

## 기준점측량을 위한 GPS 상시관측소 활용 방안

### Utilization Scheme of the GPS Continuous Stations for Control Points Survey

황창섭<sup>1)</sup>, Hwang, Chang Sup · 이계동<sup>2)</sup>, Lee, kye dong · 신계종<sup>3)</sup>, Shin, kae jong · 이재기<sup>4)</sup>, Lee, Jae Kee

<sup>1)</sup> 정회원 · 충북대학교대학원 토목공학과 · 박사수료 · 043-273-0485 (E-mail:picassoh@hanmail.net)

<sup>2)</sup> 정회원 · 충북대학교 대학원 토목공학과 · 박사과정 · 043-273-0485 (E-mail:kedo114@hotmail.com)

<sup>3)</sup> 정회원 · 충주대학교 건설도시공학과 · 교수 · 043-841-5412 (E-mail:gjsin@gukwon.chungju.ac.kr)

<sup>4)</sup> 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 교수 · 043-261-2403 (E-mail:leejk@cbucc.chungbuk.ac.kr)

## 1. 서 론

현재 GPS를 이용한 기준점측량은 대상지역을 포함하도록 삼각점과 수준점을 배치한 관측망을 구성하고 각 측점에 수신기를 설치하여 후처리과정으로 좌표를 결정하고 있다. 대부분의 삼각점들은 가파른 산에 매설되어 있기 때문에 삼각점의 답사와 선점을 위해 산을 오르내리게 되며 GPS 수신기를 설치하여 관측하기 위해 다시 산을 오르내리게 됨으로 인해 많은 시간과 경비가 소요된다. 더구나 7~9대의 다수의 수신기가 아닌 3대 이하의 적은 대수의 수신기를 이용하여 GPS 기준점측량을 수행할 경우 세션 중에 포함된 다음 삼각점까지 이동하여 수신기를 설치하기 위해서 더 많은 시간이 소요된다.

GPS를 이용한 위치정보의 취득 및 활용이 활발해지면서 국립지리원, 천문대, 행정자치부, 한국전력, 해양수산부 등의 기관에서는 지각변동, 항공, 항해, 지도제작, GPS 측위, 차량항법장치 등의 광범위한 목적을 위해 GPS 상시관측소를 설치하여 운영하고 있으며 몇몇 기관은 수신데이터를 인터넷을 통해 제공하고 있다. 제공되고 있는 GPS 상시관측소 데이터를 고정점으로 사용하여 GPS 기준점측량을 수행한 결과가 GPS에 의한 정밀 1, 2차 기준점 측량작업규정을 만족한다면 기존의 삼각점에서 수신한 데이터를 고정점으로 사용하는 측량방법과 비교해 소요되는 시간과 경비를 대폭 경감시킬 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 삼각점과 수준점을 고정점으로 사용하지 않고 GPS 상시관측소만을 고정점으로 이용하여 기준점측량을 수행하는 경우 이용된 GPS 상시관측소 개소 수 및 기선거리의 변화에 따른 정확도 분석을 통해 기준점 측량을 위한 GPS 상시관측소의 활용성과 효율성을 검증하고자 한다.

## 2. GPS 상시관측소

### 2.1 GPS 상시관측소의 설치

우리나라는 국가 기준 좌표계로서의 활용, 자동항법시스템의 활용, 지도제작, 지각변동 등의 목적으로 1995년 3월 수원 GPS 상시관측소 운영을 시작으로 1997년 GPS 무인 원격관측소를 4곳에 설치하였고 1998년 GPS 무인원격관측소 중앙국을 설치하였으며 현재까지 국립지리원은 14개소의 GPS 상시관측소를 설치하고 있다. 국립지리원 이외에도 각 기관별 도입목적에 의해 행정자치부 31개소, 자원연구소 2개소, 한국전력 4개소, 천문대 7개소, 해양수산부 9개소 등 국내에 설치된 GPS 상시관측소는 총 60여 개소에 달한다.

### 2.2 GPS 상시관측소의 구성

GPS 상시관측소인 무인원격관측소는 24시간 GPS 위성을 관측할 수 있는 무인원격 관측 시스템으로 안테나 필라 내에 2주파 수신 가능한 GPS 수신기, 멀티패스를 최소화하기 위한 초크링 안테나와 필라의 기울어

집을 감지하기 위한 경사계가 있다. 또한, 중앙국과의 통신을 위한 모뎀 또는 ISDN터미널 어댑터와 비상전원 장치인 5시간용 배터리로 구성되어 있으며, 크게 GPS 수신부, GPS 안테나부 그리고 자료처리영역으로 나눌 수 있다. GPS 상시관측용 수신기는 정지측량의 경우 수평방향으로 5mm+1ppm, 수직방향 10mm+ 1ppm의 정밀도를 가진 Trimble 4000SSi Geodetic surveyor 모델로 고정밀 측지 측량데이터를 제공하며 자동으로 L1, L2채널 상의 GPS 위성들을 추적하고 데이터를 획득한다. GPS 안테나는 위상 중심 안정도를 제공하는 Choke-ring antenna로 높이 측정방법은 Bottom of antenna mount를 사용하고 정밀 측량 결과를 제공한다. 자료처리용 컴퓨터에서는 GPS 수신기로부터 실시간으로 계측된 자료를 모뎀을 통하여 수신 받고 이를 저장한다. 또한 관측 자료는 매일 RINEX 파일로 변환하여 사용할 수 있도록 하고 인터넷 상에서 파일 공유를 위한 웹 서버의 기능을 담당하고 있으며 정밀 후처리 프로그램을 통하여 GPS 자료처리를 담당하고 있다.

### 2.3 GPS 상시관측소의 운용

국립지리원의 GPS 상시관측소의 운용은 크게 각 지역에 분포하여 1년 365일 하루도 빠짐없이 24시간 GPS 위성을 관측하고 그 자료를 저장, 관리, 전송하는 지역관측국과 지역관측소에서 수신하여 전송한 자료를 수집, 처리, 분석하여 그 결과를 이용하여 지역국들의 좌표를 결정하며 관측한 GPS 자료를 RINEX로 변환하여 인터넷을 통해 배포하는 중앙국으로 나눌 수 있다.

## 3. 실험 및 결과 분석

### 3.1 상시관측소 이용 개수에 따른 분석

#### 3.1.1 삼각점을 이용한 관측의 기선처리 결과

상시관측소 이용 개수에 따른 분석을 위해 청주지역에 설치되어 있는 삼각점과 수준점에 대해 관측계획에 따른 세션을 수립하고 정지측량을 실시하였다. 4대의 Trimble 4700 수신기를 사용하여 2002년 12월 6일 관측하였다. 그림 3.1과 같이 청주지역의 관측망을 구성하고 위성 데이터를 2시간씩 수신하였다. 수신한 데이터의 기선해석은 TGO 1.5v 후처리용 소프트웨어를 이용하였으며 GPS 상시관측소를 사용한 실험과의 동일한 기선해석 조건을 부여하기 위해 수신데이터를 수동편집하지 않고 소프트웨어에 의한 자동편집으로 수행하였다. 기선해석의 결과 전체 평균 폐합차가 15.2068mm로 정밀 1차기 준점측량의 평균 폐합차 허용범위를( 22.7256 mm) 만족하였으며 따라서 양호한 관측이 수행되었음을 알 수 있었다.

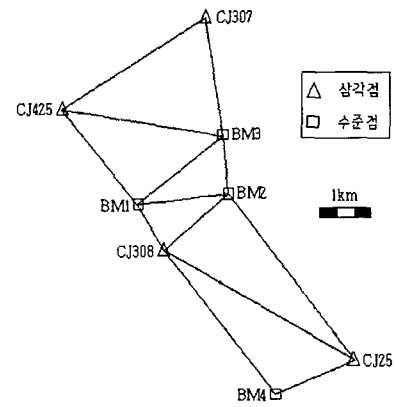


그림 3.1 청주지역 관측망도

#### 3.1.2 상시관측소를 고정국으로 이용한 결과

청주지역으로부터 비슷한 거리에 있는 서산(88km), 원주(90km), 전주(92km), 상주(71km) 상시관측소를 2개소, 3개소 및 4개소로 개수를 증가시켜 가며 실험을 하였다. 이때 삼각점과 수준점은 고정하지 않고 상시관측소만을 고정국으로 처리한 결과를 수평위치는 삼각점 성과와 표고위치는 수준점성과와 비교하였다.

표 3.1은 상시관측소 이용개수 증가에 따른 삼각점과 수준점 성과와의 정확도 분석으로 이용 개수를 증가시켜도 수평위치 잔차는 개선되지 않았으며 잔차는 각 경우별로 일정 패턴이 없이 불규칙하게 발생하였다. 모든 경우에 대해 고시성과와 비교해 수평위치는 6~15cm의 잔차가 표고에 대해서는 5~130cm의 큰 잔차가 발생하였는데 이는 이용된 4개소의 상시관측소까지의 기선거리가 80~90km의 중거리이기 때문이라고 판단된다. 그림 3.2는 절대평균에 대한 그래프로 표고잔차가 수평위치의 잔차보다 더 크게 나타남을 알 수 있으며 4개소의 상시관측소를 이용한 실험의 잔차가 가장 작았으며 3개소의 상시관측소를 이용한 실험의 잔차가 가장 크게 나타남을 알 수 있었다.

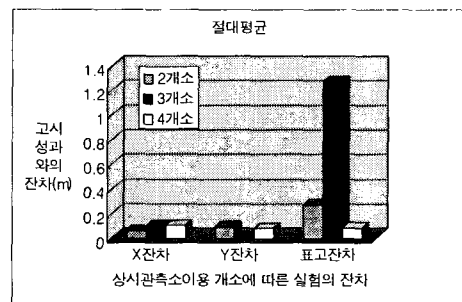


그림 3.2 상시관측소 이용 개수에 따른 실험의 잔차 절대평균그래프

표 3.1 이용 개수별 잔차

(단위 : m)

측 점	서산, 전주 상시관측소 이용한 실험 잔차 (2개소)			서산, 전주, 상주 상시관측소 이용한 실험 잔차 (3개소)			서산, 전주, 상주, 원주 상시관측소 이용한 실험 잔차 (4개소)		
	X 잔차	Y 잔차	표고잔차	X 잔차	Y 잔차	표고잔차	X 잔차	Y 잔차	표고잔차
CJ25	0.11	-0.127		-0.084	0.002		-0.11	0.089	
CJ307	0.058	-0.12		-0.058	0.001		-0.15	0.138	
CJ308	0.067	-0.081		-0.131	0.034		-0.142	0.118	
CJ425	0.077	-0.127		-0.143	-0.009		-0.128	0.057	
BM01			0.248			-1.343			0.047
BM02			0.267			-1.311			0.081
BM03			0.266			-1.371			0.075
BM04			0.311			-1.068			0.127
절대평균	0.078	0.11375	0.273	0.1272	0.0115	1.2733	0.1325	0.1005	0.0825
표준편차	±0.0227	±0.0221	±0.0268	±0.0300	±0.0187	±0.1390	±0.0175	±0.0353	±0.0332

### 3.2 상시관측소의 기선거리 변화에 따른 분석

#### 3.2.1 삼각점을 이용한 관측의 기선처리 결과

상시관측소의 기선거리 변화에 따른 분석을 위해 안양지역에 설치되어 있는 삼각점과 수준점에 대해 관측계획에 따른 세션을 수립하고 정지측량을 실시하였다. 청주지역과 마찬가지로 4대의 Trimble 4700 수신기를 사용하여 2002년 10월 25일 관측하였다. 그림 3.3과 같이 안양지역의 관측망을 구성하고 위성 데이터를 2시간씩 수신하였다. 수신한 데이터의 기선해석은 소프트웨어에 의한 자동편점으로 수행하였으며 전체 평균 배합차는 22.178mm로 GPS에 의한 정밀 1,2차 기준점 측량 작업규정에 의한 기준(22.597 mm) 이하로 양호한 관측이 수행되었다.

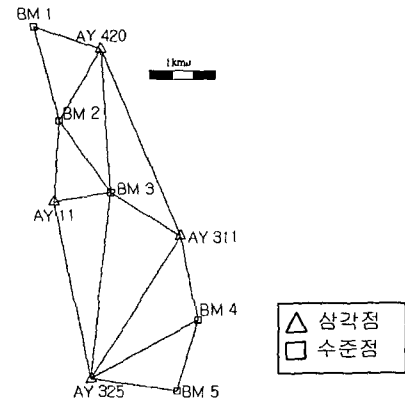


그림 3.3 안양지역 관측망도

#### 3.2.2 상시관측소를 고정국으로 이용한 결과

안양지역으로부터 수원(16km)과 서울(28km)의 근거리 상시관측소 2개소, 청주(93km)와 원주(89km) 중거리에 위치한 상시관측소 2개소, 상주(151km)와 전주(171km) 장거리 상시관측소 2개소, 그리

표 3.2 기선거리에 따른 잔차

측 점	수원, 서울 상시관측소 이용한 실험 (근거리)			청주, 원주 상시관측소 이용한 실험 (중거리)			전주, 상주 상시관측소 이용한 실험 (장거리)			수원, 원주 상시관측소 이용한 실험 (근1, 중1)			수원, 상주 상시관측소 이용한 실험 (근1, 장1)		
	X 잔차	Y 잔차	표고잔차	X 잔차	Y 잔차	표고잔차	X 잔차	Y 잔차	표고잔차	X 잔차	Y 잔차	표고잔차	X 잔차	Y 잔차	표고잔차
AY11	0.038	0.016		0.114	-0.098		0.632	-0.197		0.081	0.060		0.283	0.073	
AY311	0.033	0.035		0.069	-0.078		0.565	-0.168		0.039	0.071		0.172	0.112	
AY325	0.017	0.011		0.064	-0.129		0.557	-0.247		0.044	0.028		0.169	-0.025	
AY420	0.018	0.039		0.068	-0.051		0.596	-0.126		0.025	0.101		0.258	0.197	
BM01			-0.031			-0.101			-0.256			-0.012			-0.059
BM02			-0.006			-0.077			-0.232			0.013			-0.034
BM03			-0.001			-0.072			-0.227			0.018			-0.030
BM04			0.005			-0.074			-0.209			0.024			-0.028
BM05			0.056			-0.002			-0.153			0.086			0.030
절대평균	0.0265	0.0253	0.0198	0.0788	0.089	0.065	0.587	0.185	0.2154	0.0473	0.065	0.0306	0.2205	0.1018	0.0362
표준편차	±0.0092	±0.0120	±0.0234	±0.0236	±0.0329	±0.039	±0.0341	±0.0508	±0.0387	±0.0239	±0.0301	±0.0363	±0.0586	±0.0921	±0.0328

고 수원 근거리 상시관측소 1개소와 중거리 상시관측소 1개소 및 수원 근거리 상시관측소 1개소와 장거리 상시관측소 1개소로 기선거리를 변화시켜 5가지 조건으로 실험하였다. 이때 삼각점과 수준점은 고정하지 않고 상시관측소만을 고정국으로 처리한 결과를 수평위치는 삼각점 성과와 수평위치는 수준점 성과와 비교하였다.

표 3.2는 각 실험별 삼각점과 수준점성과와의 잔차로 기선거리가 멀어질수록 잔차가 커짐을 알 수 있었다. 먼저, 수원과 서울에 위치한 근거리 상시관측소를 고정점으로 이용한 실험의 잔차는 수평위치에 대해 4cm, 표고에 대해 6cm 이하로 분포하였으며 잔차의 표준편차는 수평위치에 대해  $\pm 1\text{cm}$ , 표고에 대해  $\pm 3\text{cm}$ 를 나타내었다. 따라서 2개소의 상시관측소가 30km 이내에 존재하는 지역에서는 삼각점에 수신기를 세우는 과정 없이 상시관측소를 고정점으로 이용하여 GPS에 의한 정밀 1,2차 기준점 측량의 작업규정을 만족하는 기준점 측량이 가능할 것으로 판단된다.

청주와 원주에 위치한 중거리상시관측소를 고정점으로 이용한 실험에서 수평위치와 표고 잔차는 5cm ~ 12cm로 분포하였으며 근거리상시관측소를 이용한 실험보다 잔차가 크게 발생함을 알 수 있었다.

대상지로부터 장거리에 위치한 전주와 상주 상시관측소를 고정점으로 이용한 실험에서 수평위치와 표고의 잔차는 12cm ~ 63cm로 분포하였으며 5가지 실험들 중에서 잔차가 가장 크게 발생하였다.

대상지로부터 근거리와 중거리에 위치한 수원과 원주 상시관측소를 고정점으로 이용한 실험에서 수평위치와 표고 잔차는 1cm ~ 10cm로 분포하였으며 2개소의 중거리상시관측소만을 이용한 실험보다 더 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

근거리와 장거리에 위치한 수원과 상주상시관측소를 이용한 실험에서 수평 잔차는 7cm ~ 28cm, 표고 잔차는 3cm ~ 6cm로 분포하였으며 근거리와 중거리상시관측소를 이용한 실험보다 잔차가 더 크게 발생하였다.

그림 3.4는 상시관측소의 기선거리 변화에 따른 잔차의 절대평균에 대한 그래프로 기선거리가 멀어짐에 따라 수평과 표고 잔차가 커짐을 알 수 있으며 중거리와 장거리 상시관측소를 이용하더라도 근거리에 위치한 수원 상시관측소를 함께 이용한 실험의 잔차가 중거리나 장거리만을 이용한 실험의 잔차 보다 작아짐을 알 수 있었다.

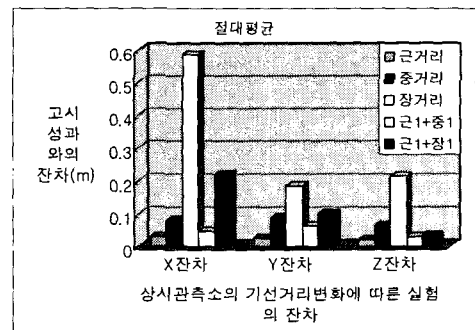


그림 3.4 상시관측소의 기선거리변화에 따른 실험의 잔차 절대평균 그래프

GPS 상시관측소 기선거리 변화에 따른 실험을 통해 근거리 GPS 상시관측소 2개소를 고정점으로 이용하는 것이 가장 좋은 결과를 얻었으며 중거리, 장거리 상시관측소만을 이용하는 것보다는 근거리 1개소와 중거리 1개소를 고정점으로 이용하는 것이 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

전국에 설치된 국립지리원의 GPS 상시관측소 수신데이터를 이용한 GPS 기준점 측량의 정확도분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 삼각점에 수신기를 설치하지 않고 근거리에 위치한 2개의 GPS 상시관측소 성과만을 고정점으로 이용하더라도 GPS에 의한 정밀 1,2차 기준점 측량 작업규정을 만족하며, 삼각점의 고시성과와 비교해 3cm 수준점 고시성과와 6cm 이내의 정확도를 얻을 수 있었다.
2. GPS 상시관측소의 이용 개소의 수보다는 측량대상지역에서 이용되는 상시관측소까지의 기선거리가 정확도에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 따라서 근거리 상시관측소를 기준점 측량에 활용하기 위해서 국립지리원 이외의 기관에서 설치한 상시관측소의 성과를 이용할 수 있는 체계가 구축되어야 할 것으로 사료된다.
3. 삼각점에 수신기를 설치하여 고정점으로 이용하는 현재의 GPS 기준점 측량과정 없이 근거리에 위치한 2개소의 GPS 상시관측소를 고정점으로 이용함으로써 GPS 기준점 측량과정에 소요되는 시간과 경비를 경감할 수 있을 것으로 판단된다.
4. 지하시설물 및 도로시설물 측량을 위한 신속한 도시기준점 측량의 GPS 상시관측소의 활용성을 제시하였다.

그러나, 본 연구는 일부 지역과 특정 데이터에 국한된 실험연구이며, 세계측지계의 도입에 따라 기준점 측량 외의 여러분야로 GPS 상시관측소 활용을 극대화시키기 위해서는 2개의 GPS 상시관측소 공통 영향권에서 측점의 위치변화에 따른 정확도 분석에 대한 심도 있는 연구가 이어져야 하겠다.