

GPS기반의 효율적인 지적측량성과를 위한 측량기준 및 방안에 대한 연구

The Effective Means to Promote GPS-Based Survey for Cadastral Surveying of GPS Performance Standards and Measures

안중순* · 강준목** · 윤희천***

Ahn, Jong Soon · Kang, Joon Mook · Yun, Hee Cheon

要 旨

본 연구에서는 지적재조사 사업을 원활하게 추진하기 위한 기술적 기반을 조성하고, 정확한 지적정보 제공을 위해 정밀측량기술을 도입하여 지적측량 성과의 정확도를 향상시킬 수 있는 방안을 연구하였다. 이를 위해 GNSS 기술 기반의 GPS, RTK-GPS, 네트워크 RTK 및 GPS_토탈스테이션을 도입하여 지적도근점과 필지경계점에 대한 측량 성과의 목표 정확도를 확보할 수 있는 방안을 제시함으로써 지적재조사 사업을 위한 통일된 정확도 기준을 설정하고자 하였다. 세부적인 연구로서 현행 지적측량 작업과정과 성과를 비교·분석하고, 방법별로 작업의 효율성을 분석하였다. 또한, 지적재조사 사업의 수행 시 다양한 최신 측량기술을 도입함으로써 높은 지적측량 정확도를 확보할 수 있는 측량규정을 제시하고, 지적기준점과 측지기준점을 일원화하여 지적기준점의 정확도를 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

핵심용어 : 정밀측량기술, 기준점 일원화, 지적측량 정확도 향상, 지적재조사

Abstract

In this study, one of the main aims is to build up a technical foundation for promoting the cadastral resurvey effectively and to improve the accuracy of cadastral surveying is to make use of precise surveying techniques in allowance of position errors as reference accuracy in cadastral resurvey, which is proper to obtain the sufficient accuracy of the cadastral control points, and parcel boundary points by introducing the GNSS-based surveying techniques on cadastral survey. In detail, the existing procedures and outcomes of cadastral survey were compared and analyzed for suggesting a better survey technique than that of the other techniques in a variety of aspects of capability of cadastral survey. The new skills and supports could be upmost importance when doing cadastral survey. What's more, essentially, 'The Measurement Department' makes all the efforts to establish 'The Surveying Regulations'. This could possibly apply GNSS-based surveying technique to the cadastral resurvey for the foreseeable future and this research paper suggested that how to improve absolute accuracy of cadastral reference points by means of putting to use the appropriate models of measurement further.

Keywords : Precise Survey Technique, Reference Point Unification, Accuracy Improvement of Cadastral Survey, Cadastral Resurvey

1. 서 론

현대사회의 산업화와 고도화로 인하여 공간정보의

활용과 토지의 효율적 이용 및 집약적 이용이 급격하게 증가하였다. 공간정보의 기초적인 지적정보는 토지에 대한 사실관계와 소유권의 범위를 결정하는 경계선 및

2013년 2월 15일 접수, 2013년 3월 15일 수정, 2013년 3월 20일 채택

* 정회원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료(Member, Chungnam National University, Department of Civil Engineering, Ph.D. Completion, ajs44@korea.kr)

** 정회원 · 충남대학교 토목공학과 명예교수(Member, Professor Emeritus, Department of Civil Engineering, Chungnam National University, jmkang@cnu.ac.kr)

*** 교신저자 · 정회원 · 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수(Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Chungnam National University, hcyoon@cnu.ac.kr)

토지에 대한 표시사항을 일필지 단위로 등록하여 관리하고 있는 정보이다(Ji, 2003). 최근 들어 다양한 전자매체가 발전함으로써 지적측량에서도 디지털 환경이 구축되어 기존 도해지적에서 수치지적으로 변환이 원활하여 졌고, 지적측량의 정밀도가 크게 향상되었다(Gang, 2000). 이에 따라 국토해양부에서는 정확한 지적정보를 구축하여 국민에게 고품질의 지적정보를 제공하기 위해서 디지털 지적정보를 구축할 수 있는 최신 측량기술 도입을 적극적으로 추진하고 있다.

지적측량은 국토의 기초 자료인 토지 소재, 지번, 지목, 면적 및 경계 등과 같은 토지에 관련된 각종 정보의 수집과 물권이 미치는 한계를 정하는 측량으로서 토지에 관련된 정보들을 지적공부(토지대장, 임야대장, 공유지연명부, 대지권, 지적도, 임야도, 경계점좌표등록부)에 등록하여 관리할 수 있도록 함으로써 효율적으로 토지를 관리하고, 소유권을 보호한다. 또한, 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」 제2조4호는 “지적측량은 토지를 지적공부에 등록하거나 지적공부에 등록된 경계점을 지상에 복원할 목적으로 소관청(시장, 구청장, 군수)이 직권 또는 이해관계인의 신청에 의하여 각 필지(parcel)의 경계 또는 좌표와 면적을 정하는 측량”이라고 규정하고 있다(MLTM, 2011a).

오늘날의 지적측량은 정부에서 수립하는 국토계획이나 기업 및 개인의 토지활동과 재산권 행사에 대한 인식이 커지고 있다. 토지정보를 획득하기 위한 측량기술도 기존의 측량방법인 평판측량이나 트랜짓 측량방법을 탈피하고, 토털스테이션이나 GPS기술을 도입하여 고정밀도의 측량성능을 획득하고 있으며, 지형에 대한 3차원 정보를 제공할 수 있게 되었다. 특히, 수치측량 방법은 컴퓨터를 사용하여 자료를 처리하기 때문에 경제적 효율성과 정밀도를 높일 수 있다. 일반적으로 지적측량은 위치결정 정확도가 높아야하고, 특별히 단거리에서 높은 상대정확도를 필요로 한다. 따라서 RTK-GPS와 네트워크 RTK 측량 기술을 지적측량에 사용하는 것은 상대측위 정확도의 확보에 달려 있다고 할 수 있다.

본 연구에서는 지적재조사 사업을 위한 지적측량 성과의 정확도를 높이기 위하여 GPS기술 기반의 GPS, RTK-GPS, 네트워크 RTK 및 GPS_토털스테이션을 도입하여 지적도근점과 필지경계점에 대한 측량성과의 목표 정확도를 확보할 수 있는 방안을 제시함으로써 지적재조사를 위한 통일된 기준을 설정하는 것이 목적이다.

이러한 목적을 달성하기 위해서 전자평판측량에 의한 측량성과를 비교·분석하고, 방법별로 작업의 효율성

을 분석하였다. 더불어, 다양한 최신 측량기술 도입과 활용을 통한 지적측량의 목표 정확도를 확보하기 위한 측량방법을 규정하고, 지적측량 성과에 대한 효율적인 실시간 검증체계와 성과심사 방안도 함께 제시하였다.

2. 최신 측량기술 및 지적측량 활용방안

2.1 지적측량에 활용 가능한 측량기술

최근에 개발되거나 활성화된 측량기술 중 지적측량에 활용 가능한 측량기술은 위성측량기술, 항공측량기술, 실시간 측량기술 등으로 구분할 수 있다.

2.1.1 위성측량기술

위성측량기술 중 현재 전세계를 포괄하는 완전한 독립 시스템은 GPS가 유일하지만 러시아의 GLONASS, 유럽연합의 Galileo, 일본의 QZSS, 중국의 Compass 등 다양한 GNSS가 현재 개발 중에 있으며, 향후 2~10년 사이에 완전한 시스템이 구축될 예정이다.

개발 중에 있는 다양한 GNSS는 최초 군사적인 목적으로 개발된 GPS의 제약성을 극복하거나 도심지내에서 GPS의 신호가 단절되는 한계성을 보완하기 위한 것이다. 이러한 다양한 GNSS 기술은 대부분 독립적인 시스템으로 설계되어졌지만 위성측량을 활용함에 있어서 이들 기술을 함께 사용한다면 현재의 위성측량 정밀도나 사용성을 더욱 향상시킬 수 있다.

GPS 상시관측소와 같은 고정밀 측량의 기준점은 지심의 변화, 조석부하, 지각변동량 등을 고려한 정밀성과를 계산해야 할 필요가 있다. 그러나 일반적인 상용 소프트웨어에서는 상대측위 기반의 단순 기선해석에 의한 성과계산만 가능하기 때문에 이러한 정밀성과의 계산이 어렵다.

지구의 다양한 동적 파라미터를 고려하여 정밀성과를 계산할 수 있는 GNSS 정밀해석 소프트웨어에는 대표적으로 NASA의 GIPSY-OASIS, MIT대학의 GAMIT/GLOBK, Bern대학의 Bernese가 있다. 이들 소프트웨어는 GNSS 데이터의 정밀해석을 위하여 각각의 해석 알고리즘을 사용하며, 소프트웨어에 따라서 위성의 궤도계산, 지각변동량 계산, GNSS 기상 등에 활용되기도 한다.

GPS 위성신호를 수신하기 위해서는 전용으로 설계된 수신기와 안테나를 사용해야 하기 때문에 장비 가격이 고가이며, 새로운 GNSS 위성신호를 수신하기 위해서는 이를 지원하는 수신기를 추가적으로 구매하여야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 소프트웨어 GNSS 수신기는 위성신호를 수신하는 하드웨어

모듈을 제외한 모든 처리과정을 소프트웨어 모듈로 설계한 것으로써 장비 가격이 저렴하며 소프트웨어 업그레이드만으로 새로운 GNSS 위성신호에 대응할 수 있다는 장점이 있다(Kim et al., 2003).

GPS는 전세계를 포괄하는 독립적인 위성항법시스템이긴 하지만 도심지나 산악지에서는 상공시계 장애로 인한 신호 단절로 측위가 불가능하거나 정밀도가 떨어지는 경우가 있다. GLONASS, Galileo 등의 다양한 GNSS는 서로 독립적으로 설계되어 운영되기 때문에 위성이 고른 분포로 배치되고 이를 통합하여 활용한다면 도심지나 산악지역에서의 측위 가능성과 정밀도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다(Yun et al., 2006).

2.1.2 항공측량기술

항공사진측량은 넓은 지역을 신속히 측량할 수 있으며, 중축척 이하의 면적에서는 일반적인 지상측량 방법에 비하여 약 50% 이상의 경비를 절감할 수 있다. 최근의 항공사진측량 기술 개발은 센서의 디지털화 및 다중센서 결합에 의한 3차원 공간정보의 실시간 획득에 초점이 맞추어지고 있다(Kim et al., 2003).

GPS, INS, LiDAR 및 디지털카메라의 결합으로 대표되는 최근의 항공측량기술은 직접위치참조기법(Direct Georeferencing)에 의하여 지상기준점의 수를 획기적으로 줄임으로써 시간 및 비용을 절감할 수 있게 되었으며, 고정밀 3차원 지형·지물 데이터의 직접적인 획득이 가능하여졌다.

LiDAR에 의한 측량은 지형·지물까지의 거리를 직접 측정한다는 것과 산림에 대한 투과특성으로 인해 기존의 항공사진측량 방법에 비하여 보다 신속하고 정밀한 3차원 데이터의 획득이 가능하기 때문에 2008년부터 국가기본도 등고선 갱신에 활용되고 있다.

또한 국토지리정보원에서는 LiDAR, GPS, INS 등을 장착한 차량 MMS를 이용하여 국가기본도를 수시 수정하기 위한 연구를 2009년부터 실시하고 있다.

2.1.3 실시간 측량기술

RTK-GPS 측량은 기준국으로부터 GPS 위치보정값을 실시간으로 전송하여 관측점의 GPS 위치측정값을 보정함으로써 그 위치를 수 cm의 정밀도로 결정하는 기술이다. RTK-GPS 측량은 거의 실시간으로 정밀한 위치를 결정할 수 있다는 장점이 있지만 기준국과 관측점 사이의 거리에 따라 위치 정밀도가 저하된다는 것과 신호의 단절이 생기면 다시 처음부터 초기화 과정을 수행해야한다는 단점이 있다(Jeong, 2006).

항상 기준국에 장비를 설치해야 한다는 것과 기준국

과 관측점 사이의 거리에 따라 정밀도가 저하된다는 RTK-GPS 측량의 단점을 극복하기 위하여 네트워크 RTK가 개발되었다. 네트워크 RTK는 관측점 주변의 GPS 상시관측소로부터 관측점에 인접한 가상 기준국의 위치보정값을 생성하고 이를 이용하여 관측점의 정밀한 위치를 결정하는 기술이다. 우리나라에서는 2005년부터 네트워크 RTK 기술 중 하나인 VRS를 도입하여 서비스 중에 있다.

2.2 최신 측량기술의 지적측량 활용방안

2.2.1 3차원 지적의 필요성

지적제도를 운영하고 있는 대부분의 국가에서는 2차원의 지적정보만을 관리하고 있으며, 우리나라도 지표면을 수평경계로 구획하여 등록 및 관리하는 2차원 형태의 지적제도를 운영하고 있다. 그러나 한정된 국토공간의 효율적인 활용을 위하여 건축구조물의 고층화와 지하공간화가 점차 이루어짐에 따라 3차원 지적의 필요성이 대두되고 있다(Oh, 2004).

복잡한 3차원의 구조를 지적공부상에 등록시키기 위해서는 이를 구축하고, 활용하기 위한 법률적·기술적인 해법이 선행되어야 하지만 현재 관련 법규가 취약하고, 3차원 지적정보 획득에 상당한 시간과 예산이 소요된다. 따라서 우선적으로 현행 지적관련 법규의 체계적인 분석과 3차원 지적의 등록 대상과 범위를 구체적으로 결정할 필요가 있다.

2.2.2 3차원 지적을 위한 측량기술 활용

현재의 지적측량에서는 2차원 평면측량을 기반으로 하여 기초측량에 GPS 측량을 이용하고 있고 세부측량에 전자평판측량을 이용하고 있다. 현재 3차원 공간정보 취득을 위해 활용되고 있는 측량기술에는 Table 1과 같이 위성측량, 항공사진측량, 실시간측량 등이 있으며 효율적인 3차원 지적측량을 위해서는 이들 측량기술의 적절한 조합과 함께 적용을 위한 제도의 정립이 필요하다.

우선적으로 지상측량 부분에서는 실시간 GPS측량(네트워크 RTK 포함)을 적극적으로 활용할 수 있도록 적용범위, 방법과 절차, 성과검사 방법 등을 명확하게 정립하고, Smart Station의 활용을 위한 작업절차, 적용대상, 전자평판과 연계방안 등을 정립할 필요가 있다.

2.2.3 최신 측량기술을 이용한 지적 및 위치측량 방안

지적정보와 같이 고정밀도를 요하는 3차원 공간정보 구축에 활용할 수 있는 측량기술에는 위성측량 기술과 항공사진, 고해상도 위성영상 및 항공 LiDAR와 같은

Table 1. Surveying techniques for acquiring 3D geo-spatial information (MLTM, 2011b)

Contents	Main Elements	Main Techniques
GPS	<ul style="list-style-type: none"> • GPS Antenna, Wireless Communication Equipment, PC, GPS S/W 	<ul style="list-style-type: none"> - Data Processing, Digital Mapping, Applications
Photogrammetry (Land, Aerial)	<ul style="list-style-type: none"> • Aerial Survey Camera, Scanner, Digital Camera, Aircraft • Workstation for Digital Photogrammetry 	<ul style="list-style-type: none"> - Point/Mark Auto-ID, - Image Analysis - Matching, Orientation - Image Recognition - Applications
R/S (Multi & Hyper Spectral, SAR Image)	<ul style="list-style-type: none"> • Earth Observation Satellite, Aircraft, Receiving Facility, Sensor, Image Processing Equipment, Data Storage 	<ul style="list-style-type: none"> - Satellite & Sensor Techniques - Image Processing, Data Storage Techniques - Applications
Digital Optic Survey	<ul style="list-style-type: none"> • Total Station, Laser Ranger, Digital Level, Laser Scanner, Pen Computer 	<ul style="list-style-type: none"> - Optical Measurement - Surveying - Data Processing - Digital Mapping - Applications

항공사진측량 기술 및 GPS_토탈스테이션 등이 있다 (Lee, 2003).

현재 지적측량에 활용되고 있는 측량방법에는 세부 측량에 있어서 전자평판측량을 주로 활용하고 있으며, 기준점 또는 도근점 측량과 같은 기초측량에 있어서 GPS 측량을 활용하고 있다. 또한 3차원 지적측량의 도입을 위한 측량방법으로써 LiDAR 측량에 대한 연구가

진행 중에 있다.

지적측량에 있어서 지상 LiDAR 측량을 활용할 경우, 기존 측량 방식에 비하여 비교적 넓은 지역의 3차원 지적정보를 효율적으로 획득할 수 있으며, 작업시간의 단축과 소요비용을 절감 할 수 있다. 건축물 및 시설물의 입체적인 현황 및 제반 내역을 취득할 수 있기 때문에 2차원적인 틀에서 벗어나 3차원을 시각화하여 보

Table 2. Comparison of characteristics for various surveying techniques (MLTM, 2011b)

Surveying Techniques	Strengths	Weaknesses	Remarks (Accuracy)
Total Station (Electronic Plane Table)	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptable for all facilities - Relatively inexpensive equipment price - Repeated measurement is possible 	<ul style="list-style-type: none"> - Relatively long work time is needed. - Poor efficiency for wide area. 	<ul style="list-style-type: none"> - 3D expression is possible(sub-cm or cm)
Digital Topographic Map	<ul style="list-style-type: none"> - Easy for acquiring results - Additional data process is not needed 	<ul style="list-style-type: none"> - Cost will be changed by size of work area - Application is impossible to some part of topography eq. underground area 	<ul style="list-style-type: none"> - 3D expression is possible(about 70cm at 1/1,000 scale)
Terrestrial LiDAR	<ul style="list-style-type: none"> - Easy for obtaining the observed points - 3D elements are included in all observed points 	<ul style="list-style-type: none"> - Work-time depend on size of work area - High cost for equipments and operations 	<ul style="list-style-type: none"> - 3D expression is possible(sub-cm or cm)
Aerial LiDAR	<ul style="list-style-type: none"> - Effective for wide area - Typical active measuring technique. - Possible for obtaining homogeneous and dense observed points 	<ul style="list-style-type: none"> - Height information can be obtained only(with noise information) - Very high cost for equipments and process - Application is impossible to some part of topography eq. underground area 	<ul style="list-style-type: none"> - 3D expression is possible(Horizontal: < 0.2m, Vertical: ±15cm)

다 효율적으로 지적정보를 구축하고 관리할 수 있다 (Seo et al., 2006).

또한 지상 또는 항공 LiDAR 데이터와 지적도 전산화 파일을 중첩함으로써 토지의 입체적 분석이 가능할 뿐만 아니라 디지털 항공 정사사진을 중첩하면 현지 지상경계와 지적도상의 도상경계의 부합 정도를 확인할 수 있다. 이를 통해 향후 2.5차원 및 3차원 지적도 개념으로 확장이 가능하다.

3차원으로 지적을 표현하기 위해서는 지형을 3차원 좌표로 나타내고 지상의 건축물 및 객체에 대한 3차원 모델링이 필요하다. 따라서 3차원 지적도의 작성을 위해서는 우선 LiDAR 데이터로부터 건축물의 등록을 위한 건물분류 및 모델링을 실시하고 LiDAR 데이터로부터 해당지역에 대한 DEM을 생성하여 연속지적도와 중첩을 실시하여야 한다. 이렇게 생성된 2.5D 지적도는 분류된 건축물과의 중첩을 통하여 3차원 지적도형을 형성함으로써 3D 지적도를 구축할 수 있다.

지적측량 대상 객체의 특성에 따라 효율적인 측량기술의 적용이 필요하며, 이를 위해서는 대상 객체별 적용 가능 측량 기술에 대한 장·단점 분석과 성과물의 표현 형태 및 관련 작업규정의 정립이 필요하다.

Table 2는 각 측량기술의 장점과 단점을 비교한 것으로, 각 측량기술별 장·단점을 분석하여 지적 관련 주요 시설물 및 개체에 대한 3차원 공간정보 취득 시 가장 적합하고, 효율적인 측량방법을 선택할 필요가 있다.

3. 지적측량 목표 정확도 설정 연구

본 절에서는 최신 측량기술을 활용한 지적재조사 수행 시 지적측량의 정확도를 향상시킬 수 있는가에 대한 과학적이고, 체계적인 분석과 근거를 확보하기 위한 연구를 수행하였다.

지적재조사를 위한 지적측량의 최종적인 목표 정확도를 설정하기 위하여 우선 새로운 국가측지기준 (GRS80, ITRF2002)(MLTM, 2007)을 기준으로 결정한 정밀한 GPS 정지측량 성과를 기준으로 다양한 최신의 측량기술(전자평판, RTK-GPS, 네트워크 RTK, GPS_토털스테이션)을 활용하여 상대적으로 획득한 지적측량 성과(지적기준점과 필계점 성과)의 정확도를 분석하였다. 또한, 현재의 지적기준점 성과에 존재하는 절대오차를 시간·비용의 추가적인 손실없이 기존의 관측자료만을 통해 조정하여 소거할 수 있는 통합망조정 방안을 제시함으로써 최신 측량기술을 적용한 지적측량이 원활하게 수행될 수 있도록 하였다.

3.1 실험필지의 선정 및 측량

현재의 지적분야에서는 최신 측량기술을 사용하여 획득한 지적측량 성과가 지적측량 규정의 허용 정확도 기준에 부합하는지에 대한 과학적이고, 체계적인 분석과 근거가 다소 부족하다.

본 연구에서는 지적재조사 사업추진 과정에서 최신의 측량기술을 적용할 경우에 어느 정도 수준의 관측 정확도를 확보할 수 있는지 분석하고, 이를 지적기준점 성과의 정확도와 연계하여 지적재조사를 위한 최종적인 지적측량 목표 정확도를 설정하였다.

3.1.1 실험필지와 관측점의 선정

본 연구에서는 실험필지를 선정하기 위하여 대한지적공사 수원지사와 협의하여 최근에 구획정리가 완료되어 경계측량이 이루어진 필지 중에서 고층빌딩과 개활지가 공존하는 수원시 권선구 행정타운의 지역을 선별하였다.

실험필지 주변의 기준점 현황을 조사한 결과, 이용 가능한 지적삼각점은 2점이고 지적도근점은 5점으로 조사되었다. 실험필지 내의 관측점은 모두 26점으로 지적도근점 5점과 필지경계점 21점이 위치하고 있다.

3.1.2 정밀 GPS 정지측량방법에 의한 실험필지 측량

측량방법별 관측 정확도 분석을 위한 기준성과를 획득하기 위하여 Figure 1의 실험필지 내의 모든 관측점(지적삼각점, 지적도근점, 필지경계점, 임시기준점)에 대한 정밀 GPS 정지측량을 실시하였다.

GPS 정지측량은 국토지리정보원의 ‘GPS에 의한 기준점 측량작업규정’을 준용하여 10시간 이상의 GPS



Figure 1. Application of various surveying technique in study area

Table 3. Comparison of positioning accuracy which obtained from various surveying techniques (MLTM, 2011b)

구분	Electronic Plane Table		RTK-GPS		Network RTK		GPS Total Station	
	N	E	N	E	N	E	N	E
RMSE (m)	0.013	0.019	0.018	0.016	0.012	0.013	0.020	0.016

측량을 수행하였으며, GPS_QC 프로그램(Yun et al., 2006)을 이용하여 GPS 관측데이터의 품질을 판단하였다.

그 후 각 측량방법별 관측 정확도를 분석하기 위하여 모든 관측점에 대하여 전자평판, RTK-GPS, 네트워크 RTK, GPS_토탈스테이션 측량기술로 성과를 획득하고, GPS 정지측량 성과와 비교·분석을 수행하였다 (Table 3).

3.2 데이터 처리와 결과 분석

3.2.1 정밀 GPS 정지측량 데이터의 처리

정밀 GPS 정지측량을 통한 기준성과의 계산을 위하여 학술용 정밀 GPS 해석 S/W 중의 하나인 GAMIT/GLOBK S/W(Nikolaidis, 2002)를 사용하여 GPS 데이터를 처리 및 정밀 망조정을 수행하였다.

실험필지의 관측점들은 6개의 위성기준점(SOUL, YANP, SUWN, INCH, CHEN, SEOS)들과 연계하여 기선해석을 수행하였으며, 정밀 망조정을 위해서 동일한 기간 동안에 획득한 전국 위성기준점들의 기선해석 결과를 이용하였다.

망조정 작업은 제주 위성기준점(JEJU)을 제외한 44개 위성기준점 자료를 동시에 처리한 해석 결과와 실험필지의 관측데이터를 해석한 자료들을 통합하여 조정하였다.

3.2.2 측량방법별 정확도 분석

측량방법별 정확도 분석을 위하여 GPS 정지측량 성과의 평면좌표와 측량방법별 측량 성과의 평면좌표 간 차이를 이용하였다.

GPS 정지측량 결과 대비 측량방법별 편차들의 종합적인 분포는 North 방향으로는 93%, East 방향으로는 96%가 3 cm 이하의 편차를 가지는 것으로 나타났으며, 정확도를 분석하기 위하여 GPS 정지측량 결과 대비 RMSE를 계산하였다.

전자평판측량의 RMSE는 North 방향에서 0.013m, East 방향에서 0.019m로 계산되었으며, RTK-GPS 측량의 RMSE는 North 방향에서 0.018m, East 방향에서 0.016m로 나타났다.

또한, 네트워크 RTK 측량의 경우에는 RMSE가 North 방향에서 0.012m, East 방향에서 0.013m로 계산되었으며, GPS_토탈스테이션 측량의 RMSE는 North 방향에서 0.020m, East 방향에서 0.016m로 계산되었다.

결론적으로, 실험필지에 대한 전자평판측량, RTK-GPS, 네트워크 RTK 및 GPS_토탈스테이션 측량기술의 관측 정확도는 모두 2cm 이내로 분석되었으며, 각 기술들은 향후 지적재조사를 위한 정확한 측량기술로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

3.3 통합망조정에 의한 기준점 통합 방안

3.3.1 지적기준점 체계의 현황 및 문제점

최신 측량기술 활용을 활성화하여 측량의 정확도를 높이고, 간편하고 신뢰할 수 있는 지적성과를 제공하고, 활용할 수 있도록 하기 위해서는 측지분야와 일원화된 정확한 기준계의 확보가 절대적으로 필요하다(MLTM, 1998).

국가기준점 및 국가기본도와 이원화된 좌표계를 사용하고 있는 지적좌표계를 새로운 국가측지기준계로 변환하기 위해서는 기존 국가기본도에 적용된 방법과는 다른 변환방법을 개발하여야 한다.

좌표계 변환을 위한 시간적, 비용적 여유가 충분하고, 사회적 혼란이 발생하지 않는다면 새로운 국가측지기준계를 기준으로 전국으로 측지기준망을 재 설치하여 이원화된 기준점 체계를 통일하고, 이를 바탕으로 지적도를 제작하는 것이 최선의 방법이지만 현실적으로 적용이 어려우므로, 시간과 비용 및 사회적 혼란을 최소화하면서 지적좌표계를 새로운 국가측지기준계로 변환할 수 있는 방안을 채택하는 것이 중요하다.

3.3.2 지적좌표계의 새로운 국가측지기준계 전환 방안

지적좌표계를 새로운 국가측지기준계로 전환하기 위해서는 일반적으로 두 가지 방안을 고려할 수 있는데, 좌표계를 구성하는 모든 기준점을 일괄적으로 변환하는 전면적인 방법과 원점 계열 및 대상지역 등의 요소별로 변환하는 점진적인 방법이 있다. 새로운 국가측지기준계를 기반으로 한 지적성과의 성공적인 통일을 위

해서는 전면적 방법이든 점진적 방법이든 기 정비된 측지기준점 성과와의 연계가 반드시 필요하다.

적합한 방안의 선택은 새로운 국가측지기준계로 전환하는 목적, 범위, 향후 활용성, 이용되는 측량기술, 세부성과에 미치는 영향, 새로운 성과(새로운 국가측지기준계)를 기준으로 지적도면상의 경계와 현지 경계를 병행해서 조정할지 여부 등을 종합적으로 판단하여 선택해야 한다.

3.3.3 지적기준점 성과의 균질한 정확도 확보 방안

현행 국가기준점 성과의 정확도를 분석하기 위하여 지적기준점의 경우 2009년 국토해양부에서 수행한 ‘전국 지적기준점 구축 사업’ 및 ‘디지털 지적구축 시범사업’의 결과를 활용하였으며, 측지기준점의 경우에는 1998년부터 2002년까지 수행된 정밀 2차기준점 정비사업 자료를 현재 운영 중인 GNSS 위성기준점의 정밀 성과를 기준으로 GAMIT/GLOBK 정밀해석 S/W를 통해 재계산하여 정확도 분석을 수행하였다.

정확도 분석 결과를 토대로 지적측량 기준점의 정확도를 확보할 수 있는 방안은 크게 3가지로 구분이 가능하며, 구체적으로 1) 모든 기준점에 대한 장시간의

GPS 정밀측량을 수행하고, 학술용 정밀해석 소프트웨어에 의한 기선해석 및 전국 단일 망조정 수행, 2) 현행의 기준점 성과를 그대로 이용, 3) 정확한 측지기준점(위성기준점과 통합기준점 등)과의 연결을 통해 통합망 조정을 수행하는 방법이 있다. Table 4에는 각 기준점 통합방안별로 확보가 가능한 지적측량 목표 정확도를 나타내었다.

이 중 통합망조정을 적용하는 제3안의 경우 제1안과 제2안의 문제점을 보완하여, 모든 기준점에 대한 측량 및 자료처리 없이 기존에 처리된 결과(고시성과 및 기선백터)를 활용하여 망조정만을 수행하여 전국적으로 동일한 수준의 기준점 정확도를 향상 및 확보할 수 있는 방안이다.

이 방안은 제1안에 비하여 이론적인 정확도가 다소 저하되는 방법이지만, 추가적인 시간 및 비용의 소모를 최소화하면서 지적재조사 사업에서 고려하는 지적측량 허용 정확도를 충분히 만족시키는 정확도를 확보할 수 있는 방안이다. 또한, 현실적으로 공동활용이 불가능하였던 측지 및 지적기준점을 통합하여 모든 분야에 활용이 가능한 새로운 국가기준망 구축을 도모할 수 있는 유용한 방안이다. 따라서 지적재조사를 위

Table 4. Achievable accuracy of cadastral survey by applying reference point unification plans (MLTM, 2011b)

Plan	Main contents	Achievable accuracy of cadastral survey	Remarks
Plan 1	Precise GPS survey and analysis for all reference points	$\pm 2\text{cm} + \pm 1\text{cm} = \pm 3\text{cm}$ ※(survey error + GPS analysis error of reference point)	- Theoretically the most accurate method. - Temporal and Economic loss will be occurred by GPS survey and data analysis
Plan 2	Use of the existing results (without any GPS survey or network adjustment)	$\pm 2\text{cm} + \pm 5\text{cm} \sim \text{few m}$ $= \pm 5\text{cm} \sim \text{few m}$ ※(survey error + GPS analysis error by commercial GPS S/W + reference frame error + absolute error of reference point)	- Additional costs for GPS surveying is not needed. - It is impossible to eliminate the absolute error of reference points up to tens of cm - It is impossible to correct the differences between different reference frames
Plan 3	Unified Network Adjustment (①GPS stations+ ②Unified control point+ ③Triangulation point+ ④Cadastral reference point)	$\pm 2\text{cm} + \pm 5\text{cm} = \pm 7\text{cm}$ ※(survey error + GPS analysis error OF ①,②) + Unified Network adjustment error)	- Use only the existing GPS observations - It can be possible to get the homogeneous accuracy over whole geodetic network - It is necessary to perform the GPS connect survey between geodetic and cadastral reference point - The loss of cost, time and accuracy can be minimized

한 지적기준점 정확도 확보에 대한 최적의 방안으로는 통합망조정 방법을 적용하는 제3안이 가장 적합할 것으로 분석되었다.

3.3.4 통합망조정을 위한 지적기준점 재정비 방안

지적재조사를 위한 기반환경을 개선하기 위해서는 전국적으로 동일한 간격의 고도화된 지적기준점망을 구축해야 한다. 이는 기존의 지적기준점에 대한 재정비가 불가피하며, 구체적으로 전국 지적기준점 중 접근성, 상공시계, 후속측량에 활용성 등 GPS측량에 적합한 기준점들을 선별하여 새로운 국가측지기준계 기준의 통일된 좌표를 산출해야 한다(KCSC, 2010).

여기서 평면좌표는 위성기준점과 연계하여 계산하고, 표고는 3차원 지적기반 정립에 이용되는 지적기준점을 공동 활용한 국가수준점과 연계하여 성과를 산출해야 한다. 또한, 구소지역과 임야지역을 대상으로 지역좌표계 기준의 성과 통일을 우선 실시하고 새로운 국가측지기준계로의 전환은 단계별로 추진하는 전략을 수립하여 적용시켜야 한다.

통합망조정을 위한 기준점의 선정 및 배치는 시가지를 우선순위로 하며, 산악지역 및 농경지 등은 일정하게 밀도를 조정하여 최적망 설계에 따라 배치함으로써 통일되고 일관성있는 기준점 체계를 확립해야 한다. 또한, 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」의 규정에 적합하도록 구성되어야 하며, 국토지리정보원의 국가기준점정비계획과 연계하여 추진되어야 한다.

새로운 국가기준점망은 지적재조사 사업뿐 아니라 다양한 분야에도 효율적으로 활용될 수 있도록 높은 GPS위치 정확도를 가지는 위성기준점과 통합기준점을 기준으로 정비되어야 할 것으로 판단되며, 현행의 모든 삼각점 및 지적기준점(지적삼각점, 지적삼각보조점 및 도근점)을 기존 성과의 활용성, 배점밀도 및 최적망 구성, 동적 좌표계 보정모델과 같은 기술적 사항을 고려한 표준적이고, 합리적인 방법에 따라 재정비한 후 정밀하게 연결하여야 한다.

GPS, EDM 측량 등으로 지역적·개별적으로 계산된 모든 국가기준점 성과에 대한 정밀한 정확도 분석 및 이력분석이 선행되어야 하며, 활용 가능한 관측성과를 도출하여 기준점 배점밀도를 고려한 최적망 설계, 추가적인 연결측량 수행 및 정밀해석 S/W에 의한 단일한 기준계 상 성과계산을 체계적으로 고려하여야 한다.

3.3.5 기준점 일원화를 위한 통합망조정 적용 방안

최적망 설계에 의하여 새로운 지적기준점망에 대한 준비가 완료된 후에는 지적기준점망과 측지기준점망

간의 GPS 연결측량을 실시하고, 활용 가능한 모든 관측자료(기선벡터)를 포함하여 Block단위 / 전국단위의 망조정을 순차적으로 수행하여야 한다.

지적좌표계 통일을 위한 지적기준점(지적삼각점 및 지적도근점) 성과 계산에 있어서는 향후 GPS 측량이 최종적으로 완료되는 지적삼각점에 대해서는 블록 간 인접문제를 고려하여 국토지리정보원의 GPS 상시관측소와 연결하여 전국 동시 망조정을 실시하여야 하며, 이후 특별한 목적에 의하여 추가되거나 신설되는 지적삼각점은 동일한 선정기준을 적용하여 그 성과를 계산하여야 한다.

GPS측량 또는 토털스테이션측량, EDM측량에 의한 지적도근점은 두 가지 측량 방식을 혼합하여 망조정을 하여야 하므로 지구별 지적삼각점과 연결하여 통합망조정을 실시하여 성과를 계산하여야 한다.

지적기준점은 지적측량의 기준으로서 그 정확도가 미치는 파급효과가 크기 때문에 지적기준점 GPS 측량결과 데이터 처리와 망조정을 수행함에 있어서 일반 상용 GPS 소프트웨어가 아닌 GAMIT/GLOBK, GIPSY/OASIS, BERNES와 같은 정밀 GPS데이터 처리 소프트웨어 및 QOCA와 같은 통합망조정 프로그램을 이용하여 할 것이다.

3.4 지적재조사를 위한 통합망조정 추진 방안

통합망조정은 지적기준점을 재측량하지 않고 이미 측량된 기선벡터(GPS, EDM 측량벡터 등)만을 사용할 수 있어 추가적인 비용과 시간을 낭비하지 않고서도 측지기준점과 동일한 수준의 정확도를 확보할 수 있는 방안이다. 또한 주기적으로 고시·관리되고 있는 측지기준점 성과를 사용함으로써 지적재조사를 위한 지적측량의 목표 정확도를 제도적·기술적으로 명확하게 규정할 수 있다.

다만, 지적기준점과 측지기준점을 사용하는 목적이 다르기 때문에 지적측량은 물론 다양한 분야에서 이용할 수 있는 국가기준망을 구축하기 위해서는 최적합하게 설계된 통합기준점망을 구성함으로써 성과의 정확도를 향상시킬 필요가 있다.

따라서 통합망조정 방법에 의해 일원화된 국가기준점을 확보하기 위해서는 측지와 지적분야의 다양한 측량성과를 정리·분석하고, 이를 통해 최적의 통합망조정 프로세스를 도출하여야 한다.

측지 및 지적기준점 일원화를 위한 통합망조정은 상기와 같은 사항을 고려 체계적인 추진전략 및 세부내용을 통해 수행되어야 하며, 지적재조사의 조속한 시행을 지원하기 위해서 모든 단계를 최대 2~3년 이내에 수

행하여 측지 및 지적기준점 간의 통일되고, 균질한 성과 및 정확도를 전 국토에 걸쳐 확보할 필요가 있다.

결론적으로, 지적재조사 수행 시 통합망조정을 통해 정확한 지적기준점 성과가 확보되면 최신의 측량기술을 지적측량에 효율적으로 활용하는 것이 가능하며, 이를 통해 필지경계점까지 수 cm급의 위치정확도를 확보할 수 있어 국민에게 보다 정확한 지적정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

4. RTK-GPS 활용 및 성과검증 방안

4.1 RTK-GPS에 의한 지적측량 방안

RTK-GPS 측량의 취약점은 GPS 신호 수신 환경에 따라 위치측정 결과의 정확도가 달라진다는 점과 관련된 상세한 작업규정이 없다는 점 및 정밀한 성과검증이 어렵다는 점이다(Lee, 2005).

따라서 RTK-GPS 측량의 취약점을 보완하여 기초측량 뿐만 아니라 세부측량에도 확대하여 적용하기 위한 방안에는 활용범위의 명확한 규정, 기타 측량방법과의 연계, 실시간 DOP 지도서비스 운영, 실시간 성과검증 시스템 도입 등이 있다.

RTK-GPS 측량과 관련된 상세한 작업규정과 매뉴얼을 작성하되 RTK-GPS 측량을 적용하기에 적합한 환경과 상황별 작업방법을 명확하게 제시함으로써 RTK-GPS를 선택적으로 사용할 수 있도록 하여야 한다.

GPS 위성신호 수신환경을 고려하여 RTK-GPS를 선택적으로 사용할 수 있도록 하려면 측량을 수행하기 전에 작업현장의 GPS 위성신호 수신환경을 파악할 수 있어야 한다. 이를 위해 DOP를 실시간으로 실내에서 조회할 수 있도록 실시간 DOP 지도서비스 운영이 필요하다.

RTK-GPS 측량의 취약점 중의 하나인 성과검증 방안 부재의 문제를 해결할 수 있는 방안으로는 실시간 성과검증 시스템을 도입하여 활용하는 것을 들 수 있다. 이것은 현장에서의 측량 작업과 동시에 측량 결과 및 관련 이력 정보가 실시간 성과검증 시스템에 전송되도록 함으로써 현장 작업자의 과오나 고의적인 성과 조작 등이 방지되도록 하는 것이다.

4.2 RTK-GPS 지적측량 작업규정(안) 제시

여기서는 RTK-GPS를 이용한 지적측량 활용을 위하여 지적측량 작업규정에 관한 연구를 수행하였으며, RTK-GPS 측량방식 중에서 네트워크 RTK 측량을 이용한 지적측량 작업규정(안)을 작성하였다. 작성된 작업규정(안)의 내용 전문은 MLTM(2011b)를 참조할 수 있다.

4.3 지적측량 성과검증 방안

본 절에서는 지적측량 성과를 적합하게 검증하는 방안에 대하여 다루었다. 현재 지적측량 성과에 대한 검사는 지적소관청에서 담당하도록 되어 있으나 보다 효율적이고 정확한 검사가 수행되려면 전문적인 성과검증기관에서 이를 담당하는 것이 올바르다고 판단되었다.

4.3.1 기존 성과심사 규정 분석

공공측량은 국토지리정보원에 의하여 관리되고 있으나 성과의 심사는 수탁기관인 대한측량협회에서 수행하고 있다. 공공측량 성과심사의 방법과 기준은 「공공측량 성과심사규정」(국토지리정보원 고시 제2009-960호)에 고시되어 있다. 성과심사의 방법으로는 사업수행 결과에서 일정 수량의 표본을 추출하고 표본에 대하여 심사하는 방법을 사용하고 있으며, 표본의 추출 방법은

Table 5. Main contents of evaluation strategy for cadastral surveying (MLTM, 2011)

Content	Descriptions
Classification of detailed evaluation	Basic survey (All surveying for reference points) Applied Survey (Boundary, Portion, Reconnaissance Surveying)
Object of evaluation	All kinds of results from cadastral surveying
Standards of evaluation	Act on Surveying, Hydrographic Survey and Cadastre(included with the related enforcement decree and enforcement ordinance) Enforcement Ordinance of cadastral surveying
Evaluation Method	Compatibility evaluation of results(interior test, lot test) Accuracy evaluation of surveying results(outside test, 5~10% sampling test)
Sampling	Random sampling
Survey equipment for evaluation	Test for basic surveying (triangulation and assistance Point) : GPS (static survey) Test for Supplementary control point and parcel boundary : GPS Total station, RTK-GPS. Total station * All equipments should have been tested the performance test within the last three years

무작위 추출 방법을 사용하도록 하고 있다.

기본측량은 국토지리정보원에서 수행하는 측량으로 측량의 시행과 성과검사가 모두 국토지리정보원에서 수행되고 있다. 기본측량 성과의 검수에 적용하는 규정으로는 “용역검사업무규정”(국토지리정보원 예규 제4호)이 있으며 심사의 주요 내용과 방법은 공공측량의 방법과 유사하다.

공공측량과 기본측량 모두 표본 추출과 실내검사를 원칙으로 하되 선택적으로 현장 검측을 수행하도록 하고 있다. 이러한 심사 방식은 비교적 빠른 기간 내에 성과심사를 수행할 수 있고 성과물을 비교적 정확하게 평가할 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 대부분 실내검수에 의하는 방법은 애기치 못한 상황으로 인하여 발생한 측량 오류를 방지하기 어렵다는 단점을 가지고 있다.

4.3.2 지적측량 성과심사 방안

지적측량과 관련된 기관에 성과심사를 위탁하거나 감리제도를 도입하여 소관청에서 담당하던 심사업무를 수행하도록 하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

올바른 성과심사가 이루어지고 지적측량의 정확도가 관리되도록 하려면 성과검사기관에서 성과심사의 기능 외에 측량기기 성능검사, 실시간 성과검사 시스템의 운영 등의 기능까지 담당하도록 하는 것이 필요하다. 다음의 Figure 2는 향후 설정되어야 할 지적측량 성과심사 기관의 역할(안)을 나타낸 것이다.

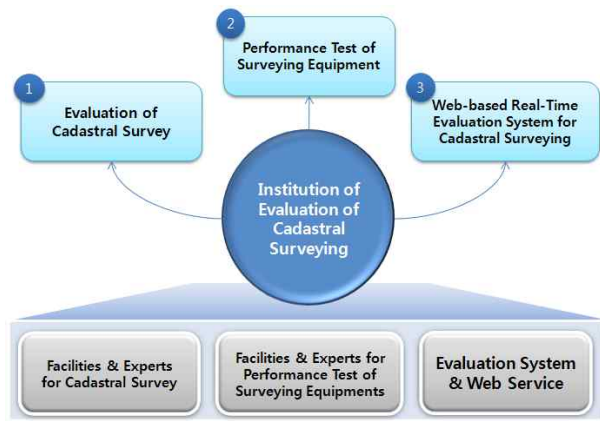


Figure 2. Role planning for the institution of evaluation of cadastral surveying

5. 결 론

본 연구에서는 지적재조사를 위해 활용이 가능한 다양한 지적측량 기술의 효율성과 정확성 향상을 위하여

현행의 평판측량과 전자평판에 의한 지적측량 작업과정과 성과를 비교·분석하고, 각 방법별 업무의 효율성 제고 방안을 연구한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 최신 측량기술의 장·단점을 분석하고 지적측량 대상의 특성에 따른 적합한 측량기술들을 분석함으로써 향후 지적재조사를 위한 효율적인 최신 측량기술 도입의 기초를 마련하였다. 연구의 결과, 지적기준점과 같은 기초 측량에 있어서는 GNSS 측량을 이용하고 세부측량에 있어서는 규모에 따라 GPS_토탈스테이션과 항공사진측량을 적절히 활용하며, 3차원 측량에 있어서는 GPS_토탈스테이션과 LiDAR 측량을 활용하는 것이 효과적인 것을 알았다.

2. 지적재조사를 위한 지적측량의 최종적인 목표 정확도를 설정하기 위하여 우선 새로운 국가측지기준(GRS80, ITRF2002)을 기준으로 결정한 정밀한 GPS 정지측량 성과를 기준으로 전자평판, RTK-GPS, 네트워크 RTK, GPS_토탈스테이션을 활용하여 상대적으로 획득한 지적측량 성과(지적기준점과 필계점 성과)의 정확도를 분석한 결과, 새로운 국가측지기준계 상에서 $\pm 2\text{cm}$ 이내의 관측 정확도를 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 향후 지적재조사를 위한 정확한 지적측량기술로서 사용할 수 있다.

3. 본 연구에서 분석한 GNSS 기반의 측량기술은 새로운 세계측지계 상에서 정확한 성과를 획득할 수 있는 방법이지만, 장비의 도입 및 규정 부재 등의 문제로 지적재조사 시 전면적인 도입은 어려울 것이다. 따라서 지적재조사를 위한 현행 지적측량 기술의 기반환경을 개선하고, 지적측량의 목표 정확도를 향상시키기 위해서는 전국적으로 동일한 간격의 고도화된 지적기준점망을 새롭게 구축해야 하며 새로운 지적기준점망 정확도 확보를 위한 최적의 방안으로는 통합망조정 방법을 적용하는 방안이 가장 적합하다.

4. 통합망조정을 적용하는 경우에는 측지기준점을 기준으로 간단한 GPS 연결측량만을 통해 전국적으로 약 $\pm 5\text{cm}$ 수준의 지적기준점 정확도를 확보할 수 있으며 지적재조사를 위한 최종적인 지적측량의 목표 정확도는 통합망조정을 통해 지적기준점이 정비되고, 정비된 지적기준점만을 측량에 이용하는 경우에는 최신 측량기술의 관측 정확도 $\pm 2\text{cm}$ 를 포함하여 약 $\pm 7\text{cm}$ 수준으로 설정하는 것이 타당하다.

5. RTK-GPS의 활성화를 위해서는 활용범위의 명확한 정의와 관련 매뉴얼이 제작되어야 하고 상세한 작업규정이 작성되어야 한다. 성과검사기관의 운영은 지적측량의 정확도와 신뢰도를 전반적으로 향상시키는 효과를 가져 올 수 있으며, 성과검사가 엄밀하고 정확하

게 이루어지려면 성과검사기관이 지적측량 성과심사 역할 외에 측량기기 성능검사와 실시간 성과검사 시스템 운영 등의 역할까지 담당하도록 하여 지적측량의 정확도를 전반적으로 관리하고 지속적으로 모니터링 할 수 있도록 하여야한다.

참고문헌

1. Gang, T.S., 2000, Intellectual cadastral surveying, Hyeongseol Publishers Press.
2. Ji, J.D., 2003, Understanding of the cadastral, Kimoondang Publishers Press.
3. KCSC, 2007, The introduction of a 3D cadastre system for cadastral surveying and intellectual study of registration, Korea Cadastral Survey Corp.
4. KCSC, 2010, Digital cadastral build a pilot project interim evaluation research, Korea Cadastral Survey Corp., pp. 2-15.
5. Kim, G.L., Choi, W.J., Im, G.H., 2003, Systematic coordinate transformation between different projection zones using GPS survey results, Proc of Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography, Cheju, Korea, pp. 21-26.
6. Lee, I.S., 2005, Accuracy estimation of RTK GPS mapping in the different seasons, Journal of Korean GIS Society, Vol. 13, No. 1, pp. 19-29.
7. Lee, W.H., 2003, A study on the 3-dimensional modeling of buildings in urban areas using digital maps and LiDAR data, M.D. dissertation, Seoul National University.
8. MLTM, 1998, Terrain information and intellectual linkage utilization research, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, pp. 14-112.
9. MLTM, 2007, Countries for linking GIS and pointed out the coordinates of the world coordinate system conversion research, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
10. MLTM, 2011a, Act on surveying, hydrographic survey and cadastre, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
11. MLTM, 2011b, Cadastral resurvey based build research part 6: latest surveying technologies and real-time verification system for improving the accuracy of cadastral survey study of applying, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
12. Nikolaidis, R. 2002. Observation of geodetic and seismic deformation with the global positioning system, Ph.D. dissertation, Univ. California, San Diego.
13. Oh, Y.K., 2004, A study on 3D information cadastral map modeling for effective building registration, Ph.D. dissertation, Kanwon National University, pp. 14-114.
14. Seo, J.H., Hong, S.E., Park S.H., 2006, A study on a 3D cadastral data model in korea, Geographical Journal of Korea, Vol. 40, No. 3, pp. 433-447.
15. Yun, H.S., Lee, D.H., Lee, Y.G., Cho, J.M., 2006, Development of GPS data quality control program, Journal of Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography, Vol. 24, No. 1, pp. 9-18.