

## 지적기준점의 통일화 및 세계측지계 변환 실험

### Experiments on Unify and Transform to the New Korea Geodetic Datum for Cadastral Control Points

송동섭<sup>1)</sup> · 윤홍식<sup>2)</sup> · 황진상<sup>3)</sup> · 김태우<sup>4)</sup>

Song, Dong Seob · Yun, Hong Sic · Hwang, Jin Sang · Kim Tae Woo

<sup>1)</sup> 성균관대학교 과학기술연구소 책임연구원(E-mail:frydom@skku.edu)

<sup>2)</sup> 성균관대학교 사회환경시스템공학과 부교수(E-mail:yoons@skku.edu)

<sup>3)</sup> 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사과정(E-mail:gpsboy@msn.com)

<sup>4)</sup> 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정(E-mail:kangka2@hanmail.net)

#### Abstract

Cadastral control points in Korea are referred to various origins, for example an early separated small triangulation, a separated small triangulation, a separated control surveying origin and an unified origin. We determined transformation parameters from old origin to unified origin using 2D conformal transformation method. To evaluate of transformation accuracy, we compared with GPS field surveying results. And we experiment on coordinate transformations with unified results between the local geodetic datum and the new Korea geodetic datum.

## 1. 서론

현재 국내 측량체계는 측지측량과 지적측량으로 이원화되어 있으며 제도적으로 측량법과 지적법을 별도로 제정하여 시행·운영하고 있다. 전 세계가 단일 좌표체계로 전환해 가고 있는 국제적인 흐름에서 좌표체계가 이원화되어 운영되는 것은 국가적인 측면에서 볼 때 효율적인 국토관리와 각종 공간정보 취득이 일원화 되지 못해 지형도와 지적도 및 내비게이션 등의 데이터가 불일치하는 문제가 발생되고 있다. 본 연구에서는 세계측지계에 기준한 수치지형도와 수치지적도의 연계를 위한 기초 방안을 마련하기 위하여 다양한 원점 체계를 기준으로 정비되어 온 지적기준점의 성과를 통일원점 기준의 성과로 변환하기 위한 방법을 모색하였다. 또한 통일원점 기준의 지적기준점 성과를 세계측지계 기준의 성과로 변환하기 위한 실험을 실시하였다.

## 2. 측지기준과 지적기준의 이원화

삼각점은 주로 일제시대에 설치되어 그 후 6.25 전쟁을 거치면서 파괴 또는 망실이 되었다. 이러한 삼각점의 상태를 조사하기 위하여 전국을 대상으로 1958년 4월 19일(대통령령 제 1363호) 국방부 지리연구소가 발족되어 국가기본도 제작을 위한 기초 측량의 일환으로 서남해안 도서지구를 포함하여, 1, 2등 삼각점을 대상으로 실시하게 되었으며, 그 후 서해안 육지지역으로 점차 확대하여 전국적으로 실시하고 점차적으로 3, 4등 삼각점도 계속 실시하게 되어 이를 토대로 삼각점 복구 계획을 수립하였다. 해방이후 설정된 대삼각점과 소삼각점은 해방 이후에 명칭을 변경하였는데 대삼각본점과 보점을 각각 1등 삼각점과 2등 삼각점으로 소삼각 1, 2등점을 3등 삼각점과 4등 삼각점으로 변경하였다. 삼각점의 응급 복구 사업은 삼각점 성과의 혼란을 가져오는 계기가 되었다. 복구 사업을 실시하면서 삼각점 성과가 틀리는 일

이 발생되었으며, 이로 인해 행정자치부에서는 1975년 개정된 지적법에 따라 토지조사사업 당시의 성과와 표석을 기준으로 지적삼각점을 신설하여 그 성과를 등록·관리하도록 하였다. 이후 건설교통부에서는 새로운 측량기술의 확보를 통해 삼각점 정비와 성과갱신 사업(정밀1,2차 정비사업)이 추진되어 높은 정확도 향상을 이루고 있으나, 지적삼각점은 1910년대의 작업방식과 거의 동일한 방법과 정확도를 유지하였기 때문에 그 정도가 4등 삼각점과 거의 유사한 수준에 있다고 보고 있다.

현재 지적좌표계에서 사용되는 원점좌표계는 통일원점, 구소삼각원점, 특별소삼각지역 원점 등 다양한 좌표계의 구성으로 각 좌표계 간의 도곽 연결이 곤란하며, 원점 체계마다 서로 다른 측량성과를 보유함으로써 통일된 좌표계를 기반으로 지적 성과를 정립하기가 어려운 것이 실정이다. 또한 각 원점지역에 따라 사용단위가 미터법(m)이나 간(間) 등 다양하여 통일된 단위표시에 어려움이 많았고, 원점좌표계마다 서로 다른 측량정확도로 운영되어 좌표변환 요소의 통일성을 찾기가 매우 난해하다. 특별소삼각점은 후에 변칙적인 방법으로 계산하여 통일원점과 연결하였기 때문에 정확도에 불합리한 점이 있었다. 삼각점의 응급 복구 사업을 통해 기준점 관리체계의 이원화가 발생한 이후부터 국가삼각점과 지적삼각점의 성과는 구성과를 사용하고 있었다. 1998년 이후 건설교통부의 정밀 1차 기준점 측량 사업을 통해 실용성과가 계산되어 공표된 이래 건설교통부에서 관리하는 국가삼각점은 신성과와 구성과가 혼용되고 있다. 그러나 3대 원점 기준의 지적기준점 성과는 측지좌표계에서 1998년 이전에 주로 이용한 구성과에 해당되고 있는 실정이다. 더구나 측지좌표계는 2003년부터 세계측지계를 도입하여 좌표체계의 전면적인 개정을 이루고 있는 것이 현실이나 아직 지적좌표계는 전환이 미흡한 상태이다. 따라서 지적좌표계는 통일된 기준의 지적좌표계로의 전환이 이루어진 후에 세계측지계 기준의 변환이 수행되어야 한다.

### 3. 지적기준점의 통일화 및 세계측지계 변환 실험

#### 3.1 시범지역의 선정

본 연구에서는 구소삼각지역 및 특별소삼각지역과 함께 특별도근측량 지역 중에서 연구 대상 시범지역을 선정하고, 각 대상 지역에 위치한 지적기준점에 대하여 GPS 측량을 실시하여 성과 계산을 수행하였다. 이 성과를 토대로 지역적 원점의 특징에 따른 지적기준점 성과의 계통적 오차를 분석하고 통일된 기준의 성과로 재계산을 실시하였다. 또한 선정된 지역 내 기준점의 분포와 종류, 성과의 확보 및 관측 데이터 정보를 획득하기 위한 현황 조사를 동시에 수행하였다. 지적기준점의 계통적 오차 점검과 시범지역은 11개의 구소삼각지역 중에서 계양원점을 기준으로 하고 있는 인천광역시 계양구와 남한에 위치하고 있는 특별소삼각지역 10개 지역 중 전라남도 나주시와 지형적으로 대삼각망과 연결이 곤란했던 특별도근측량지역인 충청남도 보령시 원산도 지역을 선정하였다.

#### 3.2 시범지역별 통일성과 계산 및 분석

통일성과를 계산하기 위하여 선정한 구소삼각지역은 인천광역시 계양구와 부평구 지역에 위치하고 있는 지적기준점은 지적삼각점 14점, 지적삼각보조점 62점, 도근점은 약 5,000여점이 있으며 계양원점은 망실된 상태이나 인근 지역에 복원시킨 상태이다. 이미 계산이 완료된(1910년 이전 시행) 도근점의 계양원점좌표는 좌표변환에 의한 방법으로 중부원점좌표로 변환할 수는 있으나, 도근점이 가지고 있는 오차는 변환 후에도 남게 된다. 이러한 결과는 다음의 그림 1과 같은 과정을 통해 변환한 좌표와 GPS 실측에 의하여 중부원점 기준의 좌표간의 차이를 분석하면 확연하게 알 수 있다. 2차원 등각변환(2D conformal transformation)은 한 좌표계에서 다른 좌표계로의 변환 후에도 도형의 모양이 유지되는 특징을 가지고 있어 2차원 평면직각좌표체계를 가지고 있는 지적좌표체계에 적합한 변환 방법 중의 하나이다. GPS 현지 관측을 실시한 지적삼각점 7점 중에서 계양원점좌표(구소삼각원점기준)가 없는 2점을 제외한 5점의 지적삼각점의 두 원점 성과를 이용하여 2차원 등각변환에 의한 구소삼각원점좌표를 중부원

점 좌표로 변환할 수 있는 변환 매개변수를 계산하였다. 구소삼각원점에서 통일원점으로의 변환 매개변수는 표 1과 같다.

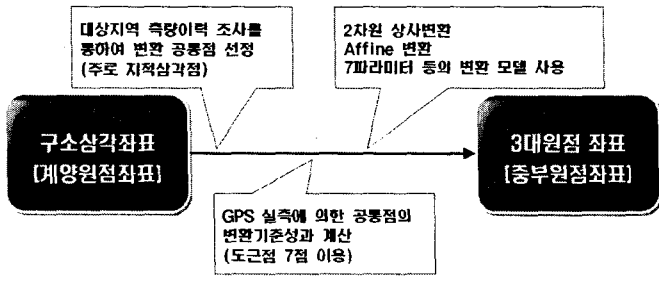


표 1. 2차원 등각변환 매개변수(구소삼각원점⇒중부원점)

| 변환 매개변수   | 관련기호     | 매개변수 값        |
|-----------|----------|---------------|
| 회전량       | $\theta$ | -0.151987716° |
| 축척        | S        | 0.999914741   |
| 평행이동량(위거) | dx       | 450131.2634   |
| 평행이동량(경거) | dy       | 174712.4421   |

그림 1. 구소삼각원점좌표의 통일화(Bessel) 과정

표 1의 변환 매개변수를 이용하여 도근점 7점의 구소삼각좌표를 중부원점좌표로 변환하였다. 특별도 근측량지역 중에서 시범지역으로 선정한 충청남도 보령시 원산도리에는 대한지적공사 보령지사가 주로 이용하고 있는 기준점이 지적삼각점 6점, 지적삼각보조점 5점, 도근점 300여점이 있으며 측지삼각점도 4점이 설치되어 있다. 시범지역인 충청남도 보령시 원산도리에 분포하고 있는 지적삼각점 6점, 지적삼각보조점 4점, 도근점 20점 및 측지삼각점 4점에 대하여 현지 GPS 관측을 실시하였다. 이 지역의 지적기준점은 중부원점을 기준한 통일원점 체계로 관리되고 있어 통일성과 계산 실험을 실시하지 않고 지형도 제작을 위해 이용되고 있는 측지좌표와 지적좌표간의 연계를 위한 실험을 실시하였다. 또한 특별소삼각지역의 시범지역인 전라남도 나주시도 같은 조건으로 관리되고 있어 동일한 방법으로 실험을 수행하였다. 특별소삼각지역에서는 대부분의 도근점에 대하여 지적고시좌표와 측지삼각점을 고정된 좌표간의 차이가 위거방향으로 약 20cm, 경거방향으로 약 55cm의 차이와 일정한 방향을 나타내고 있었다.

### 3.3 지적기준점의 세계측지계 전환 실험

현행 지적기준점 전체에 대하여 계산한 통일성과를 세계측지계 기준으로 변환을 수행하기 위해서는 직접 및 간접 방법에 의한 변환방안을 고려할 수 있다. 본 연구에서는 시범지역에서 선정한 기준점들의 성과를 이용하여 직·간접 변환에 의한 지적기준점의 세계측지계 성과를 결정하였다. 직접변환에 의한 세계측지계 성과 결정에서 고정점으로 이용한 기준점은 현재 건설교통부 국토지리정보원에서 운용중인 GPS 상시관측소(1등 위성측지기준점)의 고시 성과를 기지 좌표로 이용하였다. 직접변환 방법인 망조정을 이용한 지적기준점의 세계측지계 성과와 통일원점 기준의 고시 성과를 이용하여 2차원 등각변환을 위한 매개변수를 결정하고 이 매개변수를 이용하여 동경측지계 기준의 지적성과를 세계측지계로의 간접변환을 수행하고 직접 변환에 의한 세계측지계 성과와 비교하였다. 표 3은 시범지역별 지적기준점 중 지적삼각점과 지적삼각보조점을 이용하여 계산한 2차원 등각변환 매개변수를 정리한 것이다.

표 3. 시범지역별 2차원 등각변환 매개변수(통일성과⇒세계측지계)

| 구분        |          | 구소삼각지역 (인천 계양) | 특별도근측량지역 (충남 원산도) | 특별소삼각지역 (전남 나주) |
|-----------|----------|----------------|-------------------|-----------------|
| 변환 매개변수   | 관련기호     | 매개변수 값         | 매개변수 값            | 매개변수 값          |
| 회전량       | $\theta$ | -0.00102652°   | 0.000413013°      | -0.000072332°   |
| 축척        | S        | 1.000006214    | 0.999994159       | 0.999979413     |
| 평행이동량(위거) | dx       | 287.2256591    | 306.8758189       | 310.4408862     |
| 평행이동량(경거) | dy       | 81.15663481    | 74.65302213       | 77.36574388     |

직접변환과 간접변환에 의한 세계측지계 기준의 지적기준점 성과 차이는 RMSE를 구하여 평가하였다. 구소삼각지역인 인천 계양구의 실험 결과에서는 위거 방향은 0.172m, 경거 방향은 0.549m로 비교적 크게 나타났다. 두 변환에 의한 세계측지계 성과 차이가  $3\sigma$ 를 벗어나는 기준점을 순차적으로 제거하여 다시 RMSE를 평가하였다. 직접변환에 대한 간접변환의 정확도를 평가한 최종 결과는 위거방향으로 0.076m, 경거방향으로 0.100m를 보였다. 따라서 간접변환에 의한 정확도는 약 15cm 이내를 보이고 있다고 판단된다. 특별도근측량지역인 충남 원산도리의 직접변환에 대한 간접변환의 정확도를 평가한 최종 RMSE 비교 결과는 위거방향으로 0.020m, 경거방향으로 0.035m로 계산되었다. 따라서 간접변환에 의한 세계측지계 위치정확도는 약 9cm 이내를 보이고 있다고 판단되었다. 특별소삼각지역인 전남 나주시의 직·간접 변환에 의한 성과 차이의 RMSE를 비교한 결과에서는 위거방향으로 0.025m, 경거방향으로 0.019m를 보였다. 따라서 전남 나주시 지역에서 간접변환에 의한 세계측지계 위치정확도는 약 5cm 이내를 보이고 있다고 판단된다.

#### 4. 결론

1) 구소삼각원점인 계양원점 기준의 도근점에 대한 2차원 등각변환에 의한 좌표변환 성과와 중부원점 기준으로 고시된 좌표와의 차이에 대한 평균은 남북방향으로 0.93m, 동서방향으로는 0.80m를 보였다. 실제 GPS 관측을 실시한 성과와의 비교에서는 동서방향으로 0.17m가 고시좌표와의 차이보다 향상된 결과를 나타냈다. 중부원점 기준의 고시성과는 실제 지적측량에서 적용되고 있는 기준점이므로 변환 정확도 향상을 위한 왜곡량을 계산하고 이 왜곡량을 보정하면 정확도를 향상시킬 수 있다고 판단된다.

2) 특별도근측량지역인 충남 원산도리에 대한 도근점의 고시좌표와 측지삼각점을 고정하여 망조정을 실시한 도근점의 중부원점 좌표에 대한 비교 결과, 위거 방향의 차이는 약 25cm, 경거 방향은 65cm 정도의 차이를 가지는 것으로 분석되었다. 특별소삼각지역인 전남 나주시에서는 GPS 실측한 17점의 도근점 중에서 과대오차를 나타내는 3점을 제외하고는 지적고시좌표와 측지삼각점을 고정한 좌표간의 차이가 위거방향으로 약 20cm, 경거방향으로 약 55cm의 차이와 일정한 방향을 나타내고 있었다. 따라서 간단한 상사변환과 왜곡모델링을 적용하여 충분한 정확도의 변환을 실시할 수 있을 것이라 판단된다.

3) 시범지역에 대한 지적기준점 통일원점 성과와 세계측지계에 기준한 직접 조정 성과를 이용하여 2차원 상사변환을 위한 매개변수를 결정하고 이를 이용하여 잉여 검사점에 대한 간접 조정을 실시하여 직접 조정 성과와 비교한 결과, 구소삼각지역은 약 15cm, 특별도근측량지역은 약 9cm, 특별소삼각지역은 약 5cm의 차이를 보였다. 2차원 등각변환에 의한 측지기준의 지적기준점 성과는 GPS 실측에 의한 상시관측소 연결 망조정을 실시하여 계산한 성과와 약 10cm 정도의 변환 정확도를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 건설교통부 국토지리정보원(1998), 지형·지적정보의 연계활용 연구.
- 건설교통부 국토지리정보원(2003), 측량 및 지형공간정보백서.
- 국토연구원(2003), 최적화 설계 기법에 의한 차세대 국가측지기준점 체계 구축방안 연구
- 대한지적공사(1998), 구소삼각 및 특별소삼각지역의 성과점검 및 통일원점좌표산출을 위한 연구.