

## 기타원점지역 지적측량기준점의 통일 좌표 산출 연구

# A Study on Computation of Unified Coordinate of Cadastral Control Points over the Field with Different Surveying Origins

양철수\* · 진중노\*\*

Yang, Chul Soo · Jin, Jung No

### 要 旨

통일원점과 구소삼각원점 계열의 성과가 혼재되어 있는 지역의 지적측량기준점에 대하여 GPS관측거리를 이용하는 삼변망조정계산 방법에 의하여 단일 원점계열의 성과를 산출하였다. 삼변망조정계산의 적용은 각 원점계열별로 성과가 상호 부합하는 점들을 추출하여 자유망조정을 실시하고, 다음으로 이들 자유망조정 성과에 나머지 점들을 연결하는 고정망조정계산에 의해 지역 내 모든 점들의 좌표를 산출하였다. 실제 계산은 인천광역시의 가리계열 18점, 계양계열 17점, 중부계열 33점 등의 원점계열별 기준점을 이용하여 지역 전체의 합계 68점의 기준점에 대한 단일 원점계열의 성과를 산출하였다. 새로이 산출한 각 원점계열의 좌표 간에는 정량의 방위각과 축척계수의 차이가 있고 수작업으로 이를 보정하는 계산에 의해서도 서로 다른 원점 계열의 근사 좌표 산출이 가능하였다.

**핵심용어** : 지적측량기준점, 기타원점, 삼변망조정계산

### Abstract

The coordinate of cadastral control points located over the area of different surveying origins is computed in a single surveying origin by trilateration adjustment of GPS baseline measurements. In every different surveying origins, well-matched control points are selected and mutually coinciding coordinates are computed by free network adjustment. Then, the coordinate of the other control points over the area is computed by joining these points to the adjusted points. In practice, by using 18 points of Gari, 17 points of Gyeyang, and 33 points of Central origin in Incheon, the coordinates of total 68 points in every surveying origin are computed. Between the points of different surveying origins, it is found that there are quantitative differences in azimuth and scale factors, and the approximate point coordinate of other surveying origins is calculated by correcting the scale and azimuth.

**Keywords** : Cadastral control point, Different surveying origins, Trilateration adjustment

## 1. 서 론

지적측량에 사용하는 평면직각좌표는 크게 통일원점과 기타원점(구소삼각원점, 특별소삼각원점) 계열의 좌표로 구분하고 있다. 통일원점이라 함은 1910년부터 1924년까지 실시한 조선토지사업과 조선임야조사사업의 골격이 된 전국 통일의 측지망 성과에 기반하고 있다. 통일원점의 측량 성과는 평면투영의 원점에 따라 동부원점(북위 38도선과 동경 129도선의 교차점), 중부원점(북위 38도선과 동경 127도선의 교차점), 서부원점(북위 38도

선과 동경 125도선의 교차점)의 평면좌표체계로 구분하여 사용하고 있다.

구소삼각원점계열의 측지망은 토지조사사업 이전에 경기도 및 서울특별시 일부와 경상북도 대구 등 11개 지역에 국한하여 실시한 측량성과에 기반을 두고 있다. 구소삼각원점은 지역 내 중앙부에 위치한 삼각점에서 천문측량에 의해 북극성의 최대이각을 측정하여 진자오선과 방위각을 결정하고 경위도를 산출하였다. 주변 지역의 점의 성과(평면직각좌표)는 이 삼각점을 원점  $(X,Y) = (0,0)$ 으로 삼아 평면직각좌표를 산출하였다. 즉, 통일원점과

2008년 6월 13일 접수, 2008년 8월 1일 채택

\* 교신저자 · 정희원 · 대한지적공사 지적연구원장 (csyang@kcsc.cokr)

\*\* 정희원 · 대한지적공사 인천본부 (jnjn@kcsc.co.kr)

표 1. 서울·인천·경기 지역 구조삼각원점의 경위도 좌표

| 원점명 | 원점위치            |                  | 해당지역           |
|-----|-----------------|------------------|----------------|
|     | 위도              | 경도               |                |
| 망산  | 37° 43' 07.060" | 126° 22' 24.596" | 인천(강화)         |
| 계양  | 37° 33' 01.124" | 126° 42' 49.685" | 경기(부천, 김포, 인천) |
| 조본  | 37° 26' 35.262" | 127° 14' 07.397" | 경기(성남, 광주)     |
| 가리  | 37° 25' 30.532" | 126° 51' 59.430" | 경기(안양, 인천, 시흥) |
| 등경  | 37° 11' 52.885" | 126° 51' 32.845" | 경기(수원, 화성, 평택) |
| 고초  | 37° 09' 03.530" | 127° 14' 41.585" | 경기(용인, 안성)     |

기타원점 계열 간에는 측지원점의 설정 및 측지망의 전개 방식이 다르다. 표 1은 서울·인천·경기 지역 구조삼각원점의 경위도 좌표를 나타낸다.

구조삼각원점계열의 측량성과는 11개의 구조삼각(평면투영)원점에 기초하며 제각기 고립된 채로 유지 관리되고 있다. 이 때문에 서로 다른 원점 계열의 측량 성과가 접하는 지역에서는 각각의 측량 성과가 상호 부합하는지에 대한 확인이 어렵다. 예를 들어, 인천광역시 관내는 통일원점계열의 2개 좌표계(중부 및 서부)와 구조삼각계열의 3개 좌표계(가리, 계양, 망산 원점) 등 모두 5개의 평면직각좌표 체계로 나뉘어 있어 측량 자료의 처리 및 성과 관리에 어려움을 겪고 있다.

본 연구에서는 삼변망조정계산에 의해 기타원점 지역 기준점 성과의 통일을 시도하였다. 자유망조정방법과 고정망조정방법에 의해 각 원점계열별로 점의 성과를 점검 조정하고 그 결과를 다른 원점 지역에 확대 적용하는 공정을 확립하였다. 실제 적용은 중부, 계양, 가리 등의 3개 원점 계열의 성과가 혼재되어 있는 인천 지역의 68개 기준점에 대하여 각 원점계열별로 기준점 성과를 점검 조정하고, 범위를 확장하여 우리나라 전역의 통일원점 성과에 부합하는 성과를 산출하였다.

## 2. 선행연구 고찰

지적도면의 전산화 활용은 서로 다른 원점계열의 측량 성과를 필요한 특정의 단일 원점 계열의 측량 성과로 전환할 수 있는 기술을 요구하고 있다. 이와 관련하여 서로 다른 원점계열의 좌표를 산출한다던지 원점계열이 다른 이웃하는 지적도면을 연결하기 위한 다양한 연구가 수행되었다. 예를 들어, 이용문·최원준(2000)은 고초원점좌표 지역의 삼각점에 대하여, 이상중(2002)은 등경 및 고초원점좌표계가 혼재된 경기도 평택시 및 팽성읍 지역에 대하여 2차원의 등각, 부등각, 사영변환 등을 통하여 중부 성과 및 세계측지성과 등 기준좌표계를 달리하는 좌

표의 상호변환 가능성을 알아보았다. 또, 송동섭 외(2007)는 인천광역시 계양구와 부평구의 계양원점좌표 지역에 소재하는 지적기준점을 대상으로 통일원점성과 세계측지계 기준의 성과로 변환하는 연구를 수행하였다. 이들 연구에 의하면, 기준점 성과의 오차 등에 의하여, 구조삼각원점 기준의 좌표를 중부 원점 기준의 좌표로 변환하여 비교하면 1m에 달하는 차이가 발생한다.

한편, 앞의 송동섭 외(2007)는 기선해석결과를 토대로 다수의 기지점을 고정하는 망조정계산에 의해 계양원점 기준의 기준점간의 상대적인 위치 오차가 1.5m 수준이고, 중부원점 기준의 위치 오차는 0.4m로서 계양원점좌표가 중부원점 기준의 좌표보다 정확도가 3배 이상 저하된다고 하였다. 그러나 이용문·최원준(2000)은 중부원점 기준의 좌표가 고초원점 기준의 좌표와 비교하여 더 많은 오차를 포함하고 있으며 계통적이지 않다고 하였다. 또, 이호남 외(2004)는 수치정사사진을 이용하여 경기도 평택시의 등경원점지역과 일반원점 지역의 필계점 위치 정확도를 평가하였는데 과대 오차가 있는 점을 제외하면, 구조삼각지역의 필계점 위치 오차는  $X \pm 0.21m$ ,  $Y \pm 0.29m$ 이고, 일반원점 지역의 필계점 위치 오차는  $x \pm 0.42m$ ,  $Y \pm 0.28m$ 로서 구조삼각원점 지역 필계점의 위치 정확도가 높다고 하였다.

기타원점 기준의 좌표와 통일원점 기준의 좌표에 대한 정확도의 차이는 연구 지역이 다르다는 데에 기인하는 바가 크겠지만 변환계산의 방법이 다르다는 데에도 원인이 있다. 좌표변환에 의한 경우에는 좌표변환의 공통점을 어떻게 선정하느냐에 따라 결과가 달라진다. 망조정계산에 의한 경우에는 고정점을 어떻게 선정하느냐에 따라 결과가 달라진다. 즉, 여러 원점 계열의 삼각점 성과가 혼재되어 있는 경우에는 공통점 또는 고정점의 분포와 좌표의 정확도가 달라서 일관성 있는 결과의 산출이 어렵다는 문제가 있다.

실제로 좌표변환에 의하여 다른 원점 계열의 성과를 구하는 데에는 축척계수 및 방위각의 차이에 의해 적용 범

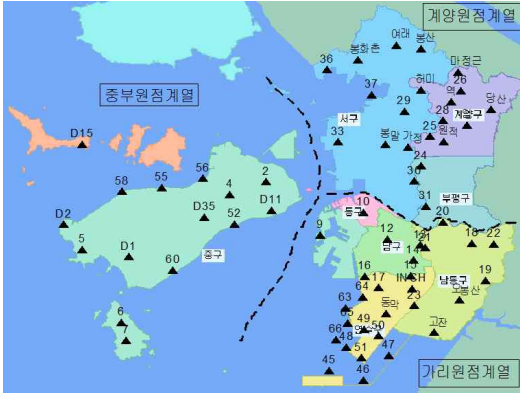


그림 1. 인천 지역의 지적측량기준점 분포

위에 제약이 있다. 이 때문에 본 연구에서는 선행의 연구 방법과 달리, 삼변망조정계산에 의하여 서로 다른 원점 계열의 성과를 하나의 단일 원점 성과로 산출하는 계산을 시도하였다. 결과적으로, 일관성 있는 공정에 의해 여러 원점 지역을 커버하는 통일 성과의 산출이 가능하였다.

2. GPS 관측 및 자료처리

본 연구에서 사용한 삼각점간의 GPS기선거리는 대한 지적공사 인천본부에서 2003년7월 18일부터 2005년11월 27일까지 관측한 세계측지계 성과에 의하였다. 그림 1은 GPS 관측이 이루어진 점의 분포를 보여준다. 그림 1에서 점명을 아라비아숫자 ‘nn’만으로 표기한 점은 지적삼각점 ‘인천nn’을 나타내고, ‘Dnn’으로 표기한 점은 지적삼각점 ‘단nn’을 나타낸다.

표 2는 일부 관측점의 좌표를 나타낸다. 세계측지계 기준의 좌표 산출에는 행정자치부의 인천(INCH) 상시관측소를 기선해석의 기점 및 망조정 계산의 고정점으로 활용하였다. GPS 관측자료의 처리에 사용한 소프트웨어는 TGO(Trimble Geomatics Office)이며, 점간거리 오차는 0.5ppm 이다. 관측점의 세계측지계 좌표는 2007년 3월 행정자치부에서 GPS상시관측소 좌표를 고시하기 이전의 GPS상시관측소 성과에 연결하여 처리한 것이다. GPS 상시관측소의 고시 성과와 고시 이전의 성과 간에는 수 센티미터의 수평이동이 있다(윤홍식 2005).

한편, 이들 관측점의 중부원점 및 기타원점 기준의 좌표는 점에 따라 복수의 좌표가 지적측량에 사용되고 있다. 측량 관측점의 구성 형태에 따라 토지조사사업 당시의 성과, 국토지리정보원의 고시성과, 지적분야에서 등록된 성과 등이 선별적으로 사용된다. 그래서 표 2의 관측점을 포함하여 인천지역 지적측량기준점의 중부원점 및

기타원점 기준의 좌표는 지적측량에서 주로 사용하고 있는 좌표를 채택하였다.

본 연구에 이용한 68점의 대부분은 지적연구원에서 실시한 전국GPS관측연구사업에 포함되어 있다 (강상구·김준식, 2006). 그래서 우리나라 전역 삼각점과 연결하는 통일원점 성과의 산출 및 분석 등이 용이하였다.

3. 삼변망조정계산의 적용 방법

본 연구의 삼변망조정계산 소프트웨어는 양철수 등(2007)이 GPS 관측 기선거리를 이용하여 우리나라 전역의 지적측량기준점의 베셀 성과 산출에 활용한 것으로 기본 알고리즘은 다음과 같다(그림 2).

- ① GPS 관측점의 세계측지좌표를 이용하여 점간 기선(경사)거리를 산출하였다.
- ② 점간 경사거리를 수평면에 전개하였다(수평거리). 점간 경사거리를 수평면에 전개하는 데에 필요한 표고의 산출은 PNU95지오이드모델(양철수 등, 2001)을 이용하였다.
- ③ 우리나라 전역을 대상으로 하여 구한 세계측지계(ITRF)와 지적좌표계(Bessel)간의 7-좌표변환파라미터를 이용하여(양철수, 2005) 조정계산에 필요한 미지점의 추정좌표를 구하였다. 단, 기지점인 경우에는 등록좌표를 추정좌표로 삼았다.
- ④ 추정좌표를 이용하여 가우스상사이중투영에 따른 점간거리증대율을 계산하고, 앞②의 수평거리에다 거리증대율을 적용하여 평면투영거리를 계산하였다(관측 평면거리).
- ⑤ 점간 관측평면거리와 추정좌표를 이용하여 관측방정식을 세웠다.

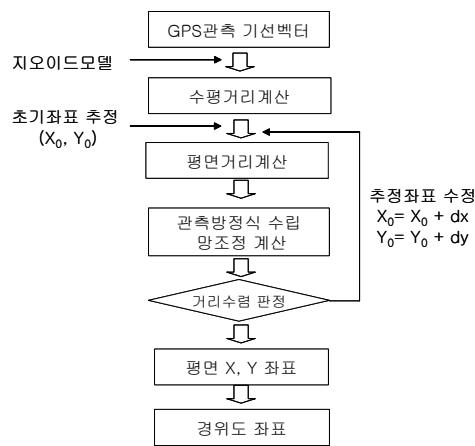


그림 2. 삼변망조정계산의 흐름도

표 2. GPS관측점의 세계측지계 좌표 및 원점별 평면직각좌표. 좌표가 없는 점은 ×로 표시

| 점명   | 세계측지계좌표<br>(GRS80타원체)<br>위도/경도/타원체고                | 중부원점좌표<br>X(m)/Y(m)/H(m)         | 가리원점좌표<br>X(m) / Y(m) | 계양원점좌표<br>X(m) / Y(m) | 원점계열 |
|------|--|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|------|
| 오봉산  | 37° 24' 40.2817"N<br>126° 43' 50.6695"E<br>128.30m | 434375.48<br>176092.21<br>105.76 | -1853.24<br>-12091.37 | ×                     | 가리   |
| 동막   | 37° 24' 00.9295"N<br>126° 39' 45.8964"E<br>84.17m  | 433181.79<br>170068.56<br>61.78  | -3055.92<br>-18112.84 | ×                     | 가리   |
| 고잔   | 37° 23' 07.0909"N<br>126° 42' 25.8369"E<br>54.65m  | 431508.82<br>173997.22           | -4722.94<br>-14181.86 | ×                     | 가리   |
| 인천10 | 37° 28' 48.3966"N<br>126° 38' 27.8633"E<br>78.80m  | 442051.14<br>168182.80<br>53.62  | 5810.66<br>-20012.01  | ×                     | 가리   |
| 인천22 | 37° 27' 19.6279"N<br>126° 45' 44.9127"E<br>184.45m | 439280.49<br>178914.08<br>162.22 | 3055.83<br>-9276.73   | ×                     | 가리   |
| 역동   | 37° 34' 04.5640"N<br>126° 43' 20.0919"E<br>74.70m  | 451774.32<br>175391.63<br>51.93  | ×                     | 1643.93<br>674.43     | 계양   |
| 마정근  | 37° 35' 29.3393"N<br>126° 43' 42.9110"E<br>57.99m  | 454386.35<br>175959.24<br>61.78  | ×                     | 4257.38<br>1234.96    | 계양   |
| 봉말   | 37° 32' 03.1426"N<br>126° 39' 40.6326"E<br>40.77m  | 448048.43<br>169992.54<br>18.31  | ×                     | -2095.75<br>-4714.76  | 계양   |
| 허미   | 37° 34' 38.2582"N<br>126° 41' 39.0892"E<br>123.66m | 452820.99<br>172918.04<br>100.36 | ×                     | 2683.87<br>-1803.52   | 계양   |
| 원적   | 37° 32' 11.5002"N<br>126° 42' 55.7432"E<br>150.45m | 448290.26<br>174783.37<br>127.60 | ×                     | -1841.47<br>75.87     | 계양   |
| 단1   | 37° 26' 39.2772"N<br>126° 25' 24.7330"E<br>194.63m | 438166.08<br>148917.86<br>172.46 | ×                     | ×                     | 중부   |
| 단2   | 37° 28' 09.8238"N<br>126° 21' 47.4872"E<br>162.13m | 440992.22<br>143596.55<br>160.99 | ×                     | ×                     | 중부   |
| 단11  | 37° 28' 54.0021"N<br>126° 33' 20.1975"E<br>107.66m | 442256.28<br>160624.71<br>85.32  | ×                     | ×                     | 중부   |
| 단15  | 37° 31' 59.6436"N<br>126° 22' 47.1958"E<br>136.26m | 448067.25<br>145110.60<br>114.69 |                       | ×                     | 중부   |
| 단35  | 37° 28' 33.5627"N<br>126° 29' 37.2407"E<br>96.54m  | 441653.62<br>155143.51<br>74.14  | ×                     | ×                     | 중부   |
| INCH | 37° 25' 11.4879"N<br>126° 41' 11.1792"E<br>88.47m  | ×                                | ×                     | ×                     |      |

⑥ 최소제곱법에 의해 각 점의 추정좌표에 의한 계산평면거리와 관측평면거리와의 차이가 최소가 되도록 추정좌표의 수정치를 구하였다.

⑦ 추정좌표에 수정치를 가하여 추정좌표를 갱신하였다. 앞 ④-⑦ 과정을 반복하되 추정좌표의 수정치가 이전 수정치의 1% 보다 작을 경우 계산평면거리와 관측평면거리가 수렴하는 것으로 간주하여 계산을 종료하였다.

망조정계산에서는 고정점의 결정이 중요하다. 고정점은 망조정계산에서 좌표의 변동이 없게끔 강제되는 점이다. 특정 계열의 성과를 산출하기 위해서는 망조정계산의 고정점 좌표를 해당 계열의 좌표로 부여하면 된다. 이 지역 기준점망 구축의 기본이 된 점이라든지 또는 사용빈도가 높은 점이라면 이들 점의 성과에는 변동이 없도록 처리하는 것이 바람직하다. 즉, 이들 점의 현재 성과를 고정하는 조정계산이 가능하다. 그러나, 지적측량은 이전에 결정된 성과를 중요시하는 기속측량이므로 특정의 점을 중요시하는 것보다는 지역 전체에 부합하는 성과를 산출하는 것이 바람직하다. 또, 고정점 좌표가 부정확하면 그 영향이 나머지 미지점에 과급되어 오차를 발생시킨다.

따라서 본 연구에서는 기지점을 대상으로 이들 점의 성과변동(등록좌표와 조정좌표의 차이)이 최소이면서 상호 부합하는 성과를 산출하고, 산출된 성과를 고정하여 나머지 미지점의 좌표를 산출하는 방법을 택하였다. 이러한 과정을 각 원점계열의 성과 통일에 적용하였다. 즉, 기지점들을 대상으로 1차 자유망조정계산에 의하여 현재의 등록좌표를 점검하여 안정점을 추출하고, 다음으로 이들 안정점을 대상으로 2차 자유망조정계산을 실시하여 성과를 확정지었다. 최종적으로 앞에서 구한 자유망조정계산의 성과를 고정하여 해당원점계열의 나머지 점과 다른 원점 지역에 속하는 점의 성과를 일괄 산출하였다. 이렇게 처리하면 망조정계산에 들어간 모든 점의 성과가 상호부합하게 된다. 그림 3은 원점계열별 성과 통일 계산의 흐름을 나타낸다.

실제 계산은 인천 지역의 68점의 지적측량기준점에 적용하였다. 이들 68점은 GPS 관측이 이루어진 곳으로, 가리원점계열의 기지점이 18점, 계양원점계열의 기지점이 17점, 중부원점계열의 기지점이 33점이다.

#### 4. 단일 원점 성과의 산출

##### 4.1 가리원점계열

인천 지역 68점의 기준점 중에서 가리원점 기준의 좌표계열에 속하는 기지점 18점을 대상으로 1차 자유망조정계산에 의해 안정점 16점을 추출하였다. 안정점은 등록좌표와 자유망조정계산에 의한 좌표의 X-성분 및 Y-성

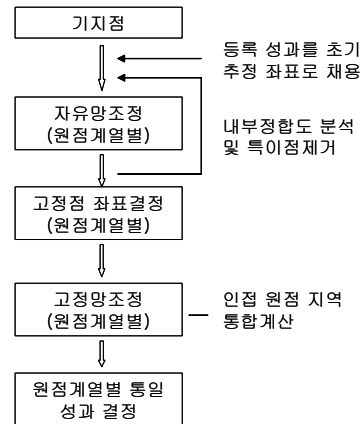


그림 3. 원점계열별 성과 통일 계산 방법

분의 차이가 20cm 이내인 점으로 삼았다. 지적법시행규칙 제54조(측량성과의 결정)에서는 측량성과의 연결오차가 점간거리 2km ~ 5km 인 지적삼각점의 경우 20cm, 점간거리 1km ~ 3km 인 지적삼각보조점의 경우 25cm를 인정하고 있다. 그래서, 예를 들어, 동막 점의 경우 X-성분 및 Y-성분의 차이가 각각 -23cm 및 -46cm이었으므로 안정점에서 제외하였다. X-성분 및 Y-성분의 차이는 나머지 점들의 조정좌표와 부합하기 위하여 현재의 등록좌표에 가해져야할 조정치이다. 조정치가 크다는 것은 이 점의 등록좌표가 나머지 점들과 잘 부합하지 않음을 나타낸다.

자유망조정계산에서는 고정점을 두지 않고 등록좌표와 계산좌표와의 차이의 합을 최소로 하는 조건이 들어가므로, 과대 오차가 있는 점이 포함될 경우에는 이 점에 의해 망 전체의 변형이 생길 수 있다. 이 때문에 과대오차가 있는 2점 동막과 고잔을 제외하고 16점의 안정점을 대상으로 2차 자유망조정계산을 실시하였다. 이렇게 구한 2차 자유망조정계산의 성과는 현재 기준점망의 형상을 유지하면서 점간 기선거리에 부합하는 좌표이다. 여기에 다른 점들의 관측치를 연결처리하면 동일 원점 계열의 기준점망을 확장할 수 있다.

따라서, 2차 자유망조정의 결과로 산출된 3점의 좌표를 고정하는 망조정계산에 의해 나머지 65점에 대한 가리원점계열의 조정성과를 산출하였다. 이들 65점에는 2차 자유망조정계산에서 제외된 2점을 비롯하여 계양원점 및 동일원점 지역에 속하는 점들이 포함된다. 그림 4에서는 가리원점계열에 속하는 18점에 대한 등록좌표와 망조정계산좌표의 차이를 나타내었다. 또 표 3에는 계양, 중부 등 다른 원점지역에 속하는 점들의 가리원점 기준의 좌표를 나타내었다.

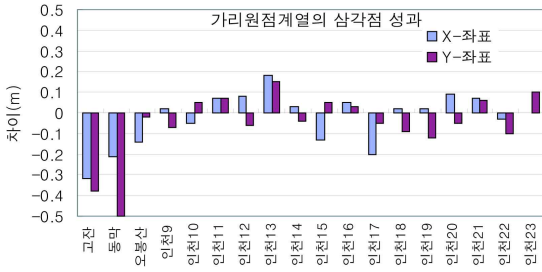


그림 4. 가리원점계열 삼각점의 등록좌표와 조정좌표와의 차이

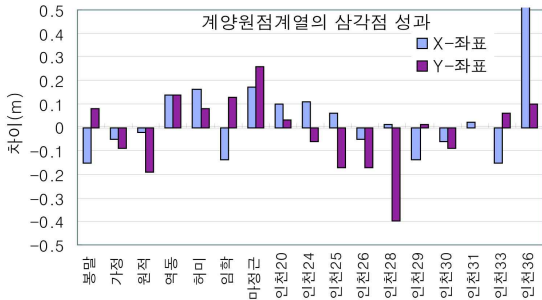


그림 5. 계양원점계열 삼각점의 등록좌표와 조정좌표와의 차이

### 4.2 계양원점계열

가리원점 기준의 좌표 계산에 적용한 동일한 방법을 계양원점 기준의 좌표를 산출하는 데에 적용하였다. 계양원점계열에 속하는 기지점 17점에 의한 1차 자유망조정 계산 결과 3점(마정근, 인천28, 인천36)이 특이점으로 추정되어 이를 제외한 14점에 의하여 2차 자유망조정계산을 실시하였다. 다음으로 이들 자유망조정계산으로부터 구한 3점의 좌표를 고정하는 처리에 의해 나머지 계양, 가리, 중부 원점 지역에 속하는 65점에 대한 계양원점계열의 성과를 산출하였다(표 3). 그림 5는 계양원점 기준의 등록좌표와 망조정계산좌표의 차이를 나타낸다.

한편, 이 지역의 역동, 마정근, 봉말 등의 삼각점은 지역에서 사용빈도가 높은 것으로 알려져 있다(진중노 2007). 그러나 표 3의 수치 및 그림 5를 보면 이들 점의 등록좌표가 잘 부합한다고 말할 수 없다. 예를 들어 봉말은 역동, 마정근의 성과와 비교하여 X-성분에서 30cm에 달하는 상대적 차이가 있다.

### 4.3 통일원점(중부) 성과의 산출

본 연구의 가리 및 계양 원점 지역에 속하는 점들은 각각의 기타원점 기준의 좌표뿐만 아니라 중부원점 기준의 좌표를 가지고 있다. 중부원점계열이라면 지역 내 중부원점 좌표를 가진 점에 대한 망조정계산에 의한다. 지역

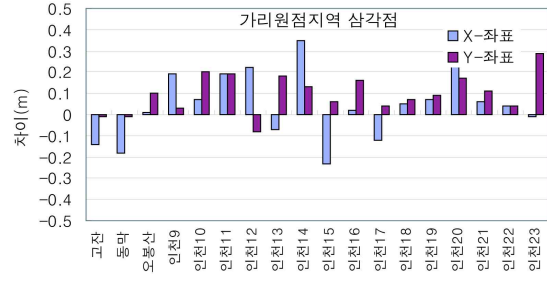


그림 6(a). 가리원점지역에 속하는 점들에 대한 중부원점 좌표의 조정치

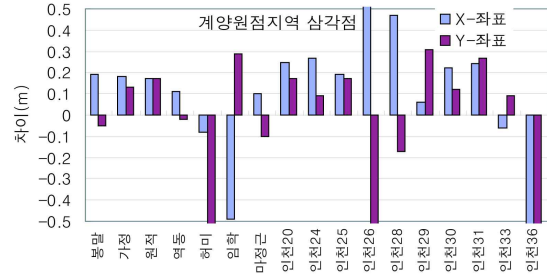


그림 6(b). 계양원점지역에 속하는 점들에 대한 중부원점 좌표의 조정치

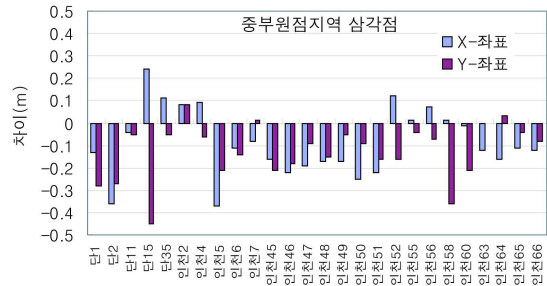


그림 6(c). 용진군 등 중부원점지역에 속하는 점들에 대한 중부원점좌표의 조정치

내의 모든 68점에 대하여 자유망조정계산을 실시한 결과 과반수에 달하는 33점에 의한 조정치가 20cm 이내에 속하였다. 다음으로 이들 33점을 대상으로 자유망조정계산에 의해 구한 3점의 성과를 고정하여 나머지 65점의 좌표 즉 통일(중부)원점 좌표를 산출하였다.

그림 6(a)은 인천광역시 남구·남동구·연수구 등 가리원점지역에 속하는 점들에 대한 중부원점좌표의 조정치를, 그림 6(b)은 서구·계양구·부평구 등 계양원점지역에 속하는 점들에 대한 중부원점좌표의 조정치를, 그림 6(c)은 용진군 등 중부원점지역에 속하는 점들에 대해 해야 할 중부원점좌표의 조정치를 나타낸다. 단, 중부원

표 3. 각 원점계열별 좌표 산출 성과

|               | 가리원점   |           | 계양원점   |           | 중부원점   |           |
|---------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|               | 조정치(m) | 조정좌표(m)   | 조정치(m) | 조정좌표(m)   | 조정치(m) | 조정좌표(m)   |
| 오봉산           | -0.14  | -1853.38  | ×      | -15752.84 | 0.01   | 434375.49 |
|               | -0.02  | -12091.39 |        | 1420.96   | 0.10   | 176092.31 |
| 동막            | -0.21  | -3056.13  | ×      | -16962.49 | -0.17  | 433181.62 |
|               | -0.50  | -18113.34 |        | -4599.59  | -0.01  | 170068.55 |
| 고잔            | -0.32  | -4723.26  | ×      | -18625.11 | -0.14  | 431508.68 |
|               | -0.38  | -14182.24 |        | -666.60   | -0.01  | 173997.21 |
| 인천10          | -0.05  | 5810.61   | ×      | -8097.97  | 0.07   | 442051.21 |
|               | 0.05   | -20011.96 |        | -6508.38  | 0.20   | 168183.00 |
| 인천22          | -0.03  | 3055.80   | ×      | -10840.45 | 0.04   | 439280.53 |
|               | -0.10  | -9276.83  |        | 4229.88   | 0.04   | 178914.12 |
| 역동            | ×      | 15544.42  | 0.14   | 1644.07   | 0.11   | 451774.43 |
|               |        | -12817.78 | 0.14   | 674.57    | -0.02  | 175391.61 |
| 마정근           | ×      | 18157.26  | 0.17   | 4257.55   | 0.10   | 454386.45 |
|               |        | -12254.11 | 0.26   | 1235.22   | -0.10  | 175959.14 |
| 봉말            | ×      | 11810.65  | -0.15  | -2095.90  | 0.19   | 448048.62 |
|               |        | -18211.35 | 0.08   | -4714.68  | -0.05  | 169992.49 |
| 허미            | ×      | 16587.24  | 0.16   | 2684.03   | -0.08  | 452820.92 |
|               |        | -15294.59 | 0.08   | -1803.44  | -1.72  | 172916.32 |
| 원적            | ×      | 12059.54  | -0.02  | -1841.49  | 0.17   | 448290.43 |
|               |        | -13420.68 | -0.19  | 75.68     | 0.17   | 174783.54 |
| 인천28<br>(계양산) | ×      | 13911.00  | 0.01   | 9.86      | 0.47   | 450142.01 |
|               |        | -13500.90 | -0.40  | -6.67     | -0.17  | 174706.06 |
| 단1            | ×      | 1896.96   | ×      | -12033.72 | -0.13  | 438165.95 |
|               |        | -39271.42 |        | -25763.19 | -0.28  | 148917.58 |
| 단2            | ×      | 4714.99   | ×      | -9221.85  | -0.36  | 440991.87 |
|               |        | -44596.84 |        | -31091.78 | -0.27  | 143596.25 |
| 단11           | ×      | 6004.49   | ×      | -7912.79  | -0.04  | 442256.24 |
|               |        | -27570.52 |        | -14067.12 | -0.05  | 160624.66 |
| 단15           | ×      | 11792.74  | ×      | -2142.45  | 0.24   | 448067.50 |
|               |        | -43093.42 |        | -29596.52 | -0.45  | 145110.15 |
| 단35           | ×      | 5393.89   | ×      | -8529.69  | 0.11   | 441653.73 |
|               |        | -33050.77 |        | -19546.62 | -0.05  | 155143.46 |
| INCH          | ×      | -884.98   | ×      | -14788.95 | ×      | 435349.67 |
|               |        | -16011.76 |        | -2500.51  |        | 172173.34 |

점지역에 속하는 33점 중에서 과대 조정치가 있는 7점은 플로팅에서 제외하였다.

동일한 점을 대상으로 각 원점계열의 좌표를 점검하면, 현재의 중부원점계열의 좌표는 그림 4의 가리원점계열의 좌표 및 그림 5의 계양원점계열의 좌표와 비교하여 상호 부합도가 낮다는 것을 알 수 있다. 자유망조정계산을 통하여 각 점들이 상호 부합하도록 가해져야 할 (X,Y)좌표

조정량이 20cm 이하인 안정점의 개수가 가리원점 계열의 경우 18점 중 16점, 계양원점 계열의 경우 17점 중 14점에 달하였지만, 중부원점 계열의 경우에는 33점에 26점에 불과하였다는 데에서도 짐작할 수 있다. 또, 주목할 만한 현상은, 인천 서구의 계양원점 지역에 속하는 점의 중부원점 좌표에 과대오차가 있다는 것이다. 예를 들어, 계양원점 지역의 북부에 위치하는 봉산, 봉화촌,

여래, 허미 점의 등록좌표는 수 m의 좌표 수정이 필요한 것으로 나타났다. 표 3을 보면 허미 점의 좌표는 X성분에다 -8cm, Y성분에다 -1.72m 가 조정되어야 함을 알 수 있다. 이들 점과 가까운 인천36, 인천37 등의 점의 경우에도 유사한 경향이 나타났다.

4.4 성과 분석

가리원점, 계양원점, 중부원점 등 각 원점계열별로 조정된 성과로부터 두 점의 (X,Y) 좌표 차이를 추출해 보면 수 m에 이르는 차이가 있다. 따라서, 이들로부터 계산되는 평면거리 및 평면방위각에도 차이가 있다. 표 4는 원점계열을 달리하여 여러 지역에 분포하는 점간의 거리와 방향에 대한 평면상의 값과 구면상의 값을 나타낸다. 또, 그림 7에서는 일부 점들에 대한 평면상의 점간거리 및 방위각을 표기하였다.

거리에 대하여 살펴보면, 점간 평면거리는 원점계열에 따라 봉말-역동, 동막-오봉산, 봉말-동막 등에서는 5cm 이내의 차이가 있지만, 단1-봉말, 단1-동막 등에서는 가리-계양은 15cm, 계양-중부는 40cm에 달하는 차이가 있다. 그러나 이 차이는 투영원점의 차이에 기인하는 당연한 결과로서 거리증대율을 역으로 적용하여 구면상의 거리로 전환하면 거의 차이가 없다. 각 원점계열별로 상호 독립적으로 수행한 망조정계산이 지역 전체를 통하여 적

합하게 수행되었음을 나타낸다.

또, 방위각에 대하여 살펴보면, 평면방위각은 가리와 계양 계열 간에 3' 57", 가리와 중부 계열 간에 5' 05", 계양과 중부 계열 간에 9' 02" 등의 비교적 큰 차이가 있다. 그러나 t-T 보정과 자오선수차 등을 보정하여 진북방위각으로 환산하여 비교하면, 가리-계양 계열 간에는 1' 37"초, 가리-중부 계열 간에는 13", 계양-중부 계열 간에는 1' 25" 로 대폭 축소된다. 평면방위각의 차이 보다 매우 작지만 진북방위각에서 차이가 있는 것은 구소삼각원점의 좌표와 원방위각을 결정하는 과정에서 제각기 독립적으로 실시한 천문측량의 특성에 기인한다. 각 원점계열별로 구축된 측지망이 거의 일정한 크기의 각도로 상호 회전되어 있음을 나타낸다.

표 4의 결과는 각 원점계열간의 회전각 차이와 거리증대율을 고려하면 2차원 등각변환에 의해 다른 원점계열의 성과로 전환할 수 있음을 시사한다. A 원점계열의 두 점의 좌표차를 ( $\Delta X_a, \Delta Y_a$ ), B 원점계열의 두 점의 좌표차를 ( $\Delta X_b, \Delta Y_b$ )라 하고, B 계열 좌표축이 A 계열 좌표축을 기준으로  $\theta_{AB}$ 만큼 회전되어 있다고 하자. 각 원점계열의 좌표축은 그림 8에서 보는 회전각의 차이를 갖는다. 또, 각 점간의 원점계열별 거리증대율을  $S_A, S_B$ 라 하면, A 원점계열 좌표와 B 원점계열 좌표 간에는 다음의 관계식이 성립한다.

표 4. 원점계열별 거리 및 방위각 분석

| 점간     | 원점 | dX(m)    | dY(m)     | 평면거리(m)  | 증대율(ppm) | 구면거리(m)  | 평면방위각        | 진북방위각        |
|--------|----|----------|-----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|
| 봉말-역동  | 가리 | 3733.77  | 5393.58   | 6559.85  | 3.0      | 6559.83  | 55° 18 23.7  | 55° 10 51.6  |
|        | 계양 | 3739.97  | 5389.25   | 6559.83  | 0.0      | 6559.83  | 55° 14 26.0  | 55° 12 29.0  |
|        | 중부 | 3725.81  | 5399.12   | 6559.83  | 9.2      | 6559.83  | 55° 23 28.8  | 55° 11 04.5  |
| 동막-오봉산 | 가리 | 1202.75  | 6021.95   | 6140.90  | 2.8      | 6140.88  | 78° 42 18.3  | 78° 34 51.0  |
|        | 계양 | 1209.65  | 6020.55   | 6140.87  | 0.0      | 6140.87  | 78° 38 21.8  | 78° 36 28.2  |
|        | 중부 | 1193.87  | 6023.76   | 6140.88  | 9.0      | 6140.88  | 78° 47 22.7  | 78° 35 03.5  |
| 단1-단2  | 가리 | 2818.03  | -5325.42  | 6025.06  | 21.7     | 6024.93  | 297° 53 10.5 | 297° 36 58.8 |
|        | 계양 | 2811.87  | -5328.59  | 6024.99  | 10.0     | 6024.93  | 297° 49 13.4 | 297° 38 36.0 |
|        | 중부 | 2825.92  | -5321.33  | 6024.96  | 35.6     | 6024.93  | 297° 58 14.8 | 297° 37 10.9 |
| 단1-봉말  | 가리 | 9913.69  | 21060.07  | 23276.77 | 10.6     | 23276.52 | 64° 47 31.3  | 64° 31 19.1  |
|        | 계양 | 9937.82  | 21048.51  | 23276.60 | 3.3      | 23276.52 | 64° 43 34.3  | 64° 32 56.5  |
|        | 중부 | 9882.67  | 21074.91  | 23276.54 | 20.7     | 23276.52 | 64° 52 36.1  | 64° 31 31.5  |
| 봉말-동막  | 가리 | 14866.78 | -98.01    | 14867.09 | 4.1      | 14867.03 | 179° 37 20.2 | 179° 29 49.0 |
|        | 계양 | 14866.59 | -115.09   | 14867.04 | 0.3      | 14867.03 | 179° 33 23.2 | 179° 31 26.4 |
|        | 중부 | 14867.00 | -76.06    | 14867.04 | 11.1     | 14867.03 | 179° 42 24.7 | 179° 30 01.2 |
| 동막-단1  | 가리 | 4953.09  | -21158.08 | 21730.10 | 10.6     | 21729.87 | 283° 10 32.2 | 283° 03 04.6 |
|        | 계양 | 4928.77  | -21163.60 | 21729.95 | 3.3      | 21729.88 | 283° 06 35.6 | 283° 04 41.9 |
|        | 중부 | 4984.33  | -21150.97 | 21730.33 | 20.7     | 21729.87 | 283° 15 36.4 | 283° 03 16.7 |



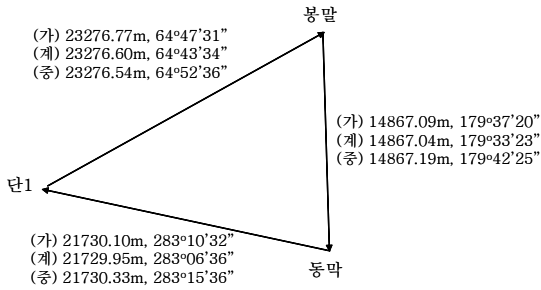


그림 7. 봉말-동막-단1로 구성되는 삼각망의 평면 점간거리 및 방위각. (가)는 가리원점, (계)는 계양원점, (중)은 중부원점 계열을 나타냄.

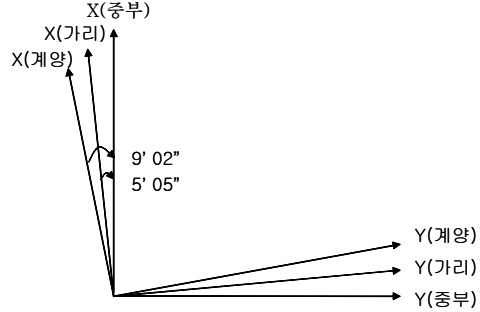


그림 8. 각 원점계열별 좌표축 회전량

적용 범위에 제약이 있다.

$$\begin{bmatrix} \Delta X_b \\ \Delta Y_b \end{bmatrix} = (1 + \Delta S_{AB}) \begin{bmatrix} \cos \theta_{AB} & \sin \theta_{AB} \\ -\sin \theta_{AB} & \cos \theta_{AB} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_a \\ \Delta Y_a \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)에서  $\Delta S_{AB} = S_B - S_A$ 이다.

표 5는 봉말과 동막, 단1과 봉말을 대상으로 식 (1)의 2차원변환에 의해 서로 다른 원점 기준의 좌표를 구한 결과를 나타낸다. 이들 계산 값은 표 4와 비교하여 최대 4cm 차이가 있다. 같은 방법을 다른 점들 간에 적용하더라도 큰 차이가 없다. 지역 평균의 방위각 및 축척계수의 차이를 적용함으로써 다른 원점 계열의 좌표를 구할 수 있음을 보여준다.

단, 작은 값이지만 좌표에 차이가 있는 것은 각 계열의 투영원점이 다르고 평면좌표의 결정에 작용하는 파라미터가 달라서 점간 위치에 따라 거리증대율과 방위각에 미세한 차이가 있기 때문이다. 예를 들어, 가리계열과 계양계열간의 평면방위각 차이는 봉말-역동 간에는 3' 57.7"이지만, 봉말-동막 간에는 3' 57.0", 동막-단1 간에는 3' 56.6"이다. 또, 거리증대율은 점의 상대위치에 따라 다르다. 따라서 단일의 회전량과 축척계수를 이용하는 변환 계산에 의해 다른 원점 계열의 성과를 산출하는 데에는

### 5. 우리나라 전역 통일 원점 성과와의 연결

앞 절의 자유망조정-고정망조정은 망조정계산에 포함되는 지역 전체에 부합하는 기준점 성과를 산출하는 것에 해당한다. 본 연구에서는 인천 지역을 대상으로 하였으나 가리원점 계열의 삼각점은 경기도 김포 등에도 분포한다. 계산 범위를 확대하여 경기 김포 지역의 가리원점 계열 삼각점을 포함하여 자유망조정-고정망조정 계산을 실시하면 인천 및 김포 일원 지역 전체에 부합하는 가리원점계열의 기준점 성과를 산출할 수 있다. 만일 인천 지역 삼각점의 중부원점계열 성과를 경기도 전역의 삼각점 성과와 부합하도록 산출하려면 경기 지역의 삼각점을 포함하여 자유망조정-고정망조정계산을 실시하면 된다.

기준점 성과의 통일이라는 관점에서 본다면 인천 지역의 삼각점 성과를 인천 지역 또는 경기도 지역 내에서 부합하도록 결정하는 것 보다 우리나라 전역의 성과에 부합하도록 조정하는 것이 당연하다. 이 작업은 전국통일성과의 산출에 기본이 되는 점, 예를 들어 GPS상시관측소와 연결 조정하면 간단히 해결된다. 즉, 전국동시조정에 의해 산출한 GPS 상시관측소의 베셀성과를 변동이

표 5. 2차원 변환에 의한 다른 원점계열의 좌표 산출

| 점간        | From |                          | $\theta_{AB}$ | $\Delta S_{AB}$<br>(ppm) | To | 비교<br>(표 4와의 차이)                     |
|-----------|------|--------------------------|---------------|--------------------------|----|--------------------------------------|
|           | 계열   | ( $\Delta X, \Delta Y$ ) |               |                          |    |                                      |
| 봉말<br>→동막 | 가리   | (14866.78, -98.01)       | -5'05"        | 7.0                      | 중부 | (14867.00, -76.03)<br>(0.00, -0.03)  |
|           | 계양   | (14866.59, -115.09)      | -9'02"        | 10.8                     | 중부 | (14867.00, -76.02)<br>(0.00, -0.04)  |
|           | 가리   | (14866.77, -98.01)       | 3'57"         | -3.8                     | 계양 | (14866.58, -115.10)<br>(0.01, 0.01)  |
| 단1<br>→봉말 | 가리   | (9913.69, 21060.07)      | -5'05"        | 10.1                     | 중부 | (9882.64, 21074.92)<br>(0.03, -0.01) |
|           | 계양   | (9937.82, 21048.51)      | -9'02"        | 17.4                     | 중부 | (9882.65, 21074.92)<br>(0.02, -0.01) |
|           | 가리   | (9913.69, 21060.07)      | 3'57"         | -7.3                     | 계양 | (9937.81, 21048.50)<br>(0.01, 0.01)  |

표 6. 인천(INCH), 파주(PAJU) 상시관측소의 베셀좌표

| 점명   |      | 인천지역 조정좌표         | 전국 조정좌표           | 차이       |
|------|------|-------------------|-------------------|----------|
| INCH | 위도   | 37° 25' 1".3325   | 37° 25' 1".3400   | -0".0075 |
|      | 경도   | 126° 41' 8".2306  | 126° 41' 8".2320  | -0".0014 |
|      | x(m) | 435349.67         | 435349.90         | -0.23    |
|      | y(m) | 172173.34         | 172173.38         | -0.04    |
| PAJU | 위도   | 37° 44' 37".0402  | 37° 44' 37".0450  | -0".0048 |
|      | 경도   | 126° 44' 13".4809 | 126° 44' 13".5096 | -0".0287 |
|      | x(m) | 471579.19         | 471579.34         | -0.15    |
|      | y(m) | 176829.51         | 176830.21         | -0.70    |

표 7. 인천 지역 점들의 지역조정좌표 및 전국조정좌표

| 점명  | 인천지역 조정좌표            | 전국 조정좌표              | 차이           |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|
| 동막  | 433181.62, 170068.55 | 433181.89, 170068.55 | -0.28, 0.00  |
| 당산  | 451148.49, 178678.31 | 451148.61, 178678.64 | -0.12, -0.33 |
| 계양산 | 450142.01, 174706.23 | 450142.20, 174706.37 | -0.19, -0.14 |
| 역동  | 451774.43, 175391.61 | 451774.60, 175391.95 | -0.17, -0.34 |
| 마정근 | 454386.45, 175959.14 | 454386.61, 175959.53 | -0.16, -0.39 |
| 봉말  | 448048.62, 169992.49 | 448048.89, 169992.76 | -0.27, -0.27 |
| 허미  | 452820.92, 172916.32 | 452821.14, 172916.68 | -0.22, -0.36 |
| 원적  | 448290.43, 174783.54 | 448290.62, 174783.82 | -0.19, -0.28 |
| 단1  | 438165.95, 148917.58 | 438166.61, 148917.67 | -0.66, -0.09 |
| 단2  | 440991.87, 143596.25 | 440992.63, 143596.39 | -0.76, -0.14 |

표 8. 인천 지역망 성과를 회전하여 구한 전국망성과

| 점간    | 인천지역망 성과 (표 4)           | 회전각   | To | 전국망 성과                   | 비교<br>(표 7과의 차이) |
|-------|--------------------------|-------|----|--------------------------|------------------|
|       | ( $\Delta X, \Delta Y$ ) |       | 계열 | ( $\Delta X, \Delta Y$ ) |                  |
| 단1→봉말 | 9882.67, 21074.91        | -3.7" | 중부 | 9882.28, 21075.09        | 0,0              |
| 봉말→동막 | -14867.00, 76.06         | -3.7" | 중부 | -14867.00, 75.79         | 0,0              |
| 단1→단2 | 2825.92, -5321.33        | -3.7" | 중부 | 2826.02, -5321.28        | 0,0              |

없도록 고정하고 인천 지역 점들의 좌표를 이들 고정점 좌표에 부합하도록 산출하는 것이 된다.

표 6은 GPS상시관측소의 베셀성과를 나타낸다. GPS 관측에 의해 전국에 분포하는 삼각점과 연결하여 구한 것과 인천 지역의 삼각점과 연결하여 구한 베셀성과를 나타낸다. 전국의 삼각점과 연결하여 구한 성과는 양철수 등 (2007)에 의한 것이며, 인천 지역의 삼각점과 연결하여 구한 성과는 본 연구의 4.3절에 기술한 방법에 의하였다. 표 6에서 x(m), y(m) 좌표는 중부원점의 평면직각좌표이다.

다음의 표 7은 4.3절에서 구한 인천지역의 점들을 대상으로 망조정계산을 실시하여 구한 베셀성과 및 표 6의 전국동시조정에 의해 산출한 인천(INCH), 파주(PAJU) GPS상시관측소의 베셀성과와 연결하여 구한 인천지역

점들의 성과를 나타낸다. 즉 인천 지역 점들에 대한 지역 조정성과와 전국조정성과를 나타낸다. 표 7을 보면 인천 지역에 부합하는 성과는 전국성과와 비교하여 점의 지역 분포에 따라 X-성분은 12cm ~ 76cm, Y-성분은 0 ~ 40cm 작은 값을 가진다. 즉, 인천 지역의 삼각점 성과는 우리나라 전역의 측지망 성과에 대하여 남쪽으로 12cm ~ 76cm, 서쪽으로 0 ~ 40cm 이동되어 있다.

동서 및 남북 성분의 이동량이 지역에 따라 차이가 있는 것은 평행이동뿐만 아니라 회전이 작용하기 때문이다. 실제로 표 6의 두 점의 상시관측소 좌표로부터 평면방위 각을 산출해 보면 인천지역의 삼각망은 전국망에 대하여 3.7" 만큼 크게 산출된다. 평면직각좌표를 구함에 있어 동일한 투영 파라미터들이 작용하므로 다른 점들 간의

연결에 의하더라도 같은 차이가 나온다. 따라서, 식 (1)의 관계를 적용하면 우리나라 전역의 통일원점 성과로 변환이 가능하다. 실제로 인천 지역망의 성과를 3.7"만큼 역방향으로 회전변환 시키면 표 7의 전국성과에 일치하는 계산결과가 구해진다(표 8).

## 8. 결 론

구소삼각지역에서는 원점 계열에 따라 점의 성과가 제각기 산출 관리되고 있다. 이 때문에 인접하는 기준점이라 해도 서로 다른 원점 지역에 위치하고 있는 점의 성과를 점검한다든지 하나의 원점계열 성과로 통일시켜 측량에 활용하는 데에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 각각의 원점 계열별 성과를 통일원점 등 동일 원점 계열로 산출하는 기법을 개발하고 인천 지역에 적용하였다.

본 연구에서 채용한 삼변망조정계산 방법은 동일 원점 계열뿐만 아니라 서로 다른 원점계열의 성과 산출을 용이하게 하였다. 기지점을 대상으로 각 원점계열별로 자유망조정에 의하여 성과를 점검·조정하고, 다음으로 조정된 점을 고정점으로 채용하는 고정망조정계산에 의해 나머지 점들의 성과를 산출하였다. 중부계열 성과의 산출은 중부계열 성과를 갖는 삼각점을 대상으로, 먼저 자유망조정에 의하여 현재 성과를 점검하여 안정점을 추출하고, 다음으로 이들 안정점을 대상으로 수행한 자유망조정계산 결과를 고정하는 망조정계산에 의하여 나머지 삼각점의 성과를 산출하였다. 계양, 가리, 망산 등 인천 지역 기타원점 계열 삼각점의 경우에는 해당하는 원점계열 성과를 갖는 삼각점을 대상으로, 중부계열성과의 산출에 채용한 방법과 동일한 처리에 의하여 각각의 기타원점계열 성과를 산출하였다. 이렇게 해서 각 원점계열별로 모든 점이 상호 부합하는 성과를 산출할 수 있었다.

각 원점계열별 계산 성과의 상호 부합은 점간거리와 방위각의 차이를 분석하는 것으로 점검이 가능하였다. 즉, 점간 거리의 경우 구면상의 거리로 환산하여 비교하면 1ppm 이내에서 일치하였고, 평면방위각은 가리와 계양 계열 간에 3' 57", 가리와 중부 계열 간에 5' 05", 계양과 중부 계열 간에 9' 02" 등 상호 간의 일정 회전각에 대하여 1" 이내의 범위에서 일치하였다. 그 결과 각 원점계열 간의 회전각 차이와 거리증대율을 고려하는 2차원 등각변환에 의해 다른 원점계열의 근사좌표 산출이 가능하였다.

또, 본 연구를 통하여 인천 지역의 삼각점에 대하여 우리나라 전역의 측지망에 부합하는 통일원점(중부계열)

성과를 산출해 본 결과, 현재 인천광역시외의 지적 분야에 사용되고 있는 베셀 성과는 우리나라 전역의 측지망 성과와 비교하여 평면방위각이 일정하게 3.7" 만큼 크게 나타났다. 방위각의 차이에 기인하여 이들 두 성과 간에는 남북 12cm ~ 76cm, 동서로 0 ~ 40cm 만큼의 차이가 있지만, 일정한 회전각 3.7" 만큼의 2차원 회전 변환에 의해 상호 호환하는 성과가 산출되었다. 시·군·구 등 지역별로 관리하고 있는 지적측량기준점에 대하여 본 연구의 망조정계산 등에 의하여 지역에서 상호 부합하는 성과를 산출하면 2차원 회전에 의해 지역의 성과를 전국 성과로 확장가능하다는 결과이다.

## 감사의 글

본 연구는 대한지적공사 지적연구원과 인천본부의 협력에 의해 얻어진 성과로서 관계자 여러분에게 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 강상구, 김준식, 2005, 전국 기준점 성과정비 및 새로운 지적기준망 구축 (세계측지기준계에 의한 ITRF 산출), 지적연구원, pp. 270
2. 송동섭, 윤홍식, 황진상, 2007, "국가 GIS와 연계를 위한 지적기준점의 세계측지계 변환 실험", *한국측량학회지*, 한국측량학회, 제25권 제4호, pp. 309-317.
3. 양철수, 2007, "GPS 관측기선의 삼변망조정계산에 의한 우리나라 지적측량기준점의 베셀성과 산출", *한국지형공간정보학회지*, *한국지형공간정보학회*, 제15권 제3호, pp. 41-49.
4. 양철수, 우인제, 2006, 기타원점지역 지적측량기준점의 성과 통일, *지적연구원*, pp. 59-112.
5. 양철수, 2005, 지적재조사사업의 기준점 활용 방안 연구 (우리나라 전역의 지적기준점 성과 통일), *지적연구원*, pp. 21-35.
6. 양철수, 최광선, 김정희, 한옥, 이민부, 2001, "GPS/PNU95 지오이드를 이용한 우리나라 삼각점의 표고 정확도 분석", *지질학회지*, 대한지질학회, 제37권 제2호, pp. 193-202.
7. 윤홍식, 2005, GPS를 이용한 지적측량 기술개발 등에 관한 연구 (제2과제 :GPS 상시관측소 성과관리시스템 분석 연구), 행정자치부, pp. 49-76.
8. 이상중, 2002, 통일원점과 기타원점 지역의 지적도면 접합에 관한 연구, 석사학위논문, 명지대학교 산업대학원, pp. 38-48.
9. 이용문, 최원준, 2000, 구소삼각 및 특별소삼각지역의 성과 점검 및 통일원점좌표산출을 위한 연구, 대한지적공사 지적기술 교육연구원, pp. 106-120.
10. 이호남, 2004, 수치정사사진을 이용한 구소삼각원점과 일반원점 지역의 접합에 관한 연구, 대한지적공사, pp. 98-101.
11. 진중노, 2007, 기타원점지역 기적기준점의 성과점검 및 통일방안, 공학석사학위논문, 인하대학교, pp. 15-34.