

GPS에 의한 지적측량기준점의 위치해석 Positioning of Cadastral Control Points Using GPS

강준목* · 김홍진**

Kang, Joon-Mook · Kim, Hong-Jin

요 旨

본 연구에서는 지적측량기준점의 위치결정에 GPS측량을 실용화하기 위한 방법 도출에 목적을 두고 국내의 일부지역내 지적삼각점 및 도근점을 대상으로 GPS측량을 수행하고 좌표변환기법과 GPS기선벡터에 의한 2차원 위치해석, 그리고 GPS와 지상측량데이터의 조합에 의한 위치해석을 실시하였다. 그 결과, 기존 지적측량기준점의 점검에 GPS측량방법이 매우 효과적임을 알 수 있었으며, GPS기선벡터를 이용한 2차원 위치해석방법은 좌표계 변환을 하지 않고도 국내의 좌표체계에서 적용이 가능하였다. 그리고 지적도근점 위치결정과 같은 소규모 지역에서 행하는 측량에는 신속정지측량 또는 이동측량으로 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

This study aims to draw a technique for practical using of GPS surveying to decide the positions of cadastral control points. GPS surveying is carried out at cadastral triangulation points and supplementary control points. This paper includes characteristics of transformation of WGS84 into Tokyo datum, two dimensional solutions for GPS baseline vector, and combined solutions of both GPS and terrestrial data. As a results of this study, it is verifiable that GPS surveying is very efficient to check the existing control network. 2-D network adjustment technique using GPS baseline vector is applicable to Tokyo datum without coordinate transformation. And it is expected to improve efficiency by using either rapid-static or stop and go kinematic surveying in cadastral surveying at small areas.

1. 서 론

우리나라는 1910년대 삼각측량에 의해 일본의 1등 삼각점에 연결되는 대삼각망을 구성하고 점차 소규모 망을 구축하여 도근측량과 일필지측량의 기준점을 제공하였다. 그러나 해방과 더불어 6.25전쟁을 겪으면서 많은 삼각점들이 망실되거나 파괴되어 보강, 보수, 재설 및 신설작업으로 복구 사용하고 있으나 계속되는 각종 국토개발사업에 의해 특히, 도심지 근처에 설치되어 있는 지적삼각점과 도근점들은 대다수 망실되어 있는 실정이다.

망실된 지적측량기준점들은 설치 당시의 측량방법과 정확도로 복구 또는 신설하고 있어 건설교통부에서 삼변측량방식에 의해 실시한 정밀 1, 2차 기준점측량의

정확도와 상이한 문제가 발생되고 있다. 또한, 지적측량기준점들의 지역별 유지 관리, 과거 도해지적의 한계성과 측량원점의 통일성 결여, 그리고 도면관리상의 신축과 훼손 등이 지적세부측량에서 불부합의 원인이 되고 있다.

따라서, 토지정보시스템(Land Information System; LIS) 구축을 위한 지적의 전산화와 수치지적측량에 의한 성과의 갱신과 재정비를 위해서는 지적측량기준점의 점검과 재측량이 선결되어야 할 것이다. 그러나 현존하는 기준점을 이용하여 지상측량방식으로 재측량을 실시할 경우 중간에 망실된 측점때문에 시통문제가 발생하므로 기존의 지상측량방식을 적용하는데 어려움이 있으며, 전국을 대상으로 사업을 실시할 경우 막대한 시간과 경비가 소요될 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 높은 정확도와 편리한 측량기법으로 많은 분야에서 응용되고 있는 GPS측량방법을 적

*충남대학교 공과대학 토목공학과 교수

**충남대학교대학원 토목공학과 박사과정

용하여 이러한 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 방법을 연구하고, 지적세부측량에서 GPS를 이용한 경계점 위치 결정과 측설의 가능성을 검토하고자 하는데 목적이 있다. 이를 위하여 연구대상지역으로 선정된 충청, 대전지역 일원에서 GPS측량과 지상측량을 실시하고 처리된 결과로부터 WGS84 좌표성표를 국내의 좌표체계에서 사용하기 위한 위치해석방법을 좌표변환방법, GPS기선벡터에 의한 망조정방법 및 지상측량데이터와의 조합해석방법으로 비교·분석하였다.

2. 관측 및 기선해석

GPS측량 대상점들에 대한 사전조사와 도상계획 및 현지답사를 통하여 접근방법과 위성신호 수신 가능성을 검토하고 구체적인 계획을 수립하였다.

1, 2등 삼각점에 대한 GPS측량은 1991년 8월 6일부터 충청도지역내 7개 삼각점에 대한 사전답사와 조사

자료를 토대로 7일간 실시하였다. 세션(session)당 관측 시간은 위성수와 기선길이에 따른 관측시간 지침서¹⁾에 준해서 4시간으로 여유있게 설정하였다. 관측은 이주파 수신기 3대를 이용하여 1일 1세션으로 실시하였으며, 천문대 옥상의 측점(ISSA)에 1대의 수신기를 고정하고 2대의 수신기는 두 점이 인접세션과 공유하여 독립기선에 의해 측지망을 형성할 수 있도록 이동하였다.

지적삼각점에 대한 GPS측량은 1996년 3월 10~11일 2일간, 그리고 도근점에 대한 GPS 정지측량(static surveying)은 1996년 4월 15일, 신속정지측량(rapid-static surveying)과 이동측량(kinematic surveying)은 1996년 4월 16일로 계획하고 PDOP 7이하의 조건으로 관측을 수행하였다. 지적삼각점 13점에 대해서는 이주파 수신기 5대를 이용하여 육군지도상의 GPS 기준점(KAMC)에 1대의 수신기를 고정하고 나머지 4대의 수신기로 인접세션과 2점이 공유되도록 관측망을 구성하여 총 7세션으로 세션당 1시간씩 2일간 관측하였다. 도

표 1. GPS 측량 일정과 사용된 수신기 제원

Project	No. of point	Max. dist.	Occupation time(KST)	Receiver type & accuracy
Primary & Secondary Triangulation Point	7	47 km	1991-8-6 12:05~16:05 1991-8-7 12:01~16:01 1991-8-8 11:57~15:57 1991-8-9 11:53~15:53 1991-8-10 11:49~15:49 1991-8-11 11:45~15:45 1991-8-12 11:41~15:41 <7 sessions> <240 min>	Trimble 4000 SST • 5 mm+1 ppm • 1" +5/base line in km
Cadastral Control Point	13	15 km	1996-3-10 08:00~09:00 10:30~11:30 13:00~14:00 15:00~16:00 17:30~18:30 1996-3-11 08:00~09:00 10:30~11:30 <7 sessions> <60 min>	Trimble 4000 SSE • 5 mm+1 ppm • 1" +5/base line in km
Supplementary Control Point	Static GPS	0.1 km	1996-4-15 08:00~19:30 <10 sessions> <60 min>	
	Rapid-Static	0.4 km	1996-4-16 13:00~14:40 <8~15min>	
	Stop & Go	0.4 km	1996-4-16 16:00~17:17 <2 min>	

근점 19점에 대한 정지측량은 4대의 수신기로 두 점이 인접세선과 공유하도록 관측망을 구성하여 10개 세선으로 1시간씩 관측하였다. 신속정지측량은 1대의 수신기를 측점 1333에 고정하고 3대의 수신기를 각 측점별로 이동해 가며 위성수에 따라 8분에서 15분간 관측하였으며, 이동측량은 1대의 수신기는 측점 1333에 고정하고 다른 1대의 수신기를 측점당 2분씩 점유하여 관측을 수행하였다. 전반적인 GPS측량일정과 사용된 수신기의 제원은 표 1과 같다.

충남북의 정밀 1차기준망에서 선정한 1, 2등 삼각점 7점, 대전시 지역의 지적삼각점 13점, 도근점 19점에 대한 GPS관측데이터의 기선해석에는 제작사에서 제공한 후처리용 소프트웨어 GPSurvey(ver.2.0)를 사용하였다.

기선해석의 초기값은 상대위치측정방식에서 고정점으로 사용된 측점의 WGS84좌표를 사용하였다. 1, 2등 삼각점의 기선해석에서 초기근사값으로는 표준연구원 국립천문대 옥상에 설치된 측점(ISSA)의 성과를 사용하고, 지적삼각점과 도근점에 대한 초기값으로는 육군 지도창 GPS 기준점(KAMC)의 성과를 사용하였다. GPSurvey에 의한 기선해석은 코드측정량과 위상측정량의 조합에 의해 이루어졌으며, 대류권보정에는 Hopfield 모델을 적용하고 궤도좌표는 방송궤도력이 사용되어졌다.

3. 비교 분석

3.1 7-요소변환방법에 의한 측위특성해석

7-요소변환방법을 이용한 3차원 좌표변환으로 현행 측지좌표체계에서 지적측량기준점 위치결정의 가능성을 분석하기 위하여 변환계수 산출에 필요한 측점의 수를 변화시켜 가면서 좌표변환결과에 미치는 영향과 기존성과와의 일치도를 검토하였다.

3차원 좌표변환에 필요한 7-요소변환계수는 지적측량기준점이 속해 있는 대전, 충청지역내의 1,2등 삼각점으로부터 동경원점계와 WGS84 좌표계의 지심좌표를 이용하여 최소제곱해법에 의해 산출하였다. 동경원점계의 지심좌표는 선행연구²⁾에서 이루어졌던 연직선편차에 대한 곡면다항식의 최소제곱해법과 GPS/leveling기법의 조합으로 결정한 벡셀타원체고를 지심좌표산출식³⁾에 대입하여 구하였다. 사용된 측점의 수와 위치의 관계도는 그림 1과 같으며, 측점의 수를 7개에서 3개까지 변화시키면서 산출한 7-요소는 표 2와 같다.

이와같이 산출된 4가지의 7-변환요소를 지적삼각점 및 도근점의 WGS84 좌표에 적용하여 벡셀타원체상의 경 위도좌표 및 지도좌표로 변환하고 기존성과와 비교 분석하였다. 기지점 수 5개와 6개를 사용하여 변환한 결과는 기존성과의 자리수 3자리까지 변화가 없었으며

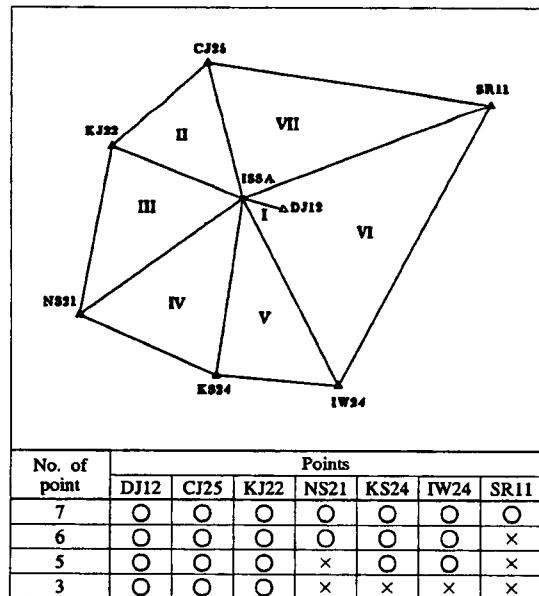
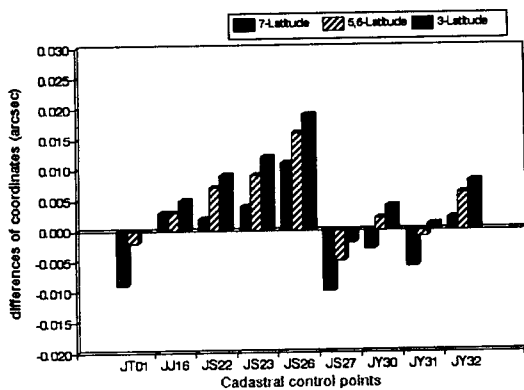


그림 1. 좌표변환에 사용된 기준점 수와 위치도

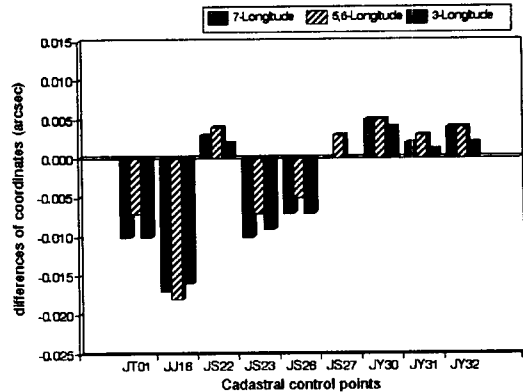
표 2. 기준점 수에 따른 7-변환요소

No. of point	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	$\alpha 1(^{\circ})$	$\alpha 2(^{\circ})$	$\alpha 3(^{\circ})$	s
7	129.8124	-496.3007	-673.3276	-3.2881	-3.7861	3.0018	0.99999704
6	130.6432	-496.3372	-674.0535	-3.3467	-3.9185	3.0211	0.99999717
5	109.1893	-474.9251	-649.1477	-2.2985	-2.0950	2.3533	0.99999106
3	118.1859	-449.0752	-703.8721	-2.8440	-3.5424	0.6802	0.99999423

(From WGS84 to Tokyo Datum)

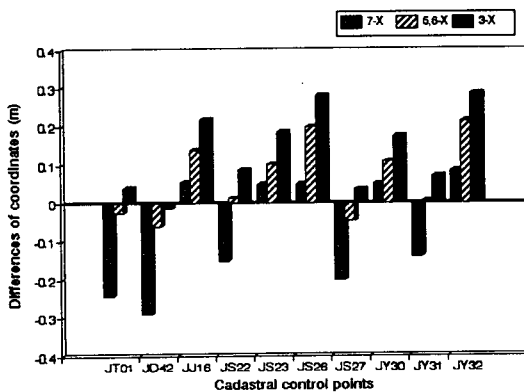


(a) 위도

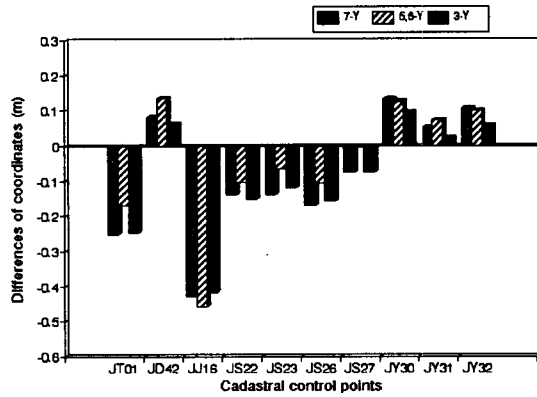


(b) 경도

그림 2. 좌표변환에 사용된 기준점 수에 따른 지적삼각점의 경·위도좌표차 비교



(a) X 좌표



(b) Y 좌표

그림 3. 좌표변환에 사용된 기준점 수에 따른 지적삼각점의 지도좌표차 비교

로 동일하게 취급하였다.

그림 2와 3은 기지점 수 변화에 따른 좌표변환계수를 지적삼각점에 적용하여 변환된 경 위도좌표 및 지도 투영좌표와 기존성과를 비교한 결과이다. 기존성과와 가장 접근하는 양상을 보이는 것은 5, 6개 기지점을 사용한 경우이며, 변환계수 산정에 사용된 기지점에 따라 위도는 약 0.002초에서 0.007초의 차이를 보이고, 경도는 0.002초 범위내에서 차이를 보인다.

지도좌표의 경우, X 좌표는 약 7~20 cm, Y 좌표는 약 3~5 cm의 크기로 균일한 차이를 나타냈다.

표 3과 4는 변환결과와 기존성과의 일치도가 가장 큰 경우를 기준으로 좌표차를 경위도와 지도좌표로 비교한 것이다.

경위도좌표에서 JT08, JD42, JJ12 측점에 과대오차가 포함된 것을 알 수 있었으며, 이를 제외한 나머지

9점에 대해서 위도와 경도는 각각 평균편차 0.0057초, 0.0062초의 접근도를 보였다. 지도좌표에서는 JT08과 JJ12에 과대오차가 포함되어 있었으며, 이를 제외한 나머지 10점에 대해서 X, Y 좌표의 평균편차 0.101 m, 0.149 m로 기존성과와 접근하였다.

기지점 수 변화에 따른 좌표변환계수를 지적도근점에 적용하여 변환된 경 위도좌표를 지도좌표로 투영 변환하고 이를 기존성과와 비교한 결과, X, Y 좌표의 평균위치오차는 변환계수 산정에 사용된 기지점 수 7, 5-6, 3개에 따라 각각 0.148 m, 0.096 m 그리고 0.120 m로 기지점 수 5, 6개의 경우가 기존성과와 가장 접근하였으며, 표 5는 일치도가 가장 양호한 경우에 대해서 각 측점별 X, Y 좌표를 비교한 것으로 평균 6~7 cm까지 접근됨을 알 수 있었다. 그러나 그림 4에 나타난 바와 같이 변환계수 산정에 사용된 기지점 수에 따라 X

표 3. 지적삼각점에 대한 좌표변환결과와 기존성과의 경·위도 좌표차 비교

Points		Conventional ($^{\circ}$ / $''$)	Transformed ($^{\circ}$ / $''$)	Diff. (sec)
JT01	ψ	36 20 01.528	36 20 01.530	-0.002
	λ	127 25 57.609	127 25 57.616	-0.007
JT08		36 17 47.078	36 17 47.091	-0.013
		127 27 34.434	127 27 34.473	-0.039*
JD42		36 21 57.371	36 21 31.912	25.459*
		127 25 38.378	127 24 57.366	41.012*
JJ12		36 18 01.075	36 18 10.573	-9.498*
		127 25 13.355	127 24 59.901	13.454*
JJ16		36 19 33.505	36 19 33.502	0.003
		127 25 27.590	127 25 27.608	-0.018
JS22		36 20 19.507	36 20 19.500	0.007
		127 22 13.087	127 22 13.083	0.004
JS23		36 18 18.730	36 18 18.721	0.009
		127 22 42.142	127 22 42.149	-0.007
JS26		36 18 30.789	36 18 30.773	0.016
		127 22 11.083	127 22 11.088	-0.005
JS27		36 19 23.123	36 19 23.128	-0.005
		127 22 26.715	127 22 26.712	0.003
JY30		36 21 39.424	36 21 39.422	0.002
		127 20 24.583	127 20 24.578	0.005
JY31		36 20 32.206	36 20 32.207	-0.001
		127 19 33.492	127 19 33.489	0.003
JY32		36 21 35.711	36 21 35.705	0.006
		127 18 32.865	127 18 32.861	0.004
Mean				0.0057
				0.0062

* blunder

좌표의 경우는 약 4~25 cm, 그리고 Y 좌표에서는 약 3~5 cm의 변환결과 차이를 나타낸다.

따라서, 7-변환요소에 의한 3차원좌표변환방법은 지적측량기준점망내 과대오차 검출에 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 기대되나, 변환결과가 계수 산정에 사용된 기지점에 따라 변동되므로 지적측량기준점의 정확한 위치결정을 위한 방법연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.2 GPS 기선벡터에 의한 위치해석과 정확도 분석

3.2.1 지적삼각점의 위치해석

표 4. 지적삼각점에 대한 좌표변환결과와 기존성과의 평면직교좌표차 비교

Points		Conventional (m)	Transformed (m)	Diff. (m)
JT01	X	315185.800	315185.826	-0.026
	Y	238841.480	238841.649	-0.169
JT08		311053.120	311053.480	-0.360*
		241275.670	241276.631	-0.961*
JD42		317964.810	317964.870	0.060
		237327.360	237327.225	0.135
JJ12		311468.500	311759.750	-291.250*
		237754.170	237417.154	337.016*
JJ16		314318.810	314318.670	0.140
		238096.680	238097.137	-0.457
JS22		315716.440	315716.426	0.014
		233240.310	233240.413	-0.103
JS23		311996.860	311996.759	0.101
		233979.670	233979.737	-0.067
JS26		312365.410	312365.212	0.198
		233203.370	233203.477	-0.107
JS27		313980.270	313980.317	-0.047
		233586.970	233586.974	-0.004
JY30		318169.840	318169.732	0.108
		230526.290	230526.163	0.127
JY31		316093.740	316093.735	0.005
		229259.680	229259.603	0.072
JY32		318046.030	318045.817	0.213
		227741.750	227741.651	0.099
Mean				0.101
				0.149

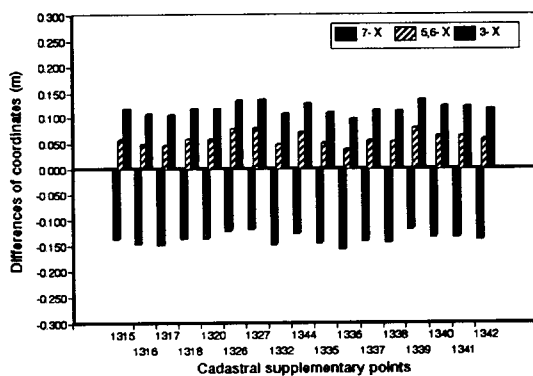
* blunder

지적삼각점에 대한 GPS 관측데이터를 기선해석하여 획득된 3차원 기선벡터를 측점간 경사거리, 방위각 및 천정각으로 변환하고 지적삼각점의 표고에 의해 경사거리를 벡셀타원체상의 거리로 환산한 다음 1점 1방향고정에 의한 망조정으로 측점간 거리를 구하여 기존 실용성과로부터 산출한 거리와 비교하여 GPS기선벡터에 의한 기준점 위치결정의 가능성을 고찰하였다.⁴⁾

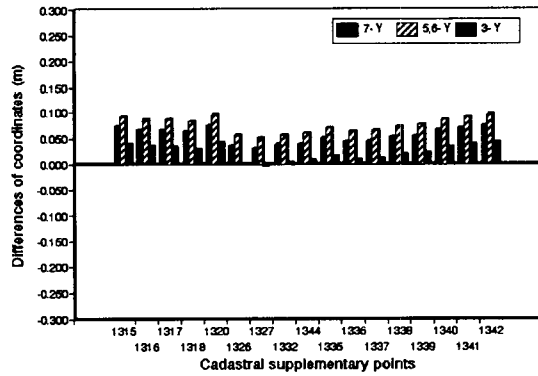
그림 5와 같이 삼변망으로 구성된 지적삼각점에 대한 GPS 기선벡터는 표 6과 같이 평균폐합정밀도 1/

표 5. 도근점에 대한 좌표변환결과와 기존성과의 비교 (기지점 5,6점 사용)

Points	Conventional(m)		Transformed(m)		Conven.-Trans.	
	X	Y	X	Y	X-diff.	Y-diff.
1315	8372.343	4051.478	8372.286	4051.385	0.057	0.093
1316	8423.888	4051.506	8423.841	4051.418	0.047	0.088
1317	8477.217	4051.441	8477.171	4051.353	0.046	0.088
1318	8473.413	4142.602	8473.355	4142.519	0.058	0.083
1320	8368.407	4141.774	8368.349	4141.678	0.058	0.096
1326	8701.416	4240.832	8701.340	4240.776	0.076	0.056
1327	8748.866	4240.835	8748.788	4240.784	0.078	0.051
1332	8699.690	4051.420	8699.642	4051.364	0.048	0.056
1344	8658.749	4240.838	8658.679	4240.778	0.070	0.060
1335	8556.394	4063.957	8556.344	4063.887	0.050	0.070
1336	8657.688	4051.455	8657.651	4051.392	0.037	0.063
1337	8653.407	4144.024	8653.352	4143.960	0.055	0.064
1338	8573.830	4144.687	8573.777	4144.615	0.053	0.072
1339	8571.248	4240.845	8571.170	4240.769	0.078	0.076
1340	8479.967	4240.875	8479.904	4240.788	0.063	0.087
1341	8423.550	4240.840	8423.487	4240.748	0.063	0.092
1342	8379.990	4222.056	8379.933	4221.960	0.057	0.096
Mean					0.058	0.076



(a) X-coordinate



(b) Y-coordinate

그림 4. 좌표변환에 사용된 기준점 수에 따른 도근점의 지도좌표차 비교

977,000(1 ppm)의 높은 정밀도에서 획득되었다.

기존 지적삼각점간의 거리는 조정계산된 최종좌표성
과로부터 산출하고 3차원좌표변환에 의해 과대오차가
포함된 것으로 판명된 JJ12측점과 연결된 측선은 제외
시켰다. 이들 두 성과로부터 조정계산된 거리를 상호
비교한 것은 그림 6과 같다.

그림 6에서와 같이 19개 측선에 대해 최대 24 cm까
지의 편차를 보이며, 평균 편차는 11.6 cm로 평균변장

3.3 km에 대하여 35 ppm의 정밀도를 가지며, 약 7초의
각오차에 해당한다.

3.2.2 도근점의 위치해석

그림 7와 같이 구성된 도근점에 대한 GPS기선벡터로
부터 수평거리와 교각은 대상지역이 협소하므로 LGH
좌표계상에서의 평면거리와 각의 형태로 구하였다.

이와같이 얻어진 거리와 각에 의한 트래버스스의 평균
상대정밀도 1/146,000, 최저 1/30,000이상의 높은 정밀

표 6. GPS기선벡터로 구성된 폐합망의 상대정밀도

Traverse	Closure error(m)	Precision	Traverse	Closure error(m)	Precision
JY30-JY31-JY32	0.003	1/1,844,000	JS22-JT01-JD42	0.007	1/1,270,000
JY30-JY22-JY32	0.003	1/2,248,000	JS22-JJ16-JT01	0.007	1/1,119,000
JY30-JD42-JY31	0.008	1/1,414,000	JJ16-JT07-JJ12	0.031	1/160,000
JY30-JS27-JY22	0.010	1/682,000	JJ12-JT08-JT07	0.034	1/178,000
JY30-JS26-JY27	0.010	1/697,000	JJ17-JJ12-J223-JS27	0.051	1/160,000
Mean					1/977,000

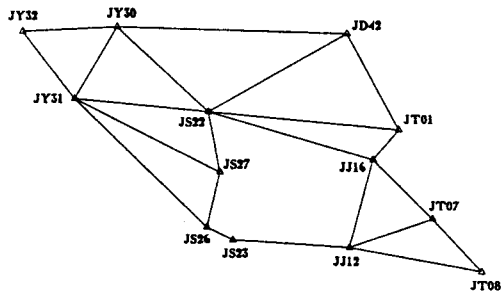


그림 5. GPS기선벡터산출에 사용된 지적삼각점망도

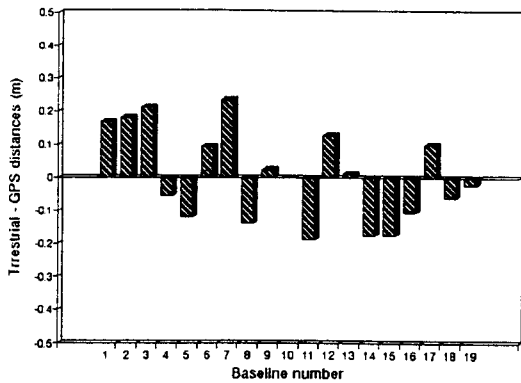


그림 6. GPS기선벡터와 지상측량데이터의 망조정된 거리의 비교

도로 측량되었음을 알 수 있다.

GPS기선벡터로부터 산출한 거리와 각의 1점 1방향 2차원 결합망조정은 거리와 각에 대한 사전 표준오차를 각각 3 mm+1 ppm, 0.5 sec를 적용하였으며, 사후 단위경중률의 표준오차 1.004에서 측정간 조정거리를 계산하였다. GPS기선벡터에 의한 조정거리는 지상측량데이터의 1점 1방향 망조정에 따른 조정거리와 비교하였다. 27개 측선에 대해서 그림 8에 도시된 바와 같이 최대 13 mm, 평균 5 mm 정도의 지상측량결과와 차이를 나타냈는데, 평균측선거리에 대해 57 ppm의 정밀

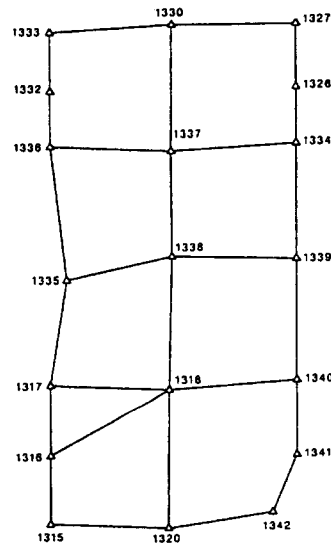


그림 7. GPS기선벡터산출에 사용된 도근점망도

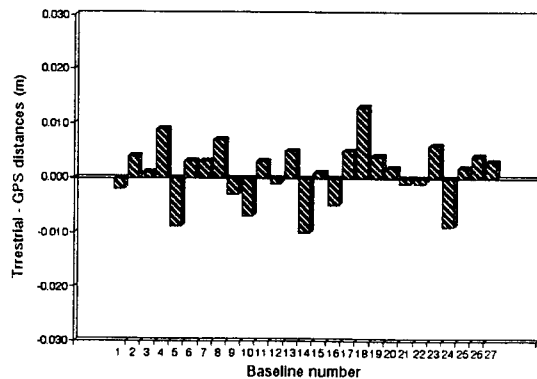


그림 8. GPS기선벡터와 지상측량데이터의 망조정된 거리의 비교

도로 삼변측량방식에 의한 위치해석이 가능함을 알 수 있었다.

3.3.3 GPS측량방법별 위치해석과 정확도 분석
선정한 19개 도근점에 대한 GPS 정지측량, 신속정지

측량, 이동측량데이터의 기선해석으로 산출된 기선벡터의 수평거리와 방위각을 이용하여 측점 1333을 기준으로 한 각 측점의 평면좌표를 구하여 지상측량방식으로 구한 성과와 비교 분석하였다.

GPS 정지측량에 의한 기선벡터는 1333과 1330을 고정점으로 2차원 최소제곱망조정에 의하여 나머지 측점에 대한 좌표를 산출하였다. GPS 신속정지측량과 이동측량은 방사형 측량방식이므로 기선해석결과로부터 수평거리와 방위각을 구하고, 고정점 1333과 1330을 기준

선으로 각 방사선에 대한 사이각을 계산한 다음, 기준선의 기존 방위각에 사이각을 더하여 각 방사선의 방위각을 계산하므로써 1333의 기준좌표를 기준으로 각 측점의 중형선좌표를 산출하였다.

표 7은 기존성과와 GPS측량방법별로 산출된 좌표성적을 비교한 결과이다. 지상측량방식에 의한 기존성과와 정지측량, 신속정지측량, 이동측량 각각의 X,Y 좌표차는 평균 2 cm미만으로 일치하고 있으며, 모든 측점에서 4 cm 미만의 매우 양호한 접근을 보이고 있어 도

표 7. 지상측량과 GPS측량으로 획득된 X,Y 좌표 비교

Points	Terrestrial (X-coord.)(m)	GPS (X-coord.) (m)			Difference (cm)		
		Static	Rapid	Stop & Go	Terra-Static	Terra-Rapid	Terra-Stop & go
1315	8372.343	8372.328	8372.335	8372.350	1.5	0.8	-0.7
1316	8423.888	8423.881	8423.885	8423.898	0.7	0.3	-1.0
1317	8477.217	8477.212	8477.204	8477.235	0.5	1.3	-1.8
1318	8473.413	8473.417	8473.408	8473.427	-0.4	0.5	-1.4
1320	8368.407	8368.411	8368.401	8368.397	-0.4	0.6	1.0
1326	8701.416	8701.418	8701.416	8701.408	-0.2	0	0.8
1327	8748.866	8748.865	8748.857	8748.868	0.1	0.9	-0.2
1344	8658.749	8658.758	8658.750	8658.752	-0.9	-0.1	-0.3
1337	8653.407	8653.412	8653.419	8653.414	-0.5	-1.2	-0.7
1338	8573.830	8573.835	8573.825	8573.836	-0.5	0.5	-0.6
1340	8479.967	8479.986	8479.963	8479.955	-1.9	0.4	1.2
1341	8423.550	8423.571	8423.542	8423.554	-2.1	0.8	-0.4
1342	8379.990	8380.013	8379.993	8379.980	-2.3	-0.3	1.0
					0.9	0.6	

Points	Terrestrial (Y-coord.)(m)	GPS (Y-coord.) (m)			Difference (cm)		
		Static	Rapid	Stop & Go	Terra-Static	Terra-Rapid	Terra-Stop & go
1315	4051.478	4051.516	4051.471	4051.458	-3.8	0.7	2.0
1316	4051.506	4051.535	4051.491	4051.494	-2.9	1.5	1.2
1317	4051.441	4051.457	4051.426	4051.436	-1.6	1.5	0.5
1318	4142.602	4142.624	4142.592	4142.589	-2.2	1.0	1.3
1320	4141.774	4141.809	4141.762	4141.763	-3.5	1.2	1.1
1326	4240.832	4240.834	4240.820	4240.817	-0.2	1.2	1.5
1327	4240.835	4240.833	4240.839	4240.836	0.2	-0.4	-0.1
1344	4240.838	4240.844	4240.822	4240.821	-0.6	1.6	1.7
1337	4144.024	4144.027	4144.011	4144.016	-0.3	1.3	0.8
1338	4144.687	4144.696	4144.665	4144.668	-0.9	2.2	1.9
1340	4240.875	4240.891	4240.849	4240.847	-1.6	2.6	2.8
1341	4240.840	4240.864	4240.825	4240.831	-2.4	1.5	0.9
1342	4222.056	4222.085	4222.035	4222.029	-2.9	2.1	2.7
					1.8	1.5	1.4

근점과 같이 협소한 지역에서 측점의 위치결정에는 신속정지측량이나 이동측량을 이용해서 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

3.3 GPS와 지상측량데이터의 조합해석

지상측량에 의한 각과 거리 데이터, GPS측량에 의한 기선벡터 그리고 이들을 조합한 데이터를 각각 1점

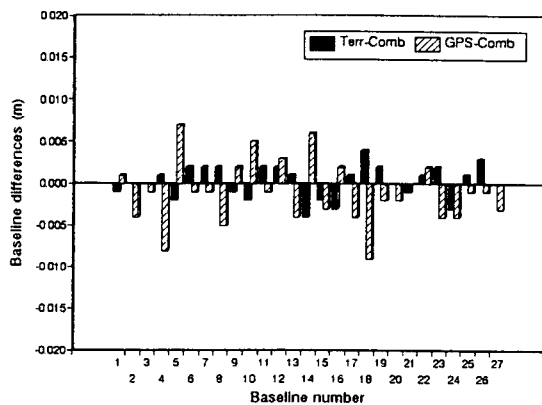


그림 9. GPS측량 및 지상측량데이터 그리고 조합데이터에 의한 망조정거리 비교

1방향 고정 2차원 망조정을 실시하고, 그 결과를 비교 분석하므로써 GPS와 지상측량방식의 병용 가능성을 검토하였다.

그림 9는 3가지 방법으로 획득된 데이터를 조정계산하여 산출한 조정거리를 비교 도시한 것이다. 각 방법별 차가 2 mm~5 mm 정도이고, 모든 측점에서 조합방법의 결과가 1 cm이내로 일치하고 있어 지상측량과 GPS측량을 병용한 도근점의 위치결정이 가능할 것으로 본다.

또한, 2점고정에 의한 망조정으로 각 측점에 대한 최종 좌표를 산출하여 비교한 결과도 조합방법에 의한 좌표성도가 지상측량방식에 의한 기준성과와 X,Y좌표에서 각각 평균 3 mm, 7 mm로 일치하였다(표 8).

4. 결 론

GPS측량을 지적분야에서 실용화하기 위하여 지적측량기준점에 적용하여 GPS측위특성을 고찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 벡셀타원체상에서 GPS기선벡터와 지상측량데이터

표 8. GPS측량 및 지상측량데이터 그리고 조합데이터에 의한 X,Y좌표와 기존성과의 비교

Points	X- coordinates (m)			Differences (cm)	
	Terra*	GPS*	Comb*	Δ (Terra-Comb)	Δ (GPS- Comb)
1315	8372.343	8372.328	8372.336	0.7	-0.8
1316	8423.888	8423.881	8423.884	0.4	-0.3
1317	8477.217	8477.212	8477.214	0.3	-0.2
1318	8473.413	8473.417	8473.414	-0.1	0.3
1320	8368.407	8368.411	8368.409	-0.2	0.2
1326	8701.416	8701.418	8701.417	-0.1	0.1
1327	8748.866	8748.865	8748.865	0.1	0.0
1332	8699.690	8699.682	8699.688	0.2	-0.6
1344	8658.749	8658.758	8658.752	-0.3	0.6
1335	8556.394	8556.387	8556.390	0.4	-0.3
1336	8657.688	8657.689	8657.687	0.1	0.2
1337	8653.407	8653.412	8653.407	0.0	0.5
1338	8573.830	8573.835	8573.831	-0.1	0.4
1339	8571.248	8571.250	8571.250	-0.2	0.0
1340	8479.967	8479.986	8479.974	-0.7	1.2
1341	8423.550	8423.571	8423.558	-0.8	1.3
1342	8379.990	8380.013	8380.001	-1.1	1.2
Mean				0.3	0.5

표 8. Continued.

Points	Y- coordinates (m)			Differences (cm)	
	Terra	GPS	Comb	Δ (Terra-Comb)	Δ (GPS- Comb)
1315	4051.478	4051.516	4051.494	-1.6	2.2
1316	4051.506	4051.535	4051.519	-1.3	1.6
1317	4051.441	4051.457	4051.448	-0.7	0.9
1318	4142.602	4142.624	4142.612	-1.0	1.2
1320	4141.774	4141.809	4141.788	-1.4	2.1
1326	4240.832	4240.834	4240.832	0.0	0.2
1327	4240.835	4240.833	4240.834	0.1	-0.1
1332	4051.420	4051.421	4051.421	-0.1	0.0
1344	4240.838	4240.844	4240.840	-0.2	0.4
1335	4063.957	4063.974	4063.964	-0.7	1.0
1336	4051.455	4051.458	4051.456	-0.1	0.2
1337	4144.024	4144.027	4144.026	-0.2	0.1
1338	4144.687	4144.696	4144.692	-0.5	0.4
1339	4240.845	4240.851	4240.849	-0.4	0.2
1340	4240.875	4240.891	4240.882	-0.7	0.9
1341	4240.840	4240.864	4240.851	-1.1	1.3
1342	4222.056	4222.085	4222.070	-1.4	1.5
Mean				0.7	0.8

*Terra : Combined angle & distance adjustment, GPS : GPS vector transformation, Comb : GPS vectors+Terrestrial observations

에 의한 망조정 결과의 기선차가 지적삼각점의 경우 평균 11.6 cm, 도근점의 경우 평균 0.5 cm의 크기로 발생하였으며, 각각 35 ppm과 57 ppm의 상대정밀도로 삼변측량방식에 의한 위치해석이 가능함을 알 수 있었다.

2. 지적도근점을 대상으로 GPS기선벡터와 지상측량에 의한 거리, 각을 조합하여 해석한 결과, 조정계산된 거리요소가 평균 2-3 mm, 최대 1 cm의 차이로 일치하여 지상측량과 GPS측량을 병용한 도근점의 위치결정과 측설이 가능하다고 판단된다.

3. 7-요소변환방법에 의한 3차원 좌표변환으로 지적측량기준점망의 점점을 효과적으로 수행할 수 있었으나 변환계수산정에 사용된 기지점의 위치에 따라 지적측량기준점의 좌표변환결과가 측점별로 최대 30 cm까지 변화되므로 기준점위치 결정을 위해서는 좀더 연구되어야 할 것이다.

4. 소규모 지역에서 지적측량기준점 위치결정에 신속정지측량과 이동측량을 적용하여 3차원좌표를 획득한

결과, 기존의 X,Y좌표성과와 평균 0.6-1.5 cm의 차이로 일치하므로 도근점위치결정에서 높은 정밀도와 효율성을 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Surveyor's Field Guide "A Field Guidebook for Static Surveying," Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, Calif., 1991, p.29.
2. 강준목, 박운용, 김홍진, 최종현, "GPS/leveling 기법과 연직선편차를 이용한 Bessel 지오이드 고산정에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제15권, 제4호, pp. 945-952, 1995.
3. Vanitek, P., Krakiwsky, E.J., "Geodesy: The Concepts", 1982, North-Holland, pp.321-323.
4. 이영진, "GPS방식에 의한 정밀기준점측량의 실용화에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제13권, 제5호, 1993, pp. 201-208.