

# 지적측량 효율성 향상을 위한 GPS 이동측량 시스템 구축 The Construction of Kinematic Survey System for the Efficiency of GPS Cadastral Survey

김경택\* · 장지원\*\*

Kim, Kyong Taek · Jang, Ji Won

## 요 旨

컴퓨터와 정보통신의 발달로 토지정보의 필요성이 날로 증가됨에 따라, 신속하고 정확하게 지적·지형정보를 갱신할 수 있는 위성측량 시스템에 많은 관심이 모아지고 있다. 지적기준점들은 1910년대 측량기술의 한계 및 6.25 동란 등으로 대부분이 망실되었으며 재설치 과정에서 많은 문제점이 발생되어, 기준점의 재 정비 및 일필지 측량 등에서 신속하고 정확한 측량 방법이 요구되고 있다. 본 연구는 지적분야에서 GPS 측량의 효율성을 높이기 위해, GPS를 지적에 적용할 경우 제기될 수 있는 제반 문제점들을 파악·분석하여 GPS 측량 방향을 제시하고, 이동측량을 지적분야에 효율적으로 적용하기 위해 GPS 이동측량 프로그램을 개발하고자 한다. 연구결과, 상시관 측소와 삼각점을 기준으로 광주지역 지적기준점들의 정도를 확인할 수 있었고, 지적기술연구소의 좌표변환 프로그램을 이용하여 기존의 지적측량성과와 유사한 결과를 얻을 수 있었으나, 가우스상사이중투영 방법에 따라 기준 성과와 수십cm의 차이가 날 수 있기 때문에 평면좌표로 변환시 주의가 요망됨을 알 수 있었다. 그리고, 상용프로그램과 비교하여 개발된 GPS 이동측량 프로그램의 실용성을 확인할 수 있었으며, 이는 수치지적측량과 지적도 갱신에 활용될 것으로 기대된다.

## ABSTRACT

As the necessity of land information has increased according to development of computer and Information-Communication, people have been interested in the satellite measurement system that can update Cadastral and Geographical information rapidly and exactly. Most Cadastral base points which had limitation of measurement technology in the 1910s were less accurate and were destroyed through the Korean War. They also many problems in the process of reinstallation. So, they require the quick and correct method of measurement in re-equipment of a base point and a parcel based survey and so on. This study intends to present the GPS survey direction by understanding and analysing all sorts of problems rising in case of applying the GPS to cadastral area in order to increase the efficiency of the GPS measurement, and also develop the GPS kinematic survey program to apply to the efficiency of a kinematic survey.

As a result of research, I could confirm the accuracy of Cadastral base points in Kwangju area by using Korea GPS array and a base point, and could get the result similar to existent cadastral survey result with the coordinate conversion program of Cadastral technology research institute. We however have to pay our attention to the transformation of the plane coordinates because the difference between tens of cm and the existing result can outbreak according to the Gauss conformal double projection method. And, I could figure out the practicality of the developed GPS kinematic survey program, compared with common use program. I expect that it can be applied to the digital cadastral survey and the cadastral map renewal as well.

## 1. 서 론

우리나라의 지적측량 기준점들은 1910년대 토지조사사

업으로 매설되었지만, 당시의 시간적 제약과 기술적 문제점으로 높은 정확도를 얻기 어려웠으며, 6.25 동란으로 대부분의 기준점들이 망실되면서 완전한 복구가 이루어지지 않고 있어 지적측량에 많은 문제점들이 발생되고 있다.<sup>1)</sup> 따라서, 기준망 구축을 위해 행정자치부, 국립지리원 등 여러 기관에서 운영되고 있는 GPS 상시관측소에 대한 통

\*동강대학 지적과 교수

\*\*목포대학교 토목공학과 교수

합관리의 필요성이 높아지고 있으며, GPS를 보다 효율적으로 활용하기 위해 측량 및 지적 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>2),3)</sup> 그러나, 지적측량 분야의 경우는 상대적으로 GPS의 활용 빈도가 낮은 실정이며, 자료처리도 외국의 프로그램에 의존하고 있어, 우리나라의 지적측량 현황에 맞게 수정·보완할 수 있는 프로그램 개발이 절실한 실정이다.

본 연구는 지적분야에서 GPS 측량의 효율성을 높이기 위해, GPS를 지적분야에 적용할 경우 제기될 수 있는 제반 문제점들을 파악·분석하고, 실험에 의해 고찰함으로써 이상적인 GPS 측량 방향을 제시하고자 한다. 그리고, GPS 이동측량을 지적에 효율적으로 적용하기 위해 이동측량 프로그램을 개발하여 그 실용성을 입증함으로써 수치지적 측량과 지적도 갱신에 기여하고자 한다.

## 2. 기본이론

기지점 A와 이동점 B에 수신기가 위치한 경우, 반송파를 이용한 상대위치결정은 식 (2-1)과 같다.<sup>4),5)</sup>

$$\lambda \Phi_{AB}^{jk}(t) = \rho_{AB}^{jk}(t) + \lambda N_{AB}^{jk} \quad (2-1)$$

여기서,  $\rho_{AB}^{jk}(t) = \rho_B^k(t) - \rho_A^j(t) - \rho_A^k(t) + \rho_A^j(t)$

$$\rho^j(t) = \sqrt{(X^j(t) - X_i)^2 + (Y^j(t) - Y_i)^2 + (Z^j(t) - Z_i)^2} \quad (2-2)$$

식 (2-2)는 미지점이 이동하지 않고 정지된 경우의 위성파 수신기간 거리이며, 비선형식 임으로 Taylor 급수전개를 이용하여 선형화 하면 식 (2-3)과 같다.

$$\begin{aligned} \lambda \Phi_{AB}^{jk} &= \rho_{B0}^k(t) - \rho_{A0}^j(t) - \rho_{A0}^k(t) + \rho_{A0}^j(t) + \lambda N_{AB}^{jk} \\ &+ \alpha_{XA}^{jk}(t) \Delta X_A + \alpha_{YA}^{jk}(t) \Delta Y_A + \alpha_{ZA}^{jk}(t) \Delta Z_A \\ &+ \alpha_{XB}^{jk}(t) \Delta X_B + \alpha_{YB}^{jk}(t) \Delta Y_B + \alpha_{ZB}^{jk}(t) \Delta Z_B \end{aligned} \quad (2-3)$$

여기서,  $\alpha_{XB}^{jk}(t) = -\frac{X^k(t) - X_{B0}}{\rho_{B0}^k(t)} + \frac{X^j(t) - X_{A0}}{\rho_{A0}^j(t)}$

기지점 A의 좌표 변화량  $\Delta X_A, \Delta Y_A, \Delta Z_A=0$ 이므로, 식 (2-3)의 미지값과 기지값을 등호의 좌항과 우항으로 각각 분리하여 정리하면, 식 (2-4)와 같다.

$$\begin{aligned} \lambda \Phi_{AB}^{jk}(t) - \rho_{B0}^k(t) + \rho_{A0}^j(t) + \rho_{A0}^k(t) - \rho_{A0}^j(t) \\ = \alpha_{XB}^{jk}(t) \Delta X_B + \alpha_{YB}^{jk}(t) \Delta Y_B + \alpha_{ZB}^{jk}(t) \Delta Z_B + \lambda N_{AB}^{jk} \end{aligned} \quad (2-4)$$

4개의 위성  $j, k, l, m$ 과 두 개의 epoch  $t_1, t_2$ 를 가정하면, 식 (2-5)와 같이  $l = Ax$ 의 형태로 나타낼 수 있으며, 최소 제곱해법에 의해 B점의 좌표와 실수해를 얻을 수 있다.<sup>6),7)</sup>

$$l = \begin{bmatrix} \rho_{AB}^{jk}(t_1) \\ \rho_{AB}^{jl}(t_1) \\ \rho_{AB}^{jm}(t_1) \\ \rho_{AB}^{jk}(t_2) \\ \rho_{AB}^{jl}(t_2) \\ \rho_{AB}^{jm}(t_2) \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} \Delta X_B \\ \Delta Y_B \\ \Delta Z_B \\ N_{AB}^{jk} \\ N_{AB}^{jl} \\ N_{AB}^{jm} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{XB}^{jk}(t_1) & \alpha_{YB}^{jk}(t_1) & \alpha_{ZB}^{jk}(t_1) & \lambda & 0 & 0 \\ \alpha_{XB}^{jl}(t_1) & \alpha_{YB}^{jl}(t_1) & \alpha_{ZB}^{jl}(t_1) & 0 & \lambda & 0 \\ \alpha_{XB}^{jm}(t_1) & \alpha_{YB}^{jm}(t_1) & \alpha_{ZB}^{jm}(t_1) & 0 & 0 & \lambda \\ \alpha_{XB}^{jk}(t_2) & \alpha_{YB}^{jk}(t_2) & \alpha_{ZB}^{jk}(t_2) & \lambda & 0 & 0 \\ \alpha_{XB}^{jl}(t_2) & \alpha_{YB}^{jl}(t_2) & \alpha_{ZB}^{jl}(t_2) & 0 & \lambda & 0 \\ \alpha_{XB}^{jm}(t_2) & \alpha_{YB}^{jm}(t_2) & \alpha_{ZB}^{jm}(t_2) & 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix} \quad (2-5)$$

기지기선 초기화나 OTF 초기화 기법에 의해 미지정수가 정수로 결정되었다면, 미지정수와 관련된 항목은 기지값이 됨으로 식 (2-4)는 식 (2-6)과 같이 변경되며, 식 (2-5)는 식 (2-7)과 같이 기술된다.

$$\begin{aligned} \lambda \Phi_{AB}^{jk}(t) - \rho_{B0}^k(t) + \rho_{A0}^j(t) + \rho_{A0}^k(t) - \rho_{A0}^j(t) - \lambda N_{AB}^{jk} \\ = \alpha_{XB}^{jk}(t) \Delta X_B + \alpha_{YB}^{jk}(t) \Delta Y_B + \alpha_{ZB}^{jk}(t) \Delta Z_B \end{aligned} \quad (2-6)$$

$$l = \begin{bmatrix} \rho_{AB}^{jk}(t_1) \\ \rho_{AB}^{jl}(t_1) \\ \rho_{AB}^{jm}(t_1) \\ \rho_{AB}^{jk}(t_2) \\ \rho_{AB}^{jl}(t_2) \\ \rho_{AB}^{jm}(t_2) \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} \Delta X_B \\ \Delta Y_B \\ \Delta Z_B \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{XB}^{jk}(t_1) & \alpha_{YB}^{jk}(t_1) & \alpha_{ZB}^{jk}(t_1) \\ \alpha_{XB}^{jl}(t_1) & \alpha_{YB}^{jl}(t_1) & \alpha_{ZB}^{jl}(t_1) \\ \alpha_{XB}^{jm}(t_1) & \alpha_{YB}^{jm}(t_1) & \alpha_{ZB}^{jm}(t_1) \\ \alpha_{XB}^{jk}(t_2) & \alpha_{YB}^{jk}(t_2) & \alpha_{ZB}^{jk}(t_2) \\ \alpha_{XB}^{jl}(t_2) & \alpha_{YB}^{jl}(t_2) & \alpha_{ZB}^{jl}(t_2) \\ \alpha_{XB}^{jm}(t_2) & \alpha_{YB}^{jm}(t_2) & \alpha_{ZB}^{jm}(t_2) \end{bmatrix} \quad (2-7)$$

## 3. 관측 및 자료처리

### 3.1 관측

2등 삼각점에 대한 GPS 관측은 2002년 6월 26일부터 Trimble 4700, 4800 이주파 수신기를 이용하여 8시간이상 수행되었으며, 상시관측소 광주(GWJU) 측점과 삼각점에 대한 관측망도는 그림 1과 같다. 지적기준점들에 대한 측점의 배치는 그림 2와 같으며, PDOP 7 이하의 조건에서

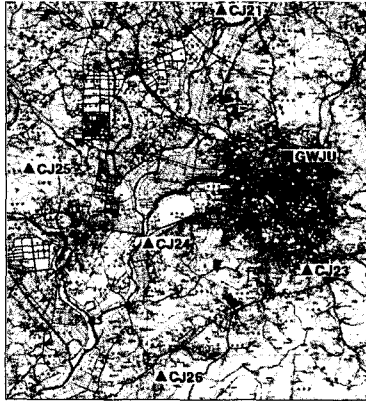


그림 1. 2등 삼각점의 배치



그림 2. 지적기준점의 배치

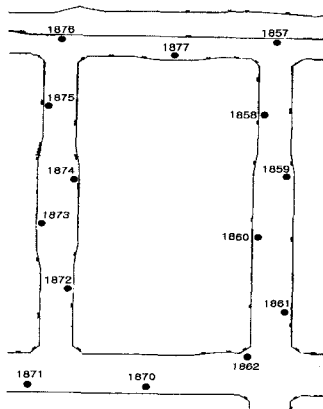


그림 3. 도근점과 필계점의 현황

15초 간격으로 1시간씩 데이터를 수신하였다. 도근점과 필계점에 대한 GPS 측량은 광주광역시 서구 매월동 유통센터 부근에서 이루어 졌다. 1858, 1860을 고정으로 도근점

은 10분씩, 필계점은 3분씩 관측하였다. 그림 3은 도근점과 필계점의 배치 형태를 나타낸 것이다.

### 3.2 자료처리

고정점으로 국립지리원 GPS 상시관측소인 광주 측점을 이용하였으며, 기준점들에 대한 자료처리는 GPSurvey 2.35를 이용하였다. 그리고, Trimnet 소프트웨어와 지적기술연구소의 좌표변환 프로그램을 이용하여 동경기준계 성과를 산출하였다.<sup>8)</sup> 도근점과 필지경계점의 경우는 개발된 프로그램으로 자료처리 하였다. 가우스상사이중투영과 가우스-크뤼거 투영 프로그램을 작성하였으며, 경위도를 종형선좌표로 변환하였다.<sup>9),10)</sup>

## 4. GPS 이동측량시스템 구축 및 실용성 검증

### 4.1 자료처리 시스템의 설계 및 구조

본 연구에서는 객체지향프로그램인 Visual C++ 6.0을 이용, GPS 이동측량 성과를 자료처리하고 수치지도와 수치 지적도를 불러들여 편집할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 그리고, 현장에서 수치 지적도 등을 다운받고 측량 성과를 확인하기 위해 핸드폰을 이용하여 인터넷과 연결할 수 있도록 하였다.

#### 4.1.1 이동측량 프로그램

코드와 반송파를 이용하여 GPS 이동측량 성과를 자료처리할 수 있는 GPS 이동측량 프로그램을 개발하였으며, 프로그램 수정 및 갱신이 용이하도록 클래스 형태로 제작하였다. RINEX 형식의 관측 및 항법 파일을 이용하여 자료처리할 수 있도록 프로그램 하였다. 삼중차를 이용하여 싸이클 슬립을 점검하고, 코드와 반송파를 조합하여 이중차 실수해와 분산-공분산 행렬을 이용하여 미지정수 검색범위를 결정하였으며, 기지점 좌표를 이용하여 오차가 가장 적은 이중차 정수해를 산출하였다. 획득된 정수해는 이중차로 미지점의 좌표를 결정하는데 이용하였으며, 싸이클 슬립이 발생한 경우, 미지정수가 다시 결정되도록 하였다. 이동측량 프로그램의 개략적인 흐름도는 그림 4과 같다.

#### 4.1.2 DXF 편집

DXF와 DWG 형식의 파일로 이루어진 수치 도면을 편집하기 위해서 DbCadDev ActiveX 컨트롤을 이용하였으며, 기존의 수치지도를 디스플레이한 상태에서 레이어를 다르게 하여 GPS 측량을 실시한 측정점의 평면직교좌표를 표시

한다. 필요에 따라 점, 선, 호 등으로 직접 수치지적도를 작성하여 기존의 수치지적도와 비교할 수 있도록 프로그램 하였다. 그림 5는 DXF 편집프로그램의 메인 윈도우창을

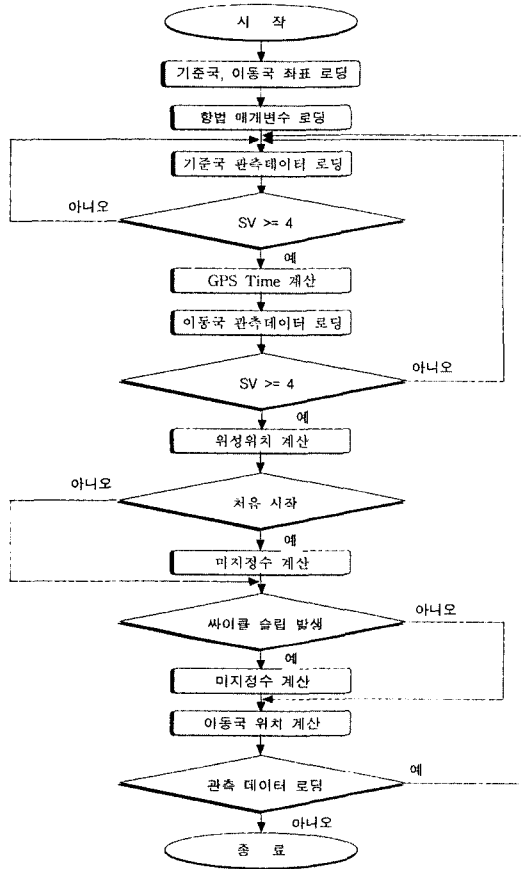


그림 4. 이동측량 프로그램 흐름도

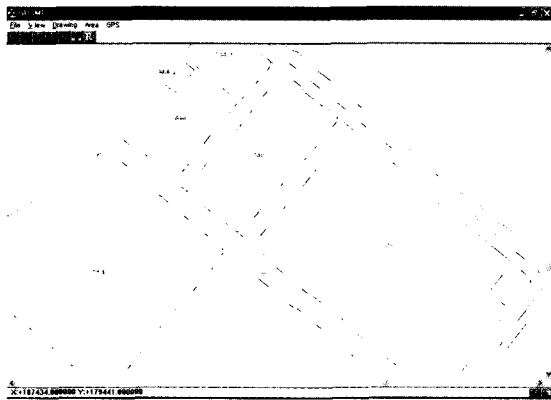


그림 5. DXF 편집 메인 윈도우 창

표시한 것이다.

#### 4.1.3 데이터 통신

데이터 통신 부분은 전화 케이블이 없는 현장에서 인터넷에 접근하여 필요한 수치지적도 등을 다운받아 직접 수치지적도를 수정할 목적으로 현재 많이 애용되고 있는 휴대폰과 데이터 통신 케이블을 이용하여 무선 데이터 통신이 가능하도록 하였다. 휴대폰을 통한 인터넷 접속은 기존의 전화 모뎀을 이용한 경우 보다 자유로우며, 현재 RTK 등에 이용되고 있는 모뎀에 비해 보정신호 수신 거리의 제한을 받지 않는다는 장점이 있다. 그리고, 측량 성과는 사무실로 전송되어 문제점을 검토한 후 빠르게 갱신됨에 의해 업무의 효율성을 보다 높일 수 있도록 하였다. 인터넷 연결은 19200 bps로 SK Telecom에 접속하여 이용하였다.

#### 4.2 자료처리 시스템의 실용성 검증

개발된 GPS 자료처리 프로그램의 실용성 검증을 위해 상용 프로그램과 비교하였다. 상용프로그램을 이용하여 500m 이

표 1. 상용프로그램 자료처리 결과

경사거리	WGS-84 경위도		
	X	Y	Z
117	-3133167.089	4178833.118	3648613.354
118	-3133099.980	4179009.453	3648472.349
151	-3133028.199	4178901.895	364846.754
154	-3132999.458	4178981.902	3648581.896
170	-3133028.856	4179043.036	3648491.354
187	-3133121.632	4178800.919	3648684.168
226	-3132954.606	4179056.647	3648534.922
244	-3133053.449	4178801.353	3648737.890

표 2. 이동측량프로그램 자료처리 결과

경사거리	WGS-84 경위도		
	X	Y	Z
117	-3133167.079	4178833.103	3648613.337
118	-3133099.967	4179009.440	3648472.342
151	-3133028.190	4178901.881	364846.737
154	-3132999.445	4178981.884	3648581.875
170	-3133028.843	4179043.022	3648491.338
187	-3133121.620	4178800.916	3648684.160
226	-3132954.601	4179056.638	3648534.914
244	-3133053.432	4178801.336	3648737.876

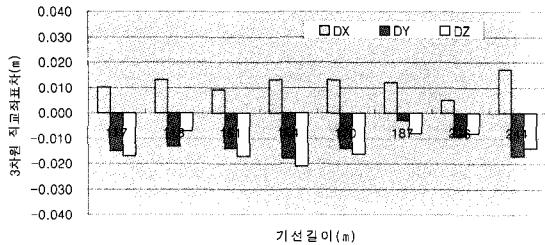


그림 6. 상용프로그램과 기선해석결과 비교

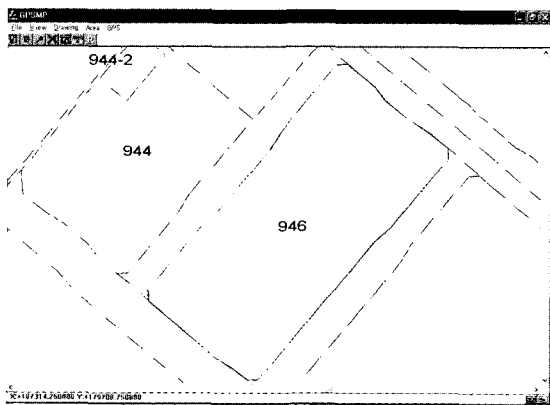


그림 7. GPS이동측량시스템을 이용한 자료처리 결과

하의 이동측량 성과를 기선해석한 결과는 표 1과 같으며, 개발된 이동측량 프로그램으로 자료처리한 결과는 표 2와 같다.

그림 6은 상용프로그램과 이동측량 프로그램의 자료처리 성과 차이를 표시한 것으로 최대 2cm 이하의 차이를 나타내고 있어, 필지경계점 측량 등에 충분히 활용 가능한 정확도로 생각된다. 기존의 수치지적도와 측량성과를 비교하여 현장에서 직접 수정 가능함으로 지적업무의 대부분을 차지하는 일필지 측량 등에서 보다 효율성을 기할 수 있을 것으로 기대된다.

그림 7는 기존 수치지적도를 검은색으로 표시한 상태에서 자료처리 결과를 중형선좌표로 변환하여 적색으로 표시한 것이다.

## 5. 정확도의 비교 분석

### 5.1 지적삼각점의 정확도 분석

2등 삼각점의 동경기준계 성과는 1998년 9월 14일 고시된 신성과로 경도에 10.405초가 모두 보정되어 있으나, 지적삼각점의 경우는 보정이 되지 않았기 때문에, 고시성과에 10.405초를 더하여 실측성과와 비교하였다. GPSurvey

로 자료처리하고 Trimnet으로 망조정된 성과를 이용하여 정확도를 분석하였다.

#### 5.1.1 상시관측소와 연계한 동경기준계 성과

광주, 전주, 진주 상시관측소의 동경기준계 성과를 기준으로 망조정하여 삼각점과 지적삼각점의 고시성과를 산출

표 3(a). 삼각점에 대한 실측성과와 고시성과의 위도차

삼각점	실측성과	고시성과	차이(초)
CJ21	35-14-44.1448	35-14-44.1429	0.0019
CJ23	35-07-17.9842	35-07-17.9827	0.0015
CJ24	35-08-04.6264	35-08-04.6260	0.0004
CJ25	35-09-56.0832	35-09-56.0855	-0.0023
CJ26	35-03-35.2864	35-03-35.2873	-0.0009

표 3(b). 삼각점에 대한 실측성과와 고시성과의 경도차

삼각점	실측성과	고시성과	차이(초)
CJ21	126-52-28.5252	126-52-28.5269	-0.0017
CJ23	126-55-35.4305	126-55-35.4305	0.0000
CJ24	126-50-08.5089	126-50-08.5102	-0.0013
CJ25	126-45-46.6921	126-45-46.6957	-0.0036
CJ26	126-48-21.2277	126-48-21.2269	0.0008

표 4(a). 지적삼각점에 대한 실측성과와 고시성과의 위도차

지적점	실측성과(도-분-초)	고시성과(도-분-초)	차이(초)
GJ01	35-09-04.5858	35-09-04.5790	0.0068
GJ05	35-09-04.9863	35-09-04.9700	0.0163
GJ08	35-08-04.2561	35-08-04.2620	-0.0059
GJ09	35-08-15.4179	35-08-15.4170	0.0009
GJ15	35-10-12.8004	35-10-12.7870	0.0134
GJ16	35-10-18.5357	35-10-18.5250	0.0107
GJ23	35-09-11.2256	35-09-11.2320	-0.0064

표 4(b). 지적삼각점에 대한 실측성과와 고시성과의 경도차

지적점	실측성과(도-분-초)	고시성과(도-분-초)	차이(초)
GJ01	126-57-05.0844	126-57-05.0890	-0.0046
GJ05	126-53-52.8423	126-53-53.0050	-0.1627
GJ08	126-53-10.4391	126-53-10.4550	-0.0159
GJ09	126-54-01.2856	126-54-01.2960	-0.0104
GJ15	126-53-39.1009	126-53-39.1160	-0.0151
GJ16	126-51-45.0069	126-51-45.0350	-0.0281
GJ23	126-48-20.8333	126-48-20.8600	-0.0267

※ 지적삼각점의 고시성과에 10.405초를 보정하여 실측성과 비교

하고 고시성과와 비교한 결과는 표 3(a)(b), 표 4(a)(b)와 같다. 2등 삼각점 성과는 경위도 모두 평균 0.0015초 이하의 차이를 나타내고 있다. 지적삼각점의 경우는 경위도에서 평균 0.008초, 0.037초의 차이를 나타내고 있으며, 과대 오차로 나타나는 GJ05 측점을 제외하여도 평균 0.006초, 0.014초의 차이를 나타내고 있다.

### 5.1.2 2등삼각점과 연계한 동경기준계 성과

2등삼각점을 기준으로 망조정하여 지적삼각점의 동경기준계 성과를 산출하고 고시성과와 비교한 결과는 그림 8, 그림 9와 같으며 상시관측소를 기준한 경우와 비슷한 결과를 획득하였다.

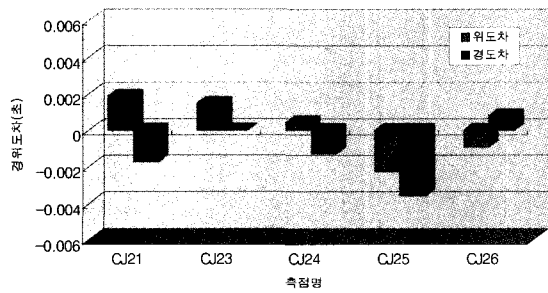


그림 8. 삼각점에 대한 실측성과와 고시성과의 차이

### 5.1.3 투영방법에 따른 직교좌표 비교

그림 10은 신가우스상사이중투영법을 이용하여 광주지역 지적삼각점의 동경기준계 성과를 평면직각좌표로 변환하여 고시성과와 비교한 결과이며, 횡선수치는 고시성과 1cm 이하로 접근됨에 비해 종선수치는 20cm의 비교적 균일한 차이가 있음을 알 수 있다.

그림 11은 과거에 이용되었던 이중투영식을 이용하여 종횡선차를 산출하고 고시성과와 비교한 것으로, 종선차의 경우 3.3cm 이하의 차이를 나타내고 있다. 이는 경위도 성과가 0.001초(약 3cm)까지만 기술된다는 점을 고려한다면, 변환 성과가 대부분 오차범위를 벗어나지 않는 것으로 생각됨으로 광주지역 지적삼각점의 경우 본 이중투영을 이용하여 종횡선수치를 동경기준계 성과로 변환하였음을 알 수

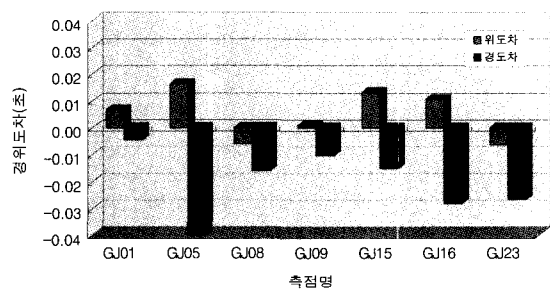


그림 9. 지적삼각점에 대한 실측성과와 고시성과의 차이

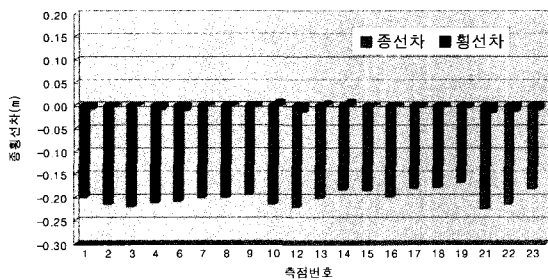


그림 10. 신가우스상사이중투영 성과와 고시성과의 종횡선차

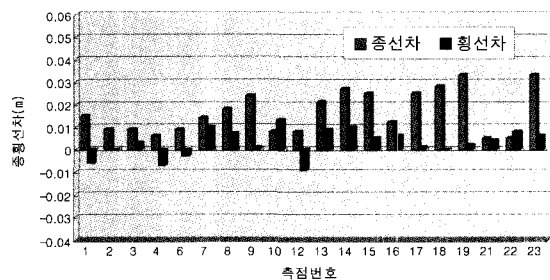


그림 11. 구 가우스상사이중투영 성과와 고시성과의 종횡선차

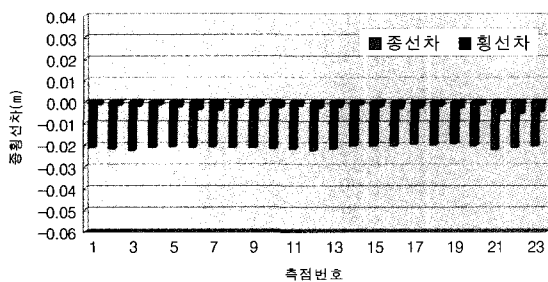


그림 12. 신가우스상사이중투영 성과와 가우스-크뤼거 투영성과의 종횡선차

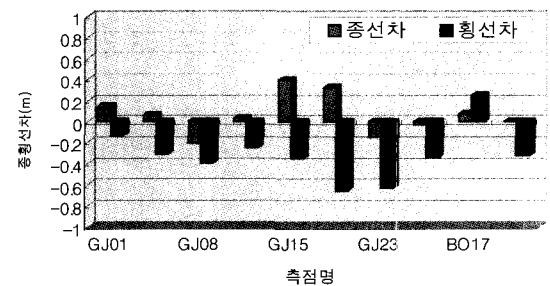


그림 13. 실측성과에 대한 구 가우스상사 이중 투영 성과의 종횡선차

있었다.

그림 12는 가우스이중투영 성과와 가우스-크뤼거 투영 성과의 중형선수치를 비교한 것으로 광주지역의 경우, 종선차 2.3cm 횡선차 0.3cm의 균일한 차이를 나타내고 있다.

그림 13은 구 가우스상사 이중투영식을 이용하여 실측성과를 변환한 결과로, 고시성과에 비해 종선에서 0.06m, 횡선에서 -0.31m의 차이를 나타내고 있으며, 측점들 상호간은 종선  $\pm 19$ cm, 횡선  $\pm 25$ cm의 68.3% 확률오차를 나타내었다.

### 5.2 도근점 측량성과의 정확도 분석

개발된 프로그램으로 자료처리하고, Trimnet, 2차원 망조정, 좌표변환에 의해 중형선좌표로 변환하여 정확도를

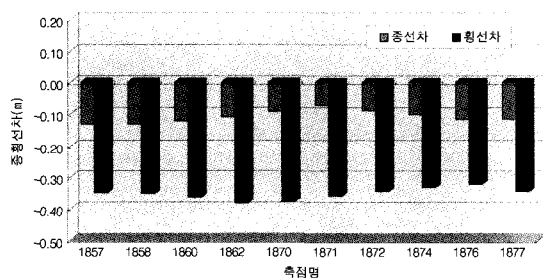


그림 14. 도근점의 직교좌표 편차

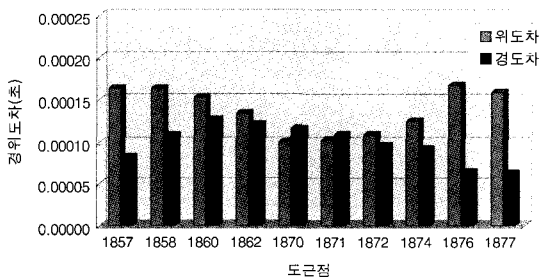


그림 15. 망조정성과와 좌표변환 성과의 경위도 차

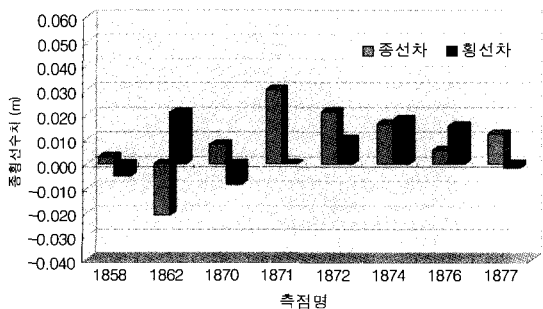


그림 16. 1857, 1860 측점을 고정으로 망조정 결과

비교하였다.

#### 5.2.1 Trimnet 망조정에 의한 측위 정확도

갱신된 2등삼각점 5점의 동경기준계성과를 기준으로 망조정하여 도근점의 동경기준계 성과를 산출하였다. 구 가우스 상사 이중투영식을 이용하여 평면직교좌표로 변환하고, 고시성과를 기준으로 망조정성과를 비교한 결과는 그림 14와 같으며, 중형선 방향으로 -0.11m, -0.35m 정도 균일한 차이를 나타내고 있다.

#### 5.2.2 좌표변환성과의 측위 정확도

5개 2등 삼각점의 WGS84 경위도 성과와 갱신된 동경기준계 성과를 이용하여 7매개변수를 산출하고 도근점의 동경기준계 성과를 산출하였다.

7매개변수 도출 및 동경기준계 성과 산출은 지적기술연수원에서 개발한 `gpdist`, `transf` 프로그램을 이용하였다. Trimnet 망조정 성과와 좌표변환 성과의 차이를 나타내면 그림 15와 같으며, 경·위도에서 0.0002초 이하의 매우 미소한 차이를 나타내고 있어, 거의 동일한 성과를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

#### 5.2.3 2차원 망조정에 의한 측위 정확도

도근점 1857, 1860 측점의 WGS84 좌표를 기준으로 각 측점간의 WGS84 기선벡터를 산출하고 북쪽, 동쪽 방향성분을 이용하여 수평거리를 산출하였다. 두 측점의 중형선수치를 고정으로 삼변측량 방식에 의해 도근점의 중형선수치를 계산한 결과는 그림 16과 같으며, 고시성과와 최대 3cm 이하의 차이를 나타내고 있다.

#### 5.2.4 지적삼각점을 기준으로한 좌표변환성과

지적삼각점을 기준으로 지적기술연구원의 좌표변환 프로그램을 이용, CJ26(교3), H09, GJ01, GJ09, GJ23, GJ15, GJ23, GJ16, GJ09의 9점을 고정하여 좌표변환 하였으며, 가장 오차가 많이 나는 뒷부분 측점부터 하나씩 제거하면서 좌표변환을 실시하였다.

그림 17(a)(b)는 도근점의 고시성과를 기준으로 좌표변환한 결과를 계산한 것이다. 고점점에 따라 10cm 이상의 좌표 차이가 발생할 수 있음을 나타내고 있으며, 종선의 경우 20cm 이상의 좌표 차이를 나타내고 있다.

5점의 지적삼각점을 고정하여 동경기준계 성과를 산출하고, 구 가우스상사 이중투영식을 이용하여 직교좌표로 변환한 후, 도근점의 고시성과와의 차이를 계산한 결과는

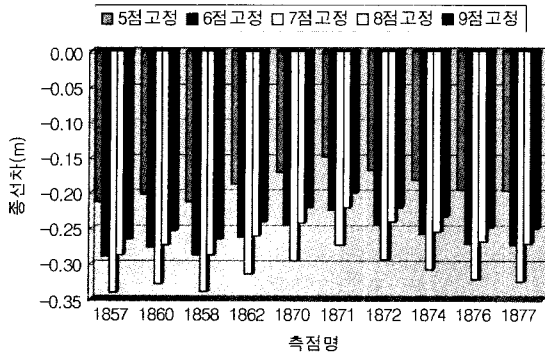


그림 17(a). 지적삼각점을 기준으로 좌표변환 결과(중선차)

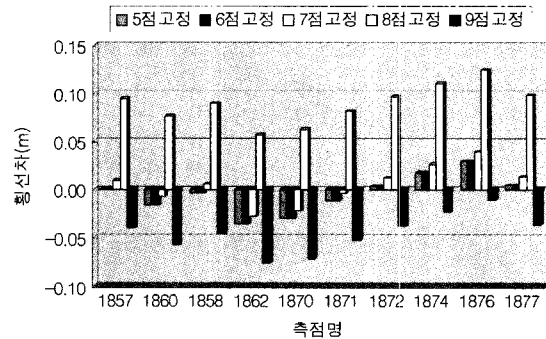


그림 17(b). 지적삼각점을 기준으로 좌표변환 결과(횡선차)

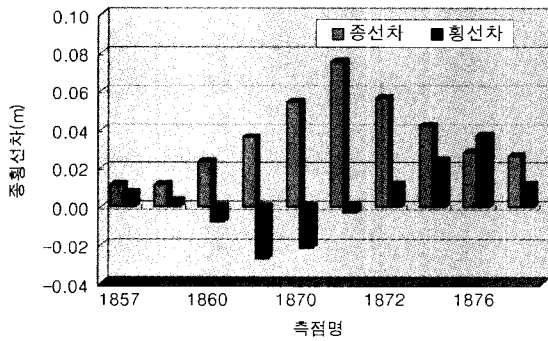


그림 18. 구 가우스상사이중투영결과(5점고정)

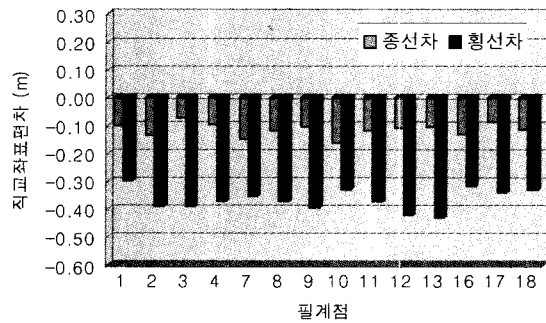


그림 19. 필계점의 직교좌표 편차

그림 18과 같으며, 고시성과와 매우 근접한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서, 좌표변환 프로그램 이용시에는 사용 지역의 투영법을 확인한 이후에 적용하여야 함을 알 수 있었다. 5점 고정한 경우는 실측성과와 근접하나, 6점 이상 고정한 경우는 실측 성과와 10cm 이상 차이가 남으로 고정점 선정시 주의할 필요가 있음을 알 수 있다. 또한, 지적삼각점 성과의 정밀도를 고려할 때, 현 실정에 맞는 지적삼각점 성과 갱신이 이루어진다면 망조정 프로그램과 비슷한 성과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

### 5.3 필계점의 정확도 분석

개발된 프로그램으로 기선해석한 WGS84 경위도 좌표를 이용하였으며, 상용프로그램(Trimnet), 삼변측량방식에 의한 2차원 망조정프로그램, 지적기술연구원의 좌표변환 프로그램을 이용하여 정확도를 분석하였다.

#### 5.3.1 Trimnet을 이용한 망조정 결과

2등삼각점의 동경기준계 성과를 기준으로 산출된 1857, 1860 측점의 동경기준계좌표를 고정으로 망조정프로그램

인 Trimnet으로 망조정하여 필계점의 동경기준계성과를 산출하였다. 그림 19는 중횡선좌표로 변환하여 수치지적도 좌표 성과와 비교한 결과로, 중횡선 방향으로 각각 -0.12m, -0.36m의 편차를 나타내고 있으며, 68.3% 확률오차는 종축  $\pm 0.03m$ , 횡축  $\pm 0.04m$ 이었다.

#### 5.3.2 2차원 망조에 의한 측위 정확도

측점간의 동쪽, 북쪽 방향 성분을 기준으로 수평거리를 산출하였으며, 도근점 1857, 1860의 중횡선 수치를 고정으

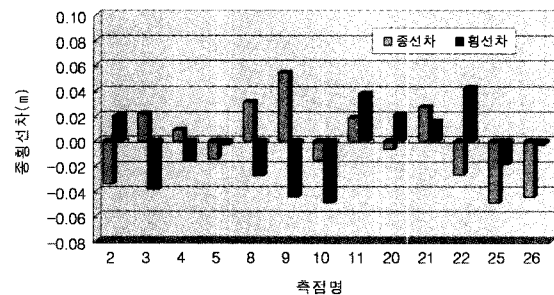


그림 20. 필계점의 망조정 결과



로 망조정에 의해 각 측점의 중형선 수치를 산출하였다. 그림 20은 고시성과를 기준으로 필계점의 중형선차를 나타낸 것으로, 종선  $\pm 0.03\text{m}$ , 횡선  $\pm 0.03\text{m}$ 의 정확도( $1\sigma$ )를 나타내고 있다. 따라서, 필계점 측량과 같이 대상지역이 좁은 경우는 WGS84 타원체상의 수평거리를 활용하여 망조정하여도 필계점의 허용 오차를 초과하지 않을 것으로 사려된다.

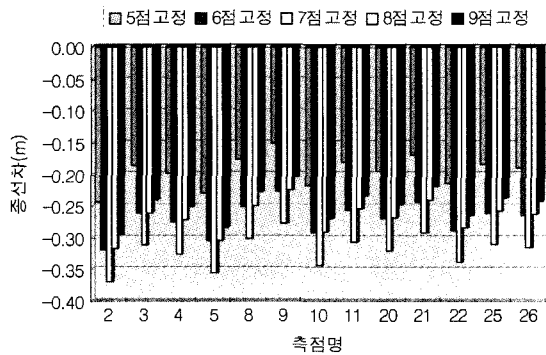


그림 21(a). 지적삼각점을 기준으로 필계점의 좌표변환 결과 (종선)

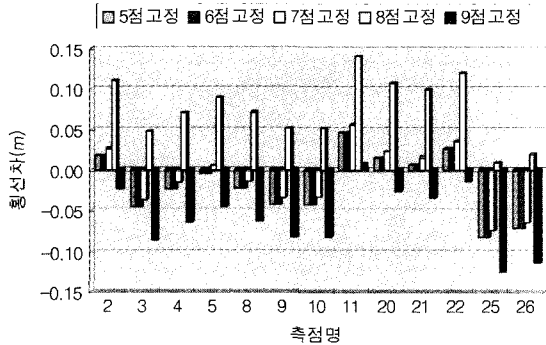


그림 21(b). 지적삼각점을 기준으로 필계점의 좌표변환 결과 (횡선)

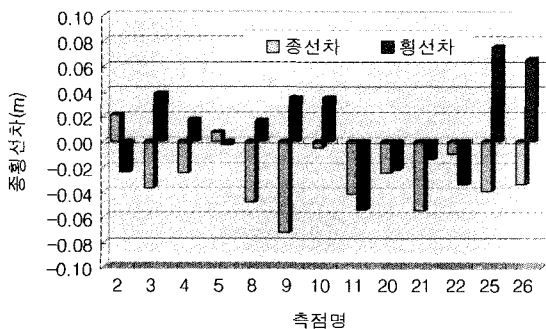


그림 22. 필계점에 대한 구 가우스상사이중투영결과(5점 고정)

### 5.3.3 지적삼각점을 기준으로한 좌표변환 성과

그림 21(a)(b)는 고시성과를 기준으로 좌표변환 결과를 나타낸 것으로, 도근점과 같이 고점점에 따라 수 십 cm 씩 좌표가 변동되었다. 그림 22는 CJ26(교3), H09, GJ01, GJ09, GJ23 측점을 고정으로 좌표변환하여 동경기준계 성과를 산출하고, 구 가우스상사이중투영에 의해 평면직각 중형선좌표로 변환한 결과이며, 도근점과 같이 8cm 이하로 접근됨을 알 수 있었다.

## 6. 결 론

1. 상시관측소와 2등 삼각점의 동경기준계 성과를 기준으로 경도에 10.405초를 보정하여 지적삼각점의 동경기준계 성과를 산출하고 고시성과와 비교한 결과,  $\pm 0.19\text{m}$ ,  $\pm 0.25\text{m}$ 의 정밀도( $1\sigma$ )를 나타내었다.

2. 지적기술연구소에서 개발한 좌표변환 프로그램을 이용하여 동경기준계 성과를 산출한 결과는 상용프로그램의 망조정 결과와 비슷한 성과를 나타내었으나, 현재 지적기준점이 수 십cm의 오차를 나타내고 있기 때문에, GPS 측량을 보다 효율적으로 활용하기 위해서는 현황에 맞는 지적삼각점 성과의 갱신이 필요함을 알 수 있었다.

3. 현재 사용되고 있는 가우스상사이중투영 성과는 가우스-크뤼거 투영성과와 3cm 이하의 차이를 나타내고 있었으며, 과거에 사용하였던 가우스상사이중투영성과는 광주 지역의 경우 종선에서 20cm 정도의 차이를 보이므로, 동경기준계 성과를 중형선수치로 나타낼 경우 주의가 필요함을 알 수 있었다.

4. GPS 이동측량프로그램을 개발하여 도근점, 필계점에 적용한 결과, 단거리에서 상용프로그램과 비슷한 정확도를 얻을 수 있어, 이동측량 프로그램의 실용성을 확인할 수 있었으며, 수치지적도를 직접 수정하고 인터넷을 통해 전송함으로써 일필지 측량등에서 보다 효율성을 기할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 신상철외 2, "GPS와 TS의 병용에 의한 지적측량 기법 연구", 한국지적학회지, 제16권 제1호, 2000. 6.(1), pp. 69-81.
2. 국립지리원, "한국 지구중심 좌표계 결정을 위한 성과산출 등에 관한 학술연구 용역", 2001.
3. 행정자치부, "GPS 지적기준망 구축을 위한 연구(제 3과제 : RTK-GPS 측량실험 및 GPS 측량 작업규정(안) 작성)", 2001.

- 11.27, pp. 1-178.
4. Remondi, B. W., "Performing centimeter-level surveys in seconds with GPS carrier phase : initial results", *Navigation: Journal of the Institution of Navigation*, Vol. 32, No. 4, 1985, pp. 386-400.
  5. Alfred Leick, "GPS Satellite Surveying", second edition, 1994. pp. 247-402.
  6. B. Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, and J.Collins, *GPS Theory and Practice*, Forth, revised edition, pp. 1-280.
  7. Paul R. Wolf, Charles D. Ghilani, "Adjustment Computations Statics and Least Squares in Surveying and GIS", 1996, A Wiley-Interscience Publication. pp. 169-356.
  8. 대한지적공사 지적기술연구원 양철수의 3, "좌표변환, 평면거리계산 S/W 개발(GPS측량 실용화 연구 보고서)", 1998. 12, pp. 23-56, 문민사.
  9. 김재덕외 3, "지적기준점측량(삼각편)", 삼선출판사, 1991. 2, pp. 221-233.
  10. 박상진의 3, "지적삼각측량", 바른길, 1999. 12, pp. 236-245.
- 
- (2002년 10월 24일 원고접수)