이고, 수요인력도 토털스테이션의 경우 4인이 1조로 관측이 이루어지는 반면, GPS는 최소인력으로 수신기 1대 당 1인 측량이 가능하다. ③ 토털스테이션은 정보화 사업에 활용하기가 어려울 수 있으나 GPS는 정보화 사업 즉, 토지정보시스템 구축시 용이하게 활용할 수 있다. ④ 이외에도 GPS는 장비설치가 용이하며 고속으로 관측자료 처리가 가능하다.

## 6. 결 론

지적측량을 위한 GPS의 활용방안에 관한 연구로서 실증분석에서 얻어진 정확도에 대해 분석하기 위하여 기존의 토털스테이션과 GPS 측량에 의하여 산출한 좌표값에 대하여 비교·분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 일필지측량의 중·횡선오차, 점간거리오차, 면적오차를 분석한 결과 중·횡선오차에 대한 연결오차의

RMSE는 ±0.04m, 점간거리의 RMSE는 ±0.08m, 필지별 면적의 RMSE가 ±0.3m<sup>2</sup>로 나타나 성과가 양호한 것으로 나타났다. GPS에 의한 기준점 및 일필지측량에 있어서 중·횡선오차, 점간거리오차, 면적오차의 경우 대상지역의 모든 산출값이 오차허용범위 이내의 성과에 포함되어 GPS 측량성과의 높은 정확도를 확인할 수 있었다.

둘째, 효율성 분석결과에 의하면 GPS측량은 토털스테이션 측량에 비해 다음과 같은 효과가 나타났다. 즉, 일필지별 시간적 측면에서 30분, 인력적 측면에서 전체적으로 약 절반의 절감효과가 있는 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과를 기초하여 GPS에 의한 100필지를 측량하였을 경우 시간적 측면에서 150분, 인력적 측면에서 약 10명 정도의 비용절감 효과를 추정할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시된 GPS측량을 지적재조사 및 지적측량에 적용하는 경우 많은 비용절감효과를 기대할 수 있다.

## 참고문헌

1. 강태석, "지적측량학", 형설출판사, 2000.
2. 김정호, "GPS를 이용한 기준점 좌표변환에 관한 연구", 경기대학교 대학원 박사학위논문, 1998.

3. 김홍진, "지적측량을 위한 GPS 측위 특성해석", *충남대학교 대학원 박사학위논문*, 1996.
4. 내무부·국방부·대한지적공사, "국가 GPS 기준망 구축교육 교재", 1995.
5. 대한지적공사 지적기술연구원, "GPS 전국 동시관측 및 RTK 측량실험사업" -'98 GPS측량 실험사업 보고서-, 1998.
6. 대한지적공사 지적기술연구소, "GPS장비 사용설명서", 1997.
7. 류병찬, "지적공부정리실무", 남광출판사, 1996.
8. 박성규외 3인, "측량 및 지형공간정보 특론", 예문사, 2001.
9. 지적기술연구소, "지적재조사사업을 위한 GPS의 활용에 관한 기초연구", 1996.
10. 행정자치부·대한지적공사, "지적재조사 기반기술 확보를 위한 GPS 측량기법의 실용화 연구", 2000.
11. French, G. T, "*Understanding The GPS: An Introduction to the Global Positioning System*", GeoResearch, 1996.