

안정적인 지적측량 성과 확보를 위한 삼각점 성과의 정확도 분석 -경상남도 창원시를 중심으로-

임현석¹, 홍성언^{2*}

¹대한지적공사 울산경상남도본부, ²청주대학교 지적학과

Accuracy Analysis on result of the station of triangulation to secure stable cadastral surveying result -Focusing on Changwon-si, Gyeongsangnam-do-

Hyun-Seok Leem¹ and Sung-Eon Hong^{2*}

¹Korea Cadastral Survey Corporation, ²Cheongju University

요 약 본 연구는 경상남도 창원시 삼각점의 GPS 데이터를 활용하여 오차수준 및 지역적인 특성 등을 종합적으로 분석하여 봄으로써 향후 지적세부측량을 위한 지적기준점측량 수행 시 보다 정확한 성과가 산출될 수 있는 방안을 모색하여 보고자 하였다. 연구결과, 토지조사사업 당시 설치된 삼각점의 경우 삼각점 자체의 자연적·인위적 이동이 없을 경우 대부분 삼각점의 성과가 안정적으로 나타나므로 지적기준점 성과결정시 기지점으로 사용할 삼각점은 토지조사 당시 설치된 삼각점을 우선적으로 선정하여야 할 것으로 판단되었다. 또한 본 연구결과에서 안정적인 성과로 제시된 삼각점을 기준으로 하여 지적기준점의 성과를 결정할 경우 향후 지적기준점이 망실되어 재설치 하더라도 항상 동일한 측량성과를 유지·관리할 수 있을 것으로 보인다.

Abstract This study utilized the GPS data of the stations of triangulation of Changwon-si, Gyeongsangnam-do to conduct comprehensive analysis on tolerance level and regional characteristics. Based on this analysis, it was attempted to seek the method to derive more accurate result when further performing cadastral control point surveying for cadastral detail surveying. For the stations of triangulation installed at time of the land survey project, the study result showed that the most results of the stations of triangulation are stable if they were not moved naturally or artificially by themselves. Therefore, it was concluded that the stations of triangulation installed at the time of the land survey project should be preemptively selected for use of the given points when making decision of result of cadastral control point surveying. In addition, if the result of the cadastral control point surveying is made decision based on the stations of triangulation presented as the stable result in this study result, it seems that the same surveying result will be maintained and managed at all time, even if they are going to be further reinstalled due to loss of them.

Key Words : Cadastral surveying, Surveying result, Station of triangulation, Land survey project

1. 서 론

우리나라 위치의 기준이 되는 삼각점은 1910년부터 1918년까지 실시한 토지조사사업의 일환으로 설치되었다. 그러나 토지조사 당시의 설치된 삼각점은 대부분 한 국전쟁으로 망실·파손되어 지역적 불부합 및 측량 성과의

정확도를 저해시켰다.

따라서 국토지리정보원은 삼각점을 정비하고 정확도 높은 측량성과를 제공하기 위하여 1960년의 삼각점 복구 사업을 시작으로 1975년부터 정밀 1차 측지망사업, 1986년부터 정밀 2차 측지망사업 등을 실시하였다. 이러한 사업에 의해 도출된 삼각점 성과는 토지조사사업 당시의

*교신저자 : 홍성언(hongsu2005@cju.ac.kr)

접수일 11년 6월 17일

수정일 11년 07월 11일

게재확정일 11년 08월 11일

삼각점 성과와 일치하지 못하는 것으로 확인되었으며, 따라서 1975년 전문 개정된 구 지적법에 의해 토지조사사업 당시의 성과와 표석을 기준으로 한 지적삼각점을 신설하고, 그 성과를 별도로 등록관리하도록 하였다[2].

그러나 지적삼각점 또한 신설과정에서 기지점 선정시 토지조사사업 당시의 삼각점뿐만 아니라 복구 또는 재설한 삼각점에 대한 정확한 정보없이 혼용하여 삼각점 성과를 사용함으로써 측량성과의 정확도를 저해시키고, 지역간삼각점간 불부합을 발생시키고 있다. 또한 구소삼각지역과 특별소삼각지역의 원점체계가 상이하여 토지조사사업 당시의 측량성과에 부합되는 신뢰성을 확보하는데 많은 제약이 따르고 있다.

이러한 삼각점 성과의 부정확성은 지적측량분야의 일부개방으로 지적확정측량 수행 시 GPS에 의한 지적기준점 설치가 보편화되면서 지적측량수행시간 측량지역 주위의 삼각점을 상이하게 선정하게 되어, 과거 등록된 지적확정측량지역과 부합되지 않는 지적기준점 성과를 제시하는 문제를 발생시키고 있다. 다시 말해 GPS의 도입 초기 기존의 삼각점에 대한 명확한 정보없이 GPS에 의한 지적기준점 성과를 절대적으로 의존한 채, 삼각점 성과의 이력이나, 인접 삼각점과의 부합관계, 측량지역 주위의 기존 지적기준점 성과 등을 고려하지 않고 무분별하게 GPS에 의한 지적기준점을 신설함으로써 지적기준점 성과의 정확도를 저해시켜 왔다. 이러한 제 이유로 지적측량 분야에서는 현재도 전국적인 통일된 성과의 삼각망을 구축하지 못하고 있다.

그간 지적기준점 관련 연구는 주로 전통적인 측량방식에 비하여 개선된 GPS 측량기법을 도입하기 위한 연구들이 많이 진행되었다[1,3-9]. 다시 말해 GPS 측량으로 취득된 성과와 기존 성과를 비교함으로써 GPS 측량기법 도입의 필요성을 제시한 연구들이 많았다. 이와 같은 많은 연구로 인하여 현재 지적기준점(지적삼각점/지적삼각보조점) 측량에는 100% GPS 측량기법이 이용되고 있다.

또한 전국 지적삼각점의 성과를 점검하여 통일된 삼각망을 구성하기 위한 연구 및 구소삼각점이나 특별소삼각점의 성과 점검 등에 관한 연구도 진행되었다[10-13]. 이러한 선행 연구들이 많이 진행되었음에도 불구하고 여전히 삼각점의 성과가 불안정한 점들이 포함되어 있어 아직까지도 통일된 삼각망을 구성하기에 별다른 해법을 찾지 못하고 있는 점을 고려한다면 우선적으로 주변 삼각점들의 성과점검이 필요하고, 이를 토대로 이용 가능한 삼각점을 선별하여 관리하는 방안의 모색이 필요하다. 그리고 이후 전 국토에 대한 재조사사업 시행 시 지적기준점에 대한 일제 점검을 통하여 통일된 망의 구축이 필요할 것으로 본다.

본 연구는 경상남도 창원시 삼각점의 GPS 데이터를 활용하여 오차수준 및 지역적인 특성 등을 종합적으로 분석하여 봄으로써 향후 지적세부측량을 위한 지적기준점측량 수행 시 보다 정확한 성과가 산출될 수 있는 방안을 모색하여 보고자 한다.

2. GPS 관측자료 현황 및 자료처리

2.1 관측자료 현황

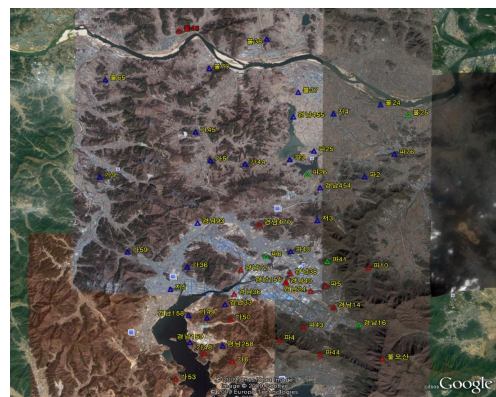
본 연구에 사용한 GPS 관측자료는 경상남도 창원시에 위치하고 있는 삼각점을 대상으로 2002년부터 2009년까지 취득된 자료이다. GPS에 의해 관측된 삼각점수는 삼각점이 1등 1점, 2등 2점, 3등 9점, 4등 23점으로 총 35점이고, 신설된 지적삼각점은 16점이다.

이중 토지조사사업 당시의 성과로 고시되어 있는 삼각점은 지적삼각점 포함 총 38점이고, 재설된 성과 중 구성과(정밀 1, 2차 기준망 성과 이전 성과)로 고시되어 있는 점은 총 7점, 신성과(정밀 1, 2차 기준망 성과 이후 성과)로 고시되어 있는 점은 총 6점으로 51점이다[표 1,2]. 그림 1은 경상남도 창원시에 위치하고 있는 삼각점의 위치를 나타낸 것이다.

[표 1] 삼각점 관측자료 총괄 현황 (단위: 점)

[Table 1] Observation data of station of triangulation (overall)

구 분	1등	2등	3등	4등	지적	계
토지조사		2	5	15	16	38
재 설	구성과		1	6		7
	신성과	1		3	2	6
계	1	2	9	23	16	51



[그림 1] 경상남도 창원시의 삼각점 위치도

[Fig. 1] Station of triangulation position map of Changwon-si, Gyeongsangnam-do

[표 2] 삼각점 관측자료 세부 현황 (단위:점)

[Table 2] Observation data of station of triangulation(detail)

등급	점명	총선좌표	횡선좌표	표고	성과고시현황	등급	점명	총선좌표	횡선좌표	표고	성과고시현황
4	가36	192399.92	162851.65	192.56	조사	4	파76	201198.45	177441.02	119.15	조사(82성과확정)
4	가44	200460.54	166936.29	139.24	72재설	4	파41	192789.83	172679.42	180.16	72재설
4	가45	202997.06	163438.71	174.01	조사	3	파6	193223.15	168383.64	77.65	조사(80좌표확정)
4	가49	188415.55	164209.46	186.94	조사(80성과확정)	지적	경남16	187818.67	174903.29	105.00	77신설
3	가5	200730.08	164495.00	162.40	72재설	4	파26	199638.86	171323.34	53.65	72재설
4	가59	193587.41	158635.73	198.73	조사	4	불25	204303.92	178459.86	31.91	조사(82성과확정)
3	가9	199471.98	156713.19	195.48	조사(82성과확정)	지적	경남154	191199.12	169787.35	40.21	80신설
지적	경남158	188591.13	162913.63	133.12	80신설	지적	경남72	192142.20	166581.26	35.02	77신설
지적	경남159	186459.24	163002.95	89.13	80신설	지적	경남470	195725.07	167938.18	126.20	88신설
지적	경남258	186177.62	165298.54	146.00	81신설	3	가6	185081.73	165983.66	400.80	95재설(2000고시)
지적	경남33	189462.14	165489.40	280.35	81성과수정	4	가50	188300.99	165860.28	228.54	조사
지적	경남454	198580.34	172215.94	40.90	87신설	4	가53	183627.83	161991.57	172.14	95재설(2000고시)
지적	경남455	204159.80	170350.30	22.22	87신설	4	파43	187655.87	171008.26	205.55	95재설(2000고시)
지적	경남93	195835.90	163570.61	104.61	81성과수정	4	파44	185553.07	172138.09	330.51	조사(80성과확정)
4	불24	205090.90	176513.89	39.75	조사(82성과확정)	3	파5	190866.56	172569.78	131.71	95재설(2000고시)
4	불37	206084.57	170694.44	46.27	조사(82성과확정)	1	불모산	185400.10	176345.48	799.92	92재설(98고시)
4	불38	210232.52	168491.68	161.64	조사(82성과확정)	3	파10	192344.04	175505.64	397.04	95재설(2000고시)
4	불65	207102.18	157121.12	105.37	조사(82좌표확정)	지적	경남36	190245.39	166114.21	5.34	77신설
4	불70	207944.92	164437.06	135.01	조사(82성과확정)	지적	경남14	189209.74	173128.96	92.29	77신설
2	저3	196032.00	171941.36	566.67	조사	지적	경남40	191094.42	169744.48	6.83	77신설
2	저4	204394.92	173176.25	52.32	조사(82성과확정)	3	파4	186811.96	169255.55	582.22	조사
특소	지5	190629.52	161631.35	53.50	80성과수정	지적	경남38	191835.98	170096.26	40.48	77신설
3	파2	199414.69	175302.16	271.81	조사(82성과확정)	지적	경남24	190440.69	171509.67	68.15	84재설
4	파25	201465.84	171790.95	24.38	72재설	4	가48	185641.26	163999.79	186.15	73재설
3	파3	200808.82	170082.05	63.91	조사(82성과확정)	4	불48	211002.86	162298.89	127.23	조사
4	파40	193581.52	170117.30	126.97	72재설						

2.2 관측자료 처리

2.2.1 기선해석 및 WGS84 좌표 산출

GPS 관측자료의 처리는 기선해석을 시작으로 하여 3차원 망조정 후 WGS84 좌표를 산출한 후 좌표변환 또는 조정계산을 통하여 현행 베셀(Bessel) 성과를 산출하게 된다. 기선해석과 3차원 망조정 계산에는 라이카(Leica)의 LGO(Leica Geo Office)를 사용하였고, 좌표변환에는 LGO의 Datum & Map과 지적연구원의 좌표변환 S/W를 사용하였으며 조정계산에는 지적연구원의 삼변망조정계산 S/W를 사용하였다.

GPS 관측데이터 취득을 위하여 라이카(Leica), 트림블(Trimble), 소키아(Sokkia) 2주파 수신기를 사용하였으며, 관측에 사용된 GPS 수신기가 동일하지 않기 때문에 관측자료 처리를 위하여 관측된 자료를 표준데이터 포맷인 Rinex(Receiver Independent EXchange format) 포맷으로 변환하여 사용하였다.

GPS 관측점의 WGS84 좌표를 산출하기 위해서는 세계좌표의 위치를 정확하게 알고 있는 GPS 상시관측소를 기준으로 기선해석을 시작으로 해서 3차원 망조정을 통

해 WGS 84 좌표를 산출하게 된다. GPS 상시관측소 데이터는 국토지리정보원 홈페이지(<http://gps.ngii.go.kr>)를 통하여 Rinex (Receiver Independent EXchange format) 형태의 표준데이터 포맷 파일로 다운로드할 수 있다. 또한, GPS 상시관측소와 관측된 삼각점간 거리가 평균 30km가 넘는 장기선이란 점을 고려하여 정확한 기선해석을 위해 GPS 위성 궤도요소는 IGS에서 관측한 후 약 11일 후에 확정하여 공식적으로 발표하는 SP3(IGS Final Orbit)를 이용하였다.

따라서, 관측된 삼각점의 GPS 데이터를 GPS 상시관측소 데이터와 연계하여 GPS 상시관측소를 기준으로 IGS의 정밀궤도력인 SP3(IGS Final Orbit)를 이용하여 기선해석과 3차원 망조정을 통해 WGS84 좌표를 산출하였다.

먼저 GPS 상시관측소의 WGS84 좌표값을 기지로 하여 기선해석을 실시하였으며, 그 다음의 기선해석은 바로 전의 기선해석에서 구하여진 WGS84 좌표값을 사용하여 순차적으로 기선해석을 하였다.

사이클슬립의 편집은 기선해석 S/W에 의한 자동편집

으로 하였고, 환폐합차의 허용범위는 기선해석에 의한 ΔX , ΔY , ΔZ 각성분의 폐합차를 10km이상에서는 (1PPM $\times \Sigma D$), 10km미만에서는 (2PPM $\times \Sigma D$)하였다.

기선해석으로 결정된 각 기선에 대한 3차원 벡터에 대해 신뢰성 있는 최적의 3차원 절대좌표(WGS84)를 결정하기 위해서는 먼저 우연오차의 추정과 제거를 통해 단일해를 구하고 관측치에 적용하는 보정치를 최소화시켜 각 폐합망에 대한 폐합오차를 최소제곱법으로 조정하여 폐합오차가 최소가 될 수 있도록 관측지역 주위의 GPS 상시관측소의 WGS84 좌표를 고정으로 망조정하여 각 관측점의 WGS84 좌표를 산출하였다.

2.2.2 좌표변환 및 삼변망조정계산

기선해석과 3차원 망정정을 통해 산출된 각 관측점의 WGS84 좌표를 현행 베셀(Bessel) 평면좌표로 변환하는 방법에는 여러 가지가 있지만 기본적인 알고리즘은 거의 동일하다.

본 연구에서는 각 관측점의 WGS84 좌표를 현행 삼각점의 성과와 비교를 위하여 가장 일반적으로 이용하는 변환방법중의 하나인 Bursa-Wolf 모델에 의한 7변수 변환을 통해 현행 베셀(Bessel) 평면좌표를 산출하였다. 7변수 변환은 WGS84 타원체와 베셀(Bessel) 타원체를 최대한 일치시키기 위해 각 축에 대한 원점 이동량과 회전량 및 타원체 크기에 따른 축척계수를 최소제곱법으로 결정하는 방법이다. 이러한 변환계수의 결정은 변환되는 점의 개수, 성과의 정확도, 분포형태 등에 따라 영향을 받게 되며 특히, 삼각점간의 성과가 불량한 경우 계산된 변환요소는 커다란 편차를 갖게 되므로 이러한 변환특성을 고려하여 삼각점의 부합관계를 판단할 수 있다.

이와 같은 삼각점의 부합관계를 정확히 판단하기 위하여 LGO의 Datum & Map, 지적연구원의 좌표변환평면거리계산, 삼변망조정계산 3가지 S/W를 병행하여 사용하였다.

LGO의 Datum & Map에서는 WGS84 좌표와 베셀(Bessel) 평면좌표를 서로 Match하여 Match후 나타나는 종·횡선 결과 값의 차이를 비교·분석하는 기법을 사용하였다.

평면거리계산에서는 각 관측점의 WGS84 좌표로부터 현행 측량의 기준면상의 거리를 산출하고 가우스상사 이중투영에 의한 베셀(Bessel) 타원체의 평면거리로 환산한 결과인 실측거리와 현행좌표에 의한 역계산거리와의 차이를 비교·분석하는 기법을 사용하였다.

삼변망조정계산은 관측점간 관측거리와 좌표에 의한 역계산 거리와의 차이를 최소가 되도록 표본분산치의 총합을 최소로 하는 조건을 적용하여 관측점 좌표의 최확

치를 비교·분석하는 기법을 사용하였다.

최종적으로 LGO의 Datum & Map과 평면거리계산 결과를 토대로 계산에 사용할 안정된 기지점을 선별하고 성과의 안정성이 검증된 삼각점을 기준으로 좌표변환과 삼변망조정계산을 통해 베셀(Bessel) 타원체에서의 평면직각좌표 값과 비교하였다. 따라서 3가지 S/W의 조건을 모두 만족하는 삼각점을 안정적인 성과로 판단하였다.

3. 성과 분석

3.1 분석 방법

삼각점의 성과에 대해 양호, 보통, 불량 등으로 단정하기에는 한계성이 있다. 다시 말해 양호, 보통, 불량으로 분류할 수 있는 객관적인 기준이 없다. 따라서 연구에서는 전체 삼각점을 대상으로 성과를 비교하여 과대오차를 포함한 삼각점을 선별하고, 성과 차이가 많은 삼각점을 순차적으로 제외하면서 삼각점 자체성적을 점차 단계적으로 안정되게 설정하여 비교·분석하였다.

구체적으로 삼각점들에 대하여 양호, 불량을 판정하기 보다는 일정 수준의 위치정확도 기준을 단계적으로 정의하여 분석함으로써 삼각점별 성과의 안정성 정도를 분석하였다. 연구에서는 위치정확도 수준을 정의함에 있어 크게 5수준으로 정의하였는데 즉, 위치정확도 1.00m내, 0.50m내, 0.40m내, 0.30m내, 0.25m내로 설정하였다. 이 범위 내에 위치정확도가 포함되는 삼각점들을 각각 분류하여 분석하였다.

물론 1.00m, 0.50m, 0.40m, 0.30m, 0.25m의 기준 정의가 다소 주관적일 수 있으나 이는 분석의 편의상 각각 분석된 삼각점을 다시 일정 기준의 범주로 구분하여 상대적인 정확도를 분석하기 위한 것이기 때문에 기준 정의 자체에는 큰 무리가 없다고 판단된다. 또한 현재 어느 특정 대상지역을 측량함에 있어 삼각점의 선별 기준이 명확하게 정의된 규정이 없기 때문에 절대적 기준에 의한 위치정확도 분석은 한계가 있다.

수치적인 위치정확도 분석과 함께 지리적인 환경이나 지형적인 조건을 분석하기 위해 구글어스에 GPS 관측점의 위치를 등록하여 그림 1 삼각점의 위치와 삼각점의 관측밀도, 삼각점의 분포도 등을 종합적으로 분석하였다.

3.2 분석 결과

표 3은 창원시 삼각점 51점에 대하여 위치정확도 수준별 성과 정확도를 분류한 결과이다. 분석에서 “불48”은 실제 위치가 현행 좌표 보다 약 40m정도 남쪽에 위치하

고 있어 근래 재설된 삼각점으로 추정되며, 또한 이는 창원시 인접지역에서 설치되어 좌표변환을 위한 파라메타 값이 상이하여 과대오차가 발생한 것으로 분석된다. 따라서 본 연구에서는 “불48”은 제외하고 분석을 시행하였다. “불48”을 제외한 삼각점간 성과를 비교하여 정의한 위치

정확도 수준별 성과차이가 많은 삼각점을 하나씩 배제시키면서 비교하였다. 그리고 위치정확도 수준별 고시된 성과 종류별 즉, 토지조사성과, 구성과, 신성과별로 분류하여 함께 분석을 시행하였다[표 4].

분석결과, “불48”을 제외한 50점이 1.0m 내에 해당되

[표 3] 창원시 삼각점의 위치정확도 수준별 성과 정확도 분류 (단위 : m)

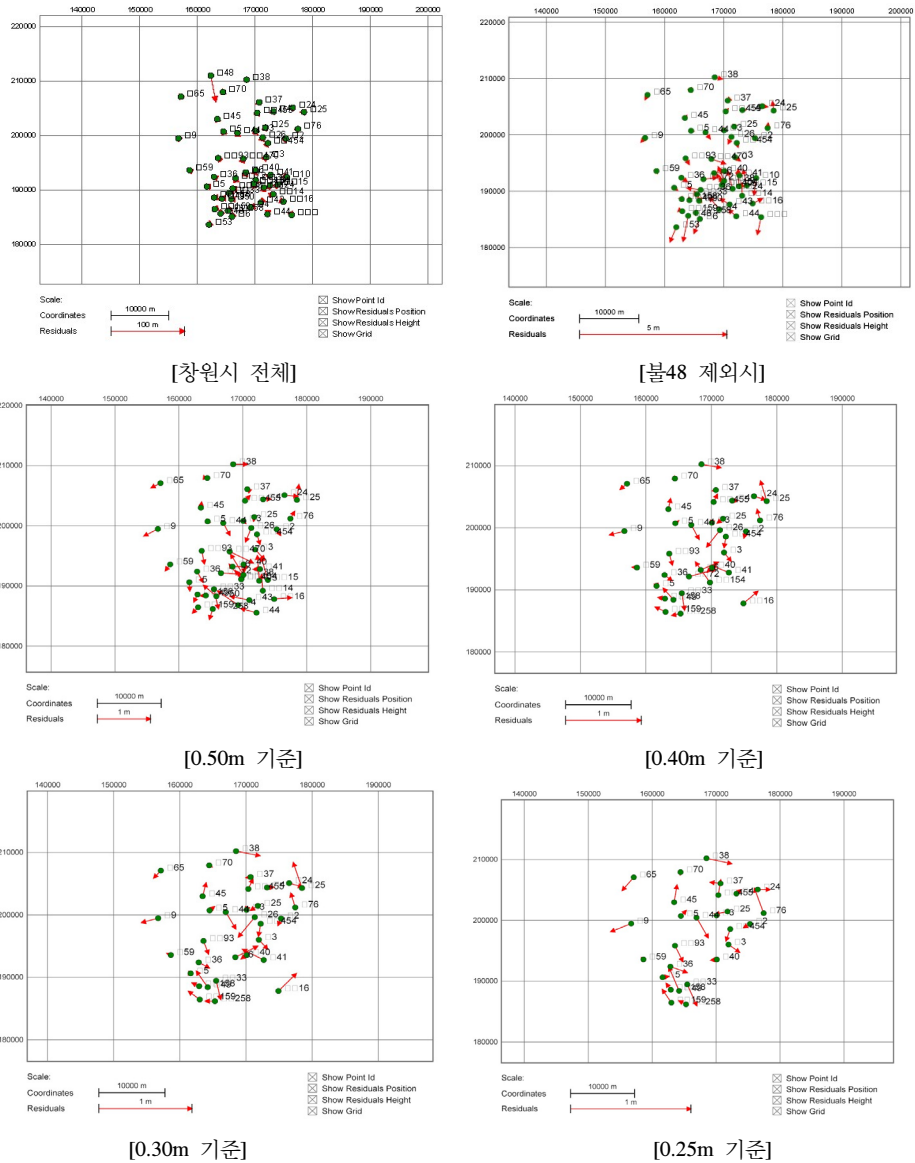
[Table 3] Tolerance level classification of station of triangulation

구분	점명	50cm 기준			40cm 기준				30cm 기준				25cm 기준			
		ΔX	ΔY	ΔXY	점명	ΔX	ΔY	ΔXY	점명	ΔX	ΔY	ΔXY	점명	ΔX	ΔY	ΔXY
1	불70	0.00	0.00	0.00	파3	-0.02	0.00	0.02	파3	-0.01	0.00	0.01	가59	0.02	-0.02	0.02
2	불37	0.00	-0.01	0.01	지5	-0.02	0.00	0.02	지5	0.00	0.02	0.02	불70	-0.02	0.00	0.02
3	가5	-0.02	0.05	0.05	불70	-0.02	0.03	0.03	불70	-0.02	0.03	0.04	파3	0.02	-0.02	0.03
4	파3	-0.05	0.05	0.07	불37	-0.01	-0.05	0.05	가59	0.02	-0.04	0.05	파40	-0.01	-0.05	0.05
5	파25	-0.09	-0.01	0.09	가5	0.04	0.04	0.06	불37	-0.01	-0.05	0.05	지5	0.01	0.05	0.05
6	가49	-0.01	-0.10	0.10	가59	0.01	-0.06	0.06	가5	0.04	0.05	0.07	저4	0.04	0.04	0.05
7	가45	0.11	0.01	0.12	저4	0.00	0.08	0.08	저4	0.00	0.08	0.08	파2	-0.03	-0.05	0.06
8	파41	0.00	-0.13	0.13	파40	-0.06	-0.07	0.09	파40	-0.04	-0.06	0.08	가5	0.05	0.04	0.07
9	경남455	0.11	0.10	0.14	경남158	0.02	-0.09	0.09	경남158	0.04	-0.08	0.09	경남258	0.03	-0.06	0.07
10	파2	-0.12	0.08	0.15	파2	-0.09	-0.03	0.10	파2	-0.08	-0.03	0.09	경남158	0.06	-0.04	0.07
11	저4	0.01	0.15	0.15	파25	-0.06	-0.08	0.10	파25	-0.05	-0.08	0.10	불37	0.01	-0.09	0.09
12	경남159	-0.12	-0.11	0.16	경남455	0.11	0.05	0.12	경남258	0.00	-0.10	0.10	불24	0.00	0.10	0.10
13	가59	-0.13	-0.09	0.16	경남258	-0.03	-0.12	0.12	불65	-0.09	-0.08	0.12	파25	-0.02	-0.10	0.10
14	파40	-0.16	0.01	0.16	불65	-0.08	-0.09	0.12	경남455	0.11	0.05	0.12	경남454	-0.10	-0.04	0.11
15	파76	0.15	0.08	0.17	가36	-0.08	0.10	0.13	가36	-0.07	0.11	0.13	저3	-0.07	0.09	0.12
16	경남158	-0.15	-0.07	0.17	가45	0.15	0.03	0.15	경남454	-0.14	-0.02	0.14	경남455	0.14	0.02	0.14
17	지5	-0.17	0.01	0.18	경남159	0.07	-0.14	0.15	저3	-0.11	0.09	0.14	경남159	0.12	-0.08	0.14
18	경남154	0.16	-0.11	0.20	경남454	-0.15	-0.02	0.16	불24	-0.04	0.15	0.15	가36	-0.05	0.14	0.15
19	불65	-0.10	-0.18	0.20	저3	-0.13	0.09	0.16	경남159	0.09	-0.12	0.15	불65	-0.12	-0.10	0.15
20	경남454	-0.20	0.06	0.21	파76	0.15	-0.04	0.16	가45	0.15	0.04	0.16	가45	0.15	0.02	0.15
21	경남258	-0.21	-0.06	0.22	불24	-0.05	0.15	0.16	경남93	-0.15	0.05	0.16	경남93	-0.14	0.07	0.15
22	가36	-0.22	0.11	0.24	경남93	-0.16	0.04	0.17	파76	0.16	-0.05	0.17	가9	-0.07	-0.17	0.18
23	불24	-0.02	0.25	0.25	가9	-0.05	-0.20	0.21	가9	-0.05	-0.18	0.19	가44	-0.18	0.10	0.20
24	저3	-0.20	0.18	0.27	가49	0.16	-0.14	0.21	경남33	-0.21	0.05	0.22	경남33	-0.19	0.08	0.20
25	경남93	-0.26	0.05	0.27	가44	-0.20	0.10	0.23	가49	0.18	-0.12	0.22	불38	-0.05	0.21	0.22
26	불38	0.00	0.27	0.27	경남33	-0.24	0.04	0.24	가44	-0.19	0.11	0.22	가49	0.21	-0.08	0.22
27	가44	-0.25	0.13	0.28	파41	0.10	-0.23	0.25	파41	0.12	-0.23	0.26	파76	0.22	-0.08	0.23
28	파6	0.00	0.29	0.29	경남16	0.17	0.19	0.26	불38	-0.05	0.26	0.26				
29	파26	-0.28	-0.11	0.30	파6	0.11	0.23	0.26	파6	0.13	0.24	0.27				
30	가9	-0.14	-0.26	0.30	불38	-0.05	0.26	0.26	경남16	0.20	0.19	0.28				
31	파44	0.09	-0.30	0.31	불25	0.28	-0.08	0.29	파26	-0.23	-0.18	0.29				
32	불25	0.31	0.04	0.31	파26	-0.24	-0.18	0.30	불25	0.29	-0.09	0.30				
33	경남14	0.32	-0.02	0.32	경남154	0.29	-0.19	0.35								
34	가50	0.22	-0.24	0.33	경남72	0.10	0.35	0.37								
35	경남16	0.03	0.33	0.33												
36	파43	0.08	-0.36	0.37												
37	경남40	0.31	-0.23	0.38												
38	경남33	-0.39	0.08	0.40												
39	경남72	-0.02	0.40	0.40												
40	경남15	0.45	-0.12	0.47												
41	경남38	0.41	-0.24	0.48												
42	파4	0.29	-0.39	0.48												
43	경남470	-0.23	0.44	0.50												

[표 4] 창원시 삼각점 고시성과의 종류에 따른 정확도 수준별 분류 (단위 : 점)

[Table 4] Accuracy level classification by a notice type

구 분	0.50m 기준					0.40m 기준					0.30m 기준					0.25m 기준								
	1 등	2 등	3 등	4 등	지적	계	1 등	2 등	3 등	4 등	지적	계	1 등	2 등	3 등	4 등	지적	계	1 등	2 등	3 등	4 등	지적	계
토지조사		2	4	13	13	32		2	4	11	10	27		2	4	11	8	25		2	3	10	7	22
재설	구성과			1	6	7			1	6		7			1	6		7			1	4		5
	신성과			2	2	4																		
계		2	7	21	13	43		2	5	17	10	34		2	5	17	8	32		2	4	14	7	27



[그림 2] 창원시 삼각점 성과의 위치정확도 수준별 오차량
[Fig. 2] Tolerance level graph of station of triangulation

었다. 이것을 좀 더 세분화하여 오차 수준별로 분석한 결과 0.50m내를 기준하였을 경우 총 51점 중 43점이 포함되었으나, 토지조사 성과와 구성과, 1998년 이후 신성과의 삼각점이 혼재되어 있는 것으로 나타났다. 삼각점 자체성과 0.40m내를 기준으로 하였을 경우는 총 34점이 포함되었으며, 1998년 이후 신성과의 삼각점은 전체 삼각점과의 성과가 부합되지 않았다. 0.30m내를 기준으로는 총 32점이 포함되었으나 일부 1972년 재설 삼각점은 성과의 안정성이 불분명 하였다. 끝으로 0.25m내를 기준으로 하였을 경우는 총 27점이 포함되었으며, 대부분 토지조사시 삼각점의 성과가 안정적으로 나타났으며 재설 삼각점은 일부를 제외하고는 성과가 부합되지 않았다.

이상과 같은 위치정확도 및 고시성과별 분류와 함께 지역적인 특성을 종합하여 분석하여 보면, 성과가 안정적인 삼각점 대부분이 창원시 읍면지역과 시가지 외곽지역에 위치하고 있으며, 시가지지역에 위치한 삼각점은 일부 삼각점들과 부분적으로는 부합되나 전체 삼각점과는 부합되지 않고 있다. 또한, 지적삼각점의 경우 읍면지역과 시가지 외곽지역은 성과가 안정적이거나 시가지지역은 일부 삼각점들과 부분적으로만 부합되어 성과가 안정적이라고 할 수 없으므로 지적기준점 성과 결정이 신중히 검토하여야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 경상남도 창원시 삼각점의 GPS 데이터를 활용하여 오차수준 및 지역적인 특성 등을 종합적으로 분석하여 봄으로써 향후 지적세부측량을 위한 지적기준점측량 수행 시 보다 정확한 측량성과가 산출될 수 있는 방안을 모색하여보고자 하였다. 연구 성과는 다음과 같다.

경상남도 창원시의 삼각점 중 2002년부터 2009년까지 취득된 GPS 관측자료 총 51점을 이용하여 성과를 분석한 결과 과대오차가 발생한 점을 제외하면 총 50점이 1.0m내의 위치정확도를 보이는 것으로 나타났다. 이를 세부적으로 분석한 결과, 0.5m내에는 43점, 0.40m내에는 34점, 0.30m내에는 32점, 0.25m내에는 27점이 포함되는 것으로 나타났다. 대부분 토지조사 성과의 삼각점은 양호하게 부합되었으나 재설 성과(1998년 이후 신성과)의 삼각점은 양호하게 부합되지 않는 것으로 나타났다.

또한 지형적으로는 성과가 양호하게 부합되는 삼각점 대부분이 읍면지역과 시가지 외곽에 분포하고 있었으며, 시가지 삼각점은 일부 부분적으로만 부합되어 지적기준점 성과 결정시 신중히 검토하여야 할 것으로 판단된다.

이상의 분석된 내용을 토대로 본다면, 토지조사사업 당시 설치된 삼각점의 경우 삼각점 자체의 자연적·인위적 이동이 없을 경우 대부분 삼각점의 성과가 안정적으로 나타남으로 지적기준점 성과결정시 기지점으로 사용할 삼각점은 토지조사 당시 설치된 삼각점을 우선적으로 선정하여야 할 것으로 판단된다. 또한 본 연구결과에서 안정적인 성과로 제시된 삼각점을 기준으로 하여 지적기준점의 성과를 결정할 경우 향후 지적기준점이 망실되어 재설치 하더라도 항상 동일한 측량성과를 유지·관리할 수 있을 것으로 보인다.

궁극적으로는 삼각점 성과의 이력관리를 통하여 기준점의 선점에 있어 성과가 양호한 삼각점의 선점이 선행되어야 지적세부측량의 정확도 확보가 가능하다고 판단된다.

끝으로 본 연구에서는 연구대상으로 사용한 삼각점이 위치한 지역에 대해 측량이 잦은 지역인지 아닌지 사전 측량 빈도조사가 선행되지 않았으므로, 본 연구에서 성과가 불안정하다고 제시된 삼각점이라 하더라도 과거 해당 지역 지적측량에 자주 사용된 삼각점일 경우 기존 지적측량성과에 미치는 영향을 고려하여 지적기준점 성과 결정시 사용 유무를 신중히 검토하여 성과를 결정하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Joon Mook Kang, Hee Cheon Yoon, Hong Jin Kim, "Analysis of Conformability for Cadastral Control Network Using GPS Satellite Surveying", Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol.2, No.1, pp. 121-129, 1994.
- [2] National Geographic Information Institute, A Study on the Surveying Result Estimation of Precision Triangulation Network, 1992.
- [3] Kwon, Dae Won, Yun, Hong Sic, Choi, Jae Hwa, "Coordinate Transformation between Koran Geodetic System and WGS-84 by 7 Parameter Coordinate Transformation Method" Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol.13, No.2, pp. 117-124, 1995.
- [4] Kim Kam Lae, Choi Won Jun, Kun Hyuk Im, Systematic Coordinate Transformation between Different Projection Zones using GPS Survey Results, Proceedings of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Conference, pp. 21-26, 2003.

- [5] Kim, Jung Ho, A Study on Coordinate Transformation of Regional Coordinate System into National Coordinate System, Journal of the Korean Society of Cadastre, Vol.15, No.2, pp. 59-66, 1999.
- [6] Korea Cadastral Survey Corporation, Report for Practical Use of GPS Surveying, 1997.
- [7] Korea Cadastral Survey Corporation, GPS Observation in the whole country and RTK Surveying Project, 1998.
- [8] Korea Cadastral Survey Corporation, A Scheme for Practical Use of GPS Surveying, 2000.
- [9] Korea Cadastral Survey Corporation, Precision Coordinate Computation of National GPS Cadastral Network, 2001.
- [10] Yang Young Bo, The Utilization of Geodetic Network by Means of Analysis for Accuracy of Ground Control Points in Island, Degree of Ph.D, Chosun University, 2006.
- [11] Chul Soo Yang, Sang Gu Kang, Rea Jung Jung, Yong Ho Kim, Min Seok Lee, Computation of Bessel Coordinates of the Cadastral Control Points by Trilateration Adjustment of GPS Baseline Measurements, Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol.15, No.3, pp. 41-49, 2007.
- [12] Chul Soo Yang, Rea Jung Jung, Sang Gu Kang, Coordinate Accuracy of Cadastral Control Points Using GPS, Proceedings of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Conference, 2004.
- [13] Jung No Jin, Investigation of Coordinate Accuracy and Unification of Cadastral Control Points with Different Surveying Origins, Master of Engineering, Inha University, 2007.

홍성연(Sung-eon Hong)

[정회원]



- 2002년 2월 : 청주대학교 지적학과 (행정학석사)
- 2005년 8월 : 인하대학교 지리정보공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 지적학과 교수

<관심분야>

지적측량, GIS, LIS, SMCDM

임현석(Hyun-Seok Leem)

[정회원]



- 2009년 8월 : 경일대학교 도시정보측지지적공학과 (공학석사)
- 1994년 12월 ~ 현재 : 대한지적공사

<관심분야>

지적측량, GNSS, GIS, LIS