

우리나라 측량좌표계의 현황 및 개선책

유 환 회

1. 서론

정보산업의 급속한 발전과 더불어 사회전반에 걸친 전산화가 이뤄지고 있으며 이에 따라 국토전반에 걸친 정확한 지형정보의 요구가 날로 증대되고 있다. 최근 다방면에 걸친 지형공간정보 시스템의 활용에 대한 필요성을 인식하면서 여러분야에서 시스템 구축에 박차를 가하고 있다. 그러나 이러한 사회적 요구에도 불구하고 지형정보에 대한 모든 자료가 요구에 부응하지 못하는 안타까운 실정이다.

미국의 경우 USGS(U.S. Geological Survey)에서는 DLG(Digital Line Graph)표준벡터화일을 제작하여 주제별로 층(Layers)을 만들어 제공하고 있으며 USBC(U.S. Bureau of The Census, 1967)에서는 인구통계분석을 위해 도시지역에 대한 지형정보 지원을 위하여 DIME(Dual Independent Map Encoding)을 디자인하였고, 그후 DLG와 DIME화일 구조를 지원할 수 있는 TIGER(Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing)시스템을 개발하였다. 그러나 우리나라는 수치지형정보 구축이 전무한 실정이어서 국립지리원에서는 수치지도작성 작업규칙을 제정하여 1/5,000과 1/25,000 수치지도를 지역별 우선순위에 따라 연차적으로 2001년까지 완료할 계획으로 93년부터 시행하고 있다. 이와같은 수치지도제작은 지금까지 우리나라 측량좌표계가 갖고 있었던 문제점을 해결해 나가면서 작성되지 않는 한 수치지도 역시 과거의 도해지도가 갖고 있는 문제점을 그대로 갖게되므로 막대한 비용과 인력을 투입하고도 그 효과는 크게 기대할 수 없는 상황이 벌어질 것이다.

따라서 본연구에서는 최근 국내적으로 크게 부흥이 일고 있는 지형정보 시스템의 활용과 수치지도제작의 추진 및 GPS와 같은 새로운 측량기술의 도입과 실용화라는 측량분야의 과도기적 시점에 즈음하여 그동안 문제점으로 지적되어온 측량좌표계 문제를 재 점검함으로써 사상누각의 과오를 범하지 않는 계기가 되기 바란다.

* 경상대학교 도시공학과 부교수

2. 삼각측량의 역사적배경 및 평가

우리나라의 현대적 국토측량은 1910년 3월 구한국정부의 도지부에 설치한 토지조사국의 개설로 시작되었으며 동년 8월 한일합방으로 인하여 이 기관이 조선총독부에 소속되었고 동년 10월 조선총독부에 임시토지조사국을 설치하여 토지조사사업을 계속하여 실시하면서 여러 차례의 계획수정을 거쳐 완수되었다. 삼각점 설치는 대규모 삼각망을 구성하고 이를 기준으로 하여 점차 소규모의 삼각망을 구성하여 삼각점을 설치하는 것을 원칙으로 했다. 또한 삼각점의 위치좌표를 계산하기 위해 위치좌표계의 기준을 설정하기 위해 경위도 원점을 새로 설치해야 하나 당시의 형편상 경위도 원점을 신설하지 않고 일본의 동경원점을 이용하였다. 그래서 대한해협을 거쳐 일본의 대마도의 일등삼각점과 우리나라 남단의 절영도와 거제도를 연결하여 출발점으로 하였다. 삼각측량의 변장의 기초인 기선을 전국에 13개소의 기선장을 설치하고 측정된 기선의 길이를 대삼각망변장에 연결하였고 각변장을 평균해수면상에 투영하기 위해 5개소의 협조장을 설치하여 평균해수면을 결정했다. 이들 계산에 있어서의 지구형상과 크기는 일본 육지측량부에서 사용하고 있는 벅셀타원체 제원을 사용하였다.

구한국정부에서는 대삼각측량을 착수하기전에 미리 소삼각측량을 경인지방과 대구 인근에 실시했으며 그 지역은 아래와 같다.

-경인 지역-

시흥, 교동, 김포, 양천, 강화, 진위, 안산, 양성, 수원, 용인, 남양, 통진, 안성, 광주, 인천, 양지, 과천, 부평

-대구 인근-

대구, 고령, 청도, 영천, 현풍, 자인, 하양, 경산

이들 소삼각측량점은 추후에 대삼각망에 연결하는 변칙적인 방법으로 처리되었으며 이 지역을 구소삼각측량 시행지역이라 하고 있다. 또한 1912년 시가지의 조사를 급히 시행할 필요로 인하여 일반적인 삼각측량의 순서를 따르지 않고 평양, 의주, 신의주, 진남포, 전주, 강경, 원산, 함흥, 청진, 경성, 나남, 회령, 마산, 진주, 양주, 나주, 목포, 군산 등 18개소의 시가지 지역과 울릉도를 합쳐서 총 19개소의 소삼각측량을 시행하였는데 이들 지역을 특별소삼각측량 시행지역이라 한다. 국가기본점의 하나인 삼각점은 일반적으로 1등삼각점, 1등삼각보점, 2등, 3등, 4등삼각점으로 구분되는데 우리나라에서는 형태상 좀 다르지만 대삼각본점, 대삼각보점, 소삼각1, 2등점으로 4등급이 설치되었다. 따라서 삼각점의 이용 및 교육상 혼란을 막기 위해 대삼각본점을 1등삼각점, 대삼각보점을 2등, 소삼각1등점을 3등, 소삼각2등점을 4등삼각점으로 개칭하여 현재 사용하고 있다. 따라서 국제적인 삼각점등급 구분의 정확도와는 정확히 일치되지 못하고 있다.

2.1 기선 측량

기선측량은 1910년 6월 대전기선의 위치선정을 시작으로 하여 1913년 고건원 기선측량을 끝으로 전국의 13개소의 기선측량을 실시했다. 이중 가장 긴 기선은 4625.47770m, 가장 짧은 것은 2000.41516m이었으며 기선측량을 위해 기선로의 폭은 3m, 경사는 1/25를 초과하지 않도록 하였다. 20m강척을 사용하여 길이를 관측하고 레벨로 고저차를 측정하였으며 기선의 허용오차는 1/500,000로 예상하였으나 실제 측량 성과는 1/3,000,000의 좋은 결과를 얻었다고 기록되어 있다. 기준척은 프랑스에서 제작한 25m 인바테이프를 4조 구입하여 프랑스 도량형국과 토지조사국에서 검정하여 사용하였다.

2.2 대삼각본점 측량

대삼각본점의 배치는 경도 20', 위도 15'의 방안내에 1점이 되도록 배치하였으며 전국을 23개의 삼각망으로 분할하여 작업을 시행했다. 당초 구상으로는 경위도 원점을 한국의 중앙부에 설치하고 점차 남북으로 계산을 확대할 방침이었으나 시간과 경비 등의 관계로 일본의 일등삼각망에 연결하여 사용토록 하여 대마도의 1등삼각점 2점과 한국남단의 절영도와 거제도를 연결하여 구성하고 이로부터 계산을 출발하여 전국에 파급시켰으므로 자연적으로 남에서 북으로 삼각망계산이 진행되게 되었다. 위의 연결거리는 약 100km정도로써 한국의 삼각망 중 가장 변장이 긴 것이 되었다. 각관측을 위해 독일제 데오도라이트가 이용되었으며 망원경배율은 35 ~ 40배이었으며 최소각관측단위는 0.5"이었다. 기선망의 각관측에 있어서는 12대회를, 대삼각본점망에 있어서는 6대회의 방향관측을 하여 평균값을 채택하였으며 폐합오차는 기선망에 있어서는 2초이내, 대삼각본점망에 있어서는 5초 이내로 했다.

기선망 및 대삼각본점의 계산은 일본 육지측량부의 계산방식에 의해 르장드르(Legendre)정리와 정현비례식에 의해 기지의 한변과 관측각을 이용하여 7행대수에 의하여 점차로 다른 변을 계산하였으며 계산된 경위도를 이용하여 구과량을 구하고 평면상의 각으로 환산하였다. 구과량과 경위도의 계산은 대수5행을 사용하여 초단위까지 계산하였다.

삼각형의 변장의 산출에서는 7행대수를 사용하여 각은 초이하 2자리까지, 변은 대수 7자리까지 계산했으며 경위도는 초이하 3자리까지, 자오선 방향각은 초이하 2자리까지, 평면직교좌표계는 cm까지 산출하였다.

2.3 대삼각보점 측량

대삼각보점 상호간의 거리는 매우 크므로 바로 소삼각측량을 실시하기 위해서는 어려움이 있어서 경도 20분, 위도 15분의 방안내에 대삼각본점을 포함하는 9점 정도로 삼각점을 배치하고 각 삼각점간의 거리를 약 10km로 하였는데 이것을 대삼각보점이라 하였다.

각관측기기는 독일제 데오도라이트로 수평각을 0.5초까지 읽을 수 있는 것이었으나 이 기계가 도착하기전에는 수평각은 10초까지, 수직각은 20초까지 읽을 수 있는 기계가 사용되었다. 따라서 0.5초독을 이용할 때는 6대회 방향관측을 하였고, 수평각을 10초까지 읽을 수 있는 장비를 이용할 때는 9대회 방향관측을 하였으나 관측장비의 혼용에 따른 오차가 있었음을 나타내고 있다. 매 대회의 폐합차가 10초이내 일때는 관측상 오차가 없는 것으로 판단했으며 삼각형을 구성하여 관측내각의 합차가 7초를 초과하면 재측하였다. 삼각형계산 및 구과량계산, 귀심계산은 대삼각본점측량과 동일하며 각과 변의 계산은 7행대수를 사용했고 평면직각좌표는 cm까지, 방향각은 초이하 1자리까지, 경위도계산은 6행대수를 사용하여 초이하 3자리까지, 자오선 방위각은 초이하 1자리까지 계산하였다.

2.4 소삼각 측량

소삼각측량은 구소삼각측량, 특별소삼각측량, 보통소삼각측량으로 나뉘지며 구소삼각측량에서 기선은 적당한 지점을 선정하여 측제권척 또는 측쇄를 사용하여 측정하였고 기선장은 약 1600m(900間)로 하였다. 1등점은 시행하지 못하고 2등점은 1/60,000 지형도를 이용하여 선점을 하였으며 점간간격은 약 5km, 3등점은 약 2.5km로 했고 4등점은 1/600도면을 조제할 지역만 배치하였는데 점간간격은 약 1.25km이었다. 특별소삼각점은 소삼각 1등점을 설치하고 각 점의 거리는 2 ~ 4km정도로 하였으며 그 사이에 소삼각 2등점을 선점하였다. 점간거리는 1.5 ~ 2km이었으며 기선은 망내의 적당한 위치에 선정하고 길이는 400 ~ 1000m정도로 하였다. 보통소삼각은 구소삼각 또는 특별소삼각이 편법적이고 변칙적으로 시행된 것에 비하여 정상적으로 시행한 소삼각측량을 말하는 것으로 1/100,000측척을 사용하여 선점도를 조제하고 5km²내에 소삼각 1등점 1점, 2등점 3점의 비율로 배치하였다. 점간거리는 1등점이 5km, 2등점이 2.5km 정도로 배치되었다. 구소삼각의 기선은 4회 측정하였으며 특별소삼각에 있어서는 왕복 2회 측정하여 평균값을 채택하였다. 구소삼각 1, 2등점과 보통소삼각 1등점은 관계되는 점들에 대해서 방향각을 관측하였으나, 구소삼각 3, 4등점과 특별소삼각 및 보통소삼각의 2등점은 전방교회법에 의해 결정되었다. 구소삼각측량에서 기선망은 정반 각각 4회, 2등점 삼각측량에서는 정반 각각 3회, 3, 4등삼각측량에서는 정반 각각 2회로 하였다. 특별소삼각에서는 1, 2등점 다같이 정반 3회로 하고 보통소삼각측량에서의 1등점은 4측회, 2등점은 3측회로 하였다. 1측회의 좌우 폐색오차는 20초, 1방향의 각회 합차는 30초로 하였다. 삼각형의 내각의 합에 대한 폐합차는 구소삼각 2등점은 30초, 특별소삼각과 보통소삼각 1등점은 10초로 하였다.

2.5 평면직각좌표의 원점

우리나라의 평면직각좌표의 원점은 통일원점 3개, 기타원점 11개로 구성되어 있으며 통일원점은 북위 38° 부근에 위치하고 있으며 기타원점은 구소삼각측량 시행지역에 위치하는 것으로 경기도지역과 경북지역에 있으며 그 현황은 다음과 같다.

표 1 평면직각좌표의 원점

구 분	원 점 명	경 위 도 값	
		경 도	위 도
통 일 원 점	서 부	125°	38°
	중 부	127°	38°
	동 부	129°	38°
기 타 원 점	망 산	126° 22' 24" .596	37° 43' 07" .060
	계 양	126° 42' 49" .685	37° 33' 01" .126
	조 본	127° 14' 07" .397	37° 26' 35" .262
	가 리	126° 51' 59" .430	37° 25' 30" .532
	동 경	126° 51' 32" .845	37° 11' 52" .885
	고 초	127° 14' 41" .585	37° 09' 03" .530
	울 곡	128° 57' 30" .916	35° 57' 21" .322
	현 창	128° 46' 03" .947	35° 51' 46" .967
	구 암	128° 35' 46" .186	35° 51' 30" .878
	곰 산	128° 17' 26" .070	35° 43' 46" .532
소 라	128° 43' 36" .841	35° 39' 58" .199	

3. 투영법의 현황 및 평가

우리나라는 1910년대에 조선총독부에서 토지조사사업의 일환으로 계획하고 시행한 삼각점의 평면직각좌표계산에서 Bessel 지구타원체와 가우스상사이중투영법(Gauss Conformal Double Projection)이 이용되었다. 계산당시에는 수계산에 전적으로 의존 하던 시기이므로 가우스상사이중투영에 의한 삼각점좌표계산은 좌표원점에서 단 한번 시행되었으며 계산된 좌표원점을 이용하여 점차적으로 인접하고 있는 삼각점의 좌표를 계산하였으므로 계산상의 오차도 많이 포함되게 되었다. 이와 같이 가우스상사이중투영법이 갖는 오차와 계산상의 오차가 누적되어 원점에서 부터 멀어질수록 정확도 면에서 문제가 있어왔다. 가우스상사이중투영법은 회전타원체면상의 점을 구면에 투영하고 이것을 다시 평면에 투영하는 방법을 말하며 크뤼거(L. Krüger)가 1912년에 직접 투영의 이론을 고안할때 까지 일반적으로 사용된 투영법이다. 크뤼거는 1912년 과 1919년에 지구타원체의 평면등각투영에 대한 논문을 발표하여 투영법의 수식전개를 체계화하므로써 1927년 독일은 이 투영법을 채택하였고 그 후 이 투영법은 Gauss-Krüger 투영법이라 불리워지게 되었다.

한편, 영국·미국에서는 가우스상사이중투영법을 횡메르카토르 투영법(Transverse

Mercators Projection)이라 칭하였으나 현재는 Gauss-Krüger 투영법을 횡메르카토르 투영법이라고 부르고 있다.

일본은 1870년대 우리나라와 같이 가우스상사이중투영법에 의해 동부, 서부, 북부, 남부의 평면직각좌표원점을 4개 사용하다가 1954년 국토조사를 위해 13개의 평면직각좌표원점으로 변경했으며 투영법도 Gauss-Krüger 도법을 채택하였다. 현재는 19개의 평면직각좌표원점을 갖고 있다. 1870년대에 4개좌표계를 사용한 것은 1등삼각보점, 2등삼각점, 3등삼각점의 위치결정을 위한 좌표계산에 있어서 가우스상사이중투영법을 이용했기 때문이며 1950년대 이후 좌표계를 19개로 점차 늘리면서 투영법도 가우스상사이중투영법에서 Gauss-Krüger 투영법으로 바꾸었다. 이것은 공공측량의 양적·질적 향상과 1/50,000과 1/25,000지형도 등을 Gauss-Krüger 도법으로 제작하여 사회적·시대적인 요청에 효과적으로 대처해 왔다.

우리나라의 경우 1910년대 토지조사사업 당시 삼각점의 평면직각좌표원점은 동부, 중부, 서부의 3개로 하였으며 가우스상사이중투영법을 도입하여 좌표값을 계산하였고 6.25사변 이후 실시된 삼각점 복구측량에서도 가우스상사이중투영법을 이용하여 삼각점의 실용성과를 계산하였으므로 현재 실용성으로 사용되고 있는 삼각점의 평면직각좌표는 기본적으로 가우스상사이중투영법에 의한 좌표이다. 다만 1/25,000과 1/5,000 지형도의 도법으로 횡메르카토르 도법을 사용하고 있으므로 이들 지형도상에 표시된 좌표는 Gauss-Krüger 투영법에 의해 산정된 좌표이다. 또한 삼각점 복구측량에서는 측지편람(일본 육지측량부 발간)등에 의한 공식 및 양식을 사용하여 평면직각좌표로부터 경위도 및 자오선수차를 계산하고 있다. 한편 국제 수준의 높은 정확도의 새로운 정밀측지망 설정을 위하여 1975년과 1986년 부터 각각 계획·실시되고 있는 정밀 1차·2차 기준점 측량에서는 투영법으로 Gauss-Krüger 투영법을 채용했으며, 실용성과 Gauss-Krüger 투영법을 이용하여 계산된 성과를 비교·검토한 결과 통일원점이 북위 38° 선에 위치한 관계로 남해안 지역에서는 허용오차 범위를 초과하고 있는 것으로 분석되어 통일원점의 추가 설치가 요구되었다. 따라서 그 당시 현재의 북위 38° 선에 위치하고 있는 통일원점 3개와 북위 36° 선상에 경도차 2° 간격으로 125° E, 127° E, 129° E로 3개를 내륙에 추가 설치하고 제주도지역을 위해 북위 34° 선과 경도 126° 선으로 하는 1개의 통일원점을 설치하여 총 7개의 평면직각좌표원점을 제시한 바 있었다.

4. 측량원점의 현황 및 평가

측량원점은 측량좌표계의 출발점으로서 모든 나라는 그 나름대로의 원점을 가지고 있다. 우리나라의 경우 일본사람의 손으로 설정된 타으로 그 출발점을 일본의 동경원점으로 하고 있다. 외형상이나 도형상으로 보아 한국의 삼각망위치와는 관계없이 바다 건너 멀리 떨어져 있는 동경원점이 삼각망원점으로 사용되고 있는 것은 그 오차가 상당히 편중되어 있다는 것을 쉽게 예견할 수 있다.

원래 원점은 삼각망의 중간위치에 설치하여야 원점의 관측오차나 중력편의 등의 누적이 줄어들고 고루 전체 삼각망에 미치게 되어 편중되지 않는 것이 일반적인 예이다. 실제로 일본의 기준면과 한국 삼각망의 기준면차가 수 10m의 차이가 있으며 동경 원점은 동경만 부근에 위치하고 있고 이 지역은 태평양연안으로 일본해구가 깊게 뻗어있는 곳으로 이 부근의 중력은 일본해구 반대쪽으로 크게 편의되어 있다. 이러한 중력 편의는 바다 건너 설치된 우리나라 삼각망에는 더욱 더 크게 영향을 줄 것이다.

4.1 동경원점

1880년대에 일본은 근대적 대지측량을 착수하게 됨에 따라 원점이 필요하게 되어 동경의 국토지리원 구내에 설치하고 1885년에 원점에 대한 관측을 완료하여 그 결과를 발표하였다. 그 후 관동대지진에 의하여 일본원점의 자오환이 파괴되어 구체적인 원점위치가 없어지게 되었을 뿐만 아니라 단파산, 비야산 삼각점의 수평위치가 변화하였다. 이로 인해 복구측량이 실시되었으며 이때 파괴된 자오환중심과 신설된 1등삼각보점과의 방위각이 실측되었다.

1) 경도

경도는 당초 짓트만점값을 채용하였지만 1918년 문부성고시에 의하여 현재 경도값인 대자오중심의 값으로 변경하였다. 그 당시 짓트만점의 경도를 대자오의 중심의 값으로 보정한 경도와 문부성고시에 의한 대자오의 중심의 경도와의 차가 +10" .405인 것으로 나타나 모든 삼각점의 경도에 +10" .405를 가산하게 되었다. 따라서 우리나라 삼각점의 경도에도 +10" .405를 가산하게 되었다.

2) 위도

1894년 일본천문대에서 결정한 자오환중심의 위도 35° 39' 17" .5148를 수정·보완해야 된다고 보아 당시 육지측량부에서 검토 되었으나 대지측량은 상당히 진전된 상태에서 수정·보완이 되지 못하고 그대로 성과표에 기록되어 이용되게 되었다.

3) 방위각

방위각은 비야산의 방위각이 지진전에 156° 25' 30" .156이었던 것이 지진후 재측하여 156° 25' 28" .442로 결정되었으며 축파산의 방위각도 27° 32' 10" .638로 결정되었다. 방위각도 위도와 같이 수정·보완에 대한 필요성이 대두되었으나 당시 여건상 그대로 채택되어 이용되고 있다.

현재 일본원점(동경원점)의 관측결과는 다음과 같다.

위도 : $139^{\circ} 44' 40'' .5020$

경도 : $35^{\circ} 39' 17'' .5148$

방위각 : $156^{\circ} 25' 28'' .442$ (비야산)

$27^{\circ} 32' 10'' .638$ (축파산)

4.2 한국원점

대한민국 경위도원점 설치사업이 국립지리원의 장기계획에 의해 1981.8 ~ 1985.10 월에 걸쳐 완료되어 측량법 제 19조 제 1항의 규정에 의해 국립지리원 고시 제 57호로 경위도원점 수치가 고시됨으로서 수원시 원천동 산 63번지 국립지리원 구내에 설치되었다. 서울 남산 구경위도원점 예정지는 1977.4월 ~ 6월 간에 동 원점의 수치 결정을 위하여 천문측량을 시도한 일이 있었다. 그 당시 서울의 상공이 공기 오염도가 높았고 심한 스모그(Smog)현상으로 육안으로 4등성 이하는 관찰하기가 어렵고 또한 주변의 고출력 전파에 의한 장애등으로 전자장비가 노이즈(Noise)현상을 받아 제대로 가동할 수가 없었고 시통이 가려지고 주변의 소음과 날씨의 청명도가 낮아 시정거리가 짧아 원점은 물론 다른 관측기준점 설치도 불가능에 가까웠다. 그때부터 원점설치 계획을 서울외곽 또는 지방이전의 필요성을 느끼게 되었다. 그후 1978 ~ 1980년 까지 경기 및 충청도일원에 대하여 도상 선점을 하고 여러지역을 현지답사하였으나 그렇게 적당한 곳이 없었다. 그래서 대상지역을 성남의 남한산성, 용인의 자연농원, 수원의 팔달산, 소백산의 연화봉 등을 예정지로 잡고 정밀현지조사를 하였다. 그러나 도상의 광역적인 면에서는 적당하였으나 그 지점마다 국지적인 환경이 부적당하였고 원점의 기능을 살리기 위한 주변 환경개발을 위한 투자가 많아야 했다. 그러다 보니 경제적인 문제까지 겹쳐 선택은 갈수록 어려워져갔고 그때 다행히도 국립지리원 청사 건립을 위한 부지조성 과정에서 원점설치에 적합한 곳을 선점 이곳을 택하므로 위의 복잡한 모든 문제를 해결할 수 있었다. 또한 기술적인 면에서 수원 부근 지역으로 결정한 이유는

첫째, 우리나라 측지망의 중심에 위치하고(E 127° , N 38°)있다는 것

둘째, 다음으로 중요한 것은 현재까지 전국적으로 천문측량의 성과를 보면 잠정적인 천문측량과 측지측량의 차 즉, 평균치 Vector가 경기도 내륙 지역의 연직선 편차와 거의 일치한다는 것이 판단된 바 있고

셋째, 수원지역이 평지가 많아 시각 장애가 별로 없어 확대 삼각망이 필요없이 기존 정밀삼각망 변장 연결이 가능하다는 것이다. 그리고 수원시와 그 주변 지역이 토지이용 계획상 주택지 및 자연녹지 지역·준공업지역 등 앞으로 경위도원점의 이용 및 관리에 있어서 장애가 되는 환경변화가 없으리라고 생각 되는 점등이다.

정밀삼각측량의 좌표를 기준으로 하여보면 천문측량의 좌표성고가 경선상에서는 서쪽으로 $14'' .071$ 자오선상에서는 북쪽으로 $11'' .487$ 가 밀려나 있다. 이 차 값은 경위도 원점에 적용하여도 이와 비슷한 차가 생길 것으로 생각된다. 이것은 실제의 지구

표면상에서 지구내부의 물리적 영향을 둔 중력방향의 일치와 가상적인 지구회전타원체상의 수직방향 기준의 차이점으로 생긴 것인데 즉 천문과 측지측량과의 상대적 연직선 편차인데 이를 거리로 환산하여 보면 천문좌표가 북서쪽으로 약 496m 정도 이탈 현상을 나타내고 있다. 이 Vector량은 우리나라 전역에 대한 잠정적인 평균치와 비슷한 것이다. 이 원인은 1910년대 일본 동경원점에서 시작된 삼각망이 우리나라 전역까지 확대되면서 생긴 누적오차가 아니고 동경 원점상에서의 준거타원체(Reference Ellipsoid)와 지오이드의 가정이 지구물리학적 구조가 다른 우리나라에서는 적용되지 않기 때문이다. 그래서 한국 경위도원점을 설치한다는 것은 우리나라 나름대로 지구 내부의 물리학적 측면과 기하학적 면을 고려하여

- 1) 경위도 원점에서 타원체와 지오이드의 접합
- 2) 수준원점에 직하표면 0m와 타원체를 고정
- 3) 타원체의 법선과 지오이드의 연직선의 일치
- 4) 지구축과 타원체축의 평행
- 5) 경위도 원점상에서는 천문경위도와 방위각을 측지경위도 및 방위각으로서 결정한다.

이와같이 가정하여 지리학상의 절대위치를 확정짓고 측지좌표계내에서 통일된 계통을 만들기 위하여 측지원점(Geodetic Datum) 즉, 경위도 원점을 지오이드면과 회전타원체를 지구의 어느 구역면에 접하여 삼각점의 기준면으로 정하는 준거타원체의 요소를 정하여 측지원점을 만들고 이를 삼각망 구성에 있어서 출발점으로 한다는 뜻이다. 측지측량이 기하학적인 회전타원체의 법선에 준거하여 실시된다고하나 사용되는 장비의 정치과정에서 그 지역나름대로 중력방향의 영향을 받기 때문에 원 방위각을 기준하여 삼각망 확장에 의하여 멀리까지 이어지는 과정에서 비계통적인 뒤틀림을 받게 된다. 그러므로 연직선 편차는 줄일 수는 있어도 전혀 없지는 않다. 이런 것을 조정하기 위하여 측지방 속에 Laplace Point를 설치하는데 그 밀도는 사방 50Km 정도가 이상적이라고 알려져 있다.

우리나라의 국부적인 토지경계의 인접간 거리가탈 원인이 천문측량과 측지측량 사이에서 생기는 상대적인 연직선편차 영향 또는 삼각점성과의 정도불량으로 인하여 발생하는 것으로 생각하는 사람이 있을지 모르지만 근본적 원인은 그렇지 않다. 우리나라의 삼각망의 형성과정은 복잡·다양한 체계의 역사적인 배경을 지니고 있다. 1910년대 일제 당시 지적도제작을 위한 기준점측량의 기초를 제공코져 경기도 및 경북일원에 간이 기선장과 원 방위각을 기준하여 국지적인 원점을 정하여 기본삼각망 설치 이전에 국부적으로 편성된 독립적인 구소삼각망이 있는가 하면 같은 시기에 우리나라 신도시지역 개발을 촉진시키기 위한 특별지역 나름대로 기준점을 설치한 특별소삼각망이 있다. 결국은 그 당시 정도가 낮은 측량장비로 인한 완벽하지 못한 측량성과를 갖고 장거리에 미치는 계획방향의 광역통제 기능을 잃은 상태에서 기준망 설치와 아울러 토지경계의 확보를 위한 세부측량을 하고 또한 변칙적인 방법으로 후에 기본삼각망에 연결시켰다. 이 방대한 측지삼각망을 구성하는 과정에서 그 당시 장비 능력으로 볼 때 방위조정을 위한 Laplace점 설치는 엄두조차 갖지 못해

첫째, 삼각망의 규정

둘째, 수평각 관측값의 점검

세제, 삼각망 평균 조건식 등을 쓰지 않았기 때문에 작금에 와서 천문측량에 의한 방위각 점검을 하여 보면 상당한 오차가 나타나는 지역이 있다.

-경위도원점의 최종성과-

경 도: $08^h-28^m-12^s.34302 \pm 0^s.00636$
 $127^\circ -03' -05'' .1453 \pm 0'' .0950$
 위 도: $37^\circ -16' -31'' .9031 \pm 0'' .063$
 방위각: $170^\circ -58' -18'' .190 \pm 0'' .148$

표2 천문측량의 표준편차 제한

구 분	경도 및 위도	방 위 각
경위도 원점	$\pm 0'' .063 \sim 0'' .095$	$\pm 0'' .148$
정밀관측소 설치	$\pm 0'' .015 \sim 0'' .09$	-
1등 천문측량	$\pm 0'' .1 \sim 0'' .3$	$\pm 0'' .2 \sim 0'' .4$
2등 천문측량	$\pm 0'' .4 \sim 1'' .0$	$\pm 0'' .5 \sim 1'' .5$

5. 측량좌표계의 이원화에 따른 문제점

우리나라의 어떤 산봉우리에 가보면 2개이상의 삼각점표지가 설치되어 있는 경우가 있다. 한개는 삼각점표지이고 다른 한개는 지적삼각점표지가 서로 이웃하여 설치되어 있는 경우가 있다. 이러한 현상은 당초 우리나라 삼각점설치가 일본인에 의해 설치되었고 그후 6.25사변을 겪으면서 상당수의 삼각점이 파손 및 망실되었고 이들 삼각점을 복구하는 과정에서 일어난 뼈아픈 우리의 국가기준점 관리실태를 보여주는 한 예일 것이다. 한나라의 국토관리에 있어서 위치정보는 최근에 와서 더욱 중요성을 갖고 있으며 특히 지형정보의 데이터베이스 구축에 따른 전산처리 업무는 사회 모든 분야에 활용될 수 있는 중요한 기본자료가 되고 있다. 이러한 시대적 흐름에 부응할 수 있는 위치정보의 정확성과 확실성이 아직 이뤄지지 못하고 있는 것은 누구의 잘못을 논하기 이전에 매우 안타까운 실정이 아닐 수 없다.

지적분야에서는 1975년 지적법을 개정하면서 지적삼각점을 신설하여 그 성과를 등록·관리·공시하도록 하였다. 지적측량의 특성상 등록당시의 성과를 매우 중요시여기는 것은 인정한다고 하더라도 지적삼각점을 따로 설치하여 삼각점을 관리하는 것은 매우 유감스러운 일이 아닐 수 없다. 이러한 현상은 상호의 불신과 업무의 비협조 및

관련부서간의 이원화 등이 초래한 산물로 볼수 밖에 없는 것이다.

국립지리원에 의해 계획·실시된 삼각점복구는 한정된 예산으로 그 당시의 시대적·사회적 요청이었던 국가기본도의 조기제작 등을 위하여 국지적·비체계적으로 실시되었기 때문에 일부성과의 정확도에 대한 문제가 있는 등 바람직하지 못한 문제점을 파생시킨 것은 사실이다. 그러나 정확도에 대한 문제가 있었다하더라도 독자적인 삼각점설치 운영은 국가 기준점관리상 보다 큰 문제를 파생시키는 계기가 된 것이다. 이에 대해 지적측량분야에서는 국립지리원에서 제때에 복구 또는 재설을 하지 않은데 따른 부득이한 조치였다고 할 수 있으나 기본적으로는 국립지리원에 필요한 지역에서의 삼각점복구 또는 재설을 의뢰하고 국립지리원에서는 이를 최우선적으로 재설하는 등의 협조체제하에서 시행되었더라면 오늘날과 같은 난립이 없었을 것이라는 아쉬움이 남는 사항이다. 또한 측량법의 규정에 의한 기본측량·공공측량 등과 지적법의 규정에 의한 지적측량은 측량체계상 그 뿌리는 같이하고 있을 뿐만 아니라 측량성과의 활용·축적 차원에서도 이를 분리할수도, 분리 시킬수도 없는 밀접한 관계를 가지고 있다. 그러나 광복후 세수확보 등을 위하여 1950년에 지적법이 제정·공포되어 동 법령에서 지적측량에 관한 사항이 규정되고 그후 1961년에 이르러 측량법이 제정·공포됨으로써 제도적으로 이원화 되었다. 이에 따라 측량법의 규정에 의한 측량은 측량기술자가 아니면 이에 종사할 수 없고, 동 측량의 용역은 측량업의 등록을 한 자가 실시하게 되었으며, 한편 지적법의 규정에 의한 지적측량은 지적기술자가 아니면 이에 종사할 수 없음은 물론 동 측량업무는 비영리법인인 대한지적공사가 독점대행하게 됨으로써 기술 및 인적교류의 단절과 측량업무의 중복실시 등과 같은 부정적인 측면이 야기되었으며 결과적으로 기술발전 저해, 예산낭비 등을 초래하였다.

이러한 측량좌표계의 이원화에 따른 문제를 해결하기 위해서는 편견에 입각하여 독선적이고 주관적인 관점에서 문제점을 도출하고 제시할 것이 아니라 보다 논리적인 관점에 입각하여 객관적이고도 발전적인 방향에서 현행 문제점을 재도출하여 해결방안을 모색해야 할것이다. 또한 최근 GPS와 같은 인공위성을 이용한 측량기법의 실용화와 국토에 관한 각종정보의 수치화가 급속도로 증대되므로써 측량분야의 기술혁신이 그 어느때보다도 절실한 이때에 효과적으로 세계적 추세에 대처하기 위해서는 측량제도의 일원화가 이뤄지든가 또는 현 측량제도하에서 기술적인 교류 및 인적교류가 활성화되고 유기적인 협력체제가 구축되어 운영되기 위한 기구설치 등과 같은 제도개선을 모색하여 측량분야의 역량을 집중시킴으로써 현재 측량좌표계의 이원화에 따른 문제점을 효율적으로 해결해야 할것이다.

6. 결 언

우리나라의 국토측량은 1910년초에 구한국정부의 도지부에 설치된 토지조사국의 개설로 시작되었으나 동년 한일합방으로 인하여 이 기관이 조선총독부에 소속되었고 조선총독부에 임시토지조사국이 설치되어 토지조사사업을 수행하게 되었다. 이와같이

우리나라 국토측량의 수행과정 및 성과는 실행당시 여러가지 정치·사회적 여건에 영향을 받았으며 이러한 여파가 현재 사용되고 있는 측량성과에 포함되어 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 삼각측량의 역사적 배경과 투영법으로써 Gauss-krüger투영법의 채택 및 평면직각좌표계 원점의 설치문제, 측량원점의 현황과 측량좌표계의 이원화 등에 대해 분석, 평가하므로써 앞으로 우리나라 측량좌표계의 개선 및 관리방안을 제시하고자 한다.

첫째, 당시의 형편상 경위도원점 설치에 어려움이 있어 일본의 동경원점을 기준으로 삼각망을 연결하여 우리나라 삼각망을 구성하였으며 구한국정부에서 수행한 구소삼각측량 시행지역과 1912년 시가지 조사를 급히 시행할 필요로 인하여 실시한 특별소삼각측량 시행지역에 설치된 삼각점 성과를 대삼각망에 편법으로 연결시키므로써 이들 지역과 기타 대삼각망 지역과의 정확도 측면에서 괴리를 발생시켰다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 우리나라 전역에 걸친 대삼각망을 구성하여 동시조정을 하는 수 밖에 없다. 여기에는 많은 시간과 경비 및 인력이 동원되어야 하는 어려움이 있으나 언젠가는 우리 기술에 의해 전국에 걸친 대삼각망 구성을 해야된다는 전제를 세워 구체적인 계획을 수립하여 시행해야 할 것이다.

둘째, 우리나라는 현재 평면직각좌표의 원점으로 통일원점 3점, 기타원점 11점이 있으며 기타원점 11점은 구소삼각측량이 시행된 지역인 경기 및 경북지역에 밀집되어 위치하고 있고 통일원점 또한 북위 38° 부근에 경도 2° 차 간격으로 배치되었다. 따라서 남한 전역을 효율적으로 관리하기에는 미흡한 실정이므로 이에 대한 개선책이 요구되고 있다. 1984년 수행된 우리나라 정밀삼각망 조정에 관한 연구에서 제안된 총 7개의 평면직각좌표원점을 제고할 필요가 있다. 우리나라는 남북으로 국토가 길게 위치하고 있으므로 Gauss-krüger투영법을 이용하여 계산된 성과와 실용 성과를 비교검토한 결과 통일원점이 북위 38° 선에 위치한 관계로 남해안 지역에서 허용오차 범위를 초과하고 있는 것으로 분석되어 현재의 북위 38° 선에 위치한 통일원점 3개와 북위 36° 선상에 경도차 2° 간격으로 하여 125° E, 127° E, 129° E로 3개를 내륙에 추가 설치하고 제주도 지역을 위해 북위 34° 선과 경도 126° 선에 1개의 통일원점을 설치하여 총 7개의 평면직각좌표원점의 설치를 신중히 검토할 필요가 있다고 사료된다.

셋째, 한국의 삼각망위치와는 관계없이 바다 건너 멀리 떨어져 있는 동경원점이 측량원점으로 되어있어 그 오차가 편중되어 있다는 것은 쉽게 예견할 수 있다. 우리나라도 1981년부터 1985년까지 천문측량을 수행하여 국립지리원 구내에 측량원점으로 역할을 할 수 있는 경위도원점을 설치하여 그 성과를 고시하였다. 그러나 이 측량원점은 우리나라 삼각망의 좌표계 출발점으로서 역할을 다하고있지 못하는 실정이다. 따라서 전국에 걸친 대삼각망조정시 국립지리원내에 위치한 경위도원점을 출발점으로 하고 뒤틀림을 바로잡기 위해 Laplace점을 사방 50km간격으로 배치하여 조정하므로써 우리나라 측량좌표계의 새로운 설정이 요구된다.

넷째, 측량법에 의한 기본측량·공공측량 등과 지적법에 의한 지적측량은 측량체계

상 동일한 것이며 측량성과의 활용 및 측적차원에서 분리될 수 없는 밀접한 관계를 갖고 있다. 그러나 1950년 지적법이 제정·공포되면서 지적측량에 관한 사항이 규정되고 1961년에는 측량법이 제정·공포되어 제도적으로 이원화 되었다. 이에 따라 측량법에 규정한 측량은 측량기술자만 할 수 있고 지적법에 규정된 지적측량은 지적기술자만이 할 수 있도록 되므로써 측량기술 및 인적교류의 단절과 측량업무의 중복실시 등 부정적인 측면이 야기되었다. 결과적으로 이와 같은 제도적 이원화는 측량기술발전을 저해하고 예산낭비를 초래했으며 측량좌표계가 측량 및 지적으로 이원화 되게 되었다. 이러한 이원화 문제를 해결하기 위해서는 편견에 입각한 독선적이고 주관적인 관점에서 문제를 제시할 것이 아니라 보다 논리적인 관점에서 객관적이고 발전적인 방향으로 현행 문제를 해결할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다. 따라서 현재 이원화 되어 있는 측량제도를 일원화 시킨다든가 아니면 현 제도하에서 상호 기술 및 인적교류가 원활히 이뤄질 수 있는 협력단체 또는 연구기관을 설치하는 등 제도개선을 모색해야 할 것이다.

다섯째, 최근 위성측량기법의 개발에 의해 GPS에 의한 3차원 위치결정이나 SPOT위성을 이용한 3차원 지형정보추출이 가능해졌다. 이러한 새로운 측량기술의 출현은 현재 우리나라가 안고 있는 측량좌표계의 여러문제를 해결시켜 줄 수 있는 가능성을 높여주고 있다. 우리나라는 Bessel(1841) 지구타원체를 채택하여 측량좌표계를 구성하고 있으며 GPS는 WGS 84(1984)라고 하는 세계측량좌표계를 기준으로 하여 위치결정을 하고 있다. 또한 SPOT위성은 GRS 80(1980)좌표계를 이용하고 있으나 WGS 84의 타원체 축, 관계계수 및 중력모델 등에서 같은 값을 사용한다. 따라서 현재 Bessel 지구타원체와 WGS 84좌표계간의 정확한 좌표변환이 이뤄질 수 있는 연구가 진행되고 있어서 앞으로도 이에 대한 연구를 체계적으로 수행할 필요가 있으며 GPS를 이용한 WGS 84에 준거한 측량원점 설정도 가능하므로 현재 측량좌표계가 갖고 있는 문제점을 해결하기 위해 새로운 측량기술 도입에 대해 신중하고도 적극적인 연구·검토가 요구된다.

참고 문헌

1. 국립지리원, "우리나라 정밀 삼각망조정에 관한 연구", 1984.
2. 국립지리원, "우리나라 기설측지망에 관한 조사연구".
3. 국립지리원, "한국의 원점에 관한 측지학적 고찰".
4. 대한측량협회, 측량, 6월호, 1986, pp24 ~ 29.
5. 내무부 한국전산원, "한국종합토지정보시스템 구축방안", 1993.
6. J. P. Snyder, "Map Projections-A Working Manual", U. S. Government Printing Office, 1987.
7. J. Star, J. Estes, "An Introduction Geographic Information Systems", Prentice Hall, 1990.
8. P. M. Janiczek, "Global Positioning System", Vol.1, 2, 3, The Institute of Navigation, 1980.