

GPS 활용을 위한 좌표변환 매개변수 결정에 관한 研究 -가평군을 중심으로-

A Study on Decision Method of Coordinate Transformation 7-Parameters for GPS Utilization

양 인 태* 김 재 철** 유 영 겐** 오 명 진***
Yang, In-Tae Kim, Jae-Cheol Yu, Young-Geol Oh, Myung-Jin

Abstract

The previous control point surveying, being standardized by trigonometric point which hasn't been unified in the whole country and producing put into operation through complex calculation process, has many problems about accurate results and economic side. Because most of trigonometric points that standardize a present surveying are in situation in top of the mountain, there are many difficulties in solving sight problems. Since trigonometric points are far away from one another, Differences are created because of limitation of point distance, observatory network construction and distribution of error. In the information age, the study about acquiring three dimension surveying information that uses GPS has been processed as fast as acquiring topography information is getting important gradually.

For utilizing GPS in surveying work, deciding transformation 7-Parameters that changes data about location information which is received by GPS receiver is important. In this study, It is decided transformation 7-Parameters that can be used in ka-pyoung area by using GPS surveying production that had put into operation.

키워드 : 위성측위 시스템, 매개변수, 좌표변환

Keywords : GPS, Parameter, Coordinate Transformation

1. 서론

21세기는 정보화를 통한 무한경쟁의 시대로 정확하고 신속한 지형정보의 취득이 점차로 중요해짐에 따라 측량분야에서도 첨단장비의 사용에 대한 지식 습득이 요구되어지고 있다. 현재 미국 국

방부에 의하여 개발 운영되어 온 인공위성을 이용한 3차원 측위 시스템인 GPS(Global Positioning System)를 이용한 삼차원 측지정보 취득에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 건설공사, 국가기반 시설의 관리 및 GIS의 기초자료 취득 등의 분야에 이용되어지고 있다.

전국적으로 통일되지 않은 삼각점을 기준으로 복잡한 계산과정을 걸쳐 실시하는 종전의 기준점측량은 정확한 성과 산출과 경제적인 측면에 많은 문제점을 가지고 있다. 현행측량의 기준이 되는 삼각점의 대부분은 산 정상에 위치하고 있어 시통상

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사

** 강원대학교 토목공학과 박사수료

*** 경북대학 토목과 교수, 박사수료

의 문제해결에 많은 어려움을 겪고 있다. 즉 삼각점이 서로 멀리 떨어져 있어 점간 거리의 제한, 관측망 구성, 관측자의 오류, 오차의 배분 등으로 인하여 성과 차이가 발생하게 된다.

하지만 GPS를 이용한다면 신속성, 정확성은 물론 기후와 시간의 제한 없이 측지·측량 등의 광범위한 분야에 활용할 수 있을 뿐만 아니라 CNS(Car Navigation System : 자동차 항법) ITS(지능형 교통 시스템)에 이용할 수 있다.

GPS 측량방법은 장비설치가 용이하고 관측시간으로부터 성과산출에 이르는 과정이 거의 자동화되어 있어 관측자의 오류를 방지할 수 있으며 관측자료 처리가 용이하다. 또한 GPS의 가장 큰 장점은 시통과 관측점간의 거리에 관계없이 관측이 가능하여 삼각점의 평지화와 일률적인 성과 산출이 가능하다는 점이다. 즉, GPS 측량은 종래의 방법에 비해 효율적으로 고정밀도의 측량성과를 얻을 수 있으며 관측점간의 시통이 불필요하고, 선점에 있어서 종래의 측량과 달리 관측점에서의 상공시계가 열려있으면(도심부, 산간부에서는 곤란) 측점 사이의 지형, 지물 등을 고려할 필요가 없다. 더욱이, 관측점간의 시통을 확보하기 곤란한 경우에도 직접 상대위치관계를 구하는 것이 가능하게 되었다.

이 연구를 위해서 가평군에서 실시한 GPS 측량성과를 이용하였으며 좌표변환 프로그램은 대한지적공사에서 사용하고 있는 버전 2.1을 사용하여 데이터를 분석하였고, 이를 통해 좌표변환 매개변수를 결정하였다. 또한 GPS를 이용한 지적기준점 설치의 가능성을 확인해 보고자 한다.

2. 연구 배경

2.1 연구목적

GPS장비로 취득한 좌표성과는 현행 우리나라 좌표체계에서 구현되는 좌표계의 성과와는 근본적으로 달라서 기준삼각점을 바탕으로 한 성과결정시 특히 주의를 요한다.

GPS장비로 획득된 성과는 WGS84 좌표계 값으로 얻어지기 때문에 국내에서 사용되어지고 있는 국지좌표계인 TM좌표로 사용하기 위해서는 좌표변환과정이 필요하고 이를 다시 평면좌표계로 변환하여 사용하여야 한다. 좌표변환을 위해서는 좌표변환 매개변수가 필요한데 우리나라 전체의 적용을 위한 7-변환 매개변수가 발표된 적은 있으나 국지적인 지역별 좌표변환에 필요한 7-변환 매개변수 값을 발표한 예는 극히 적다. 하지만 지역별로 시행하는 기준점 측량에서는 해당지역에 적합한 성과가 산출되어 지고 있다[1][2][3][4].

이 연구에서는 가평군처럼 산악지역이 대부분을

차지하고 있는 지역에서 사용하고 있는 기준점(삼각점)의 현행성과와 GPS를 이용한 측량성과의 비교를 통하여 GPS 측량성과가 정확한 기준점으로 활용될 수 있는지를 알아보고자 하며, GPS 측량을 통해 얻어지는 데이터의 변환 과정을 소개하고 이 과정을 거쳐 산출된 가평지역의 좌표변환 매개변수를 우리나라의 대표변환 매개변수와 비교하여 활용여부를 판단하고자 한다.

2.2 위성측위 시스템의 이론적 배경

GPS(Global Positioning System)는 미국정부가 1970년대 초반부터 개발에 착수하여 약 60억불의 예산을 투자하여 구축한 미 국방성(U.S. Department of Defense; DoD)의 위성항법시스템(Satellite Navigation System)이며 이곳에서 설치·통제되고 있다. 원래는 군사목적으로 개발을 시작하였지만, GPS신호의 일부를 민간인이 사용할 수 있도록 하는 것을 전제로 미 의회가 예산을 승인하게 되어 GPS신호 중 L1, C/A 코드는 민간에 개방되었다. GPS 위성에서 방송하는 C/A 코드를 이용하면 전세계 어디에서나 전천후, 24시간 측위가 가능하며, 그 정확도는 계속해서 발전하고 있다. GPS시스템은 위성, 이 위성을 관제하는 지상 관제설비, 그리고 사용자가 이용하는 GPS수신기를 모두 포괄하여 말한다.

GPS는 미 국방성에서 자국의 군사목적만을 위하여 개발한 것으로 지구상 어디에서나 기후에 구애받지 않고 표준 좌표계에서의 위치, 속도, 시간 측정을 가능하게 해주는 인공위성을 이용한 첨단 항법시스템이다(Wooden, 1985).

GPS는 미국에 의해 개발되어 실용화되어 온 인공위성에 의한 새로운 측위 시스템이다. 그 중요한 목적은 말할 것도 없이 항공기와 선박을 위한 항법보조에 있으며 그 전파도 여러가지 목적에 이용 가능하다. 특히, 특별히 고안된 수신장치를 갖고 있으며 측량에 응용함으로써 1cm 단위 정도가 얻어진다. 측량기술에의 접목과 여러 가지 과학 관측수단으로서의 응용이 기대된다[5].

GPS를 개발한 초기의 목적은 위 정의에 불 수 있듯이 군사적 이용이었으나 지금까지 미국회는 GPS의 민간 사용의 허가범위를 확대하여 왔고 이러한 민간 이용자의 참여로 인하여 지난 10년 동안 GPS의 이용기술은 괄목할만한 성장을 이룩하였다. 여러 민간단체 중 무엇보다도 GPS의 정밀도를 향상시키는데 기여한 기관은 국제 GPS관측망(IGS: International GPS Service for Geodynamics)이며 한국은 1995년 9월 천문연구원과 국립지리원이 기관에 정식등록됨으로써 본격적으로 전세계 GPS 기술 개발대열에 참여하게 되었다[5].

2.3 연구현황 및 동향

최근 전자통신기술, 우주기술 등의 급속한 발달은 측량기기 및 측량기술 분야에도 비약적인 발전을 가져와 GPS측량, 고해상도 위성영상을 이용한 기술, GIS 기술 등 측량의 고도화, 다양화를 더욱 촉진시키고 있다. 특히 측량분야에서는 새로운 작업 방법 및 기기의 채용, 정보화 추진, 안전의 확보, 국제화에 대응, 자연환경 보호 등의 관점에서 GPS 측량기의 활용이 더욱 확대되고 있다.

인공위성에 의한 위치결정 시스템으로 알려진 GPS의 이용은 종래의 국지적인 측지측량의 단계를 뛰어 넘어 지구상의 어떤 점이라도 통일된 좌표계에서 높은 정확도의 위치결정을 가능케 하고 있다 이에 따라 측지망의 광역화 또는 전세계화가 이루어지고 있으며 지리정보의 산업화가 가속화되어 가고 있다. GPS를 이용하는 측량은 신속, 정확한 측량이 가능하다는 장점이 있으며 관측데이터의 처리에 필요한 소프트웨어가 거의 자동화되어 있어 이용자가 이를 사용하여 데이터를 처리하는 것이 손쉽게 되어있다.

또한 행정자치부(지적공사), 국립지리원, 해양수산부, 천문대 등에서 GPS 상시관측소를 설치 운영하는 등 GPS를 일반측량 및 지적측량에 활용키위해 실용적 기반 조성에 꾸준한 노력을 기울이고 있으며 여러 차례의 실험측량을 실시하여 향후 전개될 삼각점 및 수준점 재조사에 적용할 수 있는 지의 가능성을 검토하고 있다. 현재까지의 연구성과를 정리하면 GPS를 이용한 측량은 1-2-3등 삼각점을 잇는 장기선 관측에서는 물론이고, 관측점에 대한 양호한 성과산출은 삼각점 및 도근점의 경우 각각 100% 및 96%로서 많은 관측점을 단시간에 정확하게 결정할 수 있었다는 점에서 국가기준점 뿐만 아니라 지적기준점 측량에도 매우 효율적으로 사용되어 질 수 있다는 것이다.

특히, 건물 및 도로가 혼재되어 있는 도심지에 위치한 도근점의 경우에 97%에 달하는 관측점에서 양호한 성과가 산출되어졌다는 결과가 나와 있다

최근에 실시한 우리나라 전역을 대상으로 한 변환파라미터의 결정을 위하여 수행한 좌표변환 계산과정과 산출결과는 다음과 같다[4][6].

(1) 1차 변환계산

총 점수 61점 모두를 7-좌표변환 매개변수 결정에 채용하고, 변환성과를 산출하였다. 그 결과 변환성과와 현행성과 모두에 의한 총체적인 평방제곱근(RMS) 오차가 $\pm 4\text{cm}$ 정도의 심한 차이가 나타났다. 이러한 차이의 대부분은 현행성과가 불량한 특이점에 기인한다. 실제로, 경기도 소재 2점(김포 둔수산, 계양)은 10m를, 경남 1점(고성) 및 광

주 1점의 경우에는 30m를 초과하였다.

(2) 2차 변환계산

1차 변환계산에 의한 RMS 결과를 이용하여 각각의 점들에 대하여 변환성과와 현행성과간의 차이가 10m를 초과하는 4점을 변환 파라미터의 산출계산에 제외하였다 그 결과 변환성과와 현행성과간의 평방제곱근(RMS)오차가 $\pm 69.5\text{cm}$ 로 나타났다 이 결과는 1차 변환계산 성과를 이용한 특이점 제거가 원활히 수행되었음을 확인시켜 주었다.

(3) 결과

2차 변환계산의 결과를 근거로 각점의 변환성과와 현행성과간의 차이가 1.4m(2차 계산 RMS 오차의 2배)를 초과하는 17점을 2변환 매개변수의 산출계산에서 제외시켰다 즉 최종 변환계산에서는 합계 61점 중에서 44점을 변환 매개변수의 결정에 이용하였다 결과를 정리하면,

변환성과와 현행성과간의 평방제곱근(RMS)오차가 $\pm 35\text{cm}$ 로 나타났으며, 우리나라 전역을 대상으로 WGS84 좌표를 현행좌표로 변환하기 위한 7-좌표변환 매개변수는 아래의 표 1과 같다. 아래 표의 변환 매개변수 산출에 사용된 좌표값은 토지조사 당시에 등재된 현행성과를 이용하였다.

표 1 우리나라 전역을 대표하는 7-변환 매개변수

$\Delta X(\text{m})$	$\Delta Y(\text{m})$	$\Delta Z(\text{m})$	W_X	W_Y	W_Z	$\Delta S(\text{ppm})$
125 876	-479 822	-656 414	1.844	-2.116	8.385	-6.724

3. GPS 데이터 획득방법과 처리과정

3.1 성과산출

① 기선해석

기선해석에 사용한 변수로는 전리층과 이온층의 모델은 표준모델을 이용하였으며 관측성과에 정밀도를 높이기 위한 위성궤도 정보는 후 처리 계산된 정밀력을 사용하며, 정밀력을 사용하기 위해서는 인터넷을 통하여 NGS(National Geodetic Survey) 사이트에 접속하여 전송 받도록 한다.

② 좌표변환

GPS가 제공하는 위치정보는 지구중심을 원점으로 한 WGS84 측지좌표계상의 위치이다 이것은 현대 우리나라에서 채용하고 있는 좌표계와 차이가 있다. 따라서 동일 위치라 하더라도 경위도 위치를 표현하는 수치에 차이가 있다. 이 때문에 측지좌표계 상호간의 변환이 필요하다 어떤 점의 좌표를 지역 측지좌표계로부터 WGS84 좌표계로 변환하는 전통적인 방법을 정리하면 다음과 같다

지역타원체상의 지오이드를 이용하여 표고를 타원체고도로 변환한 후 경위도 및 타원체고도와 타원체 파라미터, 즉 장반경과 편평율을 이용하여 3

차원직교좌표 X_B, Y_B, Z_B 을 구한다.

두 타원체간, 즉 지역타원체와 WGS84 타원체간의 변환 파라미터를 이용하여 지역타원체에 준하여 계산된 X_B, Y_B, Z_B 을 WGS84 타원체에 준한 3차원직교 좌표 X_w, Y_w, Z_w 로 변환한다. 변환 파라미터로서는 두 타원체간의 원점이동량 ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$), 좌표축의 회전량($\omega_x, \omega_y, \omega_z$), 그리고 두 좌표계간의 축적변화 계수(ΔS)등의 7변수를 채용하거나 그 중의 일부만을 채용하기도 한다. 일부만의 파라미터를 사용할 때는 원점 이동량만을 고려하는 것이 보통이다.

X_w, Y_w, Z_w 로부터 WGS84 타원체 파라미터를 이용하여 WGS84 타원체상의 경위도와 타원체고도를 계산한다. WGS84 좌표계로부터 지역타원체로의 변환은 위 과정을 역으로 거슬러 올라가면 된다.

그러나 우리나라에서는 특히 지역좌표계로 채용하고 있는 Bessel 타원체상면의 지오이드에 대한 연구가 미흡하여 정확한 변환파라미터의 결정이 어려운 실정에 있다. 그러므로 우리나라 전 지역에 대한 중력측정과 우리나라 지역에 맞는 지오이드 결정에 대한 연구가 이루어 져야 한다.

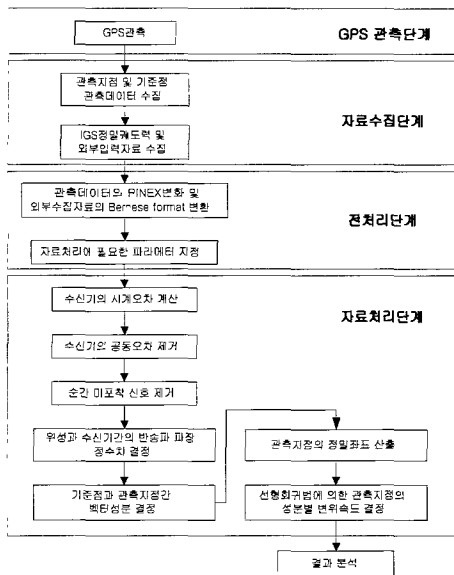


그림 1 GPS데이터 처리과정

3.2 GPS 측정 데이터 처리 과정

연구지역의 삼각점에 대한 관측방법으로는 Static 방법을 활용하였고, Static방법에서는 반송파 위상을 이용하여 관측점간의 기선벡터를 계산하는데

정수치 바이어스의 결정에는 시간경과에 따른 위성간 및 위성파 관측점간의 위치 변화를 이용한다. 관측은 관측하고자 하는 삼각점에 수신기를 설치하고 약속된 시간동안 데이터를 취득하면 된다. 관측소요 시간은 기선의 길이와 위성의 배치상태에 따라 영향을 받지만 대개 1시간에서 3시간이 적당하며 급변 관측의 경우에는 삼각점마다 차이가 있지만 대개 1시간에서 2시간 동안 관측하였다.

3.3 삼각점 데이터 변환과정

1) 변환 계산 알고리즘

좌표계간의 변환은 두 좌표계에서의 위치를 제각기 삼차원 직교좌표계 (X, Y, Z)로 변환하여 이들 간의 차이가 최소가 되도록 변환 파라미터를 구하게 된다. 이 과정을 살펴보면

㉑ 현행 좌표계상의 위도, 경도, 표고(ϕ_B, λ_B, H_B) 또는 평면좌표와 Bessel타원체상의 지오이드 높이 및 Bessel 타원체의 적도반경, 편평율(a_B, f_B) 등을 이용하여 3차원직교좌표(X_B, Y_B, Z_B)를 산출한다.

㉒ WGS84 3차원 직교좌표(X_w, Y_w, Z_w)를 그대로 이용하든지, 또는 위도, 경도, 타원체고도(ϕ_w, λ_w, H_w)와 WGS84 타원체의 적도반경, 편평 (a_w, f_w)을 이용하여 3차원 직교좌표(X_w, Y_w, Z_w)를 산출한다.

㉓ 두 좌표계간의 차이 $\Delta X_{BW} = X_B - X_w, \Delta Y_{BW} = Y_B - Y_w, \Delta Z_{BW} = Z_B - Z_w$ 를 산출한다.

㉔ 적합한 좌표변환모델을 선정하여 $\Delta X_{BW}, \Delta Y_{BW}, \Delta Z_{BW}$ 가 최소가 되도록 좌표변환 파라미터를 결정한다.

㉕ 변환파라미터를 이용하여 지역의 임의의 점 (X_w, Y_w, Z_w) 좌표를 (X_B, Y_B, Z_B)로 변환한다.

㉖ X_B, Y_B, Z_B 를 위도, 경도 및 타원체 높이(ϕ_B, λ_B, H_B)로 변환한다.

㉗ WGS84 타원체상의 지오이드 높이를 이용하여, ㉖의 타원체 높이를 표고로 변환한다.

㉘ (ϕ_B, λ_B, H_B) 를 가우스 상사이중 투영식에 의해 평면좌표로 변환한다. 이러한 일련의 과정을 흐름도로 표시하면 그림 5와 같다.

2) 좌표변환 모델

좌표변환모델은 Bursa-Wolf모델로서, 이에 의한 7변환변수는 다음과 같다.

(X_B, Y_B, Z_B) 좌표계와 (X_w, Y_w, Z_w) 좌표계간의 원점이 일치하도록 평행 이동시킬 경우의 원점 이동량 3성분($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)과 두 좌표계간의 좌표축 방향이 일치하도록 $X \Rightarrow Y \Rightarrow Z$ 축의 순서로 회전시킬 경우의 회전량 3성분($\omega_x, \omega_y, \omega_z$) 그리고 두 좌표계간의 축적변화 ΔS 등이다.

이들 변환파라미터를 이용하여 지역좌표계 (Bessel)와 WGS84 좌표계간의 변환관계를, 행렬식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \Delta S)R(\omega_X)R(\omega_Y)R(\omega_Z) \begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{bmatrix}$$

-----①

회전행렬 $R = R(\omega_X)R(\omega_Y)R(\omega_Z)$ 의 연산을 수행하고, $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$ 이 미소량임을 감안하면 결과적으로,

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \Delta S) \begin{bmatrix} 1 & \omega_Z & \omega_Y \\ -\omega_Z & 1 & \omega_X \\ \omega_Y & -\omega_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{bmatrix}$$

-----②

우 식은 동일지점에서 각각의 3차원 직교좌표, 즉 Bessel 좌표로부터 구한 (X_B, Y_B, Z_B) 및 GPS 관측에 의한 (X_W, Y_W, Z_W)를 기지점으로 하여 7개의 미지변수들을 구하게 된다 즉 좌표계간 원점이동량 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, 축적 변화율 ΔS , 그리고 좌표축의 회전량 $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$ 를 구하는 문제로 귀착된다. 따라서 최소 3점 이상에서의 관측치를 확보하면 7개의 미지변수를 구할 수 있다

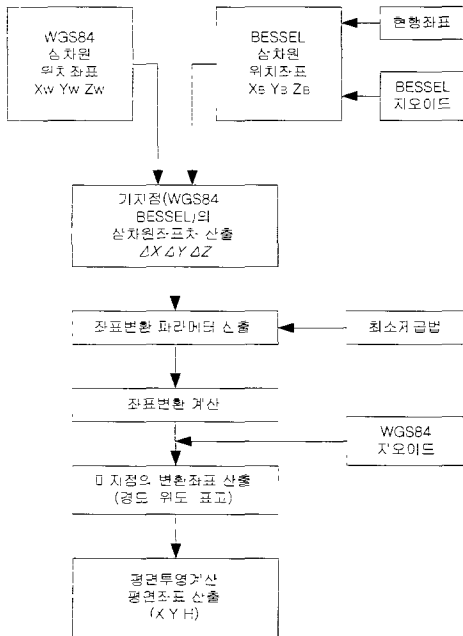


그림 2 좌표변환 계산 흐름도 1

여기서 최소 3점이란 함은 현행좌표 및 WGS84 좌표를 동시에 알고 있는 점을 의미한다. 현행좌표가 알려진 삼각점에서 GPS관측을 하여 WGS84 좌표를 구하였다면 이들이 변환파라미터의 계산에 활용될 수 있는 점들이고 이로부터 미지변수 즉 좌표변환을 특징짓는 7변환변수를 구하여 GPS관측에 의한 WGS84 좌표가 있는 점에 식 ②을 적용함으로써 이들 점에서의 현행좌표를 구할 수 있게 된다

3) 좌표변환 계산

7개의 미지변수, 즉 좌표계간 원점이동량 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, 축적 변화율 ΔS , 그리고 좌표축의 회전량 $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$ 를 구하는 문제는 최소 3점 이상에서의 (X_B, Y_B, Z_B) 및 (X_W, Y_W, Z_W)를 기지점으로 최소자승법(Least Squares Method)에 의한 통계처리로서 구하게 된다

최소자승법에 의한 통계처리는 계산에 이용되는 기준점 분포 및 개수, 기준점 성과의 정확도에 따라 변환파라미터가 달리 산출된다는 특징이 있다.

다시 말하자면, 변환파라미터의 산출에 이용할 현행 좌표계상에서 정확한 기준점의 선정여부가 변환결과의 정확도에 중요하게 작용한다 그러나 우리나라는 현행삼각점의 정도가 균일하지 못한 관계로 좌표변환계산은 1회에 그치지 말고 계산된 성과를 바탕으로 과대오차가 있는 점을 제거하고, 재 계산을 수행하는 2회 이상의 계산 수행이 바람직하다. 아래의 그림은 정확한 계산결과를 얻기 위한 방법을 도식화 한 것이다.

그림 3을 설명하면

㉑ 기지점 좌표 및 미지점 좌표를 입력한다. 이 경우 미리 작성되어 있는 입력 데이터 파일을 활용할 수 있다.

㉒ 변환계산을 실행시킨다

㉓ 변환파라미터의 크기, 오차를 확인하고 기지점에서의 현행성과 변환 성과간의 차이를 조사한다 이것은 출력 화일을 보면 곧바로 알 수 있다.

㉔ ㉑의 출력을 분석하여 현행성과 변환성과간의 차이가 커 기지점 성과가 불량하다고 판정되는 점을 추출한다 즉 변환파라미터의 계산에서 제외시키기 위해 편집작업을 수행한다.

㉕ 앞의 ㉒과정으로 되돌아가 재 계산을 실행한다

㉖ 재 계산 결과를 검토하여 평방계급근오차, 기지점의 잔차 등을 검토하여 정확하게 변환되었을 경우 계산을 종료한다. 그렇지 않을 경우 다시 앞의 ㉑ 이후의 과정을 반복 수행한다.

㉗ 실행결과는, 미지점의 경우에는 GPS관측에 의한 WGS84 좌표단 입력 되었으므로 변환성과와 현행성과간의 차이를 출력하지 않는다. 한편 변환

에 제외시켰던 기지점의 경우라도 변환성과와 현행성과간의 차이를 출력한다. 이 값은 참고자료로만 사용한다.

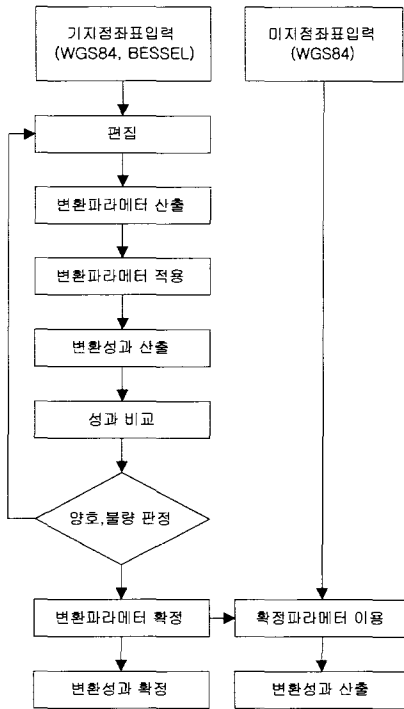


그림 3 좌표변환 계산 흐름도 II

4. 분석 및 삼각점의 데이터 값 비교

4.1 각 삼각망별 변환파라미터 값

(1) 가평군 외서면 2000년 2월 18일

고정점명 : 211(114,228,412)

① 변환파라미터 및 평방제곱근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.062	0.094	0.098	0.149

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점 번호	GPS 변환성과		
	위도	경도	표고
211	37-44-25.10208	127-25-33.44033	135.12
114	37-39-35.65774	127-22-17.14293	152.16
228	37-41-21.98632	127-23-25.34016	104.41
412	37-42-29.73415	127-23-6.63345	273.98

삼각점 번호	현행성과		
	위도	경도	표고
211	37-44-25.12395	127-25-33.44447	114.93
114	37-39-35.65058	127-22-17.14345	없음
228	37-41-21.98451	127-23-25.33320	84.55
412	37-42-29.73944	127-23-6.63576	254.35

(2) 가평군 가평읍 2000년 2월 21일

고정점명 : 202(401, 451)

① 변환파라미터 및 평방제곱근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.017	0.085	0.080	0.118

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점 번호	GPS 변환성과		
	위도	경도	표고
202	37-48-1.35674	127-31-1.60335	219.65
401	37-43-56.58374	127-30-11.59357	149.80
451	37-45-45.09071	127-32-58.23922	315.32

삼각점 번호	현행성과		
	위도	경도	표고
202	37-48-1.35872	127-31-1.60434	191.90
401	37-43-56.57922	127-30-11.58999	121.59
451	37-45-45.09325	127-32-58.24181	286.96



그림 4 가평군 외서면



그림 5 가평군 가평읍

(3) 가평군 설악면 2000년 2월 22일

고정점명 : 425(426,430,405)

① 변환파라미터 및 평방제곱근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.039	0.025	0.052	0.070

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점	GPS 변환성과		
번호	위도	경도	표고
425	37-35-30.37540	127-29-32.68196	410.25
426	37-36-32.78153	127-29-27.54298	365.21
430	37-39-28.62738	127-26-49.31783	297.46
405	37-41-32.67148	127-31-55.94768	320.41

삼각점	현행성과		
번호	위도	경도	표고
425	37-35-30.37344	127-29-32.68127	384.62
426	37-36-32.78575	127-29-27.54181	339.71
430	37-39-28.62508	127-26-49.31979	272.14
405	37-41-32.67153	127-31-55.94759	294.62

(4) 북면 백둔리 2000년 8월 22일
고정점명 : 429(428.431)

① 변환파라미터 및 평방계급근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.101	0.020	0.066	0.122

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점	GPS 변환성과		
번호	위도	경도	표고
429	37-53-6.00273	127-26-29.77476	744.72
428	37-54-7.69914	127-27-40.94711	361.68
421	37-54-0.39409	127-26-9.14285	668.94

삼각점	현행성과		
번호	위도	경도	표고
429	37-53-6.00514	127-26-29.77155	704.97
428	37-54-7.70034	127-27-40.94503	322.63
421	37-54-0.39048	127-26-9.14814	630.62



그림 6 가평군 설악면



그림 7 북면 백둔리

(5) 북면 제령리 2000년 8월 23일
고정점명 : 221(222.426)

① 변환파라미터 및 평방계급근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.118	0.004	0.108	0.160

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점	GPS 변환성과		
번호	위도	경도	표고
221	37-53-20.87977	127-32-56.67596	218.52
222	37-52-4.02611	127-31-2.98059	230.74
426	37-54-20.62617	127-29-1.26461	564.34

삼각점	현행성과		
번호	위도	경도	표고
221	37-53-20.87993	127-32-56.67613	167.52
222	37-52-4.03112	127-31-2.97578	179.60
426	37-54-20.62100	127-29-1.26926	510.87

(6) 북면 적목리 2000년 8월 29일

고정점명 : 26(420.468)

① 변환파라미터 및 평방계급근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.053	0.101	0.095	0.149

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점	GPS 변환성과		
번호	위도	경도	표고
26	38-0-39.57023	127-25-2.95781	1213.31
420	37-59-20.76944	127-26-49.68522	659.72
468	38-2-27.21371	127-28-44.85874	685.71

삼각점	현행성과		
번호	위도	경도	표고
26	38-0-39.57371	127-25-2.96291	1191.60
420	37-59-20.76404	127-26-49.68308	588.91
468	38-2-27.21563	127-28-44.85578	640.80



그림 8 북면 제령리



그림 9 북면 적목리

(7) 북면 도대리 2000년 9월 2일

고정점명 : 421(425.426)

① 변환파라미터 및 평방계급근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.049	0.154	0.198	0.256

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점 GPS 변환성과				
번호	위도	경도	표고	
421	37-57-16.37190	127-27-24.62691	644.59	
425	37-56-42.37986	127-29-27.75631	609.26	
426	37-54-20.61118	127-29-1.26706	542.00	

삼각점 현행성과				
번호	위도	경도	표고	
421	37-57-16.37198	127-27-24.62812	614.29	
425	37-56-42.36995	127-29-27.75290	540.46	
426	37-54-20.62100	127-29-1.26926	510.87	

(8) 북면 화악리

고정점명 : 408(220,425)

① 변환파라미터 및 평방제곱근 오차

X성분	Y성분	Z성분	RMS
0.230	0.206	0.116	0.330

② 삼각점 좌표 값 비교

삼각점 GPS 변환성과				
번호	위도	경도	표고	
408	37-57-37.10683	127-34-36.34214	562.52	
220	37-55-18.24285	127-33-45.61263	337.46	
425	37-56-42.37581	127-29-27.76297	617.06	

삼각점 현행성과				
번호	위도	경도	표고	
408	37-57-37.10733	127-34-36.35931	526.24	
220	37-55-18.24820	127-33-45.60555	300.83	
425	37-56-42.36995	127-29-27.75290	540.46	



그림 10 북면 도대리



그림 11 북면 화악리

4.2 변환파라미터 값 비교

가평지역에서 실시한 1차 측량지역의 변환 매개변수 값을 이용하여 그림 12와 13같이 막대그래프로 값을 표시한 것이다. 그림 12와 13을 보면 ΔX , ΔY , ΔZ 및 ω_x , ω_y , ω_z 은 일정한 방향으로 값이 분포하는 것을 알 수 있다.

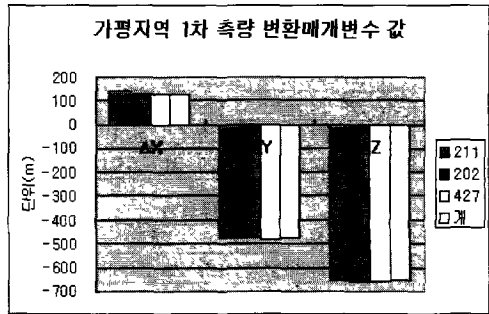


그림 12 가평지역 1차 측량 변환매개 변수 값 (ΔX , ΔY , ΔZ)

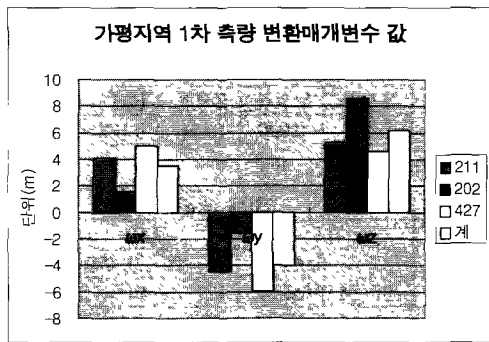


그림 13 가평지역 1차 측량 변환매개 변수 값 (ω_x , ω_y , ω_z)

가평지역에서 실시한 2차 측량지역의 변환 매개변수 값을 이용하여 그림 14와 15과 같은 막대 그래프로 값을 표시한 것이다. 그림 14와 15를 보면 ΔX , ΔY , ΔZ 은 일정한 방향으로 값이 분포하는 것을 알 수 있으나, ω_x , ω_y , ω_z 은 값의 분포방향이 일정하지 않음을 알 수 있다.

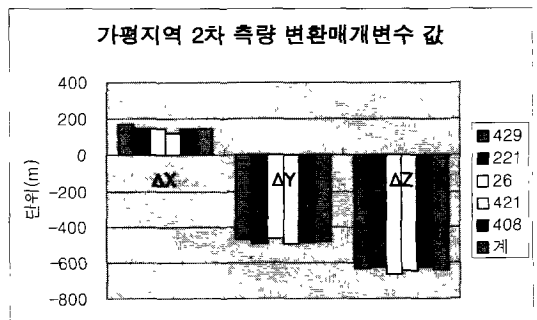


그림 14 가평지역 2차 측량 변환매개 변수 값 (ΔX , ΔY , ΔZ)

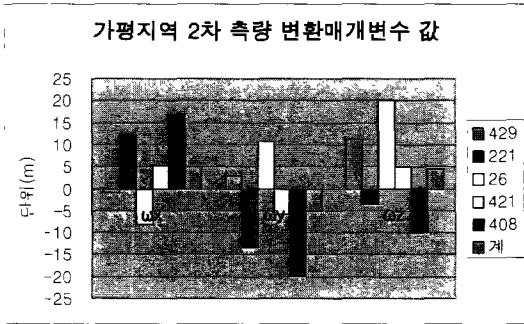


그림 15 가평지역 1차 측량 변환매개 변수 값 ($\omega_x, \omega_y, \omega_z$)

다음은 표 1의 지적공사에서 산출한 우리나라 전역을 대표하는 7-변환 매개변수와 가평지역에서 1, 2차로 나누어 실시한 측량의 변환 매개변수 값을 비교하여 그래프로 나타낸 것이다.

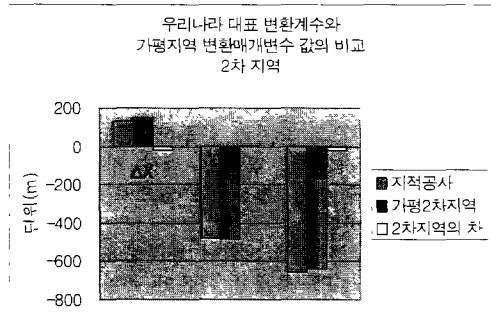


그림 18 대표변환매개변수와 가평지역 2차 변환 매개 변수 값($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)

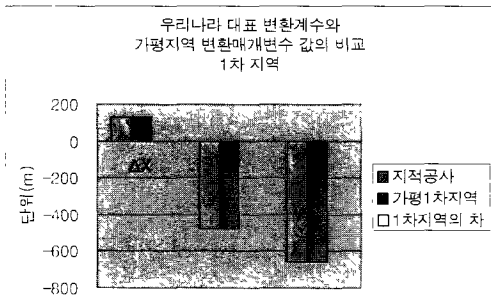


그림 16 대표변환매개변수와 가평지역 1차 변환 매개 변수 값($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)

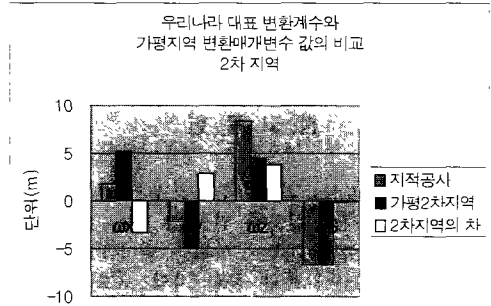


그림 19 대표변환매개변수와 가평지역 2차 변환 매개 변수 값($\omega_x, \omega_y, \omega_z$)

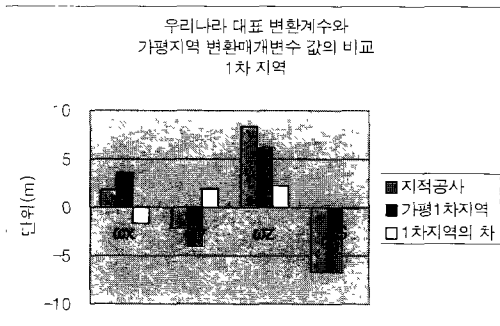


그림 17 대표변환매개변수와 가평지역 1차 변환 매개 변수 값($\omega_x, \omega_y, \omega_z$)

그림 16부터 19까지를 비교해보면 1차 지역의 변환매개변수 값인 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ 은 일정한 방향으로 값이 분포하는 것을 알 수 있고 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 은 변동폭이 작아 활용 가능성이 있지만 2차 지역의 변환 매개변수 값인 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ 은 일정한 방향으로 값이 분포하나 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 은 변동폭이 커 활용에는 어려움이 따를 것으로 판단된다.

또한 그림 16-19를 살펴보면 두 변환 매개변수 사이에는 많은 차이가 존재함을 알 수 있다. 이 오차를 줄이기 위해서는 GPS의 계속된 관측을 통한 변환 매개변수성과갱신에 달려 있다고 본다.

물론 GPS 측량을 통한 성과를 현행 측량성과처럼 사용하기에는 아직까지 미비한 점이 많이 존재하고 있지만 이 시스템의 효용성은 이러한 점을 충분히 개선시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있기 때문에 기존의 측량방식을 대체하거나 병용해서 사용할 수 있게 될 것이다.

5. 결론

GPS 측량을 실시하여 가평지역의 좌표변환 매개변수를 결정된 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째 단 1회의 관측을 통하여 국지적인 변환 매개변수를 산출해 낸다는 것은 상당히 어려운 문제임을 알 수 있었다.

둘째 우리나라 대표변환 매개변수와 비교하였을 때 일정한 방향으로 오차가 분포하고 있는 지역도 있었고 일정하지 않은 분포를 가진 지역도 있어 지역별 매개변수 값의 활용에는 앞으로 많은 보완이 있어야 할 것이다.

셋째 가평균처럼 산악지역이 대부분을 차지하고 있는 지역에서 GPS 측량은 기존의 측량방식과 병행 하여야만 기준점 설치 시 활용이 가능할 것으로 판단된다.

넷째 정확한 국지적인 변환 매개변수를 결정하기 위해서는 장기적인 계획을 세워 정기적인 관측과 지역별 GPS 상시관측소의 확대설치가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] 대한 지적공사, 좌표변환, 평면거리계산 S/W 개발(GPS 측량 실용화 연구 보고서) 1998. 12.
- [2] 지적공사, GPS 전국 동시관측 및 RTK 측량실험사업(98 GPS 측량 실험 사업 보고서) 1998. 12.
- [3] 대한 지적공사, GPS를 이용한 지적측량 시범사업(구획·경지정리확정 측량지구) 1997.3.
- [4] 김태훈, GPS 측량의 실용화에 따른 좌표변환체계의 이해 (대한 지적공사) 1998. 11.
- [5] 대한 지적공사 라형운, GPS 측량의 검사방안에 관한 연구 2000. 1.
- [6] 대한 지적공사, 양철수, 새로운 좌표체계의 도입 설정에 관한 고찰 2000.