

GPS 및 토탈스테이션을 이용한 대학시설물 현황측량의 성과분석 Evaluation of GPS and Totalstation Surveying for University Facilities Mapping

박병욱¹⁾ · 이대근²⁾ · 서상일³⁾

Park, Byung Uk · Lee, Dae Geun · Seo, Sang Il

¹⁾ 한경대학교 이공대학 토목공학과 부교수(E-mail:ukpark@hnu.hankyong.ac.kr)

²⁾ 한국종합기술개발공사 조경부(E-mail:ldg416@hanmail.net)

³⁾ 한경대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:ssi76@hanmail.net)

Abstract

This study presents the detailed methods for university facilities mapping using GPS and totalstation. In the control survey by GPS network adjustment, the level of significance for the height value of fourth order triangulation stations was estimated about 10cm. The accuracy analysis of height determination by totalstation for the traverse points showed that the RMSE came out 9mm to the basis of direct leveling, so it indicated that trigonometric leveling by totalstation was correct comparatively. For GPS/RTK method, the result of accuracy analysis about traverse points showed that the RMSE came out 33mm in horizontal location to the basis of totalstation's outcome and 15mm in height value to the basis of direct leveling. In the construction survey, GPS/RTK surveying is quicker and more economical than totalstation surveying in the feasible areas of GPS surveying, but there were many impossible areas for GPS/RTK surveying by the obstacles like a building.

1. 서론

GPS 측량은 측위위성으로부터 데이터를 수신하여 관측점의 3차원 위치를 결정하는 것으로, 보다 높은 정확도와 장거리 측량이 가능하고 관측점간의 시통과 기상의 영향을 받지 않는 신속하고 효율적인 방법으로서 그 우수성이 인정되어 세계적으로 보급이 확대되고 있다. 한편 재래식 측량방법에 있어서는 광과거리 측정기와 디지털 테오도라이트를 병합한 토탈스테이션의 등장으로 인하여 기존의 기준점측량 뿐만 아니라 현황측량에 있어서도 토탈스테이션의 활용이 증대되고 있다. 따라서 오늘날 지상측량에 있어서는 GPS 측량과 토탈스테이션 측량이 주류를 이루어 가고 있는 추세이다.

본 연구에서는 이러한 GPS 및 토탈스테이션 측량을 대학교의 시설물 현황측량에 적용해 봄으로써 각각의 정확성, 경제성, 신속성을 비교 분석하여 장단점을 파악하고자 하였으며, 아울러 이러한 측량방법을 현황측량에 적용하기 위한 구체적인 방법을 제시하고자 한다. 국내의 선행연구로 이인수 등(2002)에 의해 이와 유사한 내용이 발표된 바 있으나, 본 연구를 통하여 기준점측량, 도근점측량, 세부 현황측량을 위한 보다 구체적 방법을 제시하였으며, 각 단계별로 다양한 정확도 평가를 실시하였다.

일차적으로 대학 주변의 4등 삼각점인 진천 402와 안성 449를 이용하여 교내에 2개의 기준점을 설치하기 위한 GPS 정지측량을 실시하였다. 한편 GPS 망조정에서 고정점으로 사용하는 삼각점의 표고 성과는 정확도가 떨어지므로, 주변의 2등 수준점으로부터 직접수준측량에 의해 기준점에 대한 표고를 결정하였으며, 이를 GPS 망조정 결과와 비교하였다.

토탈스테이션에 의한 현황측량을 위하여 교내 2개의 기준점을 바탕으로 18개의 도근점을 추가로 설치하고 이를 결합트래버스망으로 구성하여 도근점측량을 실시하였으며, 아울러 도근점에 대하여 직접수준측량을 실시하여 토탈스테이션에 의한 성과와 비교함으로써 토탈스테이션에 의한 표고 결정의 정확도를

검증하였다. 이러한 도근점 성과를 바탕으로 토탈스테이션을 이용하여 대학시설물에 대한 현황측량을 실시하였다.

GPS에 의한 현황측량에 있어서는 이동측량 방법중 RTK(Real Time Kinematic)방법을 적용하였으며, 이를 위하여 교내 2개의 기준점으로부터 GPS 정지측량 방법으로 RTK 기준국을 제3공학관 옥상에 설치하였다. RTK 측량의 정확도를 검증하기 위하여 도근점에 대하여 RTK측량을 실시한 후 토탈스테이션 측량의 성과와 비교하였으며, 이후 토탈스테이션으로 현황측량한 시설물에 대하여 RTK 방법으로 현황측량을 실시하여 그 결과를 비교 분석하였다. 또한 각각의 측량방법에 있어서 시간 및 투입 인력을 비교하여 경제성 및 신속성을 분석하였다.

2. 기준점측량

토탈스테이션에 의한 현황측량을 위해서는 대상지역내에 좌표를 아는 기준점이 최소한 2점 이상 확보되어야 한다. 이를 위하여 교내에 상호 시통이 가능하면서 변장의 길이가 길고 위성의 수신에 영향을 받지 않는 곳에 2개의 기준점(AS.01, AS.02)을 설치하고, 이에 대한 좌표를 결정하기 위하여 대학 주변의 4등 삼각점 진천 402와 안성 449를 연결하는 GPS 관측망을 구성하여 GPS 정지측량을 실시하였다. 관측시간은 측점당 약 2시간 정도 관측하였고 관측장비로는 Trimble사의 4000ssi와 4800, 5700 시스템을 사용하였으며, 이 시스템은 정지측량시 수평위치 5mm+1ppm, 수직위치 10mm+1ppm의 정확도를 가지고 있다. 그림 1은 이러한 GPS 관측망도를 나타낸 것이다.

우리나라 국가삼각점 성과는 대부분 신뢰할 수 있지만, 간혹 삼각점 관리의 소홀로 문제가 발생한 삼각점도 있기 때문에, 기준점 성과 산정에 앞서 고정점으로 활용하는 2개의 4등 삼각점에 대한 고시성과 검증 실시하였다. 이를 위하여 연구대상 지역에 가장 가까이 위치한 GPS 상시관측점인 수원(SUWN), 원주(WNJU), 서산(SEOS), 청주(CNJU) 상시관측점 데이터를 이용하여 4등 삼각점에 대한 고시성과를 검증하였으며, 그림 2는 GPS 상시관측점과 4등 삼각점을 연결한 관측망도이다. 검증결과 두 삼각점 모두 수평위치 차이가 약 0.25m 정도로 나타나 신뢰할 수 있음을 알 수 있었다.

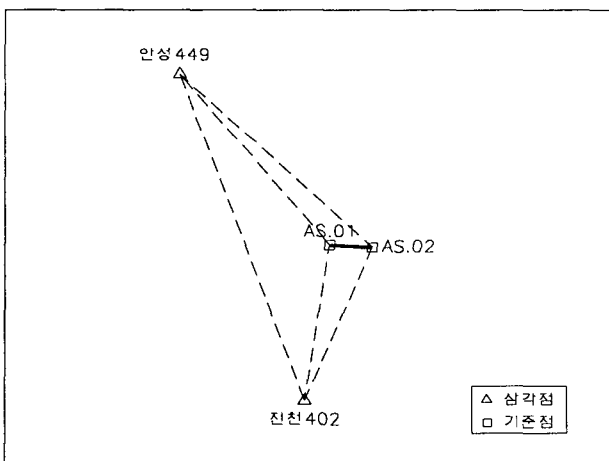


그림 1. 기준점측량을 위한 GPS 관측망도

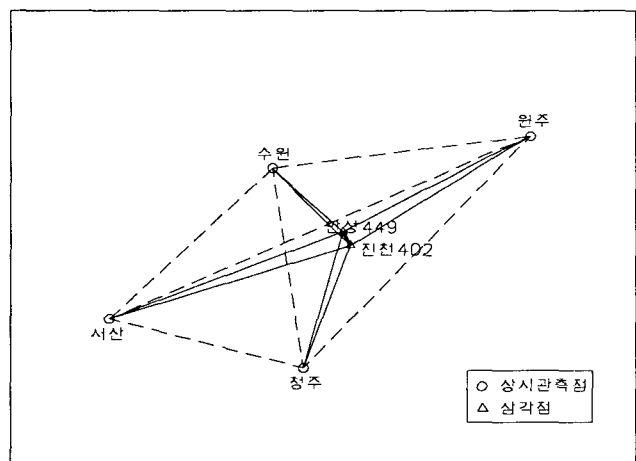


그림 2. GPS 상시관측점을 포함한 관측망도

따라서, 그림 1의 관측망에 대해서 4등 삼각점의 고시성과를 고정하여 교내 기준점 성과 산출을 위한 망조정을 실시하였으며, 이때 관측망의 전체 면적이 비교적 작으므로 삼각점의 평면직각좌표 및 표고성과를 고정하여 기선처리 및 망조정함으로써 교내 기준점의 평면직각좌표 및 표고를 직접 구하였다.

대부분의 삼각점 표고는 간접수준측량에 의해 얻어진 값이므로 신뢰성이 떨어진다고 할 수 있다. 본 연구에서는 GPS 망조정으로 결정된 기준점의 표고값을 확인하기 위하여 연구대상 지역 부근에 있는 2등 수준점을 이용하여 왕복측량 방법으로 기준점에 대한 직접수준측량을 실시하였다. 수준측량 장비로는 Leica사의 NA2002 전자레벨을 사용하였으며, 그 성능은 1mm까지 자동 관측이 가능하다.

표 1에 GPS 기준점측량 성과 및 직접수준측량 결과를 나타냈으며, 직접수준측량 결과를 GPS 기준점측량에서 얻은 표고값과 비교한 결과, 각각 0.072m, 0.082m 차이가 나타나 4등 삼각점의 표고 신뢰도가 약 10cm 정도임을 알 수 있었다.

표 1. 4등 삼각점 고시성과를 고정한 교내 기준점 성과 및 직접수준측량 결과

관측점명칭	GPS 기준점측량 성과				직접수준측량 성과(m)	표고 차(m)
	X(m)	Y(m)	표고(m)	비 고		
진천 402	388,753.490	223,024.557	78.540	X,Y,H 고정		
안성 449	391,224.549	222,152.837	137.980	X,Y,H 고정		
AS.01	389,985.154	223,206.699	28.831		28.759	0.072
AS.02	389,830.611	223,372.819	29.810		29.728	0.082

3. 도근점측량

3.1 토탈스테이션에 의한 도근점측량

토탈스테이션에 의한 현황측량을 위해서는 대상지역 전역에 걸쳐 적당한 간격으로 도근점이 배치되어야 한다. 본 연구에서는 그림 3과 같이 기준점을 바탕으로 1차 결합트래버스 망을 구성하고, 다시 2개의 2차 결합트래버스 망을 구성하여 총 18개의 도근점을 설치하였다.

토탈스테이션을 이용하여 각 측점에서 수평각과 도근점간의 거리를 측정하였고 또한 고저차를 직접측량하였다. 사용된 측량장비는 Sokkia의 Set4110R로서 측각 정확도는 5", 거리측정 정확도는 5mm+2ppm×D 이다.

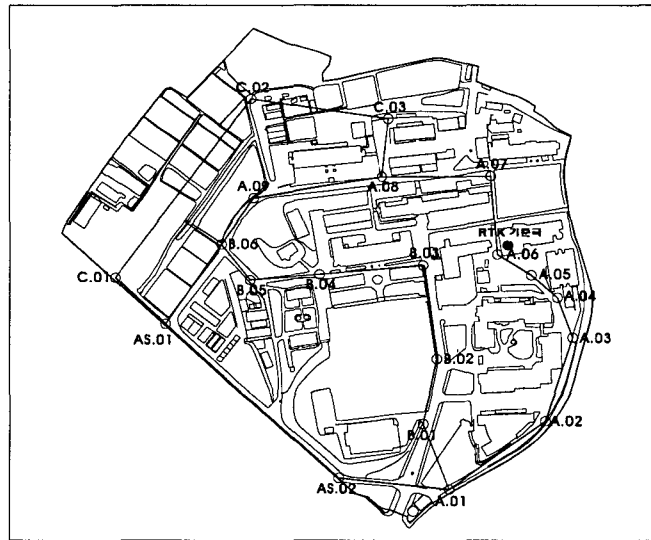


그림 3. 결합트래버스 관측망도

결합트래버스 망에 의한 도근점측량시 토탈스테이션으로 도근점에 대한 표고도 직접 측량한 후 망조정함으로써 표고를 결정하였으며, 이를 직접수준측량 결과와 비교하였다. 직접수준측량은 AS.01 및 AS.02를 기지로 하여 자동레벨(Sokkia B20)을 사용하여 결합수준측량 방법으로 실시하였다. 표 2에 토탈스테이션 측량 및 직접수준측량에 의한 도근점의 표고값을 나타냈으며, 직접수준측량 결과를 기준으로 할 때 토탈스테이션에 의한 표고 결정의 평균제곱근오차는 9mm로 나타났다. 따라서 토탈스테이션에 의한 표고 측정도 비교적 정확함을 알 수 있다.

표 2. 토탈스테이션 측량 및 직접수준측량에 의한 표고값 비교

측 점	토탈스테이션	직접수준측량	dH(m)
	표고값(m)	표고값(m)	
A01	33.137	33.131	0.006
A02	36.646	36.636	0.010
A03	36.783	36.780	0.003
A04	37.471	37.463	0.008
A05	40.183	40.179	0.004
A06	40.275	40.270	0.005
A07	39.777	39.772	0.005
A08	36.515	36.511	0.004
A09	33.582	33.580	0.002
B01	34.979	34.977	0.002
B02	36.681	36.677	0.004
B03	38.074	38.073	0.001
B04	37.509	37.509	0.000
B05	31.318	31.322	-0.004
B06	31.741	31.745	-0.004
C01	37.236	37.217	0.019
C02	30.087	30.071	0.016
C03	28.503	28.485	0.018
RMSE			0.009

3.2 GPS/RTK에 의한 도근점측량

RTK 측량을 위해서는 RTK 기준국이 필요하다. 본 연구에 사용된 RTK용 라디오 모뎀의 수신범위는 약 3km 정도이지만 대학시설물과 같이 고층 빌딩이 존재할 경우 수신범위는 현저히 저하된다. 따라서 본 연구에서는 RTK 기준국을 교내에서 가장 높은 위치에 자리한 제3공학관 옥상에 설치하고, 교내 기준점 2점을 고정된 GPS 정지측량 방법으로 위치를 결정하였다.

GPS/RTK에 의한 현황측량에 앞서, RTK 측량의 정확도를 검증하기 위하여 3.1절에서 결정한 도근점에 대하여 RTK 측량을 실시하였다. RTK측량에서는 기지점을 대상으로 미리 자체검정을 실시하는 것이 좋으므로 이동용 GPS 수신기로 AS.01과 AS.02에서 자체검정을 실시하여 위치오차를 확인하였다. RTK 방법의 적용에 있어서 수신시간은 측점당 5초를 기준으로, 오차범위 한계는 수평으로 0.015m, 수직으로 0.030m 정도의 기준을 가지고 데이터를 받았다. 그 결과, 대부분 도근점의 성과를 취득했지만 A06과 A07에서는 라디오 모뎀의 수신이 되지 않아 성과를 취득하지 못했다.

RTK에 의한 도근점측량 성과를 분석하기 위하여 수평위치에 대해서는 토탈스테이션의 성과를 기준으로, 표고에 대해서는 직접수준측량 성과와 비교하였다. 그 결과, 표 3에 나타난 바와 같이 수평위치의 평균제곱근오차는 33mm, 표고의 평균제곱근오차는 15mm로 나타나, 비교적 정확함을 알 수 있다.

4. 현황측량

3.1절에서 결정한 도근점을 기지점으로 하여 토탈스테이션에 의한 현황측량을 실시하였다. 구체적으로는, 이미 좌표가 결정된 기준점 또는 도근점을 기계점과 후시점으로 각각 선정하여 방향각을 설정한 후 지형 및 시설물의 가장자리에 프리즘을 세워 현황측량을 수행하였다. 토탈스테이션의 경우 접근이 불가능한 지역을 제외하고는 모든 부분에서 측량이 가능하여 대상지 전체의 성과를 얻는데 전혀 문제가 없었다. 그림 4는 토탈스테이션을 이용하여 얻은 현황측량 성과를 나타낸 것이다.

표 3. GPS/RTK에 의한 도근점측량의 정확도 분석

측점	RTK-토탈스테이션			RTK-직접수준
	dX(m)	dY(m)	dXY(m)	dH(m)
A01	0.006	0.035	0.036	-0.005
A02	0.024	0.015	0.028	-0.002
A03	0.003	-0.010	0.010	-0.007
A04	0.018	0.018	0.026	-0.006
A05	-0.024	0.021	0.032	0.025
A06	-	-	-	-
A07	-	-	-	-
A08	-0.052	-0.037	0.064	0.005
A09	-0.022	-0.005	0.023	-0.018
B01	-0.018	0.010	0.021	-0.006
B02	-0.021	0.021	0.030	-0.08
B03	0.021	0.029	0.036	-0.016
B04	0.033	0.001	0.033	0.000
B05	-0.033	0.016	0.037	0.007
B06	-0.003	0.001	0.003	0.003
C01	0.038	-0.034	0.051	-0.044
C02	-0.012	0.003	0.012	0.007
C03	-0.027	0.016	0.031	0.005
RMSE	0.025	0.021	0.033	0.015

GPS/RTK에 의한 현황측량은 토탈스테이션 측량과는 달리 도근점을 이용할 필요가 없다. 본 연구에서는 제3공학관 옥상의 RTK 기준국에 GPS 수신기 및 라디오 모뎀을 고정시키고, RTK 이동용 GPS 수신기를 토탈스테이션으로 현황측량한 시설물과 같은 위치로 이동시키는 방법으로 현황측량을 실시하였다. 그림 5는 RTK 이동측량에 의한 현황측량 성과를 나타낸 것이다. 그림을 통해 알 수 있듯이 RTK의 경우 운동장 주변이나 주차장 같이 위성신호 수신에 장애가 없는 부분에서는 성과를 취득하는데 문제가 없었으나, 건물주변은 RTK 기준국이 높은 위치에 있음에도 불구하고 위성신호 수신에 불가능하여 거의 성과를 얻지 못하였다. 따라서, 고층건물 주위와 같은 경우에는 GPS에 의한 현황측량보다는 토탈스테이션을 이용하여 측량을 하여야 함을 알 수 있었다.

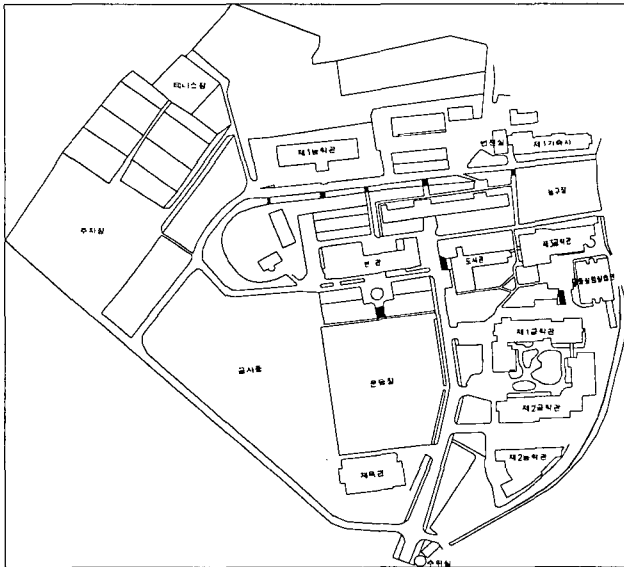


그림 4. 토탈스테이션을 이용한 현황측량 평면도

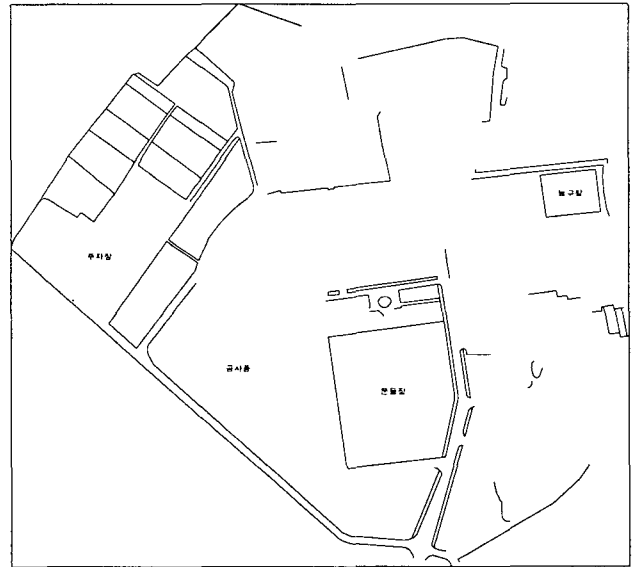


그림 5. GPS/RTK를 이용한 현황측량 평면도

토탈스테이션 및 GPS에 의한 현황측량 성과의 일치정도를 파악하기 위하여, GPS/RTK에 의한 현황측량 성과가 비교적 많이 취득된 운동장 주변의 평면도를 서로 중첩시켜 수평위치를 비교하여 보았다. 그 결과를 그림 6에 나타냈으며, 두 성과가 상당히 잘 일치함을 알 수 있다.

현황측량의 경제성을 분석하기 위하여 각 측량방법별 현황측량에 투입된 시간과 인력을 산정하였으며, 그 결과를 표 4에 나타냈다. 토탈스테이션 현황측량의 경우 평균 3명씩 31시간을 측량한 반면, RTK 현황측량의 경우 1명이 15시간 정도 측량을 하여 성과를 얻었다. 이로부터 인력 및 투입시간에 있어서 RTK 측량이 토탈스테이션에 비해 2~3배 정도 경제적이고 신속함을 알 수 있다.

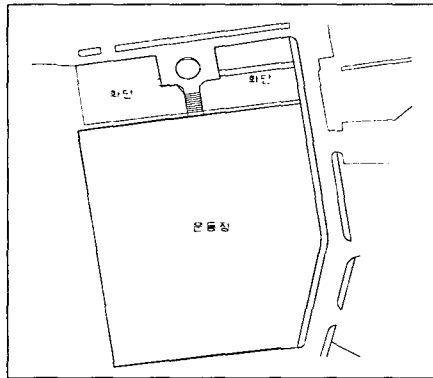


그림 6. 운동장 주변의 현황측량 성과 비교도

표 4. 현황측량 투입시간 및 인력 비교

구 분	측량날짜	측량시간	투입인력
토탈스테이션 현황측량	3월22일	8시간	4명
	4월5일	6시간	3명
	4월6일	5시간	3명
	4월13일	6시간	2명
	4월19일	6시간	2명
	소 계	31시간	
GPS/RTK 현황측량	4월26일	9시간	1명
	5월1일	6시간	1명
	소 계	15시간	

5. 결 론

본 연구에서는 GPS 및 토탈스테이션 측량을 대학교의 시설물 현황측량에 적용하기 위한 구체적인 방법을 제시하였으며, 각각의 측량 단계에서 정확도 평가를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. GPS 정지측량에 의한 기준점측량에서 4등 삼각점의 X, Y, H를 고정하여 구한 기준점의 표고값과 2등 수준점을 이용하여 직접수준측량한 성과를 비교한 결과, 4등 삼각점의 표고 신뢰도가 약 10cm 정도임을 알 수 있었다.
2. 도근점에 대하여 토탈스테이션과 직접수준측량의 표고 성과를 비교한 결과, 직접수준측량 결과를 기준으로 할 때 토탈스테이션에 의한 표고 결정의 평균제곱근오차가 9mm로 나타나 토탈스테이션에 의한 표고 측정도 비교적 정확함을 알 수 있었다.
3. 도근점을 이용하여 GPS/RTK 방법의 정확도 분석을 실시한 결과 평균제곱근오차는, 수평위치에 대해서는 토탈스테이션의 성과를 기준으로 33mm, 표고에 대해서는 직접수준측량의 성과를 기준으로 15mm로 나타났다.
4. 현황측량에 대하여 토탈스테이션과 GPS/RTK 측량을 비교한 결과, GPS/RTK 측량이 가능한 지역에서는 토탈스테이션보다 GPS 측량방법이 더욱 신속하고 경제적이다, GPS 현황측량은 건물 등에 의해 측량이 불가능한 지역이 많음을 알 수 있었다. 따라서 도시지역의 현황측량에 있어서는 사전조사를 통하여 GPS/RTK측량과 토탈스테이션 측량의 측량범위를 정하여 병행하는 것이 효과적이라고 판단된다.

참고문헌

1. 유상근, 이규석 (2000), GPS 및 TotalStation을 이용한 PC용 개체지향 도시 기반 시설물 관리 시스템 구축, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제18권, 제1호, pp. 41~49.
2. 이인수, 이기부, 박운용 (2002), RTK GPS측량과 토탈스테이션에 의한 교내 평면도 제작, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제10권, 제4호, pp. 69~76.