

# GPS/GLONASS와 TS 결합에 의한 도근점 측위의 정확도 분석

## Accuracy Analysis of Positioning Supplementary Control Point with the Combined GPS/GLONASS and TS

박운용<sup>1)</sup> · 정창식<sup>2)</sup> · 김희규<sup>3)</sup> · 백기석<sup>4)</sup>\*\*\*

Park, Woon-Yong\* · Chung, Chang-Sik · Kim, Hee-Gyoo · Back, Ki-Suk\*\*\*

<sup>1)</sup> 동아대학교 공과대학 토목해양공학부 교수

<sup>2)</sup> 동아대학교 공학박사

<sup>3)</sup> 경남정보대학 건설정보과 교수

<sup>4)</sup> 동아대학교 토목공학과 박사과정

### 요 지(Abstract)

In static relative surveying, the difference of between the known cadastral supplementary control station and that of the acquired is 0.000~0.0006m in GPS alone, GPS/GLONASS, and In the RTK-GPS/TS, 0.010~0.077m on the non-ambiguity fixed solutions in the urban area, 0.008~0.078m in the open area. it proved to be valid because it is within the allowed connecting errors, i.e 12cm on the baseline of 100m in 1/1,200 cadastral map.

## 1. 서론

범세계위치결정체계인 GPS는 1980년대 군사적 목적으로 개발되었지만 현재는 다양한 분야에서 응용되고 있다. GPS관측은 주로 정적관측방법에 의해 이용되고 있으며, 후처리 과정을 통하여 위치를 결정함으로써 높은 정확도를 얻을 수 있으나 건물이 밀집된 도심지 등에서는 위성 차폐각, 다중경로오차 등에 의해 관측이 불가능하거나, 관측되더라도 정확도가 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이의 대책으로 GPS(Global Positioning System)와 GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System)을 결합한 관측방법들이 연구되고 있다.

도근점 측량이나 지적도해측량과 같이 많은 자료수집이 요구되는 경우에 사용하는 정적관측방법에 의한 GPS 관측은 많은 시간과 노력이 요구된다. 또한 현장 자료수집 및 처리 등과 같은 과정에서 자료 편집과 수정이 필요하며, 필요에 따라 현장을 다시 방문하여 재관측을 해야하는 단점이 있다. 따라서 현장에서 직접 눈으로 확인할 수 있는 기법이 필요하게 되었다. 이에 따라 기지국을 중심으로 변복조 장치(modem)를 이용하여 기지국의 위성자료를 보정하지 않고 이동국에 전송하여 이동국의 위치 정확도를 향상시키는 실시간 GPS 측량방법(RTK GPS ; Real-Time Kinematic GPS)이 고안되었다. 실시간 GPS 측량방법은 도근점 측량과 같이 많은 자료수집이 요구되는 분야에서 비용과 시간을 상당히 절약할 수 있고, 현장에서 관측오류나 오차를 직접 확인할 수 있으므로 요구정확도를 확보할 수 있다. 그러나 GPS에 의한 실시간 관측방법은 도심지에서의 경우 건물 등으로 인하여 위성의 차폐각이 커지면 가시위성의 수가 적어질 경우가 많고 더욱이 다중경로 오차를 처리하기가 어려운 점이 있다. 이러한 경우 GPS와 비슷한 GLONASS를 사용하여 가시성을 높일 수 있어 GPS와 GLONASS의 결합관측으로서 이러한 문제를 해결할 수 있을 것이다. 또한 GPS와 GLONASS의 결합관측으로도 위성 신호를 획득하지 못하여 요구정확도를 해결할 수 없는 지역은 전통적인 측위시스템인 TS(Total Station)과의 결합관측으로 위치결정을 할 수 있을 것이다.

## 2. GPS, GLONASS와 TS 결합

### 2.1. 결합모델

지상측량과 GPS 관측값의 결합 3D(Three Dimension)조정과정에서 지상측량 관측값의 입력방법은 첫 번째 전자야 장이나 측량기계내의 저장 메모리를 이용해서 다운로드(down load)하는 방법과 두 번째 관측값을 작업파일(\*.JOB)형 식으로 수정하여 직접 입력하는 방법, 마지막으로 노트북(notebook) 컴퓨터를 이용하여 관측과 동시에 입력할 수 있다.

GPS 관측값의 처리는 상용 GPS 소프트웨어를 이용해서 각각의 관측 세션(session)별로 처리한 후 결과값의 분산-공분산 행렬과 기선벡터를 입력하는 방식을 취한다. 또한 과대오차 검출을 위해 Data Snooping법에 의해  $1\sigma$ ,  $2\sigma$ ,  $3\sigma$  조정의 과대오차를 검출하며, 각 측정점의 근사좌표를 추정하고, 정확한 좌표변환을 수행하기 위해서는 여러 번의 변환을 통해 가장 정확한 좌표변환계수를 획득하는 것이 중요하다. 마지막으로  $1\sigma$ ,  $2\sigma$ ,  $3\sigma$ 의 각각의 분산요소를 추정하여 결과를 그래픽 형태로 출력한다. 본 연구에서 사용된 소프트웨어는 상용 GPS 처리용 AOS(Ashtech Office Suite)와 WinPrism을 이용하였고, 결합 3D조정 프로그램은 PANDA(Program for the Adjustment of Networks and Deformation Analysis)를 이용하였다. Fig. 1에서는 PANDA 프로그램의 자료처리 흐름도를 나타내었다.

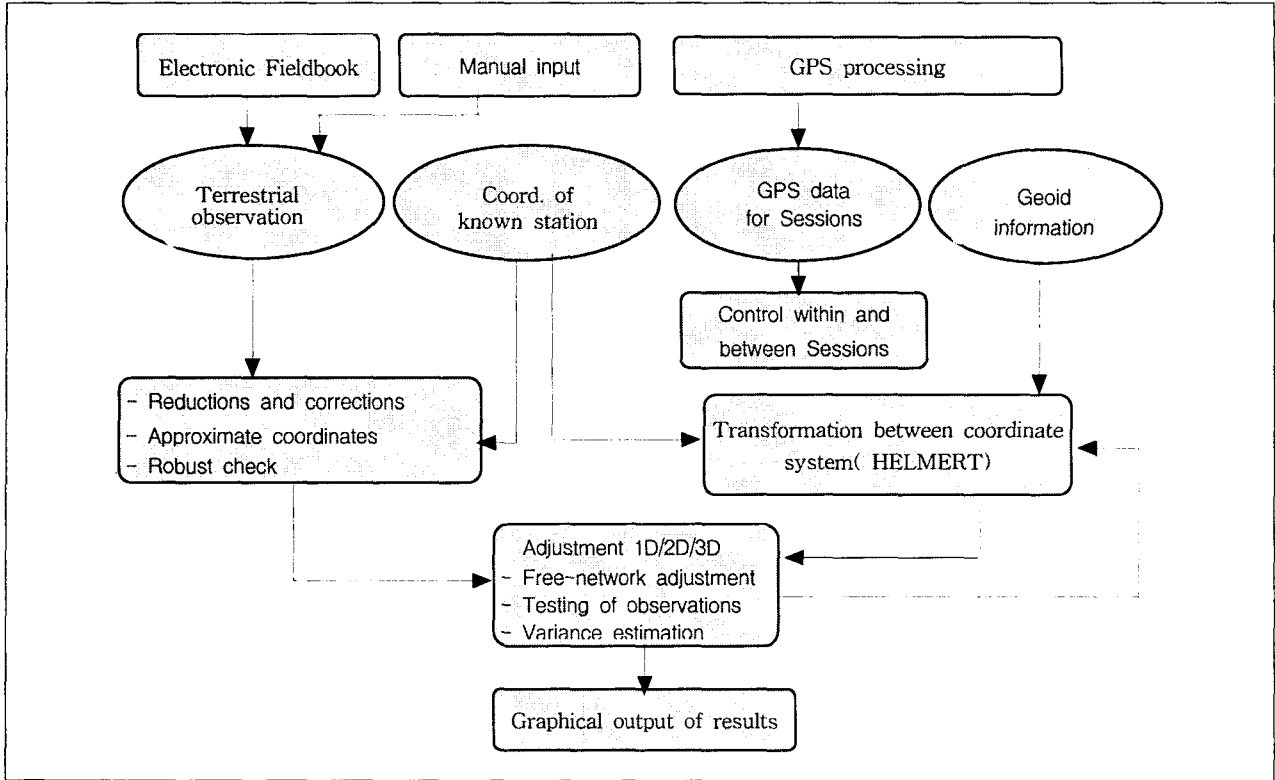


Fig. 1. Software Package PANDA-overview

## 2.2. 좌표변환

조정된 지상 측지망과 GPS망을 결합하기 위해서 새로운 알고리즘 즉, 동일점을 이용한 좌표변환 연구가 수행되었다. 기존의 3D 광역좌표계와 지역좌표계 사이의 기본 관계는 7-매개변수에 의한 Helmert 변환이다. 이러한 7-매개변수에 의한 Helmert 좌표변환식은 (1)과 같다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{GPS} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1+m)R \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{terr} \quad (1)$$

여기서,  $m$  : 축척계수,  $R$  : 회전행렬

이고, 지역좌표계를 광역좌표계로 변환하는 것이다. 그러나 동일점을 이용한 좌표변환은 지역좌표계에 적어도 한 점의 좌표변환값을 가진 지상좌표값  $(X, Y, Z)_{i, terr}$ 과 GPS 좌표값  $(X, Y, Z)_{i, GPS}$ 을 가지고 있어야 하며, 이때의 좌표변환식은 식 (2)과 같다.

$$T_i - (a_i + \bar{m} \cap S_i) = 0, \quad (i=1, 2, \dots, k), \quad (2)$$

## 3. 실험 방법 및 분석

대부분의 지역에서 GPS 위성 항법시스템이 높은 가시위성 확보율을 보이고 있어 고품질의 위치정보와 속도정보를 실시간으로 획득할 수 있다. 하지만 고층건물이나 가로수 등이 산재한 도심지 등에서는 가시위성의 부족으로 자료 획득율이 적은 경우가 많이 있다. 따라서 GPS, GPS/GLONASS 와 TS를 결합한 도근점 측위의 정확도 분석을 위해 후처리기법(Post Processing)과 실시간 처리기법(Real Time Kinematic : RTK)을 이용하여 도심지역과 개활지역으로 구분하여 도근점을 관측하였다. 도심지역은 차량과 인구의 이동이 많고, 고층 빌딩이 산재하여 위성관측 자료

취득에 영향을 미치는 요소가 많은 지역이며, 개할지역은 위성관측시 자료 취득에 장애 요소가 없는 지역을 선정하였다. 먼저 정적상대측위로 획득된 GPS와 GPS/GLONASS 결합 관측값을 위성 주파수별로 분석하였으며, 이를 이용하여 도근점간의 경사거리를 비교하였다. 둘째로 실시간 위성측위기법별로 정확도를 분석함에 있어 실시간 차분 GPS(Real-Time Differential GPS ; RT DGPS)측위, 실시간동적 GPS(Real Time Kinematic GPS ; RTK GPS)측위, 실시간 차분 GPS/GLONASS(Real Time Differential GPS/GLONASS ; RT DGG)측위, 실시간 동적 GPS/GLONASS (Real Time Kinematic GPS/GLONASS ; RTK GG)측위 등으로 도근점의 정확도를 분석하였다. 여기서, 실시간 차분GPS에서는 기지국에서 받은 의사거리 위성자료를 보정하여 이동국에 전송하는 방식이고, 실시간 동적 GPS는 기지국의 위성자료를 보정하지 않고 이동국에 전송하여 이동국에서 자료를 보정하여 획득되는 방식으로 두 관측방법은 실시간위성측위라는 점은 같으나 관측방식은 다르다. 마지막으로 도심지역에서 위성측위기법의 단점을 보완하기 위해 GPS와 TS의 조합해석으로 도근점의 정확도를 분석하였다. 조합해석은 TS관측값을 기준으로 GPS관측값을 7-매개변수를 통해 변환하는 방식을 이용하였다. 따라서, 본 논문에서는 도심지역과 개할지역의 도근점 위치결정에 있어서 실제 활용 가능한 가장 신속하고 정확한 측위방법을 제시하고자 한다. 이에 GPS 측량 등과 같은 위성측량과 컴퓨터 프로그램을 이용한 자료처리로 기존 측량성과의 신뢰도를 신속하게 검토할 수 있는 방법을 모색하여 측량 기준점을 효율적으로 사용할 수 있게 되었으므로 본 연구에서는 위성측량인 GPS와 GLONASS 측량에 대해 그 정확도를 향상시키고 활용성을 제고하기 위하여 검토를 시도하였다.

그래서 GPS, GLONASS 그리고 TS의 결합에 의한 지적도근점의 위치 정확도를 조사하기 위해서 행인의 이동이 많고 고층건물, 전주 등의 장애물이 밀집한 도심지역과 현재 부지정리가 끝나고 일부지역에 공장들이 입주해 있는 개할지역을 실험 대상지역으로 선정하였다. 도심지역과 개할지역을 구분하여 정적측위와 실시간 측위 및 GPS/TS 결합방법의 실험 및 분석을 나타낸다.

### 3.1. 도심지역

Fig. 2는 도심지역에서 정적상대측위의 관측망을 나타내고 있다. 여기서 각 측점은 지적도근점을 나타내고 있으며, 이 지역에서는 7개 측점으로 구성하였다. 각 측점에서 30분 동안 15초 간격으로 자료를 취득하였다. 3대의 GPS/GLONASS 수신기를 이용하여 정적상대측위에 의해 취득한 좌표를 Helmert 좌표변환식에 의해 2D방식으로 좌표변환을 수행한 성과를 Table 1에 나타내었다. 그리고 참고로 (170000.000, 190000.000)을 생략하여 나타내었다. 그리고 이후 성과에서도 생략하였다.

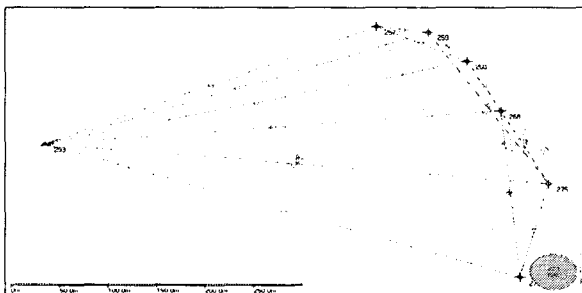


Fig. 2. Static Network(Urban area)

Table 1. Comparison of coordinates with Cadastral, Static GPS and Static GG (Urban Area)

St	Cadastral		Static GPS		Static GG	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
257	8521.384	7019.002	8521.372	7019.017	8521.380	7019.007
259	8513.764	7074.492	8513.750	7074.479	8513.760	7074.482
260	8474.219	7113.129	8475.238	7114.140	8474.729	7113.784
268	8340.428	7186.052	8340.439	7186.024	8340.430	7186.042
275	8215.366	7251.377	8214.348	7252.399	8215.719	7251.974
278	8178.507	7168.693	8178.517	7168.698	8178.510	7168.694
293	8361.403	6678.345	8361.413	6678.335	8361.408	6678.340

Fig 3는 RTK GG, Fig 4은 RTK GPS를 통하여 얻은 도근점의 평면직교좌표와 지적도상의 평면직교좌표를 동시에 도시하였다.

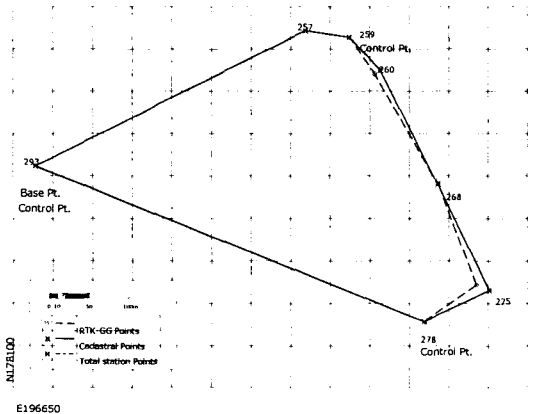


Fig. 3. RTK GG (Urban Area)

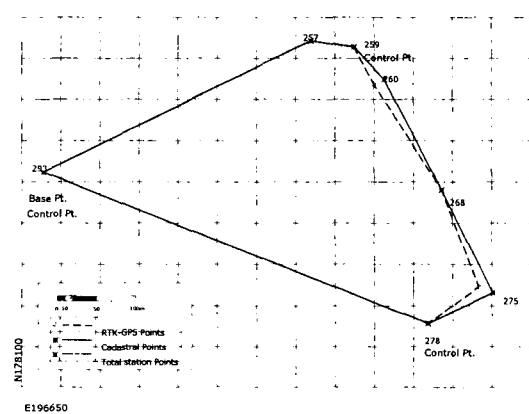


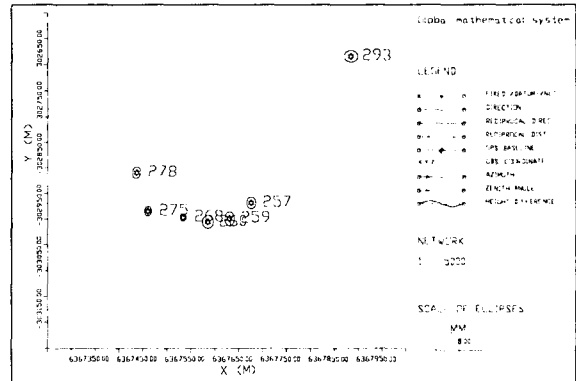
Fig. 4. RTK GPS (Urban Area)

RTK는 GPS 상시관측소로부터 WGS84좌표를 획득한 도근점293에 기준수신기를 설치하여 현장캘리브레이션을 통하여 좌표변환계수를 산출하여 1초 간격으로 자료 전송을 하고 각 측점에 고정해를 얻을 때까지 관측하였다. 하지만 주위의 지장물에 의해 측점 260과 275에서는 거의 관측이 불가능하였다. 마찬가지로 RTK GG에서도 측점 260과 275에서 관측이 불가능하였다. 하지만 결합 3D조정 프로그램인 PANDA를 이용하여 보정한 TS성과와 GPS를 결합하였을 때는 RTK GPS에서 취득할 수 없었던 성과를 과대오차로 소거하고 TS성과와 결합하여 향상된 성과를 취득할 수 있었다. Table 2에서는 RTK GPS성과, RTK GG성과 그리고 RTK GPS/TS 결합보정성과를 나타내고 있다.

Fig 5은 PANDA에서 RTK GPS/TS 결합 보정한 좌표의 신뢰타원을 보여준다. Fig 5에서도 알수 있듯이 기존의 지적도근점 성과와 비교하였을 때 X, Y좌표의 성과가 확연히 줄어든 것을 알 수 있다.

**Table 2. Comparison of coordinates with RTK GPS, RTK GG (Urban Area)**

St	RTK GPS		RTK GG		Combined RTK GPS/TS	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
257	8521.349	7019.169	8521.367	7019.077	8521.461	7018.952
259	8513.764	7074.492	8513.764	7074.492	8513.822	7074.462
260	8467.525	7100.422	8470.153	7106.211	8474.283	7113.085
268	8340.348	7186.165	8340.448	7186.065	8340.386	7186.046
275	8222.487	7233.521	8221.676	7235.117	8215.376	7251.399
278	8178.507	7168.693	8178.507	7168.693	8178.479	7168.662
293	8361.403	6678.345	8361.403	6678.345	8361.403	6678.367



**Fig. 5. Confidence ellipses of correction coordinate(Urban Area)**

그리고 Table 3과 4는 지적도 성과를 기준으로 Static GPS, Static GG, RTK GPS, RTK GG, 그리고 보정한 Combined RTK GPS/TS의 성과의 잔차를 X좌표와 Y좌표로 구분하여 나타내었다.

성과의 잔차를 분석하면 심하게 잔차가 일어난 측점 260과 275가 보정한 RTK GPS/TS와 결합하여 X좌표와 Y좌표의 잔차를 줄일 수 있었다.

**Table 3. Comparison of X coordinates with positioning system (Urban Area) (m)**

St	Cadastral - Static GPS	Cadastral- Static GG	Cadastral- RTK GPS	Cadastral- RTK GG	Cadastral- Combined RTK GPS/TS
257	0.012	0.004	0.035	0.017	-0.077
259	0.014	0.004	0.000	0.000	-0.058
260	-1.019	-0.510	6.694	4.066	-0.064
268	-0.011	-0.002	0.080	-0.020	0.041
275	1.018	-0.353	-7.121	-6.310	-0.010
278	-0.010	0.003	0.000	0.000	0.028
293	-0.010	0.005	0.000	0.000	-0.000

**Table 4. Comparison of Y coordinates with positioning system (Urban Area) (m)**

St	Cadastral - Static GPS	Cadastral- Static GG	Cadastral- RTK GPS	Cadastral- RTK GG	Cadastral- Combined RTK GPS/TS
257	-0.015	-0.005	-0.167	-0.075	0.050
259	0.013	0.010	0.000	0.000	0.030
260	-1.011	-0.655	12.707	6.918	0.044
268	0.002	0.010	-0.113	-0.013	0.006
275	-1.022	-0.597	17.856	16.260	-0.022
278	-0.005	-0.001	0.000	0.000	-0.031
293	0.010	0.005	0.000	0.000	-0.022

### 3.2. 개활지역

Fig 6는 개활지역에서 정적상대측위의 관측망을 나타내고 있다. 여기서 각 측점은 지적도근점을 나타내고 있으며, 이 지역에서는 11개 측점으로 구성하였다. 도심지역과 마찬가지로 30분 동안 15초 간격으로 자료를 취득하였다. 개활지역에서도 도심지역과 마찬가지로 3대의 동일 수신기를 이용하여 취득한 좌표를 좌표변환을 수행하여 Table 5에 도근점, Static GPS 그리고 Static GG 성과를 나타내었다. 개활지역에서는 (177000.000, 184000.000)을 생략하여 나타내었다. 그리고 이후 성과에서도 생략하였다. 여기서 Static GPS와 Static GG 성과를 비교하였을 때 두 방법 모두 기존의 지적도근점성과와 유사하나 개활지역에서 보다 많은 위성데이터를 취득한 Static GG의 성과가 더 우수한 것을 알 수 있었다. 실제 도시지역에서는 코드파를 이용한 경우에는 측위가 불가능하였지만 개활지역에서는 측위가 가능하였다. 그리고 성과를 비교하였을 때 기존에 발표되었듯이 반송파를 이용하는 RTK GPS나 RTK GG의

성파가 더 우수한 것을 알 수 있다. 또 기존의 TS 성과를 이용하여 RTK GPS 성과를 결합하여 망조정을 하여 성과를 산출하였다. Table 6에서는 실시간 측위 성과를 나타내고 도심지역과 마한가지로 개발지역에서도 RTK GPS/TS를 결합 보정한 성과를 나타내었다.

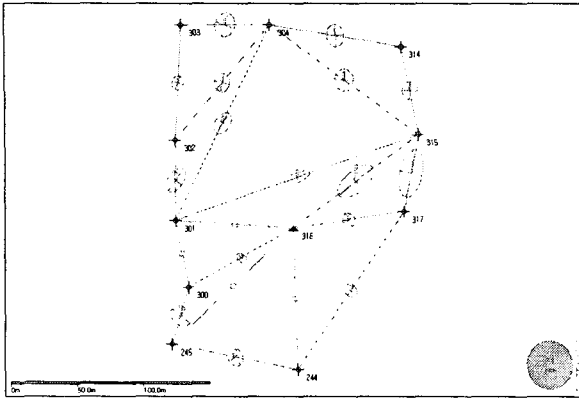


Fig. 6. Static Network (Open Sky Area)

Table 5. Comparison of coordinates with Cadastral, Static GPS, and Static GG (Open Sky Area)

St	Cadastral		Static GPS		Static GG	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
244	157.370	513.760	157.361	513.792	157.362	513.791
245	176.010	419.120	176.002	419.160	176.003	419.160
300	217.090	431.550	217.103	431.571	217.104	431.572
301	265.960	422.030	265.960	422.030	265.960	422.030
302	325.470	422.030	325.478	422.043	325.474	422.049
303	409.900	426.810	409.906	426.816	409.904	426.814
304	409.960	493.740	409.960	493.740	409.960	493.740
314	393.900	592.840	393.923	592.813	393.923	592.811
315	329.500	605.830	329.508	605.817	329.512	605.835
316	260.360	510.910	260.375	510.896	260.375	510.896
317	272.220	594.390	272.245	594.391	272.246	594.390

Fig 7는 개발지역의 RTK GPS/TS 결합 보정한 좌표의 신뢰타원을 보여주고 있으며, Fig 8는 보정한 결합 관측망 도이다.

Table 6. Comparison of coordinates with RTK GPS, RTK GG, RT DGPS, RT DGG and Combined RTK GPS/TS (Open Sky Area)

St	RTK GPS		RTK GG		RT DGPS		RT DGG		Combined RTK-GPS and TS	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
244	157.379	513.769	157.370	513.764	157.306	513.884	157.364	513.774	157.303	513.838
245	176.028	419.137	176.009	419.127	176.119	419.197	176.019	419.137	175.974	419.112
300	217.110	431.568	217.097	431.548	217.200	431.618	217.110	431.598	217.052	431.490
301	265.945	422.061	265.955	422.031	265.855	422.141	265.905	422.081	265.972	421.992
302	325.470	422.030	325.470	422.030	325.470	422.030	325.470	422.030	325.514	421.998
303	409.900	426.810	409.900	426.810	409.900	426.810	409.900	426.810	409.946	426.774
304	409.976	493.721	409.966	493.741	410.097	493.661	409.976	493.731	410.003	493.713
314	393.900	592.840	393.900	592.840	393.900	592.840	393.900	592.840	393.930	592.908
315	329.511	605.823	329.501	605.823	329.561	605.823	329.521	605.823	329.511	605.867
316	260.381	510.903	260.361	510.913	260.430	510.983	260.371	510.922	260.327	510.911
317	271.078	595.390	271.425	595.390	270.425	596.017	270.025	592.081	272.266	594.350

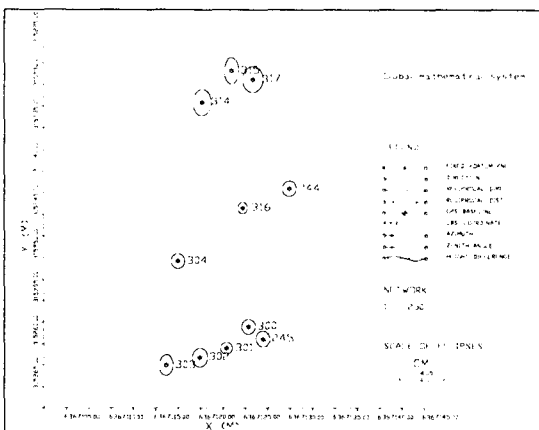


Fig. 7. Confidence ellipses of correction coordinate (Open Sky Area)

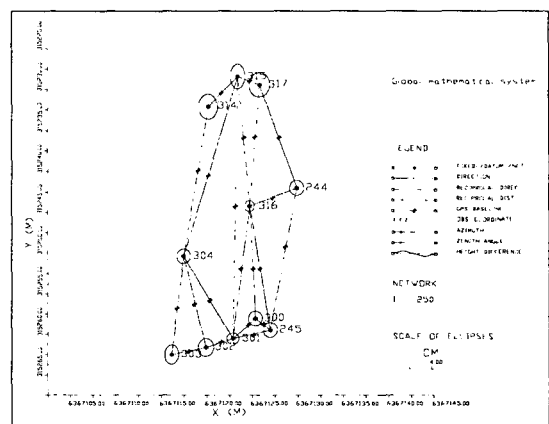


Fig. 8. Combined network correction (Open Sky Area)

그리고 Table 7과 8은 지적도 성과를 기준으로 Static GPS, Static GG, RTK GPS, RTK GG, RT DGPS, RT DGG, 그리고 보정한 Combined RTK GPS/TS의 성과의 간차를 X좌표와 Y좌표로 구분하여 나타내었다.

Table 7, 8에서 보는 것과 마찬가지로 실험대상지의 모든 측점에 Combined RTK GPS/TS의 성과가 X, Y 좌표 성과 잔차량이 가장 좋은 것으로 나타났다.

Table 7. Comparison of X coordinates with positioning system(Open Sky Area)

St	Static GPS	Static GG	RTK GPS	RTK GG,	RT DGPS	RT DGG	Combined RTK GPS/TS
244	0.009	0.008	-0.009	0.000	0.064	0.006	0.066
245	0.008	0.007	-0.018	0.000	-0.109	-0.009	0.035
300	-0.013	-0.014	-0.020	-0.007	-0.110	-0.020	0.037
301	0.000	0.000	0.015	0.005	0.105	0.055	-0.012
302	-0.008	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.044
303	-0.006	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.046
304	0.000	0.000	-0.016	-0.006	-0.137	-0.016	-0.043
314	-0.023	-0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.030
315	-0.008	-0.012	-0.011	-0.001	-0.061	-0.021	-0.011
316	-0.015	-0.015	-0.021	-0.001	-0.070	-0.011	0.032
317	-0.025	-0.026	1.141	0.794	1.795	2.194	-0.046

Table 8. Comparison of Y coordinates with positioning system(Open Sky Area)

St	Static GPS	Static GG	RTK GPS	RTK GG,	RT DGPS	RT DGG	Combined RTK GPS/TS
244	-0.032	-0.031	-0.009	0.000	0.064	0.006	0.066
245	-0.040	-0.040	-0.018	0.000	-0.109	-0.009	0.035
300	-0.021	-0.022	-0.020	-0.007	-0.110	-0.020	0.037
301	0.000	0.000	0.015	0.005	0.105	0.055	-0.012
302	-0.013	-0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.044
303	-0.006	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.046
304	0.000	0.000	-0.016	-0.006	-0.137	-0.016	-0.043
314	0.027	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.030
315	0.013	-0.005	-0.011	-0.001	-0.061	-0.021	-0.011
316	0.014	0.014	-0.021	-0.001	-0.070	-0.011	0.032
317	-0.001	0.000	1.141	0.794	1.795	2.194	-0.046

#### 4. 결론

본 연구는 실제 측량에서 기준점 측량으로 많이 실시되고 있는 도근점의 복구와 신설 그리고 세부측량에서 경계 점 위치결정 및 수치지적도 작성을 위한 측량 등에서 위성위치결정체계인 GPS/GLONASS, TS/RTK-GPS 결합관 측에 따라 도근점 측량의 적용 가능성을 제시하고, 기존 정지관측기법과의 정확도 비교와 결합관측방법의 활용성을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 정적상대측위를 GPS 단독, GPS/GLONASS 결합의 방법으로 수행한 결과 도심지에서의 경우 도근점의 성과와 비교하여 GPS 단독인 경우 최대 x축으로 1.019m, y축으로 1.022m, GPS/GLONASS 결합인 경우 최대 x축으로 0.510m, y축으로 0.655m의 오차를 보였으며 개할지의 경우 최고 0.040m 였으나, 방법에 따른 오차의 차이는 0~0.006m으로 거의 동일하였다.

둘째, 실시간 위성측위를 이용하여 도근점 성과를 획득함에 있어 도심지에서는 코드파를 이용한 경우 GPS 단독, GPS/GLONASS 결합의 방법 모두 도근점 측위가 불가능하였다. 그러나 반송파를 이용한 경우 두 지역 모두 도근점 측위가 가능하였으며, GPS 단독보다는 GPS/GLONASS 결합의 경우가 x축으로 0.79m, y축으로 1.584m 정도 오차가 감소하는 결과를 얻었다.

셋째, 실시간 위성측위에서 모호정수 고정해를 얻지 못한 도근점에 대하여 RTK-GPS와 TS의 결합에 의한 성과를 조합 해석한 결과 도심지에서는 0.0102~0.0771m였으며, 개할지에서는 0.008~0.078m 오차를 보였다. 이 값은 축척 1/1,200 지적도에서 축선거리 100m의 경우 연결허용오차 12cm 보다 적으므로 실용성이 있다고 판단되었다.

#### 참고문헌

박운용.“GIS & GPS 측량” 영남건설기술교육원, pp16-20  
 박운용, 임영빈, 이재원, “정밀측지측량을 위한 GPS 신속관측기법들의 활용에 관한 연구”, 토목학회 논문집, 제 15 권 4 호, 1995, pp. 961~973.  
 김홍진, “지적측량을 위한 GPS 위치결정 특성해석“, 충남대학교, 박사학위논문, 1996.  
 F. van Diggelen., “GPS and GPS + GLONASS RTK”, *Proceedings of ION GPS-97* , September 16-19, 1997, pp. 139~144.  
 Wilhelm, GeoTec-Laatzten.“PANDA for WINDOWS”, Instruction. pp79-83