

연구논문

토탈스테이션과 RTK-GPS 측량을 이용한 수치지적측량의 작업효율성 비교

Comparing Efficiency of Numerical Cadastral Surveying Using Total Station and RTK-GPS

홍성언*

Hong, Sung Eon

요 旨

현재 수치지적 시행 지역에서의 지적측량은 전자측판 측량을 이용하는데, 이는 측량부분에 토탈스테이션과 이로 취득된 좌표정보를 기록·편집을 위한 컴퓨터 시스템으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 토탈스테이션을 대체하여 RTK-GPS 측량으로 경계점의 좌표를 취득하고 자료처리와 결선처리 등은 기존의 컴퓨터 시스템을 이용함으로써 수치지적측량의 효율성을 제시하고자 하였다. 연구결과, RTK-GPS 측량 성과를 기존 전자측판(토탈스테이션) 성과와 비교한 결과 거의 차이가 없었고, 소요시간과 소요인력을 분석한 결과 현행 토탈스테이션을 이용한 전자측판 측량보다 많이 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 이외에도 전자측판 시스템을 이용하여 현장에서 자료처리 및 결선작업 등이 이루어질 수 있도록 함으로써 수치지적시행 지역에서 효율적인 측량방법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지적측량, 전자측판 측량, 토탈스테이션, RTK-GPS, 수치지적측량

Abstract

In the numerical cadastral surveying field, the cadastral surveying would be measured with the Total Station surveying (electronic plane table surveying) system that consist the Total Station for surveying and the computing system for recording and editing the measured coordinates data by the TS. This study would suggest the advanced method, which is used on the RTK-GPS instead of TS for surveying and the computing system for handling the coordinates data and mapping. As a result of this study, although the measurement accuracy of the RTK-GPS and TS surveying make no great difference, the suggested method reduces the cost of time and work force with the TS surveying. Besides, the new survey method would be more efficient due to directly handling the data and mapping in the field.

Keywords : Cadastral surveying, Electronic plane table surveying, Total station, RTK-GPS, Numerical cadastral surveying

1. 서 론

지적측량은 크게 도해지적측량과 수치지적측량으로 구분할 수 있는데 도해지적측량에서는 과거 종이도면을 이용한 측판측량이 주되게 이루어졌다. 수치지적측량에서는 토탈스테이션(Total Station)을 측량을 주로 이용하였다.

우리나라에서는 지적의 선진화를 위해 기존 종이도면을 기반으로 운영되고 있는 지적제도를 전산화하였다. 이러한 전산화는 대장전산화 사업을 출발점으로 하여, 도면전산화 사업까지 완료하고, 이를 운용하기 위한 업무시스템으로서 PBLIS(Parcel Based Land Information

System, 필지중심토지정보시스템)를 개발 구축하였다. 최근에는 토지관련 정보의 공동 활용과 데이터 중복 구축에 소요되는 비용을 최소화하기 위해 PBLIS와 건설교통부의 LMIS(Land Management Information System, 토지관리정보체계)를 통합한 KLIS(Korea Land Information System, 한국토지정보시스템)를 구축 운영하고 있다(홍성언 등, 2007).

이러한 지적의 선진화는 과거 종이도면 체제하에서 측판측량을 실시하였던 측량방법에 있어서도 많은 변화를 가져왔다. 지적도면 전산파일을 이용하여 측량할 수 있는 전자측판 측량 방법이 도입되어 최근에는 도해와 수치지적측량을 막론하고 전자측판 측량을 이용하고 있다.

2007년 8월 9일 접수, 2007년 9월 14일 채택

* 정희원·청주대학교 복지토지정보학부 지적학과 전임강사 (hongsu2005@cju.ac.kr)

전자측판측량 방법은 종이도면이 아닌 전산파일 기반으로 측량할 수 있도록 컴퓨터 시스템(전자측판 시스템)과 토탈스테이션을 통합한 측량시스템이다.

전자측판 측량은 종이도면을 기반으로 이루어짐으로서 발생되었던 오차(신축 및 제도오차 등)를 해결하여 측량의 정확도를 한층 높이고 있다. 또한 효율성면에서도 컴퓨터 시스템을 이용한 관측 및 성과 처리로 인하여 인원 소요 및 관측 시간을 줄여주고 있다.

전자측판 관련연구 역시 과거에는 주로 지적도 전산파일 자료에 대한 정확도 분석을 통하여 이를 직접 지적측량에 이용할 수 있는 방법의 연구에서 최근에는 전산파일을 전자측판 측량 시스템 상에서 효율적으로 이용하여 활용할 수 있는 방법들의 연구가 이루어지고 있다(주정준, 2004; 박종화, 2004; 이재혁, 2005).

이러한 전자측판 측량의 발전과 더불어 GPS 측량도 많이 발전하고 있다. GPS 측량은 지적삼각측량 분야에서 일반적으로 활용되고 있다. 최근에는 도근측량이나 세부측량까지 적용범위를 넓히기 위한 연구들이 이루어지고 있다. 지적세부측량의 경우 RTK-GPS 측량 방법을 이용한 측량 기법들이 제시되고 있는데 아직까지 도심지 혹은 건물밀집지역에서는 전파수신 장애로 인하여 적용에 한계성이 있는 것으로 나타나고 있다. 그러나 경지정리지구, 택지개발지구 등과 같이 전파수신에 장애가 없는 지역 즉, 수치지적시행지역에서는 토탈스테이션 측량보다 더 효율적으로 위치정보의 취득이 가능한 것으로 제시되고 있다(최한영, 1999). 최근에는 도심지역에서의 전파장애를 극복하고자 토탈스테이션과 같은 지상측량 방법이나 항공사진측량 방법 등과 연계·이용하여 지적측량의 효율성을 높이고자하는 연구도 이루어지고 있다(서철수, 2000; 김재학 등, 2004).

이렇게 현재 지적측량 방법은 과거에 비하여 비약적으로 발전하고 있다. 그러나 전자측판 측량 방법과 병행하여 현재 지적기준점 측량에서만 이용되고 있는 GPS 측량 방법을 세부측량에서도 이용할 수 있도록 한다면 보다 더 효율성을 가져올 수 있을 것이다. 즉, 택지개발지구나 경지정리지구와 같은 개발지에서 현행 전자측판 시스템과 RTK-GPS 측량을 병행하여 이용할 경우 현재 보다 더 시간이나 인원소요 측면에서 효율성을 확보할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기존 전자측판 측량 이용시 GPS 전파의 수신장애가 발생하지 않는 수치지역에서 토탈스테이션 측량의 과정을 RTK-GPS 측량으로 대체 이용함으로써 측량 작업의 효율성을 제시하고자 하였다. 또한 취득 자료에 대한 자료처리, 결선, 속성입력 작업 등을 현장에서 처리할 수 있도록 함으로써 내업에 소요되는 시간을 줄

이고자 하였다.

2. 전자측판 및 RTK-GPS 측량

2.1 전자측판 측량

전자측판 측량 방법은 측판측량 방법과 토탈스테이션 측량방법을 일체화하여 기존의 측판을 컴퓨터로 대체하여 개발된 것이다. 도면전산화가 완료됨에 따라 종이도면은 폐쇄되었고, 전산화 되어 있는 파일을 지적측량에 활용하고자 컴퓨터 시스템 상에서 전산파일을 이용하여 현장 측량 한 후 현장에서 측량성고를 결정하는 방법이다.

전자측판 측량은 기존 종이도면을 기반으로 하였던 도해지적측량의 낙후된 지적측량방법을 개선하고, 과학적이고 표준화된 신기술 도입 및 측량 자료의 영구적이 되고 체계적인 이용·관리·보존을 위해 개발되었다. 그리고 이를 토대로 재조사 사업기반 구축과 각종 지식정보화산업의 기반구축, 궁극적으로 양질의 대국민 서비스 향상을 위해 개발되었다. 전자측판 측량 방법은 최초 1999년 12월에 개발계획수립 후 개발에 들어가 2000년 현장 시험 측량을 거쳐 수정 보완 후 2001년부터 실무에 보급되기 시작하였다. 현재는 전국적으로 전자측판 측량을 이용하여 도해 및 수치지적측량을 시행하고 있다(김태훈, 2000).

전자측판 측량은 KLIS 측량파일(CIF) 또는 지적도면 전산파일(DXF)을 활용하여 기존에 수작업으로 하였던 등사, 자사, 준비도 작성, 성과도 작성 등의 공정을 자동화함으로써 측량 작업의 많은 효율성을 가져다주고 있다. 전자측판 측량 시스템의 주요 기능은 현장에서 바로 컴퓨터를 통하여 성과를 결정할 수 있고, 경계복원, 분할면적 조정 등과 같은 업무를 현장에서 실시간으로 처리할 수 있다. 또한 토탈스테이션, GPS, 구적기의 측정 자료를 입력 받아 측량성고를 결정할 수도 있다. 토탈스테이션을 이용한 측량기능으로는 사거리와 고도각, 수평각 관측에 의한 수평거리 및 평면직교좌표 산출기능이 있으며, 측정기능은 정밀측정모드와 간이측정모드로 구분 측정이 가능하다(이재혁, 2005).

전자측판 측량시스템은 토탈스테이션, 펜 컴퓨터, 소프트웨어(c-mapper) 등으로 구성되어 있다. 그림 1은 전자측판 측량시스템의 구성을 나타낸 것이다.

이러한 전자측판 측량 방법을 이용함으로써 기존 수작업에 이루어지던 것을 컴퓨터에 의해서 자동제도를 하고 있고, 자료관리 역시 기존 종이도면에서 디지털화된 파일로 관리하고 있다. 그리고 기존 측판측량에 비하여 상대적으로 정밀도가 높고, 작업시간이 짧게 소요되는 등의 많은 장점을 가지고 있어 지적측량 작업에 많은 효율

Total Station + Pen Computer + S/W



그림 1. 전자측판 측량시스템 구성도(김태훈, 2000)

성을 가져다주고 있다. 그러나 사용 장비가 고가라는 점과, 사용을 위한 전문적인 지식이 요구된다는 단점도 가지고 있다.

2.2 RTK-GPS 측량

RTK-GPS 측량은 기지국을 중심으로 변조장치(Modem)를 이용하여 이동국에 오차량을 전송함으로써 이동국의 위치정확도를 향상시키는 것이 실시간 동적 GPS 측의 방식이다. 실시간 동적 측위는 오차량을 전송하는 신호 종류에 따라 코드만을 사용하는 RTCM(Radio Technical Commission for Marinetime Service), NMEA(National Marine Electronics Association)과 반송파 방식의 CPD(Carrier Phase Differential)로 나눌 수 있다. 실시간 동적 측위의 구성은 기지국과 이동국으로 구성되어 있으며, 기지국은 위성신호를 수신하는 위성 안테나와 기지 좌표 성과와의 차이를 발견하고 그 차이값을 변조하는 변조장치, 이를 통하여 이동국으로 전송하기 위해 신호를 증폭시키기 위한 증폭기로 구성되어 있다. 이동국은 기지국에서 발송되는 전파를 수신할 수 있는 안테나와 위성신호를 수신할 수 있는 안테나, 그리고 관측점에 대한 자료 입력을 위한 자료제어기로 구성되어있다(Hubiao Lan, 1996; 노태호 등, 2002; 홍성언, 2006).

RTK-GPS 측량은 지도제작 분야나 RTK-GPS와 토탈스테이션을 이용한 도로선형분석 및 GIS 구축 등 그 활용범위가 증대하고 있다. 나아가 모바일 매핑(mobile mapping), 긴급통신(emergency communication), 원격통신(telecommunication), 재해방지(the prevention of disaster) 등으로 활용범위가 확대되고 있다(이인수, 2005)

3. 실험 및 분석

3.1 측량 방법

현재 전자측판 측량에 의한 수치지역의 세부측량은 대상지역에서 펜 컴퓨터와 토탈스테이션을 연계하여 측량이 이루어지고 있다. 그리고 관측된 데이터를 가지고 내

업으로 결선 처리 및 속성입력 작업 등을 통하여 수치지적도를 작성하고 있다.

RTK-GPS 측량의 경우 경지정리지구나 택지개발지구와 같이 개활지에서는 전파의 수신장애가 없기 때문에 토탈스테이션 측량 방법 보다는 더 효율적인 측량 방법이다. 그래서 토탈스테이션 측량 방법을 RTK-GPS 측량으로 대체 이용할 경우 즉, 전자측판 시스템과 RTK-GPS 측량을 병용하여 측량할 경우 기존 전자측판에 의한 측량보다 측량 시간을 줄일 수 있다. 그리고 인원소요 측면에서도 전자측판은 일반적으로 3명이 소요되지만 RTK-GPS 측량은 2인으로 측량이 가능하기 때문에 효율성을 확보할 수 있을 것이다. 또한 추가적으로 RTK-GPS 측량으로 취득된 데이터를 현장에서 전자측판 시스템을 이용하여 수치지적도를 작성할 수 있기 때문에 내업에 소요되는 시간도 줄일 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 기존 전자측판 측량 이용시 GPS 전파의 수신장애가 발생하지 않는 수치지역에서 토탈스테이션 측량의 과정을 RTK-GPS 측량으로 대체 이용함으로써 측량 작업의 효율성을 확보하고자 하였다. 또한 측량 작업에 있어서의 효율성뿐만 아니라 데이터 처리, 결선작업, 현장에서 입력 가능한 속성입력 등을 현장에서 전자측판 시스템으로 작업함으로써 내업 과정을 최대한 줄이고자 하였다. 그림 2는 본 연구에서 제안하는 RTK-GPS 측량과 전자측판 시스템을 이용한 수치지적측량의 작업 흐름도를 나타낸 것이다.

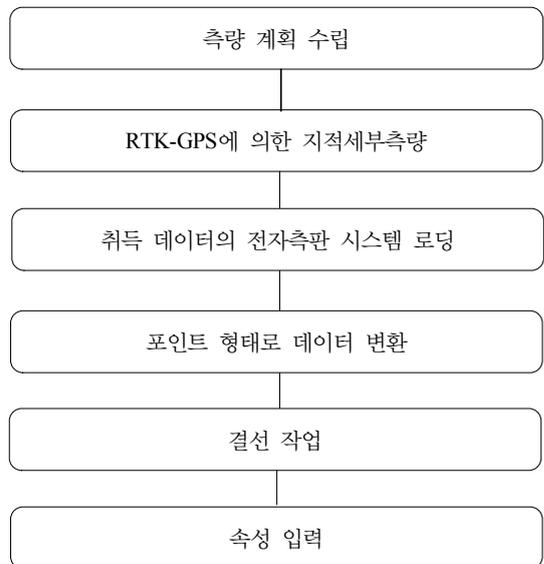


그림 2. RTK-GPS와 전자측판 시스템을 이용한 수치지적측량 흐름도

기존 전자측판 측량과 RTK-GPS 및 전자측판 시스템을 이용한 측량의 효율성 비교에 있어서 측량시스템 간의 혼동을 방지하고자 연구에서는 다음과 같이 측량 시스템의 구성을 정의하고자 한다. 상기에서도 기술하였듯이 전자측판 측량은 토탈스테이션, 펜 컴퓨터, 소프트웨어(c-mapper)로 구성된 측량시스템을 말한다. 즉, 토탈스테이션 측량으로 취득된 데이터를 이용하여 무선으로 연결된 펜 컴퓨터의 프로그램 상에서 데이터를 저장하고 관리하는 것이다. 이에 비하여, 본 연구에서 제시하는 RTK-GPS와 전자측판 시스템을 이용한 측량 시스템의 구성은 RTK-GPS, 펜 컴퓨터, 소프트웨어(c-mapper)로 구성된다. 여기서 차이는 측량 장비의 차이 즉, 토탈스테이션과 RTK-GPS 장비의 차이 밖에는 나지 않는다. 그러나 연구에서는 측량 장비 대체에 따른 효율성 확보 이외에도 기존 이루어지지 않고 있는 자료처리, 결선, 속성정보 입력 등을 추가적으로 현장에서 실시간으로 작업할 수 있는 방법까지 추가하여 효율성을 확보하고자 하였기 때문에 RTK-GPS와 전자측판 시스템을 이용한 측량이라는 용어를 사용하고자 한다.

3.2 실험지역 선정 및 관측

3.2.1 실험지역 선정

연구에서는 수치지적시행 지역에 대하여 기존 전자측판 측량에서 토탈스테이션 측량 과정을 RTK-GPS 측량으로 대체한 후 얻어진 성과를 가지고 현장에서 전자측판 시스템을 이용하여 자료처리 및 결선처리 등을 통하여 수치지적측량의 효율성을 제시하고자 하였다.



그림 3. 연구대상지역 수치지적도

먼저, 실험관측을 위해 연구지역으로 충청북도 청주시 흥덕구 성화 택지개발지구 일부 지역을 선정하였다. 대상지역의 경우 최근에 택지개발사업이 이루어지고 있는 수치지적시행 지역으로 전자측판 측량(TS)에 의해 이미 세부측량이 이루어진 곳이다. 그렇기 때문에 기존 전자측판 측량 성과가 존재하고, 관측에 소요되었던 소요 인원 및 시간 등의 파악이 가능하며, 필지 경계표지의 보존 상태가 양호하기 때문에 RTK-GPS 측량 성과와 정확한 비교가 이루어질 수 있을 것으로 판단하여 선정하였다. 그리고 주변 장애물이 없기 때문에 정확한 RTK-GPS 측량도 가능할 것으로 판단하여 선정하였다. 그림 3은 연구 대상지역의 수치지적도를 나타낸 것이다.

3.2.2 관측

대상지역의 일필지 경계점에 대한 RTK-GPS 관측을 위해 우선적으로 대상 지역 주변에서 기지국을 선정하였다. 기지국은 주변의 도근점 중에서 한점을 선정하였다. 지역 파라미터 생성을 위한 초기화는 주변 도근점을 이용하여 생성하였다. 기지국 제원은 X=346611.37, Y=240926.89 이었다. 그림 4는 대상지역의 도근망도 및 기지국 도근점을 나타낸 것이다.

관측 장비는 TOPCON사의 TOPCON HIPER-GGD GPS 장비를 이용하였다. 이 장비는 GPS와 GLONASS(Global Navigation Satellite System) 위성을 동시에 수신할 수 있는 장비로 보다 많은 수의 위성들을 이용하여 관측의 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.

관측시 위성의 수는 평균 6~8개로 양호하였고, PDOP 역시 2.2~3정도로 양호하였다. 관측은 오후 1시에서 3시 사이에 시행되었으며, 이동국은 2대로 관측하였다. 각 필지경계점 당 수신시간은 최소 1초에서 최대 3초 사이로 하였다. 대상지역 필지경계점 관측점수는 총 115점이었다. 대상지역의 경우 가구계 중간의 필지 경계표지의 보존 상태가 양호하지 못하여 가구계 주변 필지경계점을 위주로 관측하였다. 그림 5는 기지국과 이동국의 관측모습을 나타낸 것이다.

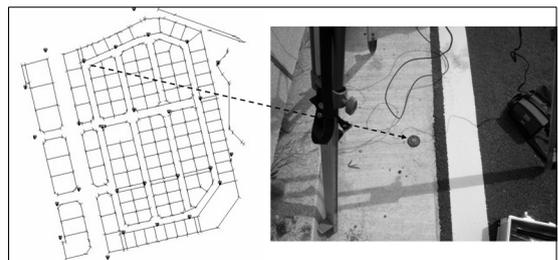


그림 4. 대상지역의 도근망도 및 기지국 도근점



그림 5. 대상지역의 기지국과 이동국 관측

3.3 결과분석 및 자료처리

취득된 RTK-GPS 측량성과에 대하여 전자측판 시스템에 의한 자료처리 및 결선처리에 앞서 성과에 대한 정확도 분석을 위해 기존 전자측판 측량으로 취득된 성과와 비교분석 하였다. 정확도의 분석은 대상지역 총 115점에 대하여 토탈스테이션 관측에 의한 전자측판 측량성과와 RTK-GPS 측량 성과에 대한 RMSE를 산출하여 분석하였다. RMSE는 X좌표, Y좌표 그리고 연결오차의 RMSE를 산출하여 분석하였다.

대상지역 총 115점에 대하여 RMSE(1)를 산출한 결과 표 1과 같이 X좌표가 0.146m, Y좌표가 0.035m로 산출되어 Y좌표는 양호하나 X좌표의 오차가 큰 것으로 나타났다. 연결오차의 RMSE는 0.150m로 산출되었다. 현행 지적법 시행규칙(제54조)에서는 수치지적측량시행 지역의 세부측량에 관하여 성과인정 범위를 허용오차 10cm 이내로 규정하고 있다. 결과적으로 연구에서의 RTK-GPS 측량 성과는 지적법에서 규정하고 있는 허용오차를 벗어 나고 있는 것으로 나타났다.

연구에서는 실험지역을 선정함에 있어 성과의 정확한 비교를 위해 현장 경계표지의 보존 상태가 양호하다고 판단된 최근 택지개발이 이루어지고 있는 지구를 선정하였다. 그러나 RTK-GPS 관측에 있어 현장 경계표지의 보존 상태가 양호하지 못한 곳이 부분적으로 있었다. 즉, 그림 6과 같이 경계표지가 훼손되어 경계점이 선으로 명확하지 않게 표시된 필지경계점이 있었다. 따라서 관측에 있어 이러한 지점에서 과대오차가 발생한 것으로 분석된다. 그래서 연구에서는 이렇게 과대오차가 발생한 경계점의 성과를 제외하고 분석하여 보았다. 과대오차가 발생된 측점은 50, 71, 102로 총 3개 측점이었다. 3개 측점을 제외하고 RMSE(2)를 산출한 결과 X좌표가 0.024m, Y좌표가 0.016m로 산출되어 기존 전자측판 측량으로 관측된 성과와 거의 차이가 없었다. 그리고 연결오차의 RMSE는 0.029m로 산출되어 현행 지적법에서 규정하고 있는 허용오차 범위 이내의 성과를 보였다.

따라서 현장 경계표지의 보존 상태가 양호하여 정확하

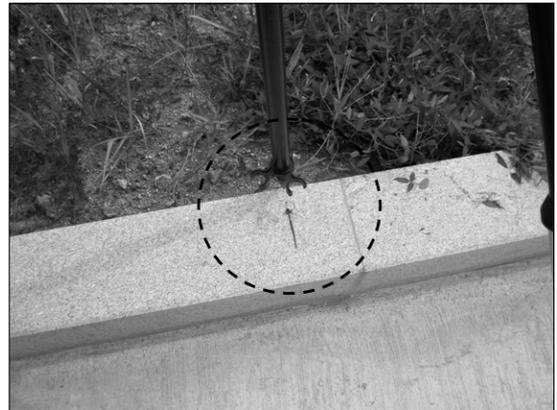


그림 6. 경계표지의 보존 상태가 부실하여 과대오차가 발생한 측점

게 관측만 되었다면 RTK-GPS 측량의 성과는 기존 성과와 비교하여도 거의 차이가 없는 것으로 분석된다.

본 연구에서는 이렇게 취득된 RTK-GPS 측량 성과를 전자측판 시스템을 이용하여 현장에서 자료처리 및 결선처리를 통하여 지적측량의 효율화를 기하고자 하였다. 즉, 현장에서 실시간으로 자료처리와 결선작업 및 측량 오류 확인을 통하여 내업의 과정을 줄이고 측량의 정확도를 높이하고자 하는 것이다.

그림 8의 좌측은 RTK-GPS 측량으로 얻어진 일필지 경계점 좌표를 전자측판 시스템 상에서 포인트 데이터로 생성한 후 중복관측 점의 삭제 등 자료처리 과정을 거쳐 그림 7의 우측과 같이 결선작업을 하였다. 속성정보의 입력은 현재 KLIS 시스템 상에서 이루어지기 때문에 현장에서 속성정보를 입력하기에는 어려움이 있다. 물론 전자측판 시스템 상에서 면적정보와 같이 입력 가능한 속성정보도 있지만 도면번호, 축척 등과 같이 세부속성정보의 입력은 한계성이 있다. 따라서 세부속성정보의 입력 작업은 내업작업으로 KLIS를 이용하여 입력하는 방법을 취하여야 할 것으로 판단된다.

표 1. 전자측판과 RTK-GPS 측량의 관측 성과

(단위 : m)

구분	전자측판 측량		RTK-GPS 측량		ΔX	ΔY
	X좌표	Y좌표	X좌표	Y좌표		
1	346488.469	241033.992	346488.459	241033.991	0.010	0.001
2	346474.007	241037.333	346474.016	241037.332	-0.009	0.001
3	346470.103	241038.233	346470.082	241038.227	0.021	0.006
4	346465.101	240998.335	346465.088	240998.306	0.013	0.029
5	346461.18	240999.232	346461.137	240999.215	0.043	0.017
6	346448.039	241002.262	346448.043	241002.268	-0.004	-0.006
7	346434.882	241005.299	346434.871	241005.282	0.011	0.017
8	346424.455	241007.695	346424.457	241007.691	-0.002	0.004
9	346420.186	241004.738	346420.181	241004.739	0.005	-0.001
10	346417.399	240992.564	346417.495	240992.579	-0.096	-0.015
11	346414.503	240980.089	346414.505	240980.109	-0.002	-0.02
12	346417.157	240975.886	346417.138	240975.915	0.019	-0.029
13	346427.533	240973.486	346427.671	240973.509	-0.138	-0.023
14	346440.688	240970.450	346440.673	240970.472	0.015	-0.022
15	346453.828	240967.413	346453.808	240967.418	0.02	-0.005
16	346457.738	240966.507	346457.721	240966.528	0.017	-0.021
17	346474.814	240962.562	346474.804	240962.585	0.01	-0.023
18	346491.893	240958.640	346491.898	240958.661	-0.005	-0.021
19	346433.436	241046.665	346433.410	241046.663	0.026	0.002
20	346429.269	241044.031	346429.254	241044.059	0.015	-0.028
21	346426.435	241031.869	346426.425	241031.866	0.010	0.003
22	346423.697	241019.985	346423.697	241019.961	0.000	0.024
23	346426.333	241015.492	346426.333	241015.492	0.000	0.000
24	346436.666	241013.099	346436.669	241013.087	-0.003	0.012
25	346449.828	241010.056	346449.826	241010.041	0.002	0.015
26	346463.009	241007.011	346462.997	241007.007	0.012	0.004
27	346466.928	241006.119	346466.893	241006.105	0.035	0.014
28	346481.266	241002.812	346481.258	241002.796	0.008	0.016
29	346497.457	241072.935	346497.46	241072.928	-0.003	0.007
30	346483.057	241076.289	346483.045	241076.272	0.012	0.017
31	346479.468	241060.677	346479.449	241060.671	0.019	0.006
32	346475.551	241061.552	346475.544	241061.547	0.007	0.005
33	346479.163	241077.191	346479.153	241077.168	0.010	0.023
34	346467.502	241079.874	346467.478	241079.874	0.024	0.000
35	346463.610	241079.09	346463.606	241079.130	0.004	-0.04
36	346454.848	241072.945	346454.831	241072.943	0.017	0.002
37	346436.286	241059.883	346436.261	241059.871	0.025	0.012
38	346437.376	241053.974	346437.363	241053.957	0.013	0.017
39	346456.779	241049.503	346456.772	241049.494	0.007	0.009
40	346471.948	241046.01	346471.935	241046.001	0.013	0.009
41	346475.86	241045.115	346475.823	241045.095	0.037	0.02
42	346490.243	241041.798	346490.260	241041.782	-0.017	0.016
43	346495.677	240999.471	346495.700	240999.467	-0.023	0.004
44	346599.594	240933.780	346599.546	240933.806	0.048	-0.026
45	346603.969	240936.041	346603.932	240936.022	0.037	0.019
46	346609.426	240948.282	346609.403	240948.281	0.023	0.001
47	346614.585	240959.873	346614.571	240959.871	0.014	0.002
48	346612.413	240964.384	346612.400	240964.366	0.013	0.018
49	346595.782	240968.211	346595.791	240968.209	-0.009	0.002
50	346580.207	240971.805	346580.553	240971.726	-0.346	0.079
51	346551.392	240978.454	346551.398	240978.450	-0.006	0.004
52	346547.134	240975.743	346547.136	240975.731	-0.002	0.012
53	346544.285	240963.305	346544.278	240963.313	0.007	-0.008
54	346541.407	240950.885	346541.410	240950.893	-0.003	-0.008
55	346543.955	240946.637	346543.940	240946.651	0.015	-0.014
56	346557.275	240943.561	346557.251	240943.564	0.024	-0.003
57	346572.859	240939.962	346572.841	240939.979	0.018	-0.017
58	346588.446	240936.363	346588.434	240936.376	0.012	-0.013
59	346527.409	240950.462	346527.417	240950.455	-0.008	0.007
60	346531.660	240953.079	346531.671	240953.063	-0.011	0.016

표 1. 전자측판과 RTK-GPS 측량의 관측 성과(계속)

(단위 : m)

구분	전자측판 측량		RTK-GPS 측량		ΔX	ΔY
	X좌표	Y좌표	X좌표	Y좌표		
61	346537.398	240978.027	346537.395	240978.023	0.003	0.004
62	346534.729	240982.301	346534.762	240982.272	-0.033	0.029
63	346516.284	240986.546	346516.284	240986.528	0.000	0.018
64	346581.372	241053.637	346581.358	241053.626	0.014	0.011
65	346569.321	241056.413	346569.291	241056.405	0.030	0.008
66	346565.076	241053.72	346565.062	241053.708	0.014	0.012
67	346562.285	241041.574	346562.269	241041.553	0.016	0.021
68	346559.506	241029.483	346559.487	241029.463	0.019	0.020
69	346562.156	241025.237	346562.140	241025.229	0.016	0.008
70	346574.169	241022.455	346574.161	241022.430	0.008	0.025
71	346588.587	241019.136	346587.449	241019.369	1.138	-0.233
72	346603.014	241015.776	346603.014	241015.771	0.000	0.005
73	346617.428	241012.457	346617.424	241012.461	0.004	-0.004
74	346545.534	241029.069	346545.517	241029.054	0.017	0.015
75	346549.758	241031.676	346549.763	241031.666	-0.005	0.010
76	346552.541	241043.854	346552.553	241043.835	-0.012	0.019
77	346555.319	241055.922	346555.326	241055.910	-0.007	0.012
78	346552.698	241060.245	346552.706	241060.227	-0.008	0.018
79	346540.732	241062.990	346540.736	241062.982	-0.004	0.008
80	346526.333	241066.313	346526.332	241066.315	0.001	-0.002
81	346511.888	241069.629	346511.933	241069.606	-0.045	0.023
82	346504.715	241038.478	346504.735	241038.463	-0.02	0.015
83	346519.125	241035.168	346519.126	241035.142	-0.001	0.026
84	346533.531	241031.849	346533.532	241031.832	-0.001	0.017
85	346508.967	240954.715	346509.009	240954.771	-0.042	-0.056
86	346616.363	240971.677	346616.38	240971.702	-0.017	-0.025
87	346620.836	240973.929	346620.834	240973.943	0.002	-0.014
88	346626.110	240985.796	346626.104	240985.810	0.006	-0.014
89	346629.644	240993.725	346629.648	240993.733	-0.004	-0.008
90	346630.524	240997.583	346630.518	240997.600	0.006	-0.017
91	346627.897	241001.776	346627.888	241001.791	0.009	-0.015
92	346613.741	241005.074	346613.730	241005.089	0.011	-0.015
93	346599.820	241008.343	346599.798	241008.324	0.022	0.019
94	346585.876	241011.579	346585.876	241011.553	0.000	0.026
95	346571.965	241014.780	346571.960	241014.783	0.005	-0.003
96	346560.358	241017.445	346560.334	241017.426	0.024	0.019
97	346556.106	241014.692	346556.088	241014.678	0.018	0.014
98	346553.324	241002.582	346553.311	241002.585	0.013	-0.003
99	346550.537	240990.472	346550.517	240990.468	0.020	0.004
100	346553.158	240986.267	346553.084	240986.286	0.074	-0.019
101	346564.77	240983.578	346564.765	240983.573	0.005	0.005
102	346578.702	240980.360	346577.720	240980.583	0.982	-0.223
103	346592.614	240977.152	346592.603	240977.142	0.011	0.010
104	346606.560	240973.944	346606.551	240973.930	0.009	0.014
105	346536.528	240990.080	346536.496	240990.075	0.032	0.005
106	346540.775	240992.698	346540.787	240992.677	-0.012	0.021
107	346543.576	241004.828	346543.582	241004.819	-0.006	0.009
108	346546.381	241016.998	346546.368	241017.001	0.013	-0.003
109	346543.686	241021.262	346543.664	241021.259	0.022	0.003
110	346531.735	241024.009	346531.729	241023.997	0.006	0.012
111	346517.312	241027.339	346517.307	241027.340	0.005	-0.001
112	346502.889	241030.661	346502.892	241030.661	-0.003	0.000
113	346510.116	240996.155	346510.121	240996.139	-0.005	0.016
114	346524.564	240992.837	346524.561	240992.820	0.003	0.017
115	346629.699	241009.643	346629.692	241009.641	0.007	0.002
RMSE(1)					0.146	0.035
RMSE(2)					0.024	0.016

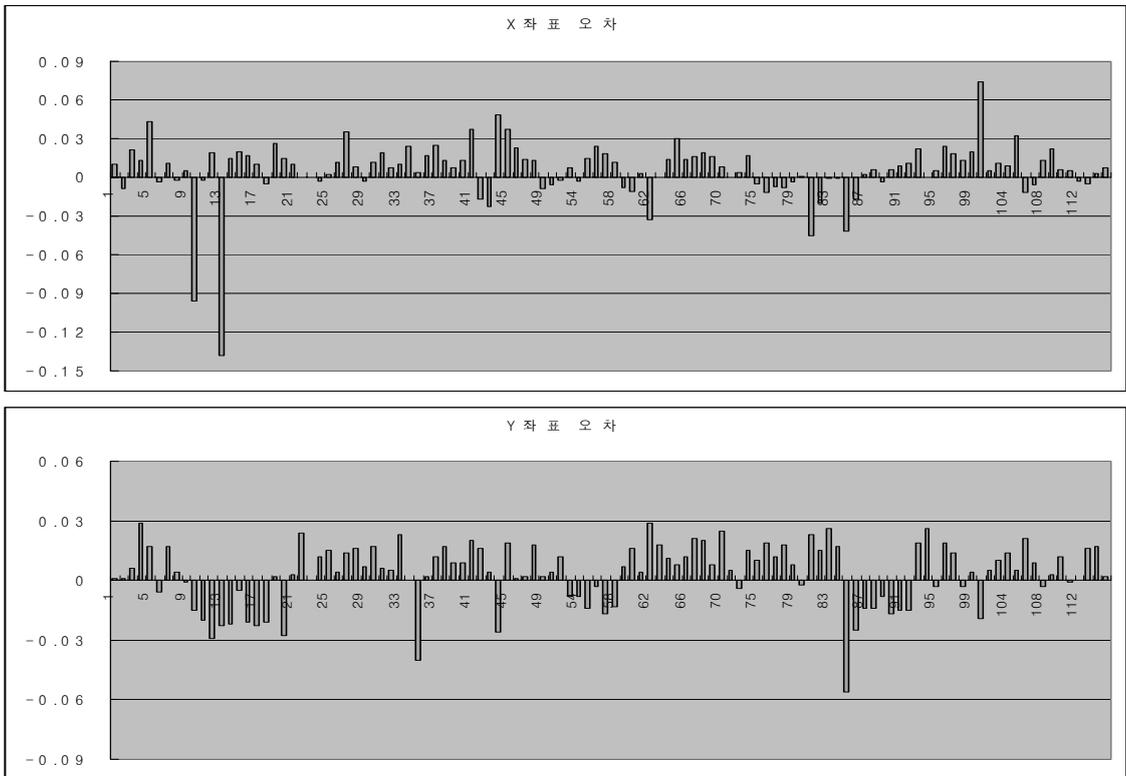


그림 7. 전자측판과 RTK-GPS 측량 성과의 오차 비교

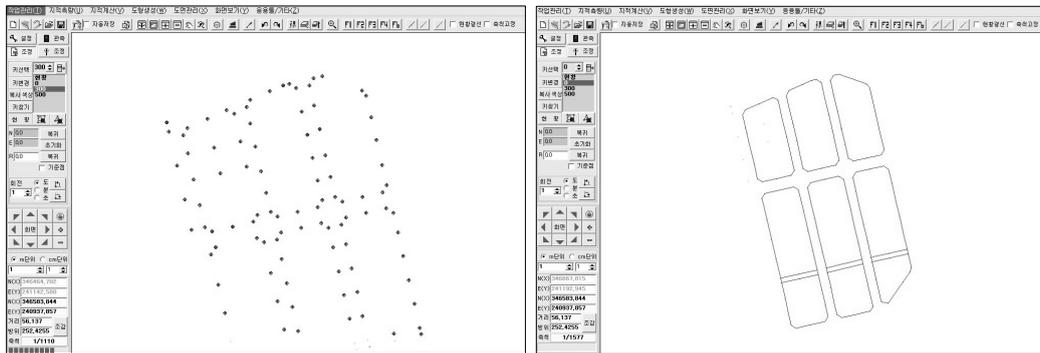


그림 8. 전자측판 시스템 상에서 포인트 생성(좌) 및 결선처리(우)

3.4 평가

연구에서는 전자측판 시스템과 RTK-GPS 측량을 병용 이용함으로써 수치지역에서 지적세부측량의 효율성을 향상시키고자 하였다. 그래서 대상지역을 선정하여 RTK-GPS 측량으로 경계점 정보를 취득하고, 전자측판 시스템을 이용하여 자료처리와 수치지도를 작성하여 보았다. 이렇게 RTK-GPS 측량과 전자측판 시스템을 병용·이용하는

것에 대한 효율성을 알아보고자 작업과정별 작업 소요시간 및 관측 소요인원 등을 분석하여 보았다.

분석은 실제 현장에서 필지경계점 115점 관측시 소요되는 관측 인원 및 시간을 비교하였다. 먼저 표 2와 같이 측량준비도 작성이나 자료조사 등의 내업작업에서는 전자측판 측량이나 RTK-GPS와 전자측판 시스템 이용시 소요되는 작업시간은 대략 1시간으로 동일하였다.

표 2. 작업의 효율성 비교

구 분		작업 소요 시간		관측 소요 인원	
		전자측판 측량 (TS)	RTK-GPS와 전자측판 시스템	전자측판 측량 (TS)	RTK-GPS와 전자측판 시스템
내업	측량준비도 작성 및 자료조사	1시간	1시간	-	-
외업	관측준비	20분 (장비설치 등)	50분 (기지국 선점 및 초기화 등)	-	-
	관 측	2시간	1시간	3명	2명
계		3시간 20분	2시간 50분	3명	2명

* 실제 현장에서 필지경계점 115점 관측시 소요되었던 시간을 기준으로 비교한 것임.

* 관측 소요 인원 비교는 기존 전자측판 측량 작업시 소요되었던 3명(1개팀)을 기준으로 비교한 것임.

외업작업의 경우 전자측판은 장비설치 시간 20분 정도 외에 별도의 시간소요가 없다. 그러나 RTK-GPS와 전자측판 시스템은 RTK-GPS 측량을 위한 기지국 선점 및 초기화 또는 변환파라미터 생성에 50분정도가 소요되는 것으로 나타났다. 실제 관측 시간은 전자측판이 2시간, RTK-GPS와 전자측판 시스템이 1시간 정도 소요되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 RTK-GPS와 전자측판 시스템은 관측준비에서 30분 정도가 더 소요되나 관측작업에 있어서는 1시간 정도로 시간 단축이 가능하였다. 그렇기 때문에 전체적으로 30분 정도 측량 작업시간을 줄일 수 있었다. 이러한 분석 결과는 115점이라는 실험지역에 국한된 분석이다. 그러나 일반적으로 경지정리지구 또는 택지개발지구의 경우 측량이 대단위로 이루어진다. 따라서 실험지역 보다 많은 필지 경계점을 관측한다고 가정한다면 관측 시간은 RTK-GPS 측량이 적게 소요되기 때문에 보다 효율적일 것이다.

관측 인원의 경우, 보통 전자측판 측량은 실제 현장에서 3명이 1개 팀으로 하여 측량작업이 이루어진다. 연구에서 이용한 기존 데이터 역시 3명이 1개 팀으로 하여 취득된 데이터이다. 그러나 RTK-GPS와 전자측판 시스템을 이용할 경우 연구의 실험측량과 같이 2명으로도 이 이상의 성과를 올릴 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 현재 실제 현장에서 소요되는 인원을 기준으로 할 경우, 소요인원을 1명 정도는 줄일 수 있는 것으로 보인다.

또한 이외에도 전자측판 시스템 상에서 자료처리와 현장의 작업오류 확인, 또는 세부 속성정보를 제외한 지적도의 결선 작업 등을 처리할 수 있기 때문에 경지정리지구나 택지개발지구와 같은 측량지역에서는 수치지적측량의 전반적인 작업과정을 효율화 할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 현재 지적측량 분야에서 전자측판으로 이루어지고 있는 수치지적측량에 대하여 토탈스테이션 측량의 과정을 RTK-GPS 측량으로 대체 이용함으로써 측량 작업의 효율성을 확보하고자 하였다. 그래서 기존 전자측판 측량과 RTK-GPS 및 전자측판 시스템을 이용한 측량에 대하여 정확도, 소요인원, 소요시간 등을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

먼저 연구지역에 대하여 RTK-GPS 측량으로 필지경계점의 위치정보를 획득하고, 이의 정확도를 기존 전자측판 측량에 의한 성과와 비교분석한 결과, RMSE(과대오차 제거)가 X좌표가 0.024m, Y좌표가 0.016m로 산출되어 전자측판에 의한 측량성과와 많은 차이가 없었다. 연결오차의 RMSE 또한 0.029m로 산출되어 현행 지적법(시행규칙 제54조)에서 규정하고 있는 허용범위 이내의 성과를 보이는 것으로 나타났다. 이렇게 취득된 RTK-GPS 측량 데이터를 전자측판 시스템 상에서 필지경계점의 위치데이터를 포인터로 생성하고, 결선작업을 거쳐 수치지적도를 작성하여 속성입력 작업을 제외한 별도의 내업작업을 단순화 시킬 수 있었다.

연구의 수치지적측량 방법에 대하여 효율성을 평가하여 본 결과, 기존 전자측판 측량 방법을 이용할 경우보다 관측 인원을 1명, 소요시간을 30분 정도로 줄일 수 있었다. 물론 연구의 실험측량 필지경계점 수 보다 많은 수를 관측할 경우 소요시간은 보다 더 줄일 수 있을 것으로 보인다. 이외에도 전자측판 시스템 상에서 자료처리와 현장의 작업오류 확인, 또는 속성정보를 제외한 지적도의 결선 작업 등을 처리할 수 있기 때문에 GPS 전파의 수신장애가 없는 경지정리지구나 택지개발지구와 같은 측량지역에서 수치지적측량의 효율성을 가져올 수 있을

것이다.

전자측판 시스템 상에서 필지경계점에 대한 결선작업과 면적 등의 속성입력 작업은 가능하였다. 그러나 도면번호, 축척 입력 등의 세부속성 정보는 KLIS에서 작업이 이루어져야 한다는 문제가 있었다. 따라서 향후 전자측판 시스템과 KLIS를 통합한 시스템이 제공된다면 현장에서 결선작업 및 속성입력 작업 등의 전 과정을 처리할 수 있기 때문에 보다 더 효율적인 수치지적측량 방법으로 발전될 수 있을 것으로 기대된다.

끝으로 연구에서는 소규모의 연구지역을 대상으로 실험과 분석작업을 통해 연구방법론의 적용 가능성을 제시하고자 하였다. 그러나 본 연구방법론이 보다 더 타당성을 얻기 위해서는 보다 광범위한 지역을 대상으로 실험 및 분석작업이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김재학, 최윤수, 이임평, 2004, "RTK-GPS와 항공정사사진에 의한 도해지적측량방법 개선 연구", *한국지적학회지*, 제20권 제2호, pp. 133-145.
- 김태훈, 2000, "T/S와 휴대용 컴퓨터시스템을 활용한 지적측량 개선방안", *2000년 지적세미나(2000. 9)*, 대한지적공사.
- 노태호, 장호식, 이종출, 2002, "RTK GPS/GLONASS 조합에 의한 도로의 평면선형 정확도 분석", *한국지형공간정보학회논문집*, 제10권 제2호, pp. 29-37.
- 박종화, 2004, *지적도 수치파일에 의한 새로운 지적측량기법에 관한 연구*, 석사학위논문, 경기대학교.
- 서철수, 2000, "GPS와 TS의 병용에 의한 지적측량기법 연구", *한국지적학회지*, 제16권 제1호, pp. 69-81.
- 이인수, 2005, "결절별 RTK GPS의 Mapping 정확도 평가", *한국GIS학회지*, 제13권 제1호, pp. 19-29.
- 이재혁, 2005, *전자측판에 의한 지적측량 방법 연구*, 석사학위논문, 인하대학교, pp. 38-41.
- 주정준, 2004, *필지중심토지정보시스템(PBLIS)의 자료를 이용한 지적측량 개선방안*, 석사학위논문, 경상대학교.
- 최한영, 1999, *GPS를 이용한 일필지 좌표결정에 관한 연구*, 석사학위논문, 조선대학교.
- 홍성언, 2006, "RTK-GPS와 RTK-GPS/GLONASS에 의한 일필지 측량의 정확도 분석", *한국GIS학회지*, 제14권 제2호, pp. 211-221.
- 홍성언, 이현준, 김윤기, 2007, "KLIS 효율적 운영을 위한 지적도 전산 파일의 정확도 평가", *한국GIS학회지*, 제15권 제1호, pp. 81-94.
- Hubiao Lan, 1996, *Development of a Real-Time Kinematic GPS System : Design, Performance and Result*, Depart, of Geomatics Engineering, the University of Calgary, Canada, pp. 14-17.