

1등 수준망에 대한 RTK-GPS의 실용성 평가

Utility Valuation of First Order Networks about RTK-GPS

박운용¹⁾, Park, woon yong · 이용희²⁾, Lee, yong hui · 오창수³⁾, Oh, chang soo · 홍정수⁴⁾, Hong, jung soo

- 1) 동아대학교 토목공학과 교수
- 2) 양산대학 건설교통정보과 교수
- 3) 광주대학교 토목공학과 교수
- 4) 동아대학교 석사과정

1. 서론

수준점은 대규모 건설현장 등 다양한 분야에서 중요하게 사용되는 높이의 기준으로 지오이드에 의한 평균해수면을 기준으로 전국에 고르게 분포되어 있으며, 공공측량, 지적측량 및 공사측량 등에 중요한 부분을 차지하고 있다. 그러나, 현 수준점의 지속적인 관심과 관리가 수행되지 못해 유지 관리에 많은 어려움이 따르고 있으며 재설, 이설 및 관리 소홀로 인한 훼손 등으로 그 값의 신뢰도에 대한 관심이 높아지고 있다.

따라서, 본 연구는 도로 확장, 제방 공사로 인해 재설 및 이설 된 부산 B지구 일대의 1등 수준점의 고시성과 임의의 교차점에 대해 취득한 높이의 잔차량을 구하고, 동시에 실시간으로 고정밀도의 위치결정이 가능한 실시간 동적(Real Time Kinematic) GPS 기법으로 수준점에 대한 높이 값을 추출하고 이렇게 추출된 자료를 1급 수준의, Total Station, Static GPS에 의한 관측자료와 비교, 분석하였으며 효율성도 고려하였다.

2. 본론

2.1 GPS/Leveling에 의한 WGS-84 지오이드고

지표면상 한 측정점의 높이는 정표고(h_{msl} ; Orthometric Height), 기준타원체고(H_W, H_B) 및 지오이드고(N_W, N_B)로 나눌 수 있고 그림 2로부터 이들의 관계식을 구성하면 식 (1)과 같다.

$$N_W = H_W - h_{msl} = \Delta H - N_B \quad (1)$$

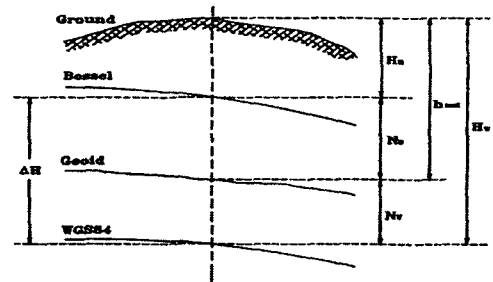


그림 1. 지오이드와 기준타원체에서의 위치

GPS/Leveling에 의한 지오이드 기복의 결정은 사전에 표고가 정확히 결정된 측정점을 대상으로 GPS 기준점을 고정된 상대위치결정을 실시하여 조정 산출된 WGS-84 타원체상의 높이(H_W)에서 해당 측정점의 정표고 성과(h_{msl})를 감하여 WGS-84 타원체면에서 지오이드면까지의 높이를 결정한다. 따라서 기존의 수준성고가 평균해수면으로부터 정밀하게 결정되어 있다면, GPS/Leveling으로 지오이드고를 산출하고 보간법을 적용하여 모형식을 구성하는 것이 비교적 정확하다.

2.2 대상지역 및 수준점의 조사

본 연구는 실험 대상지인 부산의 B지구에 위치하고 있는 1등 수준점 4곳을 사용하였고, 안정된 수준망의 형성을 위해 임의의 교차점을 추출하였으며, 기존 수준점들은 1998년, 2000년 주변 제방공사와 도로공사로 인하여 재설 및 이설되고, 2003년 2월 현재 3번 수준점에는 같은 위치에 두 개의 표석이 매설되어 있다.

표 1. 고시성과

점의 번호	등급 및 점의 종류	관측년월일	고시 성과
1	1등 수준점	1998년 10월 5일	3.4484m
2	1등 수준점	2000년 2월 18일	4.7000m
3	1등 수준점	1998년 7월 3일	9.3227m
4	1등 수준점	1998년 5월 11일	3.7777m
5	임의의 교차점	2002년 6월 19일	1.776m

2.3 관측 장비 및 측량방법에 따른 비교

2.3.1 관측장비의 제원

현장 관측에 사용된 장비로는 Sokkia사의 1등 수준의 PL-1, Sokkia사의 SET2B Total Station 과 JAVAD사에서 제조한 LEGACY-H GD 수신기를 사용하였으며 제원은 다음과 같다.

표 2. 관측장비의 제원

PL(Precision Level)-1		SET2B Total Station		
광학측미계	0.01mm까지 직독 가능	측각부	최소표시	1" /5"
감도	10" / 2mm		정도	2" (0.6mgon)
Tripod	PLW1	측거부	표준편차	3mm+2ppm · D
Invar Staff	GS1		최소표시	1mm

LEGACY-H GD	
Signals Tracked	L1/L2 C/A and P-code and Carrier Phase
Accuracy	Horizontal 15mm+1.5ppm(*D) for single frequency
	Vertical 5mm+1.5ppm(*D) for dual frequency
	6mm+1.5ppm(*D) for single frequency

2.3.2 관측방법

2.3.2.1 1등 수준의 PL-1

Sokkia의 PL-1은 현장 기술의 풍부한 경험으로 이루어졌으며 더욱 기계의 특성이 정교해지고 있는 추세이다. 우선, 덤피 레벨(dumpy level) 조정법과 같이 수준기축과 연직축을 직교시키는 제 1조정을 실시하고 말뚝조정법이라 불리우는 시준축을 수준기축에 평행하게 하는 제 2조정을 거친다. 각 측점 간에 1등 수준측량의 한계치인 50m를 간격으로 기준으로 각 점들간의 왕복측량을 실시하여 1등 수준측량의 허용오차 $2.5 \text{ mm} \sqrt{S}$ 이내로 들어올 수 있게 측량하였으며 기간은 15일 정도 소요되었다.

2.3.2.2 Total Station

현재에 사용하는 TS는 현장에서 직접 결정할 수 있는 관측 측정의 수직·수평으로부터 관계된 수직각, 수평각 그리고 동시에 일어나는 거리의 측량을 허용하기 위해서 개발되었다. 본체로부터 방사되는 반송파가 반사경을 통해 되돌아오는 위상 차를 이용하여 거리를 계산하는 전파거리관측기와 각 관측기인 전자 데오들라이트와 마이크로컴퓨터의 조합에 의해 경사각을 산출한다. 이러한 기능을 이용 개방 트래버스 측위 방법을 이용, 주위의 지형·지물보다 높은 B지구의 고층 아파트 옥상을 이용하여 상대좌표로 각각의 수준점에 대한 자료를 취득했으며 시준이 잘 되는 장소를 선정하여 수준점을 관측하였고 시준이 불가능한 점은 새로이 기선을 생성하여 점을 이동하며 모든 점들을 관측하였으며, 7일 정도 소요되었다.

2.3.2.3 Static GPS

GPS는 지구 어느 곳에서든지 실시간 항법을 지원하기 위해 미 국방성에 의해 개발되었고, 정확한 위치가 알려진 위성으로부터 송신된 신호에 의한 위치 결정과 시간-이동시스템을 기본으로 한 위성이다.

본 연구에 적용한 GPS는 상대 측위방법 중의 하나인 정지(Static)측량을 사용하였다. 정지측량은 높은 자유도와

신뢰성 및 정확도를 확보할 수 있는 지적삼각측량 등 장거리 기선설치에 의한 위치 측정방법으로 1점 또는 여러 점의 위치를 후처리하여 원하는 정확도의 결과 값을 구하는 방법이다. 관측시간이 최저 45분 이상 소요되며 4개 이상의 위성에서 동시 관측 될 수 있어야 한다. 측량은 개할지로서 위성의 수신상태가 양호했고, 관측시간 3시간, 후처리시간 1일, 고도각은 15°, epoch는 30sec, 위성의 수는 6~11정도 관측되었으며 PDOP(Positioning Dilution of Precision)은 2~4로 우수하였고, 대상지역의 RMS는 0.008~0.017m로 측정되었으며, 수취한 자료를 사용하여 잔차량을 산출하고 지오이드고를 산정하였다.

2.3.2.4 실시간 동적(Real Time Kinematic) GPS

관측에서는 4시간에 걸쳐위성측량방법 중 하나인 RTK GPS 기법을 이용하여 수준점을 관측하기 위해 3점법을 이용, 기지점에 기지국을 설치하고, 두 개의 Control Point를 이용하여 대상지 내의 현장 캘리브레이션에 의해 초기화 작업을 실시하고 수준점을 실시간으로 관측하였다. 기지국에 설치한 것만으로도 약 1km구간을 관측할 수 있었으며 2개의 수준점은 주위의 고층건물이 많은 관계로 모뎀간의 통신단절로 관측이 불가능하였으나 Stop and Go 방식을 이용 다른 Control Point를 기지점으로 사용, 동일한 방법으로 관측하였다. 그림 2는 RTK GPS 측량을 실시할 때의 수준점, 기지점 및 2개의 Control Point를 나타내고 있다.

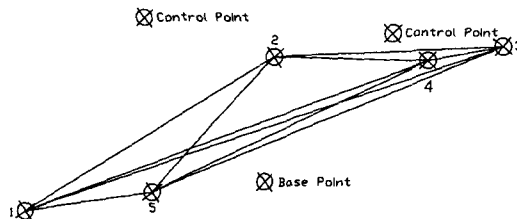


그림 2. RTK GPS Network 및 Control Point

2.4 분석

본 연구에서는 1등 수준점의 성과를 보다 정확하고 효율적으로 이용하기 위하여 모든 분야에서 연구가 활발하게 진행되고 있는 RTK GPS의 적용 가능성을 알아보았으며, 이 관측값을 기준으로 각 측선 간의 잔차량을 기기 별로 구하고 고시성과를 기준으로 각 측선 간의 잔차를 기법별로 나타내어 보았다. 표 3은 각 측선 간의 잔차량을 기기 별로 구하여 산출하였으며, 표 4는 고시성과를 기준으로 각 측선 간의 잔차를 기기 별로 비교하여 잔차량을 산출하였다. 그리고 그림 3에서는 측선 간의 잔차를 도시하였으며, 그림 4에서는 측선 간의 기법별 잔차를 도시하였다. 여기서 알 수 있듯이 고시성과와 비교하였을 때 1등 수준점의와 GPS 측량에서 얻은 성과는 안정적이라 할 수 있으며 TS측량과 RTK GPS를 이용하였을 때는 허용오차의 이내 값에 들어오지 않았다.

표 3. 측선간의 잔차

측선 \ 기법	고시성과(m)	1급 수준점의(m)	Total Station(m)	GPS(m)	RTK- GPS(m)
1-2	1.252	1.254	1.234	1.248	1.249
1-3	5.874	5.885	5.924	5.885	5.880
1-4	0.329	0.325	0.343	0.331	0.330
1-5	1.672	1.668	1.683	1.677	1.680
2-3	4.623	4.632	4.684	4.634	4.643
2-4	0.923	0.925	0.911	0.918	0.926
2-5	2.924	2.928	2.944	2.927	2.925
3-4	5.546	5.535	5.489	5.531	5.536
3-5	7.547	7.532	7.490	7.536	7.531
4-5	2.001	1.997	2.020	2.004	2.004

표 4. 측선간 기법별 잔차

측선 \ 기법	측선 간 GPS거리(m)	측선 간 TS거리(m)	고시성과 - 1급수준의(m)	고시성과 - TS(m)	고시성과 - GPS(m)	고시성과 - RTK GPS(m)
1-2	3704.589	3706.299	0.002	0.018	0.004	0.003
1-3	6382.726	6397.423	0.011	0.050	0.011	0.006
1-4	5443.798	5449.605	0.004	0.014	0.002	0.001
1-5	1616.568	1616.601	0.004	0.011	0.005	0.008
2-3	2898.973	2903.488	0.009	0.061	0.011	0.011
2-4	1963.374	1957.623	0.002	0.012	0.005	0.003
2-5	2316.398	2315.386	0.004	0.020	0.003	0.001
3-4	0950.903	0960.010	0.011	0.057	0.015	0.010
3-5	4802.571	4817.949	0.015	0.043	0.011	0.004
4-5	3877.191	3883.989	0.004	0.019	0.003	0.003

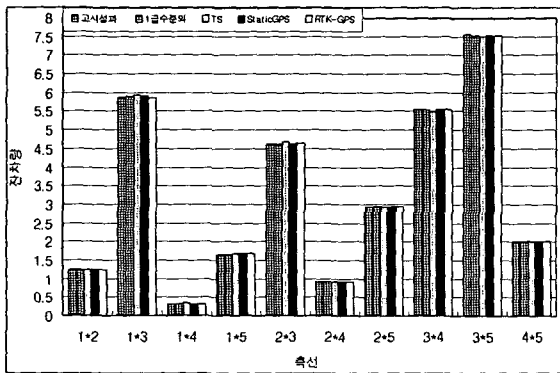


그림 3. 측선 간의 잔차

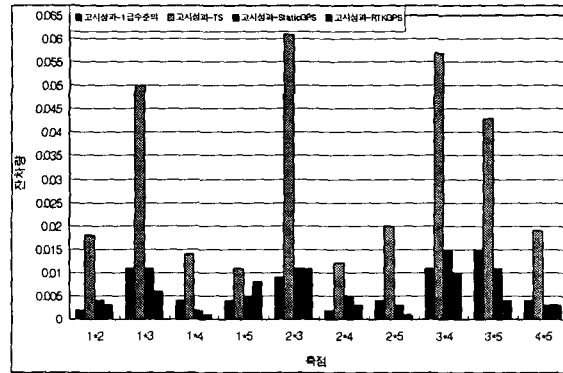


그림 4. 측선 간의 기법별 잔차

3. 결론

각 측선별 기법별 잔차량과 고시성과를 기준으로 각 측선간의 잔차는 그림 3, 4와 같으며 실시간 동적(Real Time Kinematic) GPS 관측법을 사용해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 1등 수준망을 중심으로 각각 관측하여 본 결과 PL-1 높은 정확도로 최단기선 2km의 왕복측량 오차인 5mm이 내보다 적은 값으로 아주 우수하였고, RTK GPS의 정확도는 미지정수의 해가 "fixed"되어 수 mm의 우수한 정확도를 확보할 수 있었다. GPS 위성 측위 방법은 정확도로 고시성과와의 비교도 아주 우수하였으며 TS는 거의 RTK GPS의 값들과 유사했다.
2. 작업의 효율적인 면에서는 시간·경비면에서 RTK GPS가 가장 뛰어났으며 PL-1은 높은 정도를 가지고 있지만은 다른 기기들 보다 효율성이 많이 떨어지며 그 다음 TS, Static GPS 순으로 나타났다.
3. 여기서 측점 3과 관련이 있는 1등 수준점간의 측선 1-3, 2-3, 3-4, 3-5가 모두 허용오차 밖을 벗어났으며 측점 3을 제외했을 경우 RTK GPS는 그 시간적, 경제적 효율성이 매우 높음을 알 수 있고 모뎀간의 통신단절로 인한 구간은 TS 또는 다른 측기와의 적절한 조합을 이루면서 사용하는 것도 일반, 공공기준점 측량 등에서도 시간적이나 비용적으로 많은 도움이 될 것으로 사료되는 바이다.

참고문헌

1. 측량연구회, 2000, 실용측량학, 형설출판사, p. 214~230
2. 국립지리원, 수준측량의 작업규정, 내규 제 57호.
3. B. Hofmann-Wellenhof, H Lichtenegger, and Collins J., GPS:Theory and Practice, Springer-Verlag Wien, New York, 1992, pp. 181~223.
4. Gunter Seeber."Satellite Geodesy", pp209, pp353