

측위 기법별 1등 수준망에 대한 정확도 분석

Accuracy Analysis of First Order Networks about Positioning Technique

박운용* · 차성렬** · 정순룡*** · 홍정수***

Park, woon yong · Cha, sung yeoul · Jyung, sun ryong · Hong, jung soo

1. 서론

국립지리원에서는 국토위치의 기준점 즉, 모든 측량의 기준이 되는 삼각점과 수준점을 설치하고 관리한다. 여기서 수준점은 표고측량의 기준이 되는 점으로 해발고도가 m로 표시되며 전국의 주요 도로를 따라 평균 2km~4km 간격으로 약 5,113 점이 설치되어 있으며, 도시계획·도로공사·공업단지조성·농경지정리 등에 수반되는 공공측량과 지적측량의 기준이 되기 때문에 그 값이 정확히 산정되어 있다. 특히 1등 수준점은 우리나라의 경우, 국도에는 일반적으로 매 4 km 마다 1등 수준점을 설치하여 많은 토목, 건설 분야에 사용하고 있다. 그러나, 예전에는 각 자치구·군의 분장사무에 등재되지 않은 관계로 부서간의 업무회피와 실제 사용하지 않는 부서에서 업무를 수행, 관심 부족으로 표지의 조사 및 감시·보호업무에 소홀하던 것들이 현재 지적과로 이전하고 조사·관리함으로 기존 수준점의 신뢰도에 대한 관심이 높아지고 있다.

본 연구에서는 국소 지역인 관계로 장소에 따라 차이가 나는 평균해면을 통과하는 지오이드와 평균해수면과의 차이를 배제하고 단지 각 수준점간의 잔차를 구하였으며, 1급 수준 측거의와 3D 측량이 가능한 TS(Total Station), 그리고 4D 범지구적 위치결정시스템인 GPS(Global positioning System)를 이용하여 각 1 등 수준점간에 각 관측 기기별로 잔차량을 산출하여 비교 분석하였고, 지적 고시 성과와도 비교 분석하여 각 기기 사용별 정확도와 효율성에 대해서도 알아보았다.

2. 본론

2.1 정밀 1급 수준의에 의한 방법

Sokkia PL-1을 사용한 1급 수준의는 우선, 덤피 레벨(dumpy level) 조정법과 같이 수준기축과 연직축을 직교시키는 제 1조정을 실시하고 말뚝조정법이라 불리는 시준축을 수준기축에 평행하게 하는 제 2조정을 거친다. 그림 1은 제 2조정을 보여주는 그림이며 A, B에 말뚝을 박고 거리를 정확히 측정, 점 I에 기계를 설치한 뒤 a_1 , b_1 을 얻는다. 평행일 때는 파선, 아닐 때는 실선으로 표시되며 거리가 동일하기 때문에 시준선의 경사오차 $\epsilon = a_1 - a_0 = b_1 - b_0$ 이고, 고저차 $\Delta H = b_1 - a_1 = (b_0 + \epsilon) - (a_0 + \epsilon) = b_0 - a_0$ 이 성립한다. 다음 점 II으로 설치 a_2 와 b_2 를 구하고 $b_2 - b_1 = a_2 - a_1$ 이 성립하면 시준선과 수준기축은 평행하다. 그림에서 e 의 길이는 $\frac{d}{L} = \frac{e}{(L+d)}$ 이며 $\therefore e = \frac{L+d}{L} d$ 이고 표적상의 읽음치 b 는 다음과 같다.

$b = b_2 - e = b_2 - \frac{L+d}{L} \{ (b_2 - b_1) - (a_2 - a_1) \}$ 이런 조정법을 거쳐 각 측점 사이에 1등 수준측량의 시준거리 최대치인 50m내에서 등간격으로 정하여 1등 수준기와 1등 표적을 사용하여 각 측점 간 사이마다 허용오차 내에

* 동아대학교 토목·해양공학부 교수
** 양산대학 건설교통정보과 조교수
*** 동아대학교 대학원 석사과정
**** 동아대학교 대학원 석사과정

의 결과 값을 구하는 방법이다. 관측시간이 최저 45분 이상 소요되며 4개 이상의 위성에서 동시 관측 될 수 있어야 한다. 측량의 정밀도는 $10\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ 정도이다. 측량대상지역은 개할지로서 위성의 수신상태가 양호하다. 위성의 수는 6~12정도 관측되었으며 PDOP(Positioning Dilution of Precision)은 2~4로 우수하였고, 대상지역의 RMS는 0.008~0.017m로 측정되었다.

3. 실험 및 분석

3.1 대상지역 및 수준점의 조사

수준점은 부산의 B지구에 위치하고 있는 1등 수준점 4점을 사용하였고 안정적인 수준망을 형성하기 위하여 임의의 수준점을 1등 수준 측거의를 이용하여 추출한 후 1등 수준측량의 오차조정에 의하여 값을 조정하였다. 수준점들은 1998, 2000년 주변 제방공사와 도로공사로 인하여 재설되었고, 현재 3번 수준점에는 같은 위치에 두 개의 표석이 매설되어 있다. 각 수준점의 고시성과 및 측선간 거리는 표 1에 나타내고, 그림 3은 1등 수준점과 임의의 수준점을 GPS 측위한 관측망도를 나타내었으며, 그림 4는 실험 대상지의 1등 수준점과 GPS System을 나타내었다.

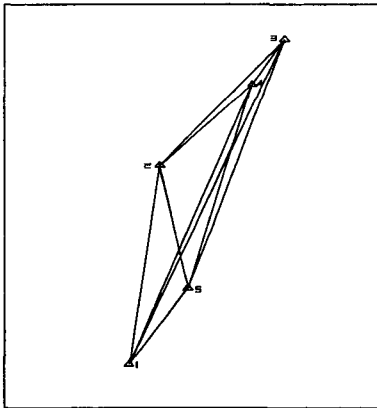


그림 3. 대상지역의 Network

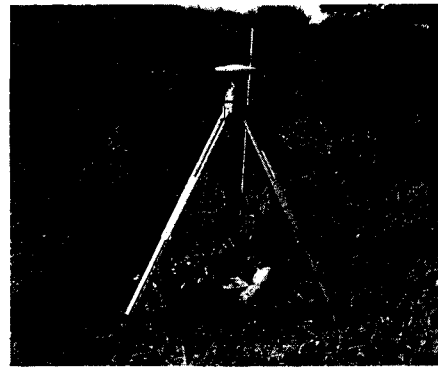


그림 4. 1등 수준점과 GPS System

표 1. 고시성과와 측선간의 거리

점의 번호	등급 및 점의 종류	관측년월일	고시 성과	각 측선의 거리(km)			
				1-2	2-4	3-4	4-5
1	1등 수준점	1998년 10월 5일	3.4484m	3.7045894	1.9633744		
2	1등 수준점	2000년 2월 18일	4.7000m	6.3827262	2.3163976		
3	1등 수준점	1998년 7월 3일	9.3227m	5.4437980	0.9509034		
4	1등 수준점	1998년 5월 11일	3.7777m	1.6165681	4.8025705		
5	임의의 수준점	2002년 6월 19일	1.776m	2.8989729	3.8771914		

3.2 측량방법에 따른 비교

1등 수준기와 1등 표척을 사용하여 각 측점 간에 1등 수준측량의 한계치인 50m를 간격으로 나누어 왕복 측량을 실시하였고, Sokkia SET2B TS(Total Station)를 사용한 측량은 동일한 방법으로 왕복측량을 실시하였다, 그리고 GPS 측위는 고도각 15° , epoch 30sec로 수취한 자료를 사용하여 잔차량을 산출하였다. 측량기간은 왕복측량을 실시하여 1급 수준의로 측량을 한 기간은 약 15일, TS는 약 7일, GPS는 3시간 정도를 관측하였고, 각 수준점의 성과에 대한 신뢰도 문제로 인하여 1번 수준점을 고정점으로 하여 관측하였다. 표 2는 각 측선 간의 잔차량을 기법별로 구하여 산출하였으며, 표 3은 고시성과를 기준으로 각 측선 간의 잔차를 기법별로 비교하여 잔차량을 산출하였다. 그리고 그림 5에서는 측선 간의 잔차를 도시하였으며, 그림 6에서는 측선 간의 기법별 잔차를 도시하였다. 여기서 알 수 있듯이 고시성과와 비교하였을 때 1등 수준의와 GPS 측량에서 얻은 성과는 안정적이라 할 수 있으며 TS측량을 이용하였을 때는 허용오차의 이내 값에 들어오지 않았다.

표 2. 측선간의 잔차

측선 \ 기법	고시성과	1급수준의	TS	GPS
1->2	1.2516	1.2538	1.2336	1.2475
1->3	5.8743	5.8851	5.9237	5.8848
1->4	0.3286	0.3248	0.3426	0.3312
1->5	1.6724	1.6677	1.6833	1.6771
2->3	4.6227	4.6319	4.6839	4.6342
2->4	0.9230	0.9249	0.9114	0.9181
2->5	2.9240	2.9282	2.9436	2.9269
3->4	5.5457	5.5351	5.4894	5.5308
3->5	7.5467	7.5321	7.4897	7.5358
4->5	2.0010	1.9965	2.0195	2.0036

표 3. 측선간 기법별 잔차

측선 \ 기법	고시성과-1급수준의	고시성과-TS	고시성과-GPS
1->2	0.0022	0.0180	0.0041
1->3	0.0108	0.0494	0.0105
1->4	0.0038	0.0140	0.0026
1->5	0.0047	0.0109	0.0047
2->3	0.0092	0.0612	0.0115
2->4	0.0019	0.0116	0.0049
2->5	0.0042	0.0196	0.0029
3->4	0.0106	0.0563	0.0149
3->5	0.0146	0.0570	0.0109
4->5	0.0045	0.0185	0.0026

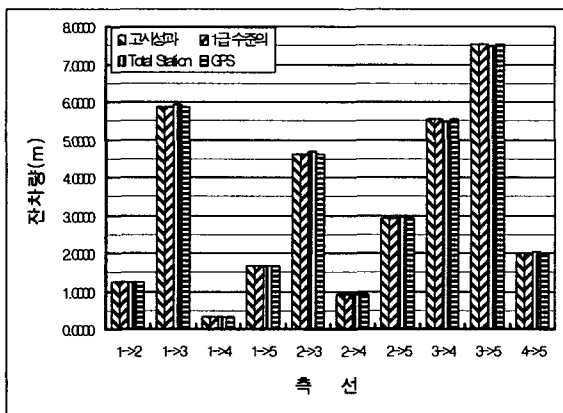


그림 5. 측선간 잔차

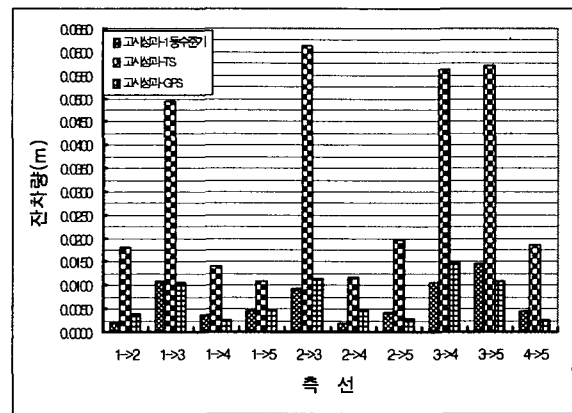


그림 6. 측선간 기법별 잔차

4. 결론

본 연구에서는 공공측량, 지적측량, 공사측량 등에 사용되는 1등 수준점의 성과를 보다 정확하고 효율적으로 이용하기 위하여 각 측선 간의 잔차량을 기법별로 구하고 고시성과를 기준으로 각 측선 간의 잔차를 기법별로 나타내 본 결과 1급 수준의를 이용하여 수준측량한 성과가 고시성과와 비교하였을 때 0.0019~0.0146m의 정확도로 아주 우수하였지만 작업 효율면에서는 가장 떨어졌으며, TS를 이용하여 수준측량한 성과는 0.0109~0.0612m의 정확도로 3등 수준측량의 허용오차 2cm이내정도의 정확도를 보이면서도 작업 효율면에서도 떨어졌다. 그리고 GPS 위성 측위 방법을 이용하였을 경우 0.0026~0.0149m의 정확도로 아주 우수하였다. 그리고 작업 효율면에서도 가장 우수하였다. 여기서 1등 수준점간의 측선은 측점 3과 관련이 있는 측선 1->3, 2->3, 3->4, 3->5가 모두 허용오차 밖을 벗어났으며 측점 3을 제외했을 경우 1급 수준의와 GPS 위성측위 방법은 모두 1등 수준측량의 허용오차 범위 내에 들어왔다.

5. 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