

# FKP-RTK 측위의 시공측량 적용성 실험

## Availability Evaluation of FKP-RTK Positioning for Construction Survey Application

김인섭<sup>1)</sup>  
Kim, In Seup

### Abstract

In addition to the VRS-RTK service, FKP-RTK service launched recently in Korea however unlike VRS, it is not yet applied to various surveying tasks. VRS system is operated in two way communication over the mobile Internet. When user send rover position data to network RTK server and the server provides correction data to users continuously. It causes to increase communications load and makes delaying or failure in data transmission depends on server capacity and number of concurrent users. In contrast, since FKP system is one way communication system, user only receives correction data and area correction parameters for the selected Continuous Reference Station from the server. Thus, there is no limitation to the number of concurrent users in FKP system and it would be more efficient than VRS system in terms of economic. To this end, we performed FKP-RTK test for Unified Control Points and Urban Control Points where are located at 5 regions in Korea to evaluate the accuracy. As a result, almost of FKP positioning data are in error range of  $\pm 6.2\text{cm}$  in horizontal and it would be enough for construction survey such as for earth work in limited except precise structure survey.

Keywords : Network RTK, VRS, FKP, Continuous Reference Station

### 초 록

최근 FKP방식의 네트워크RTK 서비스가 개시되었으나 VRS방식과는 달리 아직 여러 측량분야에서 널리 적용되지 못하고 있다. VRS방식은 이동국GPS의 현재 위치를 서버에 전송하고 그 지점의 위치보정신호를 수신하는 양방향 통신체제로 인터넷 회선의 부하가 가중되므로 서버 용량과 동시 접속자 수에 따라 위치보정신호의 전송이 실패하거나 지연되는 문제가 있다. 이에 반해 FKP방식은 일종의 방송 시스템으로 VRS와 같이 이동국의 현재 위치를 서버에 전송하지 않고 사용자가 최 인근 상시관측소를 직접 선택하여 위치보정신호와 면 보정계수를 수신하는 단방향 통신체제로 운용된다. 따라서 FKP방식에서는 접속자 수와 관계없이 많은 사용자에 대한 위치보정 서비스가 가능하여 효율성이 매우 높으므로 경제적 측면에서 사용을 널리 확대할 필요가 있다. 이를 위해 본 실험에서는 FKP-RTK의 정확도를 평가하고자 전국 5개 지역에 설치된 통합기준점과 도시기준점을 대상으로 측위 실험을 실시하였다. 실험 결과, FKP 관측성과는 고시성과와 비교하여 대부분  $\pm 6.2\text{cm}$ 이내의 평면오차 범위 내에 들었으므로 정밀한 구조물의 측설 등에는 사용이 어려운 반면 토공사 등의 시공측량에는 충분히 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

핵심어 : 네트워크RTK, VRS, FKP, 위성기준점

1) Regular Member · Gachon Univ. Institute of technology Civil engineering environment (E-mail : iskim@gachon.ac.kr)

## 1. 서론

네트워크RTK측량은 2대의 수신기를 사용해야 하는 일반RTK측량과 달리, 수신기를 1대만 사용하여도 1~3cm 정확도의 고정밀 측량이 가능한 점에서 최근 사용자 수가 폭발적으로 증가하고 있다. 현재 우리나라에서 시행되고 있는 네트워크RTK 방식에는 가상기준국(VRS; Virtual Reference Station)방식과 면보정계수 (FKP; Flächen Korrektur Parameter, Area Correction Parameter)방식 등이 있다. 이 중 VRS방식은 이미 성과가 검증되어 공공측량을 비롯한 일반측량, 시공측량 등에서 널리 사용되고 있는 반면, 2012년 11월부터 서비스가 개시된 FKP방식은 아직 검증작업이 이루어지지 않은 관계로 각종 측량분야에서 제대로 적용되지 못하고 있는 실정이다.

VRS방식과 관련한 연구는 이미 수년에 걸쳐 매우 활발하게 진행되어 왔으며 최근에는 주로 활용범위의 다각화에 대한 연구가 진행되고 있다. Choi, W. and Yoo, H.(2011)은 상시관측망 바깥쪽에 존재하는 지적도근점의 정확도를 VRS방법으로 실측한 결과, 지적측량 작업규정에서 정한 허용오차 범위에서 관측됨을 확인하였으며, Choi, H. and Kim, K.(2012) 또한 188점의 지적기준점을 VRS방식으로 관측한 결과, 평균오차가 X축으로는 0.08m, Y축으로는 0.07m의 성과를 얻어 지적측량 성과의 검증에 활용될 수 있음을 확인하였다. No, S. and Han, J. and Kwon, J.(2012)은 VRS-RTK 수신기를 차량에 탑재하여 이동측위 정확도를 분석한 결과, 수평위치의 RMS는 2cm, 수직위치의 RMS는 7cm를 갖는 것으로 확인하고 수cm 수준의 실시간 매평분야에 활용할 수 있음을 제시하였다. 한편 Choi, H. and Lee, B. and Yeon, S.(2013)은 VRS에 의한 3차원측량 시 공공측량작업규정에서 정한 수직정확도 (0.1m)를 만족하기 위한 사이트 캘리브레이션 방법에 대해 연구를 실시하였다. 그러나 지금까지의 연구는 대부분 VRS방식의 네트워크RTK에 관한 내용으로 최근 시행된 FKP방식의 네트워크RTK에 관한 연구는 매우 저조한 실정이다. 다만, Bae, T.(2011)는 VRS기반의 상대측위 성과에 FKP방식의 면보정계수를 보정한 결과, 민간용 GPS수신기의 코드신호를 이용하였음에도 불구하고 전체 관측의 약90%에서 평면오차가  $\pm 0.5m$  이내인 고정밀 성과를 취득한 바 있다. 이는 국내 최초로 FKP개념을 도입한 연구이지만, 코드신호만을 사용하는 DGPS기술이라는 점에서 반송파신호를 사용하는 네트워크RTK기술에 관한 연구로 보기에 다소 무리가 있다.

이에 본 연구에서는 공공측량에서의 측위정확도를 기준으로 FKP방식의 측위정확도를 검증함으로써, 기존 VRS방식과 더불어 시공측량에 적용될 수 있는지의 여부에 대하여 실험하였다. FKP방식을 시공측량 및 공공측량에 적용하기 위해서는 우리나라 전 지역에서의 사용이 가능해야 하므로 수도권, 충청권, 호남권, 영남권 및 강원권 등 전국 5개 지역에 기 설치되어 있는 도시기준점을 대상으로 관측을 실시하였다. 도시기준점은 유비쿼터스 도시에 부응하고 도시 내 각종 시설물의 신설 및 유지관리 등을 위하여 설치하는 측량기준점으로 공공측량 성과심사를 거쳐 성과가 고시되므로 실험관측의 기준성으로 사용하는데 매우 적합하다. 따라서 본 실험은 도시기준점의 고시성과와 관측성과를 비교하여 FKP-RTK방식의 측위정확도가 공공측량작업규정에서 정한 기준점측량 및 지형현황측량의 허용오차 범위 내에 드는지를 확인하는 방법으로 진행하였다. 평면위치에 대하여는 공공측량작업규정의 네트워크RTK 기준점측량 방법에 따라 고정해가 취득된 이후 각 관측점에 대하여 10초간 관측하는 것을 1세션으로 하여 총 3세션을 관측하고, 이를 산술평균 하여 최종성과를 결정하였다. 또한 표고에 대하여는 인근에 설치된 통합기준점의 표고를 기준으로 현장 캘리브레이션을 실시하여 FKP방식으로 관측되는 타원체고를 표고로 실시간 변환하였다.

## 2. FKP방식에 의한 네트워크RTK 측량

현재 우리나라에서는 VRS와 FKP 등 두 가지 방식의 네트워크RTK가 서비스 되고 있다. VRS방식은 이동국 GPS가 위치한 지점을 가상 기준국으로 가정하고 이를 둘러싼 최 인근의 3개 위성기준점에서 관측되는 오차를 보간하여 가상 기준국에 대한 위치보정데이터를 생성하고 이를 이동국에 전송 서비스 하는 기법이다. VRS방식에서는 전리층 지연오차, 위성궤도 오차, 시계오차, 수신기 잡음오차 및 기준국과의 거리에 따른 오차 등 모든 오차를 보간하여 위치보정데이터를 생성하는 과정이 모두 서버에서 이루어진다. 그러므로 이동국에서는 단지 서버에서 전송되는 위치보정데이터만 수신할 수 있으면 VRS측량이 가능하므로 구형 수신기를 포함한 모든 종류의 RTK수신기를 자유롭게 사용할 수 있는 장점이 있다. 다만, 측량 작업을 수행하는 동안에는 연속적으로 현재 이동국의 위치를 서버로 전송하고 그 지점에 대한 위치보정데이터를 다시 서버로부터 수신하는 양방향 통신체계가 필요하다.

따라서 접속회선에 부하가 많이 걸리게 되므로 동시 접속자 수가 증가하면 서버의 인터넷 통신 용량에 따라 접속에 제한을 받게 되는 단점이 있다. 실제 우리나라의 경우, 세계적으로 드물게 국가 차원에서 네트워크RTK 서비스가 무료로 제공되고 있는데 힘입어 최근 사용자 수가 급격히 증가하였다. 그 결과, 2012년 하반기부터 2013년 상반기에 이르는 기간 동안에는 사용자의 급증에 따라 서버용량이 크게 부족하여 VRS측량에 어려움을 크게 겪은 바 있다. 예컨대 서버접속에 실패하거나, 서버접속 시 보정신호의 수신이 원활하지 않거나 시간지연이 발생하는 등의 어려움이 있었던 바, 이를 해결할 수 있는 방법 중의 하나가 바로 FKP방식의 네트워크RTK를 도입하는 것이라 할 수 있다.

FKP방식에서는 Fig. 1의 개념도와 같이 2가지의 위치보정데이터를 수신하여 RTK측위를 수행한다. 1차적으로는 현재 이동국GPS 위치로부터 가장 가까운 지점에 위치한 단일 위성기준점의 위치보정데이터를 수신하여 RTK계산을 실시한다. 2차적으로는 이동국GPS를 둘러싼 4~5개의 위성기준점이 이루는 다각망으로부터 생성되는 면 보정계수(오차경사면 보정계수)를 이용하여 단일 위성기준점과 이동국 간의 기선거리에 따른 RTK측위오차를 보정하는 기법이다. FKP방식과 VRS방식 간의 가장 큰 차이점은 RTK 측위계산의 주체가 서로 다르다는 것이다. VRS방식에서는 RTK측위에 필요한 위치보정 데이터를 모두 서버에서 계산하여 제공하므로 수신기에서는 별도의 RTK계산을 수행할 필요가 없이 단지 서버로부터 위치보정신호만 수신하면 된다. 반면, FKP방식에서는 단지 사용자가 지정하는 최 인근 위성기준점의 단일 위치보정데이터와 그 주변의 위성기준점 망에서 생성한 면 보정계수를 전송만 받을 뿐, 모든 RTK계산은 수신기에서 수행하게 된다. FKP방식의 면 보정계수 생성원리에 관하여는 Fig. 2에 그림으로 표현하였다.

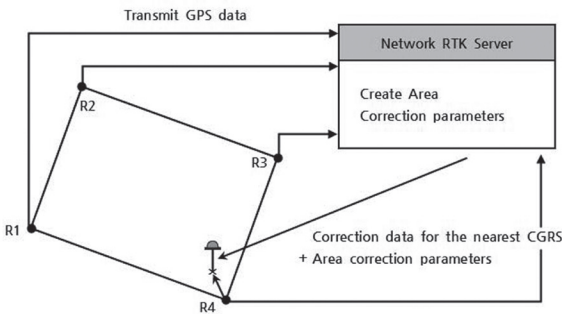


Fig. 1. Concept of FKP-RTK

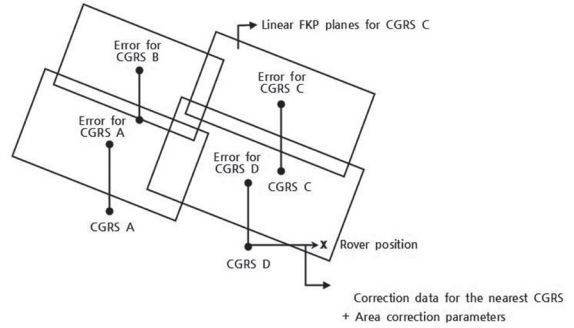


Fig. 2. Linear FKP planes for four reference stations

따라서 FKP방식에서는 VRS에서와 같이 서버에 이동국의 현재위치를 전송하고 서버로부터 그 위치에 대한 위치보정신호를 수신할 필요 없이, 서버 상에서 최 인근의 상시관측소만 선택하면 해당 관측소의 위치보정 데이터와 면 보정계수를 일방적으로 수신하게 되므로 접속자 수에 제한을 받지 않는 장점이 있다. 반면, 수신기의 기종에 따라 FKP-RTK 펌웨어가 없는 구형 RTK수신기이거나, RTK 기선해석 거리가 최 인근 위성기준점까지의 거리보다 짧은 수신기는 사용할 수 없는 단점이 있다.

### 3. 연구내용

#### 3.1 실험내용

향후 FKP방식의 네트워크RTK를 시공측량과 공공측량에 적용할 수 있도록 하기 위해서는 전국 단위의 정확도 검증이 필요하다. 그러나 전국에 산재한 건설현장을 대상으로 정확도를 검증하기에는 어려움이 크므로 본 연구에서는 서울, 대전, 광주, 대구 및 춘천 등 전국 5개 지역의 도시기준점을 연구대상으로 선정하고, 이들 기준점에 대한 고시성과를 확보하였다. 또한 FKP방식에 의한 3차원 좌표 관측 시 도시기준점의 표고정확도 검증을 위해 현장 캘리브레이션(Site calibration 또는 Localization)의 기준점으로 사용할 해당 지역의 통합기준점 고시성과도 확보하였다.

#### 3.2 사용장비 및 관측

FKP방식의 네트워크RTK를 수행할 수 있는 수신기는 RTK 펌웨어와 FKP-RTK 펌웨어를 모두 갖추어야 하며, 우리나라 위성기준점의 배치밀도가 약40km 간격임을 고려할 때 FKP-RTK측량을 위한 수신기의 기선처리 성능

은 최소 20km이상 이어야 한다. 본 연구에서는 RTK 펌웨어와 FKP-RTK 펌웨어를 모두 갖추고 있으며, RTK 기선처리 성능이 최대 50km이상인 Spectra Precision사의 ProMark800 RTK 수신기를 사용하였다. 관측 시스템은 ProMark800 수신기와 CDMA가 내장된 국산 콘트롤러(모델명 : Pidion)으로 구성되며, 네트워크RTK 접속 및 표고 보정을 위한 현장 캘리브레이션 프로그램으로는 Carlson사의 SurvCE를 사용하였다.

### 3.3 FKP-RTK 관측

#### (1) 현장 캘리브레이션

도시기준점의 관측 성과를 X, Y, H의 3차원 좌표로 얻기 위해서는 인근의 통합기준점에서 현장 캘리브레이션을 먼저 실시하여야 한다. 현장 캘리브레이션은 관측점 주변의 표고 기지점 성과를 보간하여 타원체고로 관측되는 GPS높이값을 표고로 변환하는 작업으로, 로컬라이제이션(Localization)이라고도 한다. 본 연구에서는 도시기준점을 둘러싼 4점의 통합기준점에 대하여 각 1분씩 FKP관측을 실시하고, 고시된 표고와 관측된 타원체고와의 차이값으로부터 각 통합기준점의 지오이드고를 획득하였다. 다음 SurvCE프로그램에 의해 이들 지오이드고를 보간하여 관측지역에 대한 국소 지오이드 모델을 생성하고, 이를 콘트롤러에 저장하는 방법으로 현장 캘리브레이션을 실시하였다. 이후 캘리브레이션 망내에서 관측되는 도시기준점의 타원체고는 저장된 국소 지오이드모델로부터 보간되어 표고로 자동변환 되었다. 현재 공공측량작업규정에서는 현장 캘리브레이션 작업 시 5점 이상의 기지점을 사용하도록 규정하고 있으나, 본 실험 지역은 관측범위가 넓지 않고 지오이드 기록이 비교적 완만할 것으로 예상되는 평지이므로 4점의 통합기준점만을 이용하여 현장 캘리브레이션을 수행하였다. 현장 캘리브레이션에 대

한 개념도는 Fig. 3과 같다. A, B, C, D 등 4점의 통합기준점에서 FKP관측을 통해 계산된 각각의 지오이드고를 보간하여 국소 지오이드모델을 생성하면 E점에서는 타원체고가 표고로 자동변환 된다.

#### (2) 도시기준점의 FKP-RTK 관측

도시기준점에 대한 FKP 관측은 공공측량작업규정에서 정한 네트워크RTK 측량방법에 따라 실시하였다. Fig. 4의 흐름도와 같이 먼저 CDMA가 내장된 콘트롤러를 통해 서버와 접속한 다음, 현재 이동국의 위치와 가장 가까운 지점의 상시관측소를 선택하여 해당 상시관측소의 단일 위치보정데이터와 주변 위성기준점망으로부터 생성된 오차경사면 보정계수를 수신하여 RTK 초기화(Initialization)를 실시하였다.

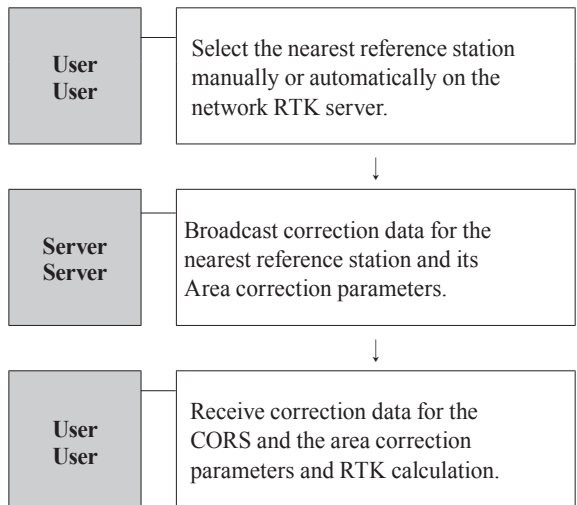


Fig. 4. Flow chart in FKP operation

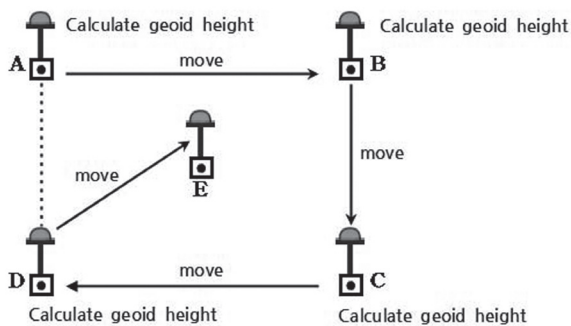


Fig. 3. Site calibration in Network RTK

수신기의 초기화가 완료되어 RMSE가 3cm 이내인 고정해(Fixed)가 취득된 이후 관측을 실시하였다. 각 관측점에 대하여는 10에포크(epoch)씩 관측하는 것을 1 세션으로, 총 3세션을 관측하여 각 세션의 평균값을 다시 평균하는 방법으로 각 도시기준점의 3차원좌표를 결정하였다. 도시기준점의 좌표를 3차원으로 얻기 위하여 통합기준점의 표고를 기지점으로하는 현장 캘리브레이션을 실시하였다. 각 지역별로 선정된 도시기준점은 Fig. 5와 같이 현장 캘리브레이션의 기준이 되는 통합기준점 망 내에 모두 포함되도록 설계함으로써 관측 오차를 최소화 하였다.

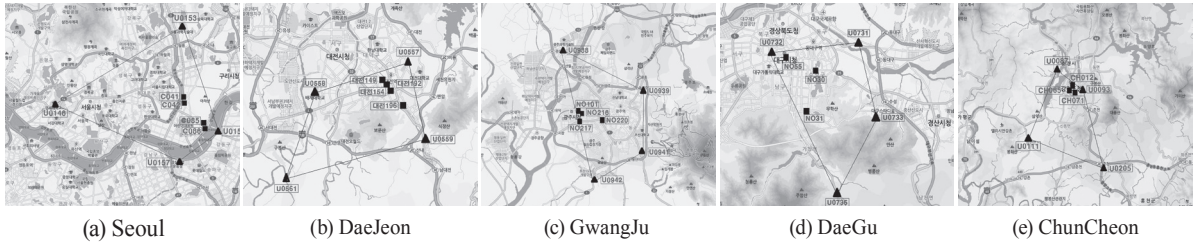


Fig. 5. Observation network for unified control points and urban control point

#### 4. 정확도 평가 및 분석

전국 5개 도시의 도시기준점에 대한 FKP 실험성과는 Table 1과 같다. 성과 중, 평면좌표는 현장 캘리브레이션을 적용하지 않은 성과이며, 표고는 해당 도시기준점을 둘러싼 인근 통합 기준점 4점의 표고성과를 기준으로 현장 캘리브레이션을 적용한 성과이다.

정확도 분석은 도시기준점의 고시 성과를 최확값으로 가정하여 관측값과 비교하였다. 서울지역의 경우 X좌표는 0.7~6.2cm, Y좌표는 2.5~5.2cm, 표고는 1.7~4cm 범위 내의 차이를 나타내어 모든 관측값이 공공측량작업규정에서 정한

기준점측량 및 지형현황측량의 평면위치 정확도(10cm) 범위를 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 대전지역의 경우 X좌표는 0.3~2.8cm, Y좌표는 0.1~2.4cm의 오차범위를 보여 평면위치 정확도는 매우 양호한 반면, 표고는 9.1~9.8cm의 오차로 공공측량에서 정한 범위에는 부합하나 서울지역에 비해 정확도가 다소 떨어지고 있음을 볼 수 있다. 이에 대한 정확한 원인은 알 수 없지만 해당 지역의 지오이드 기복이 심하거나, 현장 캘리브레이션에 사용된 통합기준점 망의 크기가 크거나, 통합기준점 설치 당시 관측한 수준측량 시 어떤 영향이 있었거나 하는 등의 원인이 있을 것으로 추정된다. 따라서 이 지역에 대하여는 향후 직접수준측량을 통하여 높은 밀도의 가 수준

Table 1. Comparison values between Reference and observation

Unit : m

	Point No.	Reference			Observation			Differences		
		X	Y	Z	X	Y	Z	dx	dy	dz
Seoul	C041	551990.789	207512.222	29.636	551990.7955	207512.3	29.5953	-0.007	-0.036	0.040
	C042	551877.179	207481.703	27.558	551877.1393	207481.7	27.5222	0.040	-0.025	0.036
	C085	549530.842	209275.781	19.168	549530.8404	209275.7	19.1847	0.002	0.052	-0.120
	C086	549510.374	209163.858	18.751	549510.4356	209163.9	18.7317	-0.062	-0.025	0.020
DaeJeon	DJ149	414327.501	237875.404	55.077	414327.4734	237875.4	55.1703	0.028	-0.008	-0.193
	DJ154	413737.359	239173.492	51.211	413737.3387	239173.5	51.3051	0.020	0.000	-0.094
	DJ192	414154.312	238901.191	49.504	414154.2869	238901.2	49.6023	0.025	0.024	-0.098
	DJ196	412578.665	240148.934	59.500	412578.6683	240148.9	59.5912	-0.003	0.001	-0.091
GwangJu	NO101	284813.804	186556.400	20.499	284813.8042	186556.4	20.5061	0.000	-0.007	-0.007
	NO216	284436.271	186620.726	20.599	284436.2525	186620.7	20.569	0.019	-0.015	0.030
	NO217	283964.638	186064.389	19.830	283964.625	186064.4	19.7515	0.013	0.005	0.078
	NO220	283846.674	190062.119	40.694	283846.6484	190062.1	40.6899	0.026	-0.005	0.004
DaeGu	NO30	362367.920	166581.983	74.342	362367.9138	166582	74.2764	0.006	-0.002	0.066
	NO31	359197.948	165706.933	81.911	359197.9446	165706.9	81.8196	0.004	-0.013	0.091
	NO55	363536.406	164133.161	43.056	363536.3834	164133.2	43.075	0.023	0.006	-0.019
ChunCheon	CH012	586466.990	264807.630	87.670	586466.9701	264807.6	87.6359	0.020	0.004	0.034
	CH065	585985.630	263869.400	75.580	585985.5988	263869.4	75.5899	0.031	-0.010	-0.010
	CH071	585877.740	264657.150	98.860	585877.7461	264657.1	98.8746	-0.006	0.013	-0.015

점 망을 형성하고, 이를 기지점으로 현장 캘리브레이션을 수행한 다음 FKP관측을 다시 실시하여 그 원인을 정확하게 규명해 볼 필요가 있다. 한편, 광주, 대구 및 춘천지역의 경우는 X좌표가 각각 0~2.6cm, 0.4~2.3cm, 0.6~3.1cm이며, Y좌표는 0.5~1.5cm, 0.6~1.3cm, 0.4~1.3cm 범위 내의 높은 정확도로 관측되었으며, 표고는 0.4~7.8cm, 1.9~9.1 cm, 1.0~3.4cm의 오차범위에서 전반적으로는 비교적 양호하게 관측되었지만, 부분적으로는 대전지역에서와 마찬가지로 평면오차에 비해 표고오차가 크게 발생하는 경우가 있었다.

결론적으로 FKP방식에 의한 네트워크RTK측량이 평면측량에는 전혀 문제가 없으나, 표고측량에 있어서는 지역에 따라 다소 정확도가 떨어지는 경향이 있음을 알 수 있었다. 더욱이 본 연구의 대상은 대부분 평지에 설치된 도시기준점으로 지오티드 기복이 비교적 완만한 지역에서 실험이 실시되었으나, 지오티드 기복이 큰 산지에서 관측하는 경우에는 표고오차가 훨씬 더 크게 나타나게 될 것으로 예상된다. 네트워크RTK에 의한 표고오차의 문제는 비단 FKP방식 뿐만 아니라 VRS방식에서도 공히 발생되고 있으므로 이 문제의 해결을 위해서는 향후 보다 심도 높은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 최근 서비스가 개시된 FKP방식의 네트워크RTK측위 기술이 시공측량 및 공공측량에 적용될 수 있는지를 판단하기 위하여 전국 5개 지역의 도시기준점을 대상으로 정확도를 검증하였다. 일반적으로 시공측량이나 공공측량으로서의 지형현황측량 시에는 대상물에 대한 3차원좌표의 관측이 요구되므로, 관측점 인근에 배치된 통합기준점의 3차원 성과를 기준으로 현장 캘리브레이션을 수행하고 도시기준점의 좌표를 관측하여 고시성과와 정확도를 비교하는 방법으로 연구를 진행한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 전국 5개 지역에서의 FKP-RTK 평면위치측량 성과는 모두 0cm~6.2cm의 오차범위 내에서 관측됨으로써 공공측량작업규정에서 정한 기준점측량 및 지형현황측량의 허용오차범위(10cm)를 충족함을 알 수 있었다. 반면, 정밀한 성과가 요구되는 구조물 측량 등의 시공측량에 적용하기에는 오차가 너무 크게 나타났다.

둘째, FKP-RTK를 이용한 3차원좌표의 관측 시, 표고관측에 대하여는 도시기준점을 둘러싼 통합기준점의 표고성과를 기준으로 하는 현장 캘리브레이션을 수행하였으나,

평면좌표 관측에는 현장 캘리브레이션을 적용하지 않아도 높은 정확도의 성과가 획득됨을 확인할 수 있었다.

셋째, FKP-RTK의 표고측량 성과는 통합기준점을 기준으로 현장 캘리브레이션을 수행하였음에도 불구하고 불규칙적으로 최대 9.8cm까지의 오차가 발생하였다. 비록 공공측량작업규정에서 정한 지형현황측량의 허용오차범위(10cm)는 충족하지만, 평면위치 성과에 비하여 표고성과는 오차가 다소 크고 불규칙하게 발생됨을 알 수 있었다. 따라서 이에 관하여는 향후 직접수준을 통해 높은 밀도의 기준점 망을 형성하고 이를 기지점으로 현장 캘리브레이션을 수행한 다음 FKP 관측을 실시하여 그 원인을 정확하게 규명할 필요가 있다.

본 연구에서는 비록 관측점 수가 많지는 않지만 전국을 대상으로 실험을 진행한 결과, FKP방식의 네트워크RTK측량이 공공측량에는 충분히 적용될 수 있는 반면, ±3cm 이내의 높은 정확도가 요구되는 구조물 측설 등의 시공측량에는 적용이 어려울 것으로 보인다. 다만, ±5~10cm 내외의 오차가 허용되는 토공사 등의 시공측량에는 FKP-RTK 측량기술의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 가천대학교 교내 연구비를 지원받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Choi, H., Lee, B., and Yeon, S. (2013), A study on the site calibration of network RTK surveying, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 31, No. 2, pp. 99-107. (in Korean with English abstract)
- No, S., Han, J., and Kwon, J. (2012), Accuracy analysis of network-RTK(VRS) for real time kinematic positioning, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 30, No. 4, pp. 389-395. (in Korean with English abstract)
- Choi, W., Yoo, H. (2011), Accuracy Analysis of Cadastral Supplementary Control Points by Using Virtual Reference Station-Real Time Kinematic GPS Surveying-Focused on Geoje City-, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 19, No. 4, pp.

- 65-70. (in Korean with English abstract)
- Choi, H., Kim, K. (2012), Accuracy analysis of cadastral control points surveying using VRS case by Jinju city parts, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 30, No. 4, pp. 389-395. (in Korean with English abstract)
- Bae, T. (2011), VRS-based precision positioning using civilian GPS code measurements, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 29, No. 2, pp. 201-208. (in Korean with English abstract)
- Gerhard, W., Andreas, B. (2006), RTCM message type 59-FKP for transmission of FKP, Geo++ White Paper, Nr. 2006.01, Geo++ GmbH, Garbsen, Germany.
- Aponte, J., Meng, X., Moore, T., Hill, C., and Burbidge, M. (2009), Assessing network RTK wireless delivery, *GPS world*, Vol. 20, No. 2, pp. 14-27.

---

(Received 2013. 11. 18, Revised 2013. 11. 28, Accepted 2013. 12. 09)