

정밀 DGPS측량의 기준점 분석에 따른 수치지형도와 수치해도의 통합관리

장용구* · 김상석**

*한국건설기술연구원 GIS/LBS연구센터 선임연구원, **부산대학교 토목공학과 대학원

Integrated Management of Digital Topographic Map and Digital Nautical Chart Using Analysis of Control Points in Precise DGPS Surveying

Yong-Gu Jang* · Sang-Seok, Kim**

*Senior Researcher, GIS/LBS Research Center, Korea Institute of Construction Technology, 2311, Goyang-Si,
Gyeonggi-Do, 411-712, Korea

**Graduated School, Department of Civil Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

요 약 : 현재 국내에서 활발히 이루어지고 있는 GPS 정밀측지측량은 GPS 관측성과가 관측값의 통계적 검증없이 이루어지고 있는 문제점이 있다. 그리고 육지와 해상의 통합지리정보시스템구축을 위한 수치지형도와 수치해도의 통합투영의 필요성이 요구되고 있다.

본 연구를 통하여 GPS 망조정에 사용되는 3점의 기준점에 대한 기하학적인 강도에 따른 정밀도 분석과 분산계수의 변화에 따른 GPS 관측값들의 정밀도 분석방법으로 GPS 관측값의 정밀도 향상을 위한 방법을 제시하였다.

또한, GPS 관측값의 정밀도를 향상시키는 방법과 수치지형도와 전자해도의 통합투영으로 GPS 기준점을 이용한 수치지형도와 수치해도의 경계선 오차량을 비교검토하여 수치지형도와 수치해도의 통합관리의 방향을 제시하였다.

그리고 이렇게 산출된 GPS 관측결과를 이용하여 EDM 측량결과를 산출하고 수치지형도와 수치해도를 이 경계값들로 맞추었을 때 전체적인 경계점 오차량을 비교 검토하였다.

핵심용어 : 후처리 정밀 GPS 측량, 통합지리정보시스템, 수치지형도, 수치해도, 기하학적 강도, 분산계수, GPS망조정

Abstract : Geodetic surveying using precise GPS equipment are used without analysis with a statistical verification of GPS observed value and it was preformed by necessity to integration projection of digital topographic map and nautical Chart for integration geographic information system construction.

The purpose of this study proposes method that improve accuracy of GPS observed value and direction that integrally manage digital topographic map and electronic nautical chart in analyzing the boundary line error between digital topographic map and nautical Chart.

For improvement of the precision of GPS observed value, the author studied precision-analysis of GPS observed value by geometric strength and variance factor in 3 control points used in GPS network adjustment.

And like this, produce EDM measurement using this GPS observation results and compare the whole boundary point error when set digital topographic map and nautical chart by these boundary.

Key words : Postprocessing precise GPS surveying, Integrated geographic information system, Digital topographic map, Nautical chart, Geometric strength, Variance factor, GPS network adjustment

1. 서 론

GPS는 이론적으로는 수 mm의 상호 위치결정이 가능하고 또한 상호간의 시준 없이도 수 10km간을 단시간에 측량이 가능하므로 기존의 기준점이 미비하거나 일반적인 측량이 곤란한 지역 등에서 손쉽고 빠르게 위치를 결정할 수 있다. 더구나 기존의 측량장비에 비해 수신기가 사용하기 쉽고 컴퓨터와 연

결하였을 경우 바로 목적한 결과를 얻을 수 있으므로 매우 효과적인 측량수단이 되고 있다. 또한 하드웨어의 발달로 인해 GPS의 위치측정 기능과 컴퓨터 기술의 접목으로 여러 가지 목적의 수신기가 개발되고 있고 그 가격도 점점 저렴해지는 추세에 있다.

GPS 측량방법에는 정밀측지측량에 사용하고 있는 Static 측량방법과 정밀도가 조금은 떨어지지만 다각점이나 경계측량

* 대표저자 : 장용구(중신회원), wkddydrn@kict.re.kr, 031)910-0327

** civil_1614@hanmail.net, 051)510-3209

에 사용하는 Kinematic 측량방법 그리고, 항법장치에 달아서 실시간적인 위치추적에 사용하고 있는 Dynamic 측량방법이 있다.

GPS 정밀측지측량을 위해 Static 측량을 한 경우 후처리로 기준점들을 이용한 GPS 망조정에 따른 정밀한 좌표산정을 수행해 주어야 한다.

GPS 망조정은 한 기준점을 이용한 기선해석을 수행한 후 1점, 2점 또는 3점을 고정하여 망조정을 수행해 주는데 일반적으로는 3점고정에 의한 방법을 사용하고 있다.

국내의 수치지도에는 많은 종류가 있지만, 크게 육지와 해양으로 나누어 볼 때에는 수치지도와 수치해도가 있다. 현재, 수치지도는 TM투영원리에 의해서 제작되고 있으며, 전자해도는 UTM투영원리에 의해 제작되고 있다. 현재, 국가에서는 육지와 해양의 지리정보를 통합관리하기 위한 과정으로 육지에서는 국가지리정보시스템을 구축하고 있으며, 아직 시작단계이지만 해상에서는 해양지리정보시스템을 구축하려고 하고 있다. 따라서 국가지리정보시스템과 해양지리정보시스템을 최종적으로 통합관리를 하기 위해서는 수치지도와 전자해도의 단일투영방법에 의한 관리가 이루어질 것이다.

본 연구에서는 GPS 관측값의 분석에서 기준점으로 사용되는 3점의 기하학적 강도에 따른 관측값들의 오차량 분석과 GPS 관측값들의 카이제곱 적합도분석에 사용되는 분산계수의 변화에 따른 오차량 분석의 두가지 분석으로 연구범위를 정하였다. 또한, 수치지도와 전자해도의 통합관리를 위한 오차량 분석의 경우에는 결정된 GPS 결과값을 이용하여 수치지도와 전자해도의 경계선부분의 정밀 EDM측량을 통하여 결정된 경계점들의 좌표오차량으로 연구분석범위를 정하였다.

2. GPS 관측방법

GPS 관측법에는 의사거리방식(pseudoranges)과 반송파 위상방식(carrier phases)의 두가지 형태가 있다. 의사거리방식은 종종 항법에서 사용된다. 고도의 정밀도를 요하는 측량에서는 반송파위상방식이 많이 사용되고 있지만, 의사거리방식과 반송파위상방식의 복합해석법 점점 더 보편화 되어가고 있다. 반송파위상방식에는 이중차분과 삼중차분이 있다.

3. 적용예

3.1 모델지역

본 연구의 모델지역은 부산광역시 전역의 1, 2, 3, 4등 삼각점을 포함한 지역으로 선정하였다.

본 연구를 위하여 기존의 삼각점들의 조사 및 답사하여 측량할 삼각점을 결정하고 외업과 내업으로 나누어 연구하였다. Fig. 1은 본 연구를 위하여 수행한 작업의 흐름도를 보여 준다.

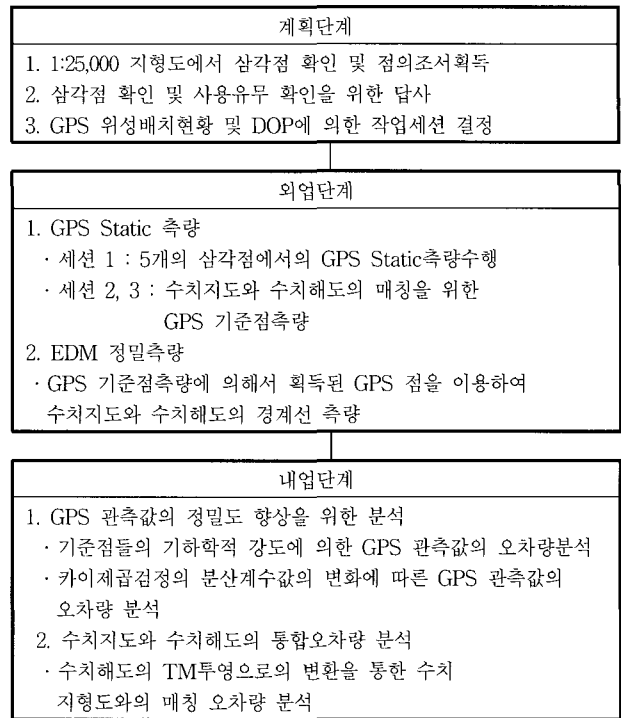


Fig. 1 Flow char of study

Table 1은 본 측량에서 사용된 측량장비의 제원이다.

Table 1 Specification of surveying equipment used in this study

측량장비명	제 원
GPS Receiver	<ul style="list-style-type: none"> ■ GRS 2600 GPS Receiver <ol style="list-style-type: none"> 1. SOKKIA사의 GPS 장비 : 3 Set 2. 정확도(Static, Rapid Static 측량시) <ul style="list-style-type: none"> Horizontal : 0.5cm + 1ppm · D Vertical : 1cm + 1ppm · D ■ Radian IS GPS Receiver <ol style="list-style-type: none"> 1. SOKKIA사의 GPS 장비 : 2 Set 2. 정확도(Static, Rapid Static 측량시) <ul style="list-style-type: none"> Horizontal : 0.5cm + 1ppm · D Vertical : 1cm + 1ppm · D
EDM	<ul style="list-style-type: none"> ■ SET 530R <ol style="list-style-type: none"> 1. SOKKIA사의 EDM 2. 정확도 <ul style="list-style-type: none"> Horizontal : 0.2 cm + 2ppm · D Vertical : 0.2 cm + 1ppm · D

3.2 현장측량

3.2.1 GPS Static 측량

GPS Static 측량은 계획단계와 외업단계로 나누어 진행하였으며 전체 3단계로 이루어졌다.

(1) 제 1 단계

제1단계는 삼각점 확인 및 사용유무 확인을 위한 답사단계로 부산광역시에 존재하고 있는 삼각점중 등급이 높은 삼각점

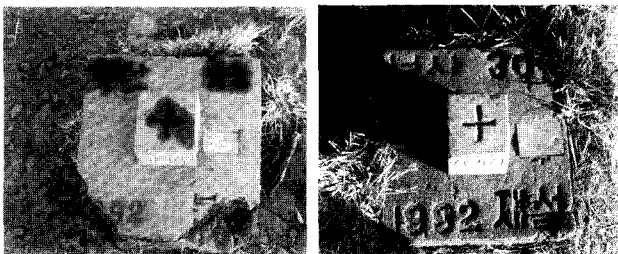
을 우선으로 하여 GPS Static 측량을 수행하기 위한 삼각점을 선정 및 확인하는 단계이다. 본 연구를 위하여 1등 및 2등 삼각점 위주로 삼각점을 선택하려고 하였으나, 1등 및 2등 삼각점의 수가 적어서 본 연구에서는 1등 삼각점(봉래산 삼각점) 1점, 2등 삼각점(엄광산 삼각점) 1점, 3등 삼각점(장산봉 삼각점) 1점, 4등 삼각점(황령산 삼각점, 금련산 삼각점) 2점을 선정하였다. Table 2는 본 연구에서 사용한 삼각점의 명칭과 좌표를 보여준다.

Table 2 Triangulation name and coordinate used in this study

(단위 : m)

삼각점 \ 좌표	N	E	H
봉래산	175,947.4206	204,971.4931	394.720
엄광산	181,955.7937	201,906.9757	504.220
장산봉	179,821.0950	211,051.9410	224.600
황령산	184,236.8140	207,407.7780	427.630
금련산	183,613.4990	209,158.8250	225.570

Fig. 2은 사용한 삼각점 중에서 엄광산과 장산봉 삼각점을 보여준다.



(Umkwang)

(Jangsan)

Fig. 2 Landmark of Umkwang and Jangsan mountain

(2) 제 2 단계

제2단계는 GPS 위성배치현황 및 DOP에 의한 작업세션 결정하는 단계로 현장측량을 수행하기 전에 이루어지는 단계이다. GPS는 인공위성을 이용하여 위치를 결정하는 측량이기 때문에 인공위성의 배치상태는 측량의 정확도에 많은 영향을 미친다. 따라서, 보다 좋은 인공위성 배치상태에서 GPS 측량을 수행해야 하며 인공위성 배치상태는 DOP값을 이용하여 확인할 수 있다. 일반적으로 DOP값이 4보다 적으면 괜찮은 상태이지만 보다 정확한 GPS 측량을 필요한 경우에는 DOP값이 2보다 적은 상태에서 측량을 수행하는 것이 좋다.

본 연구의 GPS 측량은 DOP값이 2이하인 상태를 기준으로 하여 작업세션을 결정하였다. Fig. 3은 GPS Static 측량을 수행하기 위해서 조사한 인공위성의 배치현황을 보여주고 있다.

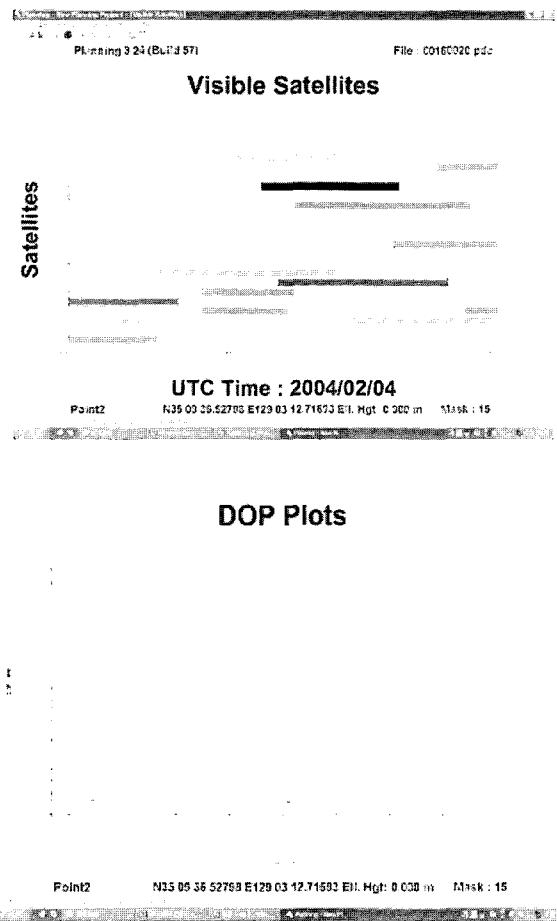


Fig. 3 Arrangement status of GPS satellite

Table 3은 본 연구에서 GPS Static 측량을 수행한 작업세션이다.

Table 3 Working session

세션 \ 수신기	수신기1	수신기2	수신기3	수신기4	수신기5
	안테나고	안테나고	안테나고	안테나고	안테나고
Session 1	엄광산	봉래산	황령산	금련산	장산봉
8:30~ 9:30	1.325	1.162	1.212	1.545	1.335
Session 2	엄광산	봉래산	황령산	광안리	백운포
12:30~13:30	1.340	1.096	1.163	1.542	1.566
Session 3	다대포	남부민동	황령산	부두1	부두2
17:00~18:00	1.473	1.444	1.153	1.583	1.557

(3) 제 3 단계

제3단계는 GPS Static 측량을 수행하는 단계로 GPS Static 측량은 전체 3개의 세션으로 나누어서 이루어졌다. 첫 번째 세션에서는 5개의 삼각점에서의 GPS Static 측량을 하였고, 두 번째 및 세 번째 세션에서는 수치지도와 수치해도의 매칭을 위한 GPS 기준점측량을 실시하였다. Fig. 4는 본 연구에서 수행한 GPS 관측점이다.

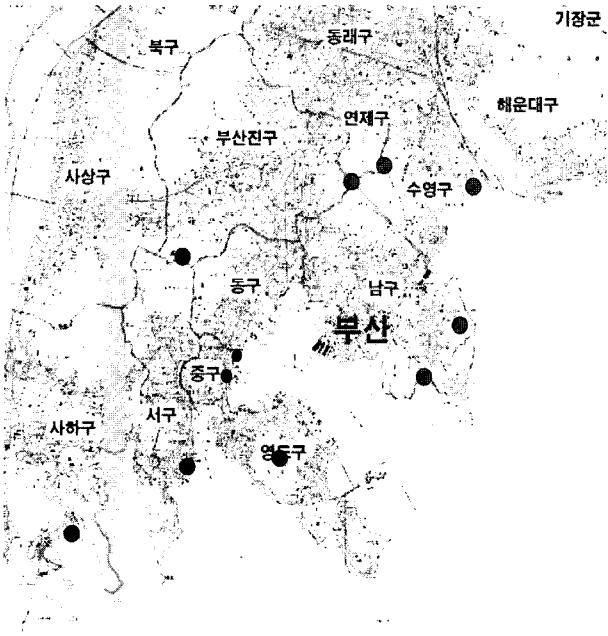


Fig. 4 Status of GPS observation points

Fig. 5는 작업세션 중 GPS Static 측량을 수행하고 있는 모습 중 일부를 보여준다.

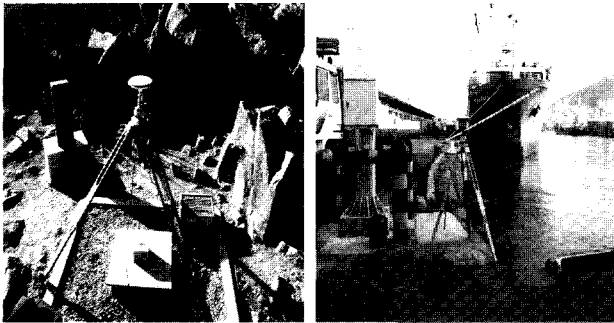


Fig. 5 Image of GPS static surveying performance

3.2.2 EDM을 이용한 육도와 해도의 통합을 위한 경계선 측량

EDM 정밀측량은 수치지도와 수치해도의 통합지리정보 시스템 구축시 기본이 되는 통합 지리정보의 매칭오차량을 분석하기 위해서 이루어졌다. GPS 기준점측량에 의하여 획득된 GPS 점을 이용한 수치지도와 수치해도의 경계선 측량은 EDM측량을 하였다. EDM측량은 GPS Static 측량에 의해서 산출된 부두에 위치한 두 점을 이용하여 이루어졌다. 본 연구에서는 GPS Static 측량의 내업 전에 부두에 있는 두 점에 임의의 좌표를 정하여 EDM측량을 먼저 실시하였다.

Fig. 6은 EDM 측량으로 산출된 경계점 좌표를 CAD상에 표현한 것이다.

Fig. 6의 부두면에 EDM측량한 6개의 점을 설정하여 수치지도와 매칭을 시도한 결과를 보여주고 있다.

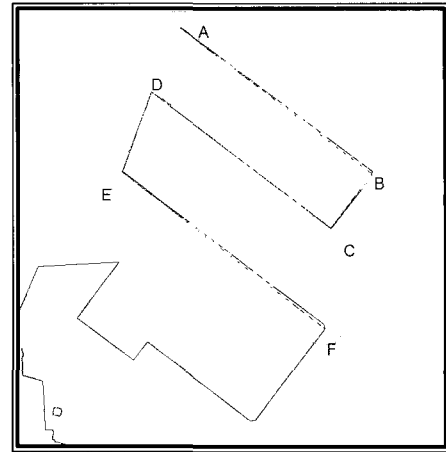


Fig. 6 Digital map and EDM survey

Table 4 Matching analysis of digital map and EDM survey in port

(단위: m)			
Node	αx	ϕy	$\sqrt{\alpha^2 + \phi^2}$
A	0.70	0.90	1.14
B	-0.96	-0.32	1.01
C	-0.09	-0.84	0.84
D	0.32	-0.60	0.68
E	0.78	0.28	0.83
F	0.30	-0.79	0.85
RMS	0.61	0.67	0.90

Table 4는 각 점에서 수치지도와 EDM측량성과와의 x, y편차와 이격거리를 정리한 것이다. EDM측량점을 기준으로 수치지도의 부두면 점들이 평균적으로 x, y축 상으로 각각 +0.61m, -0.67m의 RMS값을 보이고 평균이격거리는 0.9m로 나타났다. 일반적인 제도허용오차 즉 1/5,000 및 1/10,000 지도에서 각각 0.2mm제도오차를 감안했을 때 생기는 오차 대략 2.24m보다 1.34m 작다. 그리고 Fig. 7는 EDM측량을 수행한 경계점의 좌표를 이용하여 수치지도와 수치해도를 매칭한 결과이다.

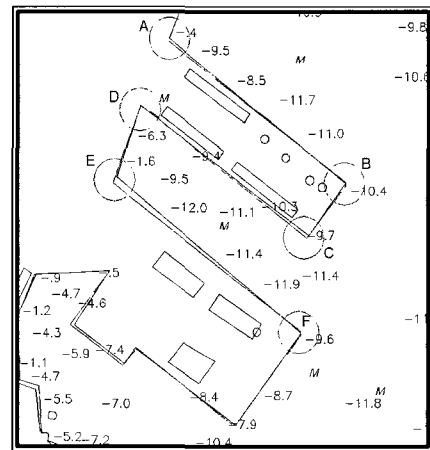


Fig. 7 Matching digital nautical chart and digital map

Table. 5 Matching analysis of digital nautical chart and digital map

Node	Δx	Δy	$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
A	1.73	-5.44	5.71
B	0.78	1.29	1.51
C	3.70	4.52	5.84
D	0.32	-0.60	0.68
E	7.24	-11.02	13.19
F	0.09	4.20	4.20
RMS	3.41	5.64	6.59

여기에서 전체적으로 오차량이 남동쪽방향으로 크게 발생함을 알 수 있었으며, 오차량의 경우 N방향으로 약 3.41m, E방향으로 약 5.64m의 오차가 발생하였다.

3.3 GPS 관측값의 분석

3.3.1 GPS 망의 기하학적 강도에 따른 정확도 분석

본 GPS 망조정시 기준점으로 봉래산, 장산봉, 엄광산의 3점을 선정하였다. Fig. 8은 기준점으로 선정한 장산봉-봉래산-엄광산의 3점상의 기하학적 배치로 약 49°50'14.64", 45°38'21.20", 84°31'24.16"임을 보이고 있다.

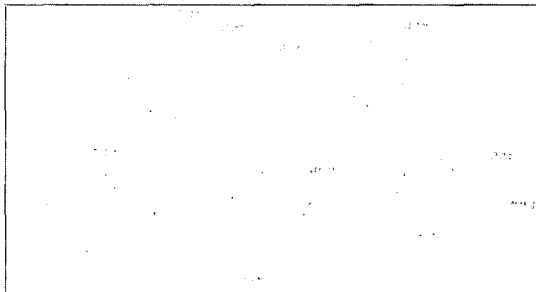


Fig. 8 Geometric arrangement of triangulation network

Table. 6은 삼각점의 실제좌표와 망조정을 통해 얻은 좌표값과의 오차이다. 기하학적 배치가 가장 안정되는 장산봉-봉래산-엄광산으로 망조정하여 산출된 좌표와 점의조서의 좌표와의 편차를 보이고 있다.

Table. 6 Coordinate difference of network adjustment and truth (단위: m)

Node	Δx	Δy	$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
장산봉	0.000000	0.000000	0.000000
황령산	0.000625	0.000001	0.000625
금련산	0.000529	0.000016	0.000529
봉래산	0.000000	0.000000	0.000000
엄광산	0.000000	0.000000	0.000000
RMS	0.015194	0.001849	0.015306

3.3.2 분산계수의 변화에 따른 정확도 분석

GPS 망조정시 카이제곱 적합도 검정에 사용한 분산계수(VF)값을 유효범위밖, 유효범위내, 유효범위내의 보다 정밀한 값으로 나누어 GPS 관측값들의 정밀도를 비교분석하였다.

Table. 7 Error value of coordinate according to VF change

삼각점	0.4795<VF<1.7085				
		pessimistic	desired range	optimistic	
		VF=0.1002	VF=0.9364	VF=2.2484	VF=4.6021
11월영도 봉래산	ΔX	0.1846	-0.0004	-0.0004	-0.0114
	ΔY	-0.2839	0.0001	0.0001	0.0131
22서11용화 산 엄광산	ΔX	0.2207	-0.0003	-0.0003	-0.0073
	ΔY	-0.2813	-0.0003	-0.0003	-0.0063
309장자산 장산봉	ΔX	0.2320	0.0000	0.0000	-0.0200
	ΔY	-0.3150	0.0000	0.0000	0.0160
422여8봉화 산 황령산	ΔX	0.1910	-0.0240	-0.0230	-0.0140
	ΔY	-0.3010	0.0030	0.0040	-0.0160
420여47이 금련산	ΔX	0.1960	-0.0220	-0.0170	-0.0070
	ΔY	0.3070	0.0020	-0.0020	-0.0190
$\Sigma \Delta X$	0.211507	0.001060	0.000818	0.000828	
$\Sigma \Delta Y$	0.443804	0.000013	0.000020	0.001084	
RMSE	0.809513	0.032762	0.028954	0.043733	

다음은 봉래산-장산봉-엄광산의 기하학적 망구조에서 망조정인자인 VF의 변화에 따른 오차의 발생량을 조사하였다. 유효범위내에 포함된 경우가 포함되지 않은 경우보다도 오차량이 작게 발생하였으며, 유효 범위내에 포함된 경우 보다 적은 분산계수로 하더라도 더 정밀한 좌표산출이 가능하지는 않았다.

4. 결 론

후처리 DGPS측량에 의한 기준점 성과분석과 해양지리정보시스템으로의 활용에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, GPS 망조정시 카이제곱 적합도 검정에 사용한 분산계수(VF)값을 유효범위밖, 유효범위내, 유효범위내의 보다 정밀한 값으로 나누어 GPS 관측값들의 정밀도를 비교분석한 결과 유효범위내에 포함된 경우가 포함되지 않은 경우보다도 오차량이 작게 발생하였으며, 유효 범위내에 포함된 경우 보다 적은 분산계수로 갈수록 정밀한 좌표산출이 가능하지는 않았다.

둘째, GPS 측량결과를 이용하여 EDM측량을 수행한 경계점의 좌표를 이용하여 수치지도와 수치해도를 인접시켰을 때 전체적으로 오차량이 남동쪽방향으로 크게 발생함을 알 수 있었으며, 오차량의 경우 N방향으로는 약 3.41m의 오차량이 발생하였으며, E방향으로는 약 5.64m의 오차량이 발생하였다. 따라서, 수치지도와 수치해도를 접합시킬 경우 남동쪽방향으로 보다

면밀한 검토와 함께 접합을 수행해야 할 것으로 생각된다.

셋째, 본 연구를 통하여 GPS 망조정시 기준점으로 선정된 3점 중에서는 봉래산, 장산봉, 금련산을 이용한 경우 오차량이 가장 적게 발생하였으며, 기준점으로 선정된 3점상의 기하학적 배치는 약 56°58'56.77"였다. 따라서 기준점의 기하학적 강도는 60°에 근접할수록 보다 정밀한 좌표결과를 얻을 수 있었다.

그리고 본 연구에서 이루어진 GPS 측량 및 EDM 측량은 연구범위를 한정하여 수행한 논문이기 때문에 보다 실용적인 성과를 얻기 위해서는 보다 많은 관측점들의 측정과 분석이 필요하다. 또한 GPS 망조정의 통계결과의 분석과 수치지도와 수치해도의 접합에 관한 연구의 수행은 앞으로 통합지리정보시스템구축을 위한 지리정보관리의 연구를 활성화하고 통합관리시스템 데이터베이스의 구조와 내용들을 더욱 체계적으로 연구하여야 한다.

참 고 문 헌

[1] 강용균, 이문진 (1995), 두 대의 GPS 수신기를 이용한 DGPS 정밀측위, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제3권 2호, pp. 15-28

[2] 강인준 (2004), 측량지형정보공학(I), 문우당, pp.508-581

[3] 강준목, 임영빈, 송승호, 박정현 (1996), GPS 상대측위에 의한 기선 정확도 분석, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제4권 2호, pp.15-22

[4] 김용일, 김동현, 김병국 (1996), GPS 위치정확도 향상을 위한 의사거리 오차의 분석에 관한 연구, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제4권 2호, pp.79-90

[5] 박찬식 (1997), 한국지역에서 GPS를 이용하여 측정된 위치의 오차해석, 산업과학기술연구소 논문집, 충북대학교 산업기술연구소, 제11권 2호, pp.165-172

[6] 유환희, 표명영, Yoichiro Fujii (1997), GPS 위성의 방송력과 정밀력을 이용한 장기선측정 정밀도 분석, 한국지형공간정보학회 논문집, 한국지형공간정보학회, 제5권 2호, pp. 153-168

[7] 장용구(1995), GPS의 실시간처리를 이용한 Car Navigation의 기초적 연구, 석사학위논문, 부산대학교

[8] 장용구 (1999), GPS를 이용한 동적위치결정에 관한 정확도 향상. 박사학위논문, 부산대학교

[9] David P. Stapleton (2003), GPS/Wide Area Augmentation System(WAAS) Final Approach Error Analysis, Journal of The Institute of Navigation, ION, Vol. 50, No. 1, pp.29-44

[10] Jonathan D. Wolfe and Jason L. Speyer (2002), Universally Convergent Statistical Solution Of Pseudorange Equations, ION, Vol. 49, No. 4, pp.183-192

[11] Meir Pachter and Thao Q. Nguyen (2003), An Efficient GPS Position Determination Algorithm, Journal of The Institute of Navigation, ION, Vol. 50, No. 2, pp.131-142

[12] Paul E. Henderson, John F. Raquet, and Peter S. Maybeck (2002), A Multiple Filter Approach For Precise Kinematic DGPS Positioning and Carrier-Phase Ambiguity Resolution, ION, Vol. 49, No. 3, pp.149-160

[13] Ryan S. Y. Young and Gary A. McGraw (2003), Fault Detection and Exclusion Using Normalized Solution Separation and Residual Monitoring Methods, ION, Vol. 50, No. 3, pp.151-170

원고접수일 : 2004년 7월 27일

원고채택일 : 2005년 4월 11일