

GPS와 EDM을 이용한 정밀 3차원 지형구축

A Study on the Accurate 3D Terrain Model Using GPS and EDM

곽영주¹⁾ · 장용구²⁾ · 김상석³⁾ · 강인준⁴⁾

Kwak, Young Joo · Jang Yong Gu · Kim Sang Suk · Kang, In Joon

¹⁾ 부산대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail: maestro99@hanmail.net)

²⁾ 한국건설기술연구원 건설정보화연구부 GIS/LBS연구센터 선임연구원 공학박사(E-mail:wkddydm@kict.re.kr)

³⁾ 부산대학교 공과대학 토목공학과 박사수료(E-mail: civil-1614@hanmail.net)

⁴⁾ 부산대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail: kangprof@pusan.ac.kr)

Abstract

Recently, the old surveying method for acquiring surveying-geo information results had a low economic efficiency and a low dependence of precision because it took much times and high costs.

So, we acquired law data by execution of control surveying through Static positioning of DGPS(Ashtech). It is computed plainmetric(X, Y) positioning through postprocessing by Prism S/W. And we computed height(Z) through control surveying by ring-closed leveling surveying. After control surveying execution, we built DEM(Digital Elevation Model) using LDT S/W and accuracy 3D detail surveying by EDM(Electronic Distance Measurement) surveying. The purpose of this study was to yield automated digital mapping and the automated amount of materials using ahead data.

The conclusions were as follows; First, we built the automated amount of materials system and got high efficiency about personnel, times and precision. Second, when people precisely positioned on railroads of a high-speed railroad and used GPS surveying, the result was permitted. Finally, it was possible to draw automated profile and cross-section using the 3D terrain model build with the DEM technique.

1. 서 론

근래, 소개되고 있는 최신의 측량기법과 S/W는 재래적인 측량방법이 가지고 있던 문제점을 혁신적으로 개선하여 시간 및 측량인원에 대한 비용절감과 정확도 향상이라는 큰 기대효과를 가져오고 있다. GPS 측량은 미국방성에 군사적 목적으로 개발한 시스템으로 현재에는 일반인들에게 개방되어 활발히 활용되고 있는 시스템이다. GPS 위성측량은 이론적으로는 수 mm의 상호 위치결정이 가능하고 또한 상호간의 시준 없이도 수 10km간을 단시간에 측량이 가능하므로 기존의 기준점이 미비하거나 일반적인 측량이 곤란한 지역 등에서 손쉽게 빠르게 위치를 결정할 수 있다.

국내의 물량산출을 위한 측량은 재래적인 방식에 많이 의존하고 있는 실정이다. 즉, 기준점측량인 경우 삼각 및 다각측량을 이용하여 기준점 X좌표, Y좌표를 결정하고 있으며 표고값은 왕복수준측량에 의하여 기준점 Z좌표를 결정한다. 기준점을 결정한 후 광파거리측량(EDM : Electronic Distance Measurement)에 의한 세부측량을 외업으로 완성하여 내업에서 CAD System으로 평면도 및 단면도(중.횡단면도)를 결정한다. 이러한 과정으로 단면수준측량 야장 및 물량 산출표에 이르기까지 Excel 프로그램으로 작성한다. 그러나, 이런 재래적인 방식은 시간과 비용이 많이 소요되어 경제적인 효율성이 떨어지고, 정확도의 신뢰성이 낮아지는 단점을 가지고 있다.

시대가 요구하는 흐름의 결과를 보다 신속하게 대응하고자 측량기술을 발전시켜 나아가는 것이

필요한 지점이다. 따라서 효율적이고 최신방식인 DGPS(Ashtech 사)의 Static측위를 통한 기준점 측량을 수행하여 획득한 자료(law data)를 Prism S/W에 의한 후처리 망조정을 통하여 수평위치 X, Y값을 결정하고자 한다. 그리고 환폐합 수준측량에 의한 기준점측량으로 높이값(Z)을 결정한다. 기준점 측량을 수행한 후 EDM측량에 의한 정밀 3차원 세부측량으로 수치표고모형(DEM: Digital Elevation Model)을 구축하는 본 연구의 목적이다.

2. 관측이론

2.1 GPS 측량 원리

GPS 관측방법에는 의사 거리(pseudo ranging)방식과 반송파 위상(carrier phases)방식의 두 가지 측정방식이 있다. 주로 항법에서는 의사거리방식이 사용되고 있고, 고도의 정밀도를 요하는 측량에서는 반송파 위상방식이 많이 사용되고 있다. 하지만 의사거리방식과 반송파 위상방식의 복합적인 측정방법이 점점 보편화 되어가고 있다.

표 1. GPS 관측방식

구 분	코드해석방식	반송파해석방식
원 리	위성에서 발사한 코드와 수신기에서 미리 복사된 코드를 비교하여, 두 코드가 완전히 일치할 때까지 걸리는 시간을 관측하여 여기에 전파속도를 곱하여 거리를 구함. 이때, 시간에 오차가 포함되어 있으므로 이를 의사거리(Pseudo range)라 함.	위성에서 보낸 파장과 지상에서 수신된 파장의 위상차를 관측하여 거리를 계산하는데 GPS 수신기 1대만으로는 반송파의 위상을 관측할 수 없고 최소 2대 이상의 수신기로 부터 위상차를 관측, 위성과 수신기간에 존재하는 파장의 정확한 개수(Ambiguity)를 결정.
특 징	코드가 2진법 체계이므로 측정시간이 매우 신속하나 정확도가 떨어짐.	코드방식에 비해 정확도가 매우 높은 반면 측량시간의 다소 긴 특징.
용 도	<ul style="list-style-type: none"> · 단독측위 : (허용오차 : 5m~15m) · GPS측량 : (허용오차 : 20cm~1m) 	<ul style="list-style-type: none"> · 후처리용 정밀 기준점측량 (허용오차 : 5mm+1ppm) · RTK측량 : (허용오차 : 1cm~3cm)

2.2 불규칙 삼각망

불규칙삼각망(TIN)은 관측대상의 기준이 되는 기준점들의 모서리를 이용하여 삼각형을 생성하고, 이웃하는 점들과 연결되어 삼각형의 한 변을 이룬다. 표면은 각각의 작은 평면들로 구성된 다수의 삼각형이 연결되어 표현된다. 일반적으로 삼각형은 모든 연결의 합을 최소로 하는 규칙에 따라 생성된다.

TIN을 형성하는 일반적인 2가지 방법은 델로니 삼각형(delaunay triangulation)을 이용한 방법과 방사 소거조정(radial sweep) 알고리즘에 기초한 방법이 있으며 삼각분할에 따른 기준점에 대해 균등한 삼각형을 형성하는 것으로 설명된다.

3. 적용에

3.1 연구방법 및 범위

(1) GPS 측량

국가에서 사용하고 있는 TM투영에 의한 실좌표로 측량하기 위해 부산차량기지주변의 삼각점의 조서를 획득하고 획득된 삼각점 중 서로 정밀도가 높은 삼각점을 선택한다. 삼각점 1점 및 2점을 이용하여 부산차량기지주변의 정밀 기준점 측량 실시, 부산차량기지에서 사용하였던 설계시 기준점과 GPS 측량에 의해서 획득된 기준점 사이의 오차량을 비교 및 분석하였다.

GPS 측량에 의해서 획득된 5개의 정밀 기준점을 설계상의 좌표로 변환하여 3차원 현황측량의 기준을 설정하였다.

표 2. GPS기준점의 원좌표와 변환한 설계좌표와의 오차비교표 (단위: m)

측 점	GPS_X	GPS_Y	설계_X	설계_Y	DeltaX	DeltaY
N001	184247.128	203847.281	184249.206	203847.056	-2.078	0.225
N002	184494.672	202866.939	184496.921	202866.757	-2.249	0.182
N003	184509.726	204410.919	184511.705	204410.739	-1.979	0.180
N004	184099.941	202359.176	184102.278	202358.925	-2.337	0.251
N005	184661.338	204120.642	184663.368	204120.489	-2.030	0.153

표 2의 결과와 같이 설계상의 평면위치가 시공측량상의 평면위치와 X방향으로 최대 2.24m에서 최소 1.98m의 편차가 발생하였으며, Y방향으로는 최대 0.25m에서 최소 0.15m의 편차가 발생하였다. 이와같은 결과는 설계측량시 사용된 삼각측량의 결과의 오차가 많이 발생한 것으로 판단되며, 실제 현장측량시 설계측량상의 결과와 비교하기 위해 삼각측량 성과표를 획득하는 것 조차 많은 어려움이 발생하였고, 그 결과도 현장감독관과의 토의를 통해 본 GPS를 이용한 측량이 이전 설계측량의 결과보다 정밀하게 결정되었음을 확인하였다.

(2) 수준측량

부산시내의 1등수준점을 이용하여 부산차량기지주변의 임시수준점1(T.B.M.1) 측량, T.B.M.1을 이용한 가야조차장의 T.B.M.2점의 수준측량, 부산차량기지와 가야조차장사이의 표고상의 오차분석을 위해 가야조차장내 T.B.M.3의 수준측량 및 가야조차장에서 사용한 부전역내의 T.B.M.3의 수준측량, 부산차량기지내의 4점의 임시수준점 측량을 단계적으로 수행하여 수준위치를 결정하였다.

표 3. 임시수준점 표고

임시수준점 이름	표고값(m)
T.B.M 1	18.6647
T.B.M 2	27.4836
T.B.M. 3	27.4574
T.B.M. 4	27.8041
T.B.M. 5	28.6076

표 3의 TBM점들을 이용하여 고속철도 부산차량기지와 가야조차장의 표고를 비교한 결과 약 80cm의 오차량이 발생함을 알 수 있었으며, 오차량의 정확성을 확보하기 위해 구진구청내의 1등수준점과 송상현 동상 잔디내의 1등 수준점을 이용하여 3회에 걸친 환폐합수준측량을 통하여 표고오차량의 다시 한번 확인하였으며, 본 수준측량의 결과를 확인하기 위해 고속철도 현장감독관의 현장측량도 함께 이루어졌으며 그 결과 본 측량의 정확성을 인정받았다.

(4) 3차원 현황측량

부산차량기지 내에 설치된 다각점들을 이용하여 3차원 정밀 현황측량 실시, 3차원 현황측량을 통하여 획득된 측량점과 지성선 그리고 경계선을 이용하여 불규칙삼각망(Triangle irregular Network : TIN) 알고리즘에 의한 3차원 지형모델(Digital Terrain Model) 구축 및 등고선도를 작성하였다. 기존의 설계도면과 현황측량도면과의 중첩에 의한 최종 3차원 수치지형도를 작성하였다.

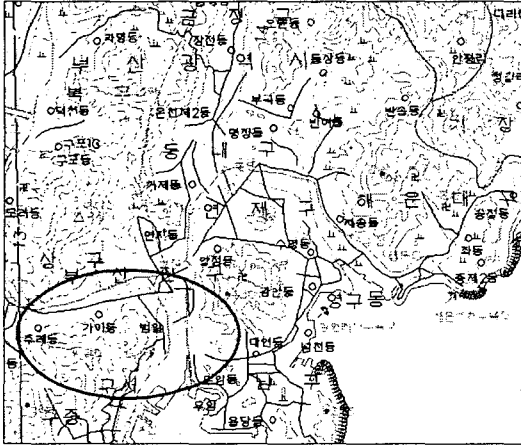


그림 1. 연구범위 현황

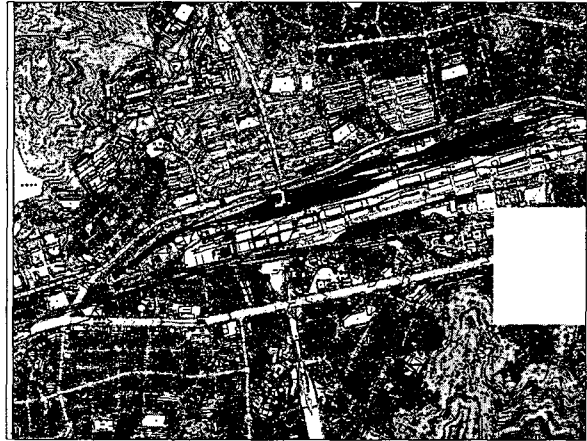


그림 2 연구지역 지형도

연구범위는 경부고속철도 부산차량기지 건설공사구간에 대한 시공측량을 실시하는 부산광역시 현황도 그림 1을 바탕으로 세부지형 위치도 부산광역시 부산진구 당감동 일원 현장지역을 그림 2에서 제시하고 있다.

표 4. 본 연구에 사용된 GPS 측량장비와 광파거리측량장비 사양

측량 장비명	모델명	수평정확도	수직정확도
EDM	Set5 30R(SOKKIA)	$\pm(2\text{mm}+2\text{ppm} \cdot D)$	
GPS	GSR2600(SOKKIA)	$5\text{mm}+1\text{ppm} \cdot D$	$10\text{mm}+1\text{ppm} \cdot D$

3.2 정밀 3차원 지형모델

효율적이고 최신방식인 DGPS(Ashtech 사)의 Static측위를 통한 기준점측량을 수행하여 획득한 자료 (law data)를 Prism S/W에 의한 후처리 망조정을 통하여 수평위치 X, Y값을 결정하였다. 환폐합 수준 측량에 의한 기준점측량으로 높이값(Z)을 결정하는 기준점 측량을 수행한 후 EDM측량에 의한 정밀 3차원 세부측량으로 LDT S/W을 이용한 수치표고모형(DEM:Digital Elevation Model)을 구축하였다.

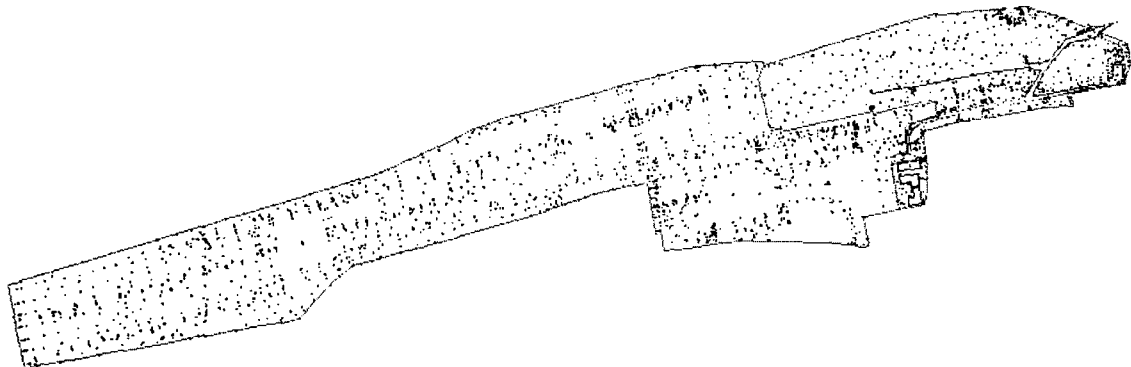


그림 3. 정밀 3차원 측량에 의해 작성된 3차원 현황도면

광파측량자료는 3차원 지형모델을 구축하는데 번곡점의 자료로 활용된다. 일반적으로 3차원 지형모델을 구축하는데 사용되는 요소에는 측량점, 지성선(Breakline), 경계선(Boundary)이 있다. 그림 3은 3차원 현황측량을 통해 작성된 현황도면을 보여주며 그림 4는 3차원 좌표를 이용하여 구축한 등고선도를 나타낸다.



그림 4. 정밀 3차원 등고선도

그림 3과 같이 EDM을 이용한 3차원 정밀측량결과를 LDT 프로그램을 이용하여 자동으로 물량을 산출하여 물산산출에 소요되는 시간과 정확성면에서 큰 효율적인 성과를 획득할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 GPS위성측량과 EDM을 이용한 정밀 3차원측량을 수행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최신의 측량방법인 GPS측량, 수준측량, EDM측량을 통하여 인원과 시간 그리고 정확도면에 있어서 재래적인 측량방법에 비해 정확성과 효율성면에서 큰 효과를 얻을 수 있었던 연구로 실제 설계측량 상의 측량성과의 문제점을 확인할 수 있었으며, GPS와 EDM과 같은 최신의 측량장비의 활용가치를 인정받을 수 있었다.
2. 본 연구를 통하여 기준점측량 상의 설계측량결과 오차량을 산출할 수 있었는데, 평면위치의 경우 X방향으로 최대 2.24m에서 최소 1.98m의 편차가 발생하였으며, Y방향으로는 최대 0.25m에서 최소 0.15m의 편차가 발생함을 알 수 있었으며, 표고의 경우 철도설계상 매우 중요한 요소인데, 부산고속철도 차량기지와 가야조차장과의 표고차가 약 80cm로 발생함을 본 연구결과 확인할 수 있었다.
3. EDM측량을 통한 TIN방식의 해석기법은 내업에 많이 의존하는 기존방식에 비해 부정오차를 줄이고, 내업상의 결과인 물량산출에 소요되는 시간 및 정확성을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 강인준(2004) 측량지형정보공학(I), 문운당, pp.508-581,
2. 강인준, 장용구, 김상석(2002.06) "3차원 지형모델을 이용한 면적산출에 관한 연구, 한국측량학회지 v.20, n.2, pp.111-118
3. 김용일, 김동현, 김병국(1996) "GPS 위치정확도 향상을 위한 의사거리 오차의 분석에 관한 연구", 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제4권 2호, pp.79-90
4. 박찬식 (1997) "한국지역에서 GPS를 이용하여 측정된 위치의 오차해석", 산업과학기술연구소 논문집, 충북대학교 산업기술연구소, 제11권 2호, pp.165-172
5. 이종원(1997), DGPS를 이용한 측량의 정확도에 관한 연구. 연세대학교 대학원 석사학위논문

6. Ruland, R., and Leick, A.,(1985) "Application of GPS to a High Precision Engineering Survey network", Proceeding of the First International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning system, Vol. 2, pp 483-493.
7. David P. Smith and Samuel F. Atkinson, "Accuracy of Rectification Using Topographic Map versus GPS Ground Control Points", PE&RS, 2001, May, pp.565-570
8. Erik Næsset, "Effect of Differential Single-and Dual-Frequency GPS and GLONASS Observations on Point Accuracy under Forest Canopies", PE&RS, 2001, 9, pp.1021-1026