

# RTK-GPS와 전자평판을 이용한 지적측량 방법에 관한 연구

## A Study on the Cadastral Surveying Method using RTK-GPS and Digital Plane Table

정성혁<sup>1)</sup> · 정한용<sup>2)</sup> · 박경식<sup>3)</sup> · 이재기<sup>4)</sup>

Jung, Sung Heuk · Jung, Han Yong · Park, Kyung Sik · Lee, Jae Kee

<sup>1)</sup> 충북대학교 토목공학과 공학박사(E-mail:idealharry@gmail.com)

<sup>2)</sup> 충북대학교 산업대학원 석사과정(E-mail:hyjung@kcsc.co.kr)

<sup>3)</sup> 인하전문대학(E-mail:pks@inhac.ac.kr)

<sup>4)</sup> 충북대학교 토목공학과 공학박사(E-mail:leejk@cbnu.ac.kr)

### Abstract

South Korea is currently promoting cadastral computerization to modernize the field. Problems of cadastral mismatches are mostly resolved through cadastral mismatch organization projects. Three-dimensional cadastral drafting is also on its way to wide adoption. In order to safeguard the property ownership rights of people and deliver accurate cadastral information quickly by constructing a three-dimensional cadastral information system, this study intends to provide solutions to survey real-time kinematic GPS (RTK-GPS) in mobile environments and to produce three-dimensional cadastral maps real-time using digital plane tables.

## 1. 서론

현재 우리나라는 지적의 현대화를 위해서 지적관련 전산화 사업을 추진하였고, 지적불부합지의 문제 해결을 위해 지적불부합지 정리 사업을 추진 중이다. 그리고 향후에는 전 국토의 지적재조사 사업을 통하여 평면적인 지적관리가 아닌 지상, 지표, 지하를 입체적으로 관리할 수 있는 3차원 지적제도를 도입하려고 있다(강태석 ; 2004). 이러한 전산화 사업을 토대로 하여 지적불부합지 정리사업과 지적재조사 사업을 효율적으로 추진하고자 노력을 경주하고 있으며 이러한 노력은 지적의 현대화 즉, 3차원 지적정보 시스템 구축을 통해 효율적인 지적관리로 국민의 소유권을 안정적으로 보호하고, 신속·정확하게 지적정보를 국민들에게 제공하는데 있다.

현재는 세부측량에 있어서도 RTK-GPS(Real Time Kinematic GPS)를 이용 실시간으로 현장에서 직접 일필지의 좌표를 산출하려는 연구가 진행되고 있으며,<sup>6)16)4)</sup> 이와 더불어 최근에 지적분야에 도입되고 있는 기술이 전자평판 측량이다(김재학 등, 2004; 대한지적공사, 2000; 홍성언, 2002).

본 연구에서는 실시간으로 위치정확도를 측정할 수 있는 RTK-GPS 측량과 전자평판을 연계·이용하여 지적측량을 효율화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이를 위하여 RTK-GPS 측량과 전자평판을 지적측량에 적용하기 위한 적용 모형을 설계하고, 실제 실험지역에 적용을 통하여 본 연구의 타당성 및 지적측량에서의 활용가능성을 분석하였다.

## 2. RTK-GPS와 전자평판을 이용한 지적측량 방법

### 2.1 전자평판

전자평판 측량시스템은 KLIS(Korea Land Information System)의 수치데이터를 활용해서 토달스테이

선과 전자평판을 연결, 기준점(도근점)이나 임의점에서 현지 측량을 실시하여 경계복원측량, 분할측량, 면적조정 등 지적측량 업무를 현장에서 실시간으로 처리할 수 있는 소프트웨어로 주요한 기능은 토탈스테이션과 GPS와 연계하여 현행의 평판측량체계를 전자평판측정체계로 전환하고자 하는 시스템을 말하며 취득한 데이터를 저장 및 응용을 유·무선 체계로 효율적으로 관리할 수 있는 시스템이다.

또한 현장관측 데이터를 편집작업을 거쳐 측량성과작성시스템과 연계하여 각종 도면을 출력할 수 있으며, 저장된 데이터를 차후 인접 필지에 대하여 현장 관측에 사용할 수 있는 시스템이다. 전자평판 측량시스템은 토탈스테이션, 노트북, 소프트웨어 등으로 구성되어 있다.

표 1. 전자평판시스템의 구성

작업 구분	하드웨어 및 소프트웨어
현장 관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 토탈스테이션(GTS-313, SET-530R)</li> <li>· 펜컴퓨터 또는 노트북</li> <li>· RS-232 케이블 또는 BlueTooth</li> </ul>
내업 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 소프트웨어(Cmapper)</li> </ul>

전자평판 측량 방법은 도면전산화가 완료됨에 따라 KLIS 측량파일(CIF), 또는 전산파일(DXF)을 활용하여 기존에 수작업으로 하였던 등사, 자사, 준비도 작성, 성과도 작성 등의 공정을 자동화 한 시스템으로, 컴퓨터와 토탈스테이션, GPS를 연결하여 상호 측량 데이터를 송수신 하면서 측량결과가 화면에 표시된다. 컴퓨터에서 직접 토탈스테이션을 제어하게 되며 성과결정은 화면상에서 직접 운영된다.

전자평판에 의한 세부측량은 토탈스테이션과 펜컴퓨터(토탈측량시스템)의 상호 통신에 의해 관측이 실시되고 화면상에서 실시간으로 확인이 가능하다. 토탈스테이션과 노트북(펜컴퓨터)을 직접 연결하여 측량할 경우의 설정방법은 토탈스테이션과 펜컴퓨터를 케이블을 이용 연결 하여 메뉴바의 관측장비설정에서 장비명과 통신포트를 설정하여 주면 측량이 가능하다(대한지적공사, 2005).

## 2.2 RTK-GPS와 전자평판을 이용한 지적측량 방법 설계

연구에서는 현행 수치지측량 기법인 토탈스테이션측량 보다 시간이나 인원 소요측면에서 효율성이 검증된 RTK-GPS 측량 기법과 전자평판 측량을 연계·이용하여 현행 지적측량방법보다 작업의 효율성을 증진시키고자 하였다. 우선, RTK-GPS 측량결과 취득된 데이터를 직접 현장에서 처리 작업을 전자평판 상에서 이루어지도록 하였다. RTK-GPS 측량을 이용하여 현장에서 실시간으로 좌표를 취득하고 이렇게 취득된 좌표를 전자평판 시스템 상에서 데이터 처리 즉, 텍스트 형태의 평면직각좌표를 포인트 형태로 로딩(loading)하여 현장에서 직접 결선작업을 실시하여 지적측량 업무를 현장에서 신속하게 처리할 수 있도록 하였다. 행정구역, 지번, 지목, 면적 등과 같은 속성입력 작업은 KLIS 시스템 상에서 이루어지도록 설계하였다.

토탈스테이션을 이용하여 측량할 경우는 KLIS 상에서 데이터 처리나 속성입력 작업이 이루어지지만 본 연구에서는 전자평판을 연계·이용함으로써 현장에서 직접 전자평판을 이용하여 기본적인 데이터 처리, 수치지적도 작성, 현장 업무 등이 가능하도록 하였다. 그림 1은 설계된 방법론을 적용하였을 경우 지적측량 업무 흐름도이다.

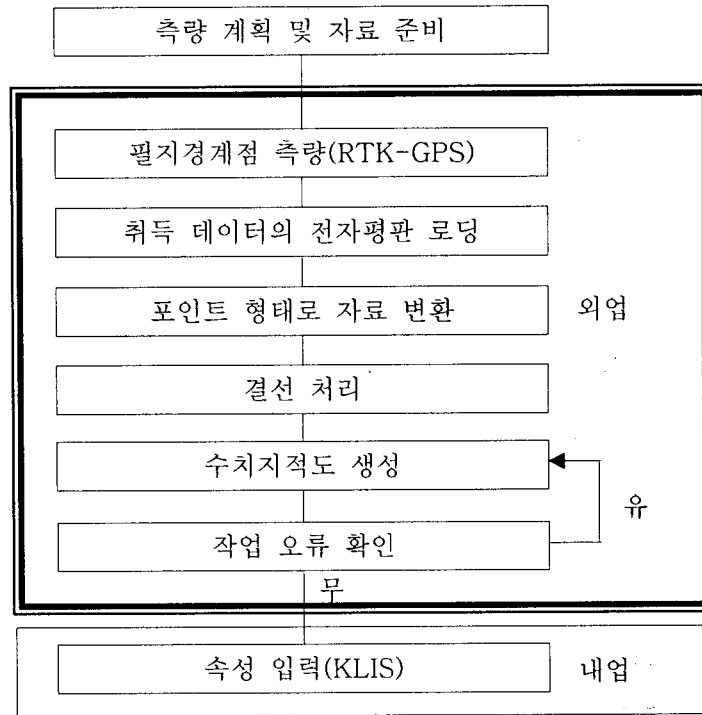


그림 1. 제안된 방법의 지적측량 업무 흐름도

### 3. 실험 및 분석

#### 3.1 연구대상지역 선정

연구에서 설계한 방법론을 적용하기 위해 충북 괴산군 장연면 광진리 일대를 실험지역으로 선정하였다. 실험지역의 선정에 있어서 우선적으로 고려한 것은 정확한 데이터 취득을 위하여 사전답사와 도상계획을 통하여 접근방법, GPS 위성신호의 수신가능성, 전파에 영향을 미치는 장애물의 유·무 등을 검토하였고, 기존 측량성과와 비교가 가능한 지역을 선정하였다. 또한 대상지역은 GPS측량에 의하여 기준점측량이 이루어졌으며, 토탈스테이션을 이용하여 도근망과 일필지 경계점의 측량이 이루어진 지역으로 정확한 성과를 가지고 있는 지역이다. 그림 2는 연구대상지역의 위치이고, 그림 3은 연구대상 지역의 수치지적도이다.

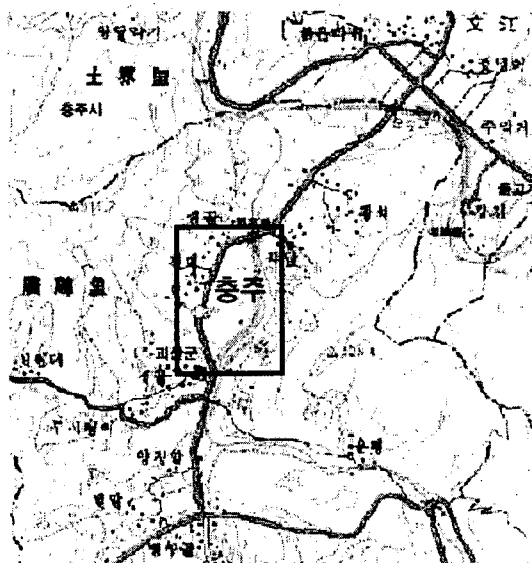


그림 2. 연구대상지역 위치

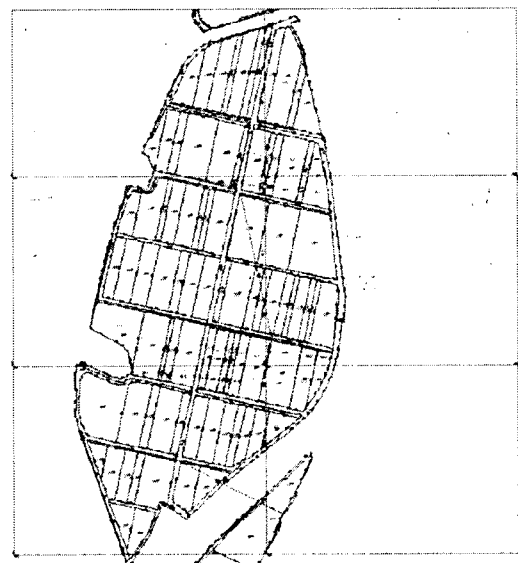


그림 3. 연구대상지역 수치지적도

### 3.2 관측 및 자료처리

본 연구는 RTK-GPS와 전자평판을 이용하여 현장에서 직접 실시간으로 필지경계점의 데이터를 취득하고 이를 현장에서 직접 전자평판을 이용하여 성과결정이나 수치지적도를 제작하는 것이다. 관측에 이용된 장비는 TOPCON사의 GPS와 전자평판을 이용하였으며, RTK-GPS 장비는 기준국 1대, 이동국 3대로 총 4대로 구성하였다. 전자평판은 노트북과 cmapper S/W를 이용하였다.

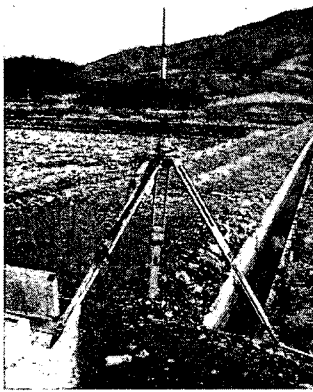


그림 4. RTK-GPS

표 2. RTK-GPS 기준국 및 이동국 위치 (단위:m)

구 분	X	Y	Z
기준국 1159	375472.17	283160.94	58.6
이동국 1160	375709.73	283116.77	62.2
이동국 1158	375241.43	283210.17	61.8
이동국 1156	375050.57	283056.91	59.4

이동국 초기화의 경우에는 관측지역이 모두 포괄될 수 있도록 기준점을 3개 내지 4개정도 선점 하였다. 이동국 셋트가 3개인 경우 각 장비별로 모두 초기화를 실시하여야 하는데 현재 우리나라의 경우 변환파라미터에 대한 정의가 고시되어 있지 않아 변환파라미터생성을 위한 관측을 실시하여야 한다. 초기화 과정은 다음과 같다.

- Step 1. 사용하고자 하는 모든 기준점 좌표값의 사전 입력
- Step 2. 'GPS좌표'값을 구하기 위한 관측 실시(GPS 좌표값)
- Step 3. 두 좌표를 이용 'Helmert 변환'을 실시하여 지역 파라미터값 생성

초기화 과정을 통해 지역파라미터값이 생성이 되면 기준국을 이용하여 정확도를 한번 체크한 후 바로 RTK관측을 실시하였다. 그림 5는 지역파라미터의 생성과정과 RTK-GPS 관측 화면을 나타낸 것이다.

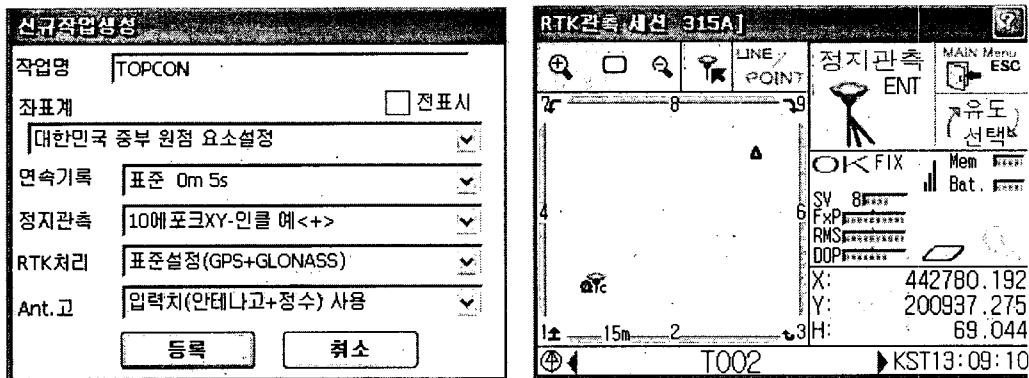


그림 5. 지역파라미터의 생성과정 및 RTK-GPS 관측화면

이동국은 총 3대의 장비를 이용하여 필지경계점을 관측하였다. 점당 수신 시간은 3-10초로 하였다. 이렇게 관측된 총 필계점은 169점이다. 그림 6는 필지경계점을 관측하는 모습을 나타낸 것이다. RTK-GPS로 측량한 평면직각좌표를 엑셀형태로 취득하여 이를 전자평판에서 로딩하여 포인트 좌표로 변환과정을 거쳐 결선처리를 하였다. 이렇게 처리된 자료는 KLIS에서 속성입력 작업을 거쳐 수치지적도를 완성하였다.

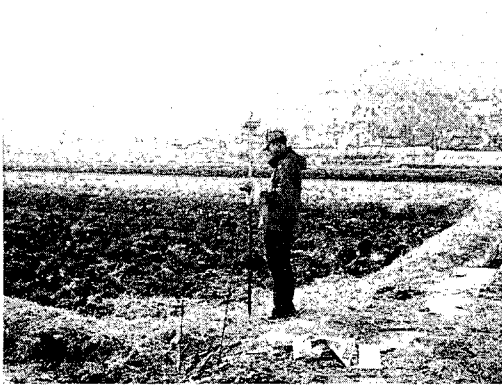


그림 6. 필지경계점 관측

### 3.3 전자평판에 의한 수치지적도 작성

RTK 관측에 의해 일필지 경계점의 좌표가 취득되면 이를 엑셀 형태로 전자평판에서 로딩하게 된다. 그림 7은 포인트 형태의 필지경계점 좌표를 전자평판 시스템에서 결선 처리한 것이다. 기존의 토탈스테이션 관측에 의한 필계점들의 결선처리는 PBLIS(Parcel Based Land Information System)나 KLIS를 이용하여 처리하였으나 관측점수의 제약, 별도의 점번호표시 등이 필요하여 업무에 불편한 사항이 많았다. 전자평판을 이용하여 결선작업을 수행할 경우는 현장에서 직접 수치지적도를 제작할 수 있고, 현장에서 바로 오류여부를 용이하게 검색할 수 있어 효율적인 작업이 가능하다.

현장에서 수치지적도를 작성하고 부수되는 속성정보 즉, 행정구역, 지번, 지목 등을 KLIS 시스템 상에서 입력하여 속성정보까지 포함된 수치지적도를 완성하게 된다. 그림 8은 KLIS 시스템 상에서 속성정보를 입력한 것이다.

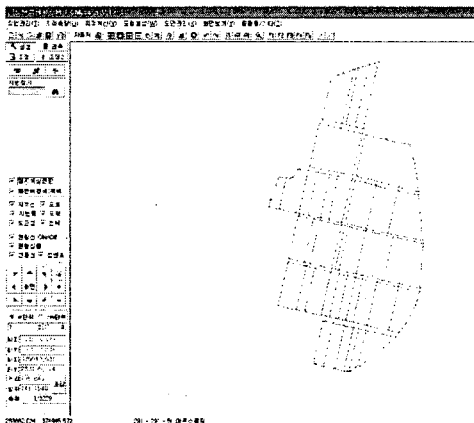


그림 7. 필지경계점 좌표 결선처리

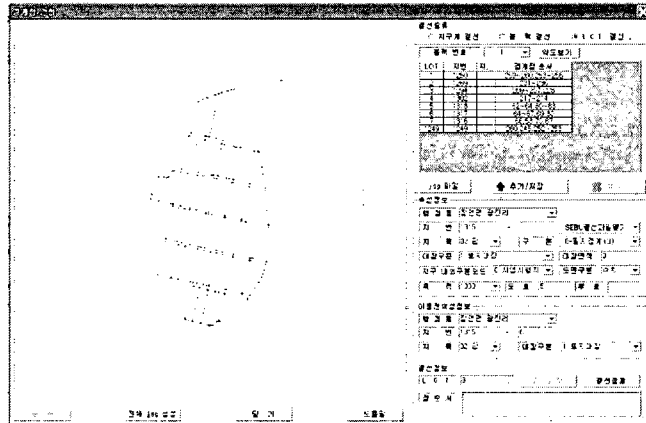


그림 8. KLIS에서 속성정보 입력

## 3.4 분석

### 3.4.1 정확도 분석

연구에서 설계한 방법론의 적용에 있어 가장 중요한 것은 신속성 및 효율성과 더불어 RTK-GPS 측량에 의해 획득되는 데이터의 정확도 문제이다. 따라서 이에 대한 검증을 위해 기존 토탈스테이션 측량으로 산출된 좌표와 연구의 실험측량으로 획득된 좌표를 비교 분석 하였다.

관측지역의 중·횡선오차 RMSE는  $X=0.03m$ ,  $Y=0.04m$ 로 나타나 성과가 매우 양호한 것으로 분석되었다. 중·횡선오차를 이용하여 산출한 연결오차의 RMSE는  $0.04m$ 로 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

위의 성과를 지적법령에서 규정하고 있는 수치지역의 필지경계점 성과인정 범위를 적용하면 지적법시행규칙 제54조에 의한 측량성과 인정범위인  $0.10m$ 를 만족하고 있는 것으로 나타났다.

좀 더 정확한 분석을 시행하고자 필계점간 거리분석을 실시하였다. 필계점간 거리분석은 기존 토탈스테이션

에 의하여 산출된 좌표를 역계산하여 산출한 대상 필계점간 거리와 RTK-GPS 측량에 의하여 산출된 거리를 비교·분석하였으며, 필계점간 거리오차는 RMSE 0.03m로 나타나 성과가 매우 양호한 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 점간 거리오차의 경우는 지적법시행규칙 제54조에 의한 측량성과 인정범위인 수치지적시행지역 경계점 오차범위 0.1m로 규정되어 있는 것을 고려할 경우 97%이상이 10cm이내의 성과를 보이고 있으며 정확히 일치하는 점간거리의 비율도 15%정도로 매우 양호한 성과를 나타내고 있다.

중형선 오차, 점간 거리 오차 분석과 더불어 지적측량에서 가장 중요한 면적오차에 대한 분석을 시행하였다. 토탈스테이션과 GPS의 면적오차 분석은 토탈스테이션에 의해 산출된 좌표를 좌표면적계산법으로 계산한 면적과 RTK-GPS 관측으로 산출한 좌표 역시 동일 계산법으로 계산을 하여 면적의 차이를 비교·분석한 것이다. 두 계산모두 KLIS에서 수행하였으며 공차한계는 지적법 시행령 제42조의 규정을 준용하여 계산하였다.

일필지 면적오차의 경우, 최대오차가 4.2m<sup>2</sup>로 나타났고, 최소오차의 경우는 0.1m<sup>2</sup>로 나타났다. 이러한 분석결과는 기존의 성과와 비교를 하여도 많은 차이를 나타내고 있지 않아 매우 성과가 좋은 것으로 판단된다. 과대오차가 발생한 필계점을 포함하고 있는 1277번지와 1318번지의 경우에도 모두 2.4m<sup>2</sup>로 나타나 양호한 성과를 보여준다.

최대오차가 발생한 1302번지의 경우 필지의 원면적이 3786.9m<sup>2</sup>로 면적이 넓고 필계점간 점간거리에서 거리가 긴 두 변의 차이가 발생하여 최대오차가 발생한 것으로 분석된다. 즉 1302번지는 4개의 필계점 및 4변으로 폐합된 필지로서 거리가 긴 두변이 각각 100.31m와 100.26m로서 이 두 변 모두에서 거리오차가 0.05m가 발생하여 원면적과 많은 차이를 나타내는 것으로 분석되었다.

반면에 최소오차가 발생한 1273번지의 경우 원면적이 2901.3m<sup>2</sup>이며 4개의 필계점과 4변으로 폐합된 필지이다. 그러나 이 필지의 경우에는 4변의 점간거리오차가 단변인 두변은 0.01m, 장변은 0.00m, 0.01m로 나타나 점간거리오차가 매우 양호한 필지로 면적에서도 마찬가지로 매우 양호한 성과를 나타내고 있다.

총괄적인 결과는 현행 지적법시행령 제42조에 규정된 신규면적 오차 허용 범위인  $0.026^2 M\sqrt{F}$  에 적용할 경우 모든 산출값이 오차 허용 범위 이내의 성과에 포함이 되어 RTK-GPS 측량 성과의 높은 정확도를 보여주고 있다. 이상과 같이 중형선오차, 점간거리오차, 면적오차를 분석한 결과 기존 성과와 비교하여도 정확도에는 문제가 없는 것으로 나타나 연구의 방법론을 적용하기에는 무리가 없는 것으로 분석된다.

### 3.4.2 작업 효율성 분석

RTK-GPS과 전자평판을 이용한 지적측량의 효율성을 평가하기 위해 토탈스테이션 관측에 의한 일필지 측량과 RTK-GPS 측량방법에 의한 일필지 측량에 있어서 관측시간과 소요인력에 대한 것을 비교하였다. 비교결과는 Table 3.8과 같이 나타났다. 분석결과 관측 인원을 1개팀(3명)으로 하였을 경우 관측소요 시간에서는 RTK-GPS에 관측이 토탈스테이션에 의한 관측 보다 약 절반 정도의 시간을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 여기서 토탈스테이션 관측의 경우 측량1개조 인원이 3명일때 1명은 관측자, 나머지 2명은 현장측량자로서의 시간을 의미하며, RTK-GPS의 경우 측량1개조 인원을 3명으로 할 때 초기화 과정이 끝나고 나면 3명 모두 현장측량자로서의 시간을 의미한다.

표 3. 작업 효율성 분석 (기준 : 169점 관측시)

구 분	작성소요시간(분)		종사인원(명)		관측소요인력(명)		
	토탈스테이션	RTK-GPS 전자평판	토탈스테이션	RTK-GPS 전자평판	토탈스테이션	RTK-GPS 전자평판	
내 업	파일 추출	30분	30분	1	1	1	1
	측량준비도 작성	1시간	1시간	1	1	1	1
	측량자료조사	1시간	1시간	1	1	1	1
외 업	현장관측	약2시간20분	약1시간	3	3	3(2)	3(1)
	성과 결정	-	-	-	-	-	-
내 업	결선작업	4시간	2시간	1	1		
	결과도 작성	2시간	2시간	1	1		
합 계		40				6	

\*() 최소 소요 인력

## 4. 결론

본 연구에서는 RTK-GPS 측량과 전자평판 측량 기법을 이용하여 지적측량 방법의 개선을 통한 업무의 효율화를 기하고자 하였으며, 연구결과 다음과 같다.

1. RTK-GPS 측량을 이용하여 현장에서 실시간으로 취득된 좌표를 전자평판 시스템 상에서 데이터를 처리할 수 있도록 하였고, 속성입력 작업은 KLIS 시스템 상에서 이루어지도록 방법론을 설계·제시 하였다.

2. 선정된 연구대상지역에 적용한 결과, 위치정확도의 경우 관측지역의 중·횡선오차 RMSE는  $X=0.03m$ ,  $Y=0.04m$ , 연결오차의 RMSE는  $0.04m$ 로 분석되었으며, 관측지역의 필계점간 거리오차의 RMSE  $0.03m$ 이었다. 면적오차의 경우도 현행 지적법령에서 규정하고 있는 허용 범위 이내의 성과에 포함되었다.

3. 작업 효율성을 분석한 결과 관측인원을 1개팀(3명)으로 하였을 경우 관측소요 시간에서는 RTK-GPS에 관측이 토탈스테이션에 의한 관측 보다 약 절반 정도의 시간을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 기존 방식과 업무의 효율성을 비교한 결과 외업 업무 부분에서도 절반 정도의 시간이 단축되고, 결선 작업을 시행하는 내업 업무에서도 절반 정도의 시간이 단축되는 것으로 나타났다.

현재 GPS 측량에 관한 규정이 있으나 이는 기준점 측량에 관한 부분만 제정되어 있기 때문에 연구의 방법론을 실무에서 적용하기 위해서는 RTK-GPS 측량과 전자평판에 대한 세부 지침을 규정이 필요하다. 또한 연구에서 제시한 방법은 무선 인터넷 환경만 제공된다면 현장에서 작업한 작업결과를 모바일 환경을 이용하여 사무실 혹은 KLIS서버로 직접 전송이 가능하기 때문에 지적측량 업무에 보다 더 효율성을 기할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강태석, (2004) 한국에 있어서 지적재조사사업의 실행전략, 2004년 국제학술세미나, 대한지적공사.  
김재학·최윤수·이임평, (2004) RTK-GPS와 항공정사사진에 의한 도해지적측량개선 방법 연구, 한국지적학회지, 제20권 제2호, pp.133-145.  
대한지적공사, (2005) 전자메뉴얼.  
대한지적공사·행정자치부, (2000) 지적재조사 기반기술 확보를 위한 GPS 측량기법의 실용화 연구.  
홍성언, (2002) RTK-GPS 측량을 이용한 일필지 좌표결정의 정확도 분석, 청주대학교 석사학위 논문.