

현황측량을 위한 FKP Network RTK의 활용성 분석

한승희¹, 박홍태^{1*}
¹공주대학교 건설환경공학부

The Utilization Analysis of FKP Network RTK for Site Surveying

Seung-Hee Han¹ and Hong-Tae Park^{1*}

¹School of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University

요약 최근 네트워크 RTK사용자 수의 증대에 따라 기존의 VRS(Virtual Reference station)서비스의 접속대기시간이 길어져 측량소요시간이 길어지는 등의 불편함을 초래하고 있다. 국토지리정보원에서는 이러한 불편함을 해소하고자 단방향통신의 FKP(Flachen-Korrektur Parameter)기법을 개발하여 서비스하고 있으나 현장에서의 정확도에 대한 신뢰성 문제로 파급속도가 늦어지고 있다. 본 연구에서는 신뢰성검증을 위해 8점의 통합기준점을 검사점으로 하여 VRS와 FKP기법으로 측량한 결과를 다양하게 비교, 분석하였다. 결과분석에서 VRS기법에 비해 FKP기법에 의한 표준편차가 $\pm 0.02\text{m}$ 로 약 2배였으나 평균 오차 X:-0.025m, Y:0.011m를 얻음으로써 현장실용성을 검증할 수 있었으며 현장에서의 FKP측량의 활용확대가 기대된다.

Abstract The recent increase in the number of network RTK users has led to a longer wait time for connecting to the existing VRS service, and consequently caused inconvenience such as a longer turnaround time for surveys. To resolve such issue, the NGII has developed the FKP service that involves a one-way communication. However, it is not spreading across the market as fast as anticipated, due to accuracy problems in the field. This study uses eight unified control points for a reliability assessment to compare and analyze the survey results obtained through the VRS and FKP services in various ways. The analysis reveals that the standard deviation of the FKP service is $\pm 0.02\text{m}$, which is two times larger than that of the VRS, whilst its standard errors are X:-0.025m and Y:0.011m, proving that it is reliable to be used in the field. Therefore, we expect that the FKP service is going to be more broadly utilized for field surveys in the future.

Key Words : FKP-RTK, GNSS, Network RTK, Site surveying, VRS-RTK

1. 서론

현황측량은 설계자료의 구축 및 시공, 그리고 완공 후 시설물 관리를 위해 필수적인 작업이다. 현장에서 네트워크 RTK(Real-time Kinematic)기법을 활용한 GPS측량으로 고가의 수신기, 기선길이에 따른 정확도의 한계, 허용정확도 확보 등의 어려움을 해결할 수 있게 됨에 따라 현장에서 폭넓게 사용되고 있던 토털스테이션을 GPS

가 빠르게 대체하고 있다. 네트워크 RTK측량기법은 각 나라의 GPS인프라의 상황에 따라 VRS(Virtual Reference Station), FKP(Flachen-Korrektur Parameter), MAC(Master-Auxiliary Concept)측량방식을 사용하고 있다[1-3]. 네트워크 RTK는 기존의 기선길이에 따라 영향을 받던 RTK와는 다르게 요구되는 기준계에서 매우 균일하고 정확도 높은 위치결정결과를 가져다준다[1,5,6,8]. GNSS신호와 기선길이에 기인하는 정오

*Corresponding Author : Hong-Tae Park(Kongju National Univ.)

Tel: +82-41-521-9310 email: htpark@kongju.ac.kr

Received December 18, 2013

Revised (1st February 10, 2014, 2nd February 19, 2014)

Accepted April 10, 2014

차원인의 모델링(전리층, 대기권지연 및 위성오차)을 통해 신뢰성있는 반복정밀도와 보정자료의 유용성은 이 기법의 장점이라 할 수 있다. 이들 보정량은 실시간으로 라디오, 휴대폰 또는 무선인터넷을 통해 표준 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) 형태로 GNSS사용자에게 제공된다[4]. 현재 우리나라에서는 44개 상시관측소와 연계하여 국토지리정보원에서 VRS서비스를 2007년도부터 실시하여 왔다. 그러나 현장에서 GPS측량의 활용이 급격히 증가함에 따라 사용자 수의 제한으로 인한 접속 대기시간이 길어져 불편함을 초래하고 있다. 이에 국토지리정보원에서는 사용자의 제한 없이 사용할 수 있는 FKP서비스를 2012년 11월 1일부터 실시하고 있으며 VRS사용자의 불편함을 줄이기 위해 2013년12월 동시접속자 수를 2000명까지 증대하였다. VRS사용자의 동시접속자 수가 증가되었다고 하나 특정시간대에 접속자 수의 폭주는 여전히 쌍방향통신의 불안함으로 남아 있으므로 FKP측량기법에 대한 활용성을 규명하여 공동활용을 가능케 한다면 현장에서 네트워크 RTK측량을 보다 원활하게 사용할 수 있을 것이다.

네트워크 RTK의 개념은 1990년대 중반부터였다. 기지국과 이동국사이의 거리에 의존하는 위성오차, 전리층오차, 대기권 bias가 문제가 되었던 단기선 RTK의 한계를 해결하기 위해 제안되었다[5,6]. 그 후로 네트워크 RTK의 기법에 따른 오차모델 및 효용성에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다[4-8]. Herbert, L등은 기선길이 200km인 기지국을 기준으로 기선의 길이와 측량지역의 표고에 따른 VRS와 FKP기법의 정확도비교 연구에서 오차모델의 복잡성과 RTCM통신의 한계성을 연구하였다[7]. Calgary대학의 Petovello교수는 VRS기법의 장점과 더불어 이동국의 위치를 전송하고 VRS데이터를 수신하기 위해 쌍방향 통신의 유지와 초기 이동국의 개략위치 오차의 문제점을 지적했다[8]. 일본의 경우 2003년부터 서비스하고 있는데 Toyonaka시의 9점의 참조점에 대해 PAS(Positioning Augmentation Services)방식과 Hybrid 방식으로 측량하고 비교함으로써 FKP기법의 cm급 정확도를 검증한바 있다[9].

국내의 경우 2007년 국토지리정보원의 VRS서비스가 시작되면서 VRS측량에 의한 수준측량의 가능성, VRS측량의 지적측량 적용가능성에 대한 연구가 진행되었다[10,11]. VRS측량의 정확도에 대한 안정성으로 인하여

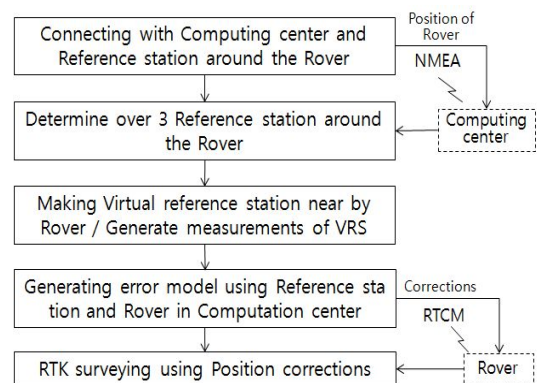
현장측량은 물론 각 분야의 다양한 응용이 활발히 진행되면서 사용자의 수가 증가하였으며 이로 인한 접속의 어려움이 증가해 왔다. 네트워크 RTK활용의 확대를 위해 국토지리정보원에서는 FKP기법의 RTK측량서비스를 시작하게 되었으며 2011년 12월부터 수도권 지역에 설치한 통합기준점에서 FKP측량을 수행한 바 있다. 일반적으로 VRS기법에 비해 다소 정확도가 떨어진다는 분석이 있었으나 구체적으로 좌표오차의 비교뿐만 아니라 오차의 방향성, 반복측정의 안정성 등에 대한 자세한 분석은 아직 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 통합기준점상에서 VRS와 FKP기법으로 현장 측량정확도를 비교, 분석함으로써 현장에서의 FKP측량의 적용가능성을 제시하여 활용하게 함으로써 보다 원활한 네트워크 RTK측량을 할 수 있게 하고자 한다.

2. 실시간 GPS측위원리

2.1 VRS-RTK기법

VRS기법은 기준국과 이동국간의 기선거리와 상관없이 원거리에 대해서도 높은 정확도의 위치 측량을 가능하게 하는 위치결정기법이다. 이 기법은 네트워크 기지국과 이동국간의 양방향통신을 유지해야하기 때문에 서버 접속자 수에 제한을 받는다는 단점이 있다.

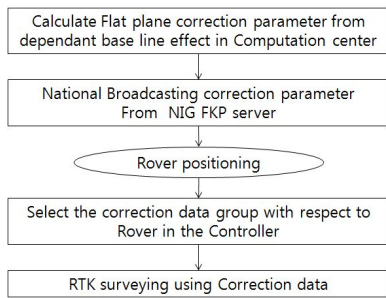
이러한 어려움을 해결하고자 국토지리정보원에서는 2013년12월부터 동시접속자 수를 2000명으로 증대하여 서비스 하고 있으나 특정시간대에 접속이 폭주할 경우 여전히 통신의 안정성이 우려되는 상황이다.



[Fig. 1] Processing flow of VRS-RTK

2.2 FKP-RTK기법

FKP기법은 VRS기법과는 달리 FKP server에서 전송하는 보정데이터를 단방향으로 수신하면 되므로 양방향 통신에 따른 접속의 불안정이 훨씬 낮으며 안정적으로 측량할 수 있다. 국토지리정보원에서 2012년 말부터 서비스를 실시하고 있으므로 사용자 수에 대한 제한없이 정밀한 보정정보를 요구 하는 지적재조사, 지도제작 및 각종 SOC 건설공사 등의 분야에서 활용이 가능하다.



[Fig. 2] Processing flow of FKP-RTK

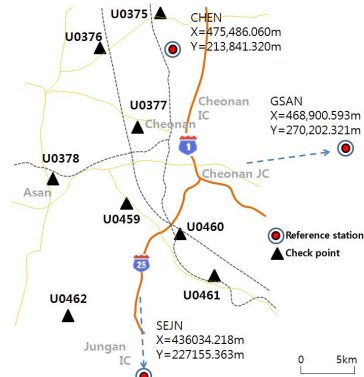
3. 실험 및 관측

3.1 검사점결정

자체적으로 검사점(check point)을 정하기 위해서는 정적모드(static mode)로 장시간 측량해야 하므로 국토지리정보원에서 설치한 통합기준점을 활용하였다. 천안시 내를 포함한 주변지역(약30*18km)의 8점에 대한 통합기준점을 정하고 이에 대한 성과를 확보하였다. 실험대상지로 천안지역을 선정이유는 천안주변지역이 지오이드의 편차가 타 지역에 비해미소하므로 수평정확도의 일관성있는 분석이 가능하기 때문이다[14]. 현장측량에 사용한 GPS수신기는 Trimble R6와 TCS2콘트롤러이다.

[Table 1] Coordinate of check points[15]

ID	X(m)	Y(m)	Z(H)(m)
U0375	479259.2280	212123.6060	32.8701
U0376	475684.4900	206598.5240	27.8572
U0377	468374.3340	210308.8160	66.2520
U0378	463482.6480	201965.7280	45.4524
U0459	460736.4350	209092.5330	39.5467
U0460	458058.2300	214157.3350	46.2862
U0461	453589.5080	217545.3590	68.6086
U0462	449791.5840	203519.6730	186.6410



[Fig. 3] Position of check point and reference station

3.2 현장측량

통합기준점 소재지 8곳에서 정확도 비교 분석을 위한 데이터를 획득하기 위하여 VRS측량과 FKP측량을 각 3회씩 실시하였다. 측량모드의 전환은 현장에서 수신기의 조작으로 가능하므로 VRS측량 후 FKP측량을 바로 실시하였다. 측량결과와 객관성을 확보하기 위하여 측량협회에서 정한 공공측량작업규정에 따라 수신기를 측점에서 30m이상 이격한 후 다시 측량하는 방법으로 3회측량을 실시하였으며 현장에서GPS 데이터 수신시간은 3초로 하였다. VRS와 FKP기법으로 측량한 좌표성과는 Table 2와 같다.

[Table 2] Observation results by VRS and FKP method

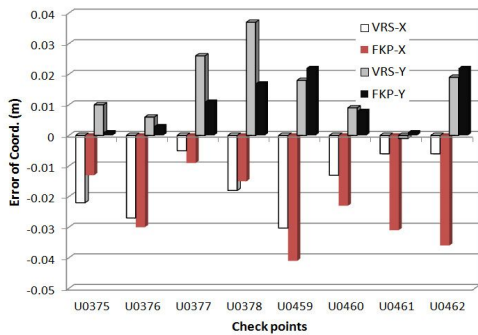
ID	VRS		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
U0375	479259.250	212123.596	33.069
U0376	475684.517	206598.518	28.004
U0377	468374.339	210308.790	66.440
U0378	463482.666	201965.691	45.599
U0459	460736.465	209092.515	39.744
U0460	458058.243	214157.326	46.452
U0461	453589.514	217545.360	68.836
U0462	449791.590	203519.654	186.837
ID	FKP		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
U0375	479259.241	212123.605	33.102
U0376	475684.520	206598.521	28.026
U0377	468374.343	210308.805	66.392
U0378	463482.663	201965.711	45.608
U0459	460736.476	209092.511	39.745
U0460	458058.253	214157.327	46.492
U0461	453589.539	217545.358	68.817
U0462	449791.620	203519.651	186.830

4. 결과분석

측량기법 별 좌표오차를 비교하기 위해 국토지리정보원에서 고시한 통합기준점좌표와 비교하여 VRS와 FKP 기법의 X,Y좌표오차를 Table 3에 정리하였다. X좌표오차는 VRS기법이 0.006~0.030m의 분포를 보이며 FKP기법보다 양호하게 나타났고 Y좌표오차는 0.001~0.022m의 분포를 보인 FKP기법이 양호하게 나타났다. 표준편차는 VRS기법에서 X:±0.010m, Y:±0.012m, FKP기법에서 X:±0.012m, Y:±0.009m로 나타나 두 기법 모두 현황측량의 정확도를 만족하고 있다. 주목할 것은 두 기법 모두 X좌표오차는 음(-)방향, Y좌표오차는 양(+의 방향으로 나타났는데 지오이드모델에 기인한 것으로 판단된다.

[Table 3] Coord. error of VRS and FKP method

Check points	$\Delta X(m)$		$\Delta Y(m)$	
	CP-VRS	CP-FKP	CP-VRS	CP-FKP
U0375	-0.022	-0.013	0.010	0.001
U0376	-0.027	-0.030	0.006	0.003
U0377	-0.005	-0.009	0.026	0.011
U0378	-0.018	-0.015	0.037	0.017
U0459	-0.030	-0.041	0.018	0.022
U0460	-0.013	-0.023	0.009	0.008
U0461	-0.006	-0.031	-0.001	0.001
U0462	-0.006	-0.036	0.019	0.022

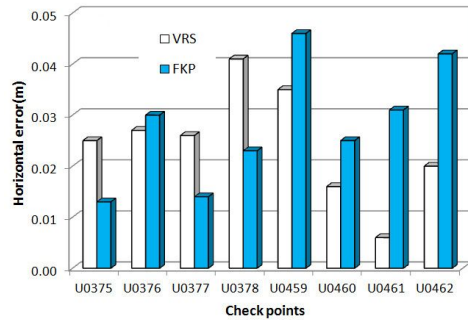


[Fig. 4] Comparison of coord. error between VRS and FKP method

현황측량의 경우 수평위치 정확도가 중요하므로 X,Y 좌표오차로부터 수평위치오차와 공간오차를 Table 4, Fig. 5에 정리하였으며 수평위치 오차의 방향성을 분석하기 위해 VRS와 FKP기법에 대한 각각의 2차원 오차벡터를 Fig. 6에 나타냈다.

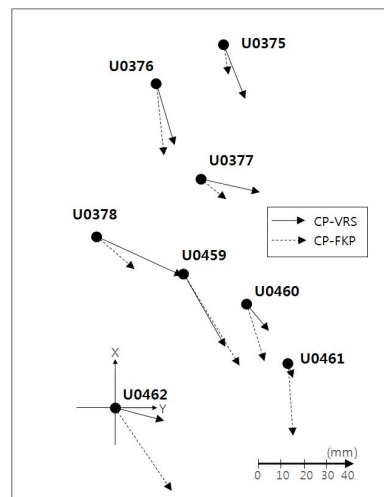
[Table 4] Horizontal and spatial error of VRS and FKP method

check point	Horizontal error(m)		Spatial error(m)	
	VRS	FKP	VRS	FKP
U0375	0.025	0.013	0.201	0.232
U0376	0.027	0.030	0.150	0.172
U0377	0.026	0.014	0.192	0.141
U0378	0.041	0.023	0.157	0.158
U0459	0.035	0.046	0.202	0.204
U0460	0.016	0.025	0.167	0.206
U0461	0.006	0.031	0.227	0.210
U0462	0.020	0.042	0.198	0.194



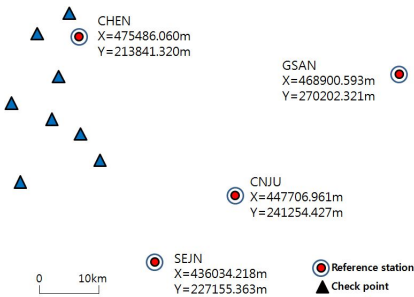
[Fig. 5] Horizontal error of VRS and FKP method

Fig. 5에서 VRS기법은 평균 0.025m, FKP기법은 평균 0.028m로 두 방법 모두 비슷한 오차가 나타났다. 그리고, U0375부터 U0378검사점까지는 VRS기법이 FKP기법보다 더 큰 오차를 보였으며 U0459부터 U0462까지는 FKP 방법이 더 큰 오차를 보였다.



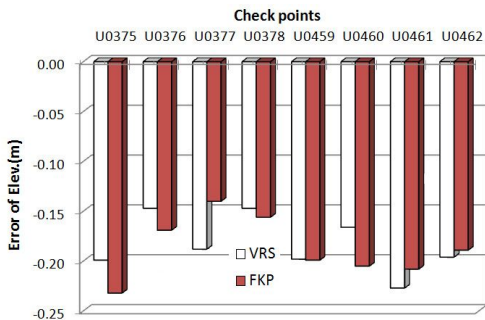
[Fig. 6] Vector of horizontal error

Fig. 6에서 오차벡터가 대부분 남동방향으로 향하고 있는데 이는 수신당시 위성수는 6~12대로 비슷한 측량 조건인 것으로 볼 때 기준기지국의 위치에 영향을 받은 것으로 판단된다. Fig. 7에서 기지국의 위치가 모두 남동쪽에 편중되어 있으며 측량지역의 북부지역에 있는 U0377, U0378, U0459검사점은 GSAN기지국, 그 외는 SEJN기지국을 사용하였다. 결과적으로 두 기법 모두 0.006~0.046m의 수평오차벡터분포를 보였으므로 현장 현황측량의 정확도는 만족하고 있다고 판단된다.



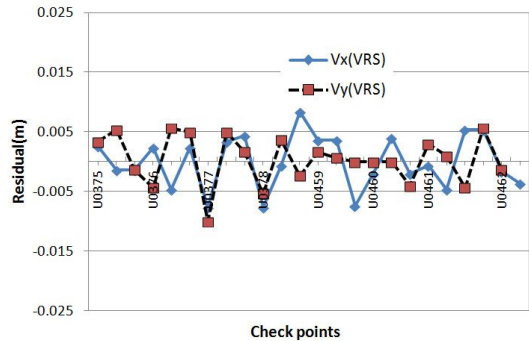
[Fig. 7] Geometric relation between reference station and control station

표고오차는 검사점의 성과와 비교해 볼 때 0.141~0.232m의 분포를 보여 지역 별 편차가 일반적인 표고오차 10~20cm와 비슷하게 나타났다[12,13]. 본 연구에서는 EGM2008 지오이드모델을 사용하였는데 새로운 한국형 지오이드모델 KNGeoid13을 발표하였으므로 추후 새로운 모델을 적용한다면 보다 양호한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. Fig. 8은 검사점의 표고와 VRS와 FKP방법에 의한 표고성과에 대한 오차를 비교한 것이다. 전체 검사점에서 0.14~0.24m로 나타나므로 국지적인 정밀 지오이드모델을 구축하여 사용한다면 충분한 정확도를 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

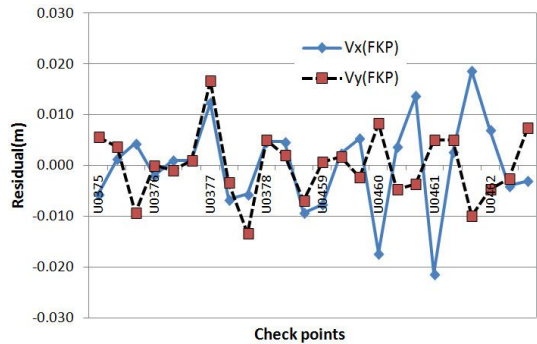


[Fig. 8] Elevation error of VRS and FKP method

VRS반복측량의 안정성을 분석하기 위해 각 기준점의 좌표평균값과 3회측량 좌표를 비교하여 잔차를 계산하였으며 Fig. 9에 도시하였다. 표준편차는 X좌표에서 ±0.023~0.067m, Y좌표에서 ±0.000~0.087m로써 X좌표보다 고른 분포를 보였다. 이는 앞서 분석한 X,Y좌표오차 중 X좌표의 오차가 더 큰 것과 상관성이 있는 것으로 판단된다. X,Y좌표에서 ±0.01m이내의 고른 분포를 보였다.



[Fig. 9] Coord. difference of average and each coord. by VRS-RTK method



[Fig. 10] Coord. difference of average and each coord. by FKP-RTK method

Fig. 10에서 FKP기법의 경우 표준편차는 X좌표에서 ±0.0017~0.0201m, Y좌표에서 ±0.001~0.0153m로써 VRS-RTK기법에서 ±0.01m이내의 표준편차를 보였다. 그러나 FKP기법에서는 ±0.02m로 약 2배정도의 큰 표준편차를 보여 반복측량의 안정성은 VRS기법이 높은 것으로 판단되나 신뢰성있는 분석을 위해서는 보다 많은 통합기준점에 대해 분석이 필요한 것으로 판단된다.

5. 결론

- 1) 통합기준점 성과와 FKP측위성과와의 차이는 X:-0.025m, Y:0.011m로 현황측량의 허용오차범위에 있었으며 VRS측위 성과의 차이 X:-0.016m, Y:0.016m와 비교해도 미소한 차이를 보이므로 현장실무에서 FKP측위방식을 활용해도 요구 정확도를 만족시킬 수 있음을 확인하였다.
- 2) 반복측량의 신뢰도에 있어서는 VRS기법이 ±0.01m, FKP기법에서는 ±0.02m로 약 2배정도의 큰 표준편차를 보인 것으로 볼 때 반복정확도의 안정성은 VRS-RTK기법이 높은 것으로 판단된다.
- 3) FKP측량기법의 수평위치에 대한 평균 오차가 0.028m, VRS기법의 평균오차는 0.025m로써 정밀 구조물 위치결정을 제외한 현황측량과 공사측량에 충분히 활용가능할 것으로 판단되나 하나의 현장에서 VRS와 FKP측량 방법을 혼용하는 것은 정확도의 일관성 면에서 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

References

- [1] Sumio Usui, Hiroshi Higuchi, "Nation-Wide RTK-GPS based on FKP method and Applications for Human navigation and Location Based Services", ICME, IEEE International Conference, 2004
- [2] Gerhard Wübbena, Andreas Bagge, " RTCM Message Type 59-FKP for transmission of FKP", Geo++®White Paper Nr. 2006.01
- [3] Andreas Engfeldt, " Network RTK in Northern and Central Europe, LMV-Rapport LANTMÄTERIET 2005:5
- [4] Volker Janssen, "A comparison of the VRS and MAC principles for network RTK", Intn'l IGNS Symposium 2009.
- [5] Rizos C, "Network RTK research and implementation - A geodetic perspective", *Journal of Global Positioning Systems* 1(2): 144-150, 2002.
- [6] Rizos C; Han S, 2002, 'REFERENCE STATION NETWORK BASED RTK SYSTEM- CONCEPTS & PROGRESS', 4th International Symposium ON GPS/GNSS, Wuhan, China, 6 - 8, 2002
- [7] Herbert Landau, Ulrich Vollath, Xiaoming Chen, Virtual Reference Stations versus Broadcast Solutions in

Network RTK - Advantages and Limitations, GNSS, Graz, Austria, 2003.

- [8] Mark Petovello, "GNSS Solution - Virtual Reference Station", insideGNSS, pp.28-31, 2011
- [9] Usui, S., et al., "Nation-Wide RTK-GPS Based on FKP Method and Applications for Human navigation and Location Based Services", IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE, Vol.3, pp.1587-1590, 2004.
- [10] Yun, Hong Sic, Hwang, Jin Sang, Huang He, Song, Dong Seob, "Determination of Practical Orthometric Height for Permanent GPS Station", *Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, : Vol.25 No.4, pp.299-307, 2007
- [11] Korea Cadastral Survey Corp., Spatial Information Research Institute, "Research for import of Global VRS and Network RTK", 2006.
- [12] Lee, Young Jin, Song, Jun Ho, Ryu, Su Hyeon, "Accuracy Analysis of Heighting Stations by National GPS/Levelling Networks in a Large Scale", *Journal of the Korean Society of Cadastre*, Vol.12, No.2 pp.1-11, 2010.
- [13] Choi, Seung Young · Cho, Jung Gwan, "Study on acquisition of cadastral elevation value and its accuracy analysis by Spline Interpolation and GPS Leveling", *Journal of the Korean Society of Cadastre*, Vol.6, No.1, pp.267-281, 2008.
- [14] Jong Sun Hwang, Hyun-Chul Han, Shin-Chan Han, Kyong-O Kim, Jin-Ho Kim, Moo-Hee Kang, Chang Hwan Kim, "Gravity and geoid model in South Korea and its vicinity by spherical cap harmonic analysis", *Journal of Geodynamics, Volume* 53, pp.27 - 33, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jog.2011.08.001>
- [15] <http://nbns.ngii.go.kr/gcp2/jsp/main/main.jsp>

한 승 희(Seung-Hee Han)

[정회원]



- 1987년 2월 : 충남대학교 토목공학(공학석사)
- 1993년 2월 : 충남대학교 토목공학(공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 건설환경공학부 교수
- 1997년 8월 ~ 1998년 7월 : Univ. of NSW Research professor

<관심분야>

위성사진측량, GPS, GIS, 3차원 지형모델

박 흥 태(Hong-Tae Park)

[정회원]



- 1900년 2월 : 중앙대학교 대학원 (공학석사)
- 1995년 2월 : 중앙대학교 대학원 건설관리(공학박사)
- 1995년 6월 ~ 1997년 9월 : 대한주택공사 연구소 책임연구원
- 1997년 10월 ~ 현재 : 공주대학교 건설환경공학부 정교수

<관심분야>

건설시공, 건설관리, 건설공정관리