

# 우리나라 정밀 1차 측지망 측량의 성과분석 Evaluation of the Net Strength and Accuracy of Korea Precise Primary Geodetic Network

최재화\* · 최윤수\*\*

Choi, Jae-Hwa · Choi, Yun-Soo

## 要 旨

우리 나라의 독자적인 원점체계에 의한 정밀 측지망성과의 확립을 위하여 1975년에 착수된 정밀 1차 측지망 사업은 1993년에 제1회 관측이 완료되었으며 1994년에는 일부지역에 대한 보충관측이 진행되고 있다. 본 연구에서는 측지망 측량성과의 정확도 및 측지망 강도를 평가하고자 작업구역별, 블럭별 조정계산을 실시하였다. 조정 및 분석결과, 작업규정 전반에 대한 수정, 보완을 위한 체계적인 연구가 필요하며, 정밀측지망의 실용성과 산정에 필수적인 기초자료가 확보되었다.

## ABSTRACT

In order to produce a consistent set of coordinates of the Korea Precise Primary Geodetic Network (PPGN) based on Suwon Datum, PPGN survey with the use of EDM had carried out between 1975 and 1993. In this study, data arrangement and rigorous adjustment was carried out to assess the net strength and local weakness and to evaluate the accuracy of PPGN. ss, specification for PPGN survey would be systematically studied and revised to new technology and field conditions. And basic data for redefinition of official coordinates of 1st and 2nd triangulation points is obtained.

## 1. 서 론

현재 국립지리원에서 추진 중인 정밀측지망 측량 사업이 완료되면 대한민국 경위도원점을 출발점으로 하는 우리 나라 독자적인 원점체계에 의한 정밀측지망이 설정되는 동시에 국제수준의 높은 정확도를 가진 실용성과의 정립이 가능하게 될 것이다.

1975년에 착수한 정밀 1차 기준점측량은 1993년에 일부지역을 제외한 전국 대부분 지역의 제1회 관측이 완료되었다. 1986년에 착수한 정밀 2차 기준점측량은 현재의 사업량으로 이를 추진하는 경우 전국토의 측량에는 앞으로 약 20여년이 더 소요될 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 정밀 1차 측지망 관측자료(1975-1992)를 연도별, 블럭별로 조정 분석하여 정확도 평가 및 오차 전파 상태를 파악하고,

정밀삼각망 실용성과의 갱신에 필수적인 기초자료를 확보하여 한국원점 성과의 구축에 기여토록 하는 데에 그 목적이 있다.

## 2. 정밀 1차 기준점 측량 현황

### 2.1 관측의 개요

조선토지조사 사업에 의한 우리나라의 측지사업은 일제에 의하여 국가적인 현안사업으로 추진되어 그 당시로서는 단시일에 놀라운 성과를 이룩한 사업이었으나, 8.15 광복 후 우리 손으로 추진된 측지사업은 사회적, 경제적 여건의 미비와 기술상의 취약성으로 인하여 그 초기에는 많은 어려움을 겪어야만 했다. 그러나 6.25 동란이 계기가 된 군용지도의 제작과 때를 같이 하여 측지사업이 시작되었다.<sup>1-3,9,14)</sup>

그 시점에서 기설 측지기준점은 삼각점의 경우 70% 이상이, 수준점은 거의 완전히 망실 또는 손괴되었기 때문에 이를 조사, 복구하기 위한 사업에 불과하였

\*성균관대학교 교수

\*\*안성산업대학교 전임강사

지만 그 의의는 상당히 크다.<sup>16,17)</sup>

1953년을 전후하여 미국동사령부와 일본 지리조사소(현 국토지리원)가 제휴하여 우리나라 측지망과 일본 측지망을 연결하는 측량을 계획한 것은 매우 흥미있는 일이다.<sup>11,17)</sup>

1960년대 후반에 이르러 지도제작과 각종 공공측량의 활성화에 따라 망실된 삼각점의 응급복구사업이 증점적으로 추진되어 왔으나 국지적이고 응급조치적인 복구사업으로는 삼각점의 효과적인 정비를 기할 수 없을 뿐만 아니라 그 정확도의 부정합성이 확대, 가중되는 결과를 초래하였다.<sup>12,13,16,19)</sup>

따라서 측지사업을 본격적으로 또한 체계적으로 추진한 시기는 국립지리원의 창설(1974년) 이후라 할 수 있다. 국립지리원에서는 1975년부터 전국에 균등하게 배정된 1300여점의 1등 삼각점과 2등 삼각점을 기초(일부지역에는 3, 4등 삼각점도 포함)로 하여 정밀 1차 측지망을 구성하고, 1차 기준점망에 포함된 모든 변을 측정하는 삼변 측량방식으로 정밀 1차 측지망 사업을 실시해 오고 있다. 평균변장은 10 km이나 일부에서는 그 이상이 되는 것도 있다(그림 1 참조).

측지망 전체의 목표정확도는 자유망 조정할 때의 정규방정식의 노름(norm) 최소해에 의하여 얻어진 분산-공분산행렬의 대각요소 평균치의 제곱근(즉 표준편차)을 채용하고 있으며, 그 상한 좌표오차는 3 cm이다.

1975년부터 1992년까지 시행된 정밀 1차 기준점 측량은 K & E의 Range Master I(1976-78), Range Master II, III(80년 후), AGA의 G-6,000(1990년 이후)으로 거리관측을 실시하였으며, 연직각은 Wild T3를 사용하여 쌍방에서 동시관측을 실시하였다.

연도별 관측삼각점 및 관측변수는 표 3과 같으며 1992년까지 실시된 총 관측점수는 963점이고, 총 관측변의 수는 약 2800변, 평균변장은 10.8 km이다(표 3 참조). 단 육군 지도창에 위탁한 사업물량은 포함되지 않았으며 1993년 관측이 끝나면 일부도서 지역을 제외한 남한 전역의 관측이 완료될 예정이다.

현재 국립지리원에서 용역으로 시행하고 있는 정밀 1차 측지망 사업의 작업 개요는 다음과 같다.<sup>6,7)</sup>

- (1) 단삼각형으로 정밀 1차 측지망을 구성하고 삼변측량 방식을 원칙으로 한다.
- (2) 시통이 되지 않을 경우에는 편심을 할 수 있으나 그 편심거리는  $e < 0.1S$ 를 한도로 한다. 여기서 S는

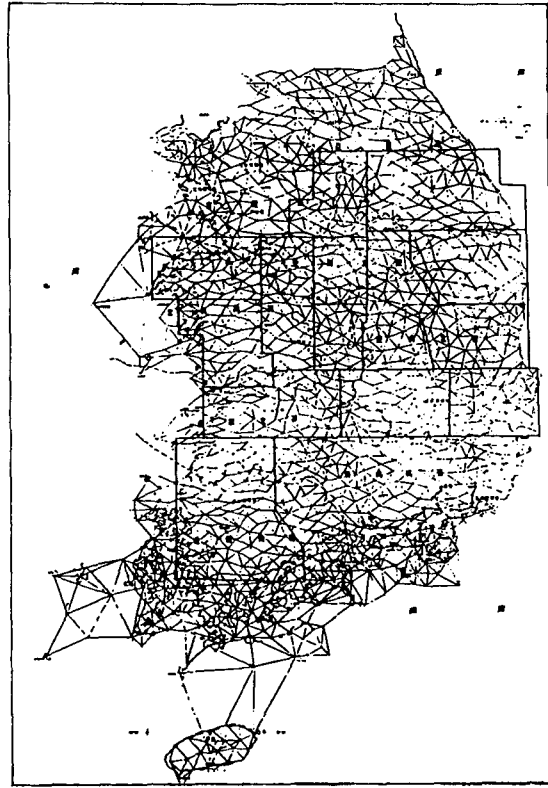


그림 1. 정밀 1차 기준점측량 작업구역

변장이다.

- (3) 삼각형의 내각은  $25^\circ$  이상을 원칙으로 한다.
- (4) 표고는 직접수준측량 또는 측표수준측량에 의하여 표고가 결정된 두개 이상의 고정점에 대한 간접수준측량방법으로 결정한다.
- (5) 거리측정의 세트 수는 3세트로 하고, 세트간의 측정간격은 20분 이상으로 한다.
- (6) 기상보정후의 측정치의 세트간 교차의 제한은 20 mm이다.
- (7) EDM, 데오도라이트, 온도계, 기압계 등 측량에 사용하는 기기는 작업 전후에 검사 또는 검정을 실시한다.
- (8) 측지 기준점의 평면직각좌표, 경위도좌표, 변동벡타 등은 관측치를 기초로 하여 소정의 계산식을 이용하여 다음 표와 같이 계산한다.

평면직각좌표	경위도좌표	각	거리
mm 단위	0".0001	0".1	mm 단위

(9) 조정계산은 일점 일방향 고정에 의한 XY망, BL망 조정계산을 실시한다.

## 2.2 삼각점의 조사

국립지리원에서는 1975년부터 1, 2등 삼각점 복구와 병행될 수 있는 정밀 1차 기준점 측량사업 시행과정에서 작업구역별로 삼각점의 현장조사를 실시하고 다음 3가지로 분류하고 있다.<sup>15,17)</sup>

(1) 완전 : 표주 및 반석이 완전한 상태로 보전되어 있는 점

(2) 복구 : 표주는 파손되었으나 반석이 보전된 점

(3) 재설 : 표주 및 반석이 완전히 파손된 점

본 연구에서는 삼각점 성과표의 비교란에 기술된 내용과 신규성과표 비교대상, 삼각점의 표고변화량을 감안하여 삼각점조사를 실시한 결과 표 1에서와 같이 완전점이 19%, 복구점이 24%, 재설점이 57%로 나타나고 있다. 성과표의 비교란에 나타난 기록을 시대별로 요약하면 크게 1954년 전쟁 이후 현역군인 등에 의한 삼각점 조사, 복구가 부분적으로 실시되었으며, 1959년 지리조사연구소에서 현역군인, 문관들에 의한 대대적인 삼각점 복구사업이 있었다. 또한 60년대 초반 및 60년대 중반에 국립건설연구소에서도 부분적인 삼각점 복구사업을 실시한 기록이 남아 있다.<sup>15,17)</sup>

특히 사회혼란에 따른 삼각점 관리부실과 산의 정상부근에 삼각점이 매설된 관계로 군의 주둔지(관측소, 포대) 또는 헬리포트로 사용됨에 따라서 삼각점의 파손이 가중되었다.

완전점과 복구점의 비율이 1992년 측지연구 “정밀 삼각망의 성과산정 방안에 관한 연구”에서 조사한 내용보다 완전점의 비율이 약 15% 정도 낮아졌으며, 재설점의 비율이 약 8% 증가하였다. 이는 60년대부터 삼각점 복구사업이 실시되어 왔으며 현재 시행되고, 삼각점 조사는 사업년도마다 그 당시의 삼각점 상태를 기준으로 답사, 조사 및 선점을 실시하기 때문이다. 또한, 삼각점조사를 실시할 때에는 레벨을 이용하여 표주의 경사방향과 경사량을 측정하여 삼각점의 이상을 결정하는 것이 원칙이나 육안조사를 위주로 하였기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 삼각점 성과갱신의 방향이 기설 1, 2등 삼각점에 결합하는 방식이 채택되면 지금까지의 단편적인 삼각점조사와는 달리 보다 체계적인 삼각점조사,

다시 말해서 개개 삼각점마다 조선총독부 성과표, 국방부 지리연구소시절부터 현재까지의 관계자료에 대한 종합적인 조사, 분석 및 현지조사를 실시하여 삼각점의 이력관리를 위한 데이터베이스를 구축해야 한다.

## 3. 조정 및 관측자료 분석

### 3.1 연도별 조정

관측자료의 양부를 판별하고, 작업구역별로 망의 정확도 및 강도를 파악하여 블럭별 분석 및 전국 동시조정을 실시하기 위한 기초자료를 확보할 수 있도록 BL망에 의한 연도별 조정을 실시하였다.

연도별(작업구역)로 관측하여 보정계산 및 점검계산

표 1. 삼각점 현황

연도	총점수	복구	완전	재설	비고
75	40	15	4	21	
76	40	12	2	26	
77	70	21	18	31	
78	60	15	15	30	
79	50	16	13	21	
80	30	14	3	13	
81	30	5	9	16	
82	30	13	4	13	
83	30	10	3	17	
84	50	15	7	28	
85	50	18	9	23	
86	50	17	10	23	
87	60	14	14	32	
88	50	13	12	25	
89	50	3	22	25	
90	100	7	11	82	
91	100	14	19	67	
92	73	10	9	54	
합계	963(100)	232(24%)	184(19%)	547(57%)	

등을 실시한 현지계산의 내용과 초기좌표(완전점 및 복구점의 초기좌표는 성과표 좌표) 및 관측자료로부터 작업규정상의 중량을 적용하여 조정 계산을 실시하였다(표 2 참조).

관측자료의 오류를 방지하고자 연도별로 1점 1방향을 고정한 조정을 실시하고, 작업구역별로 관측성과를 분석하기 위하여 자유망조정을 실시한 결과는 표 3과 같으며, 연도별 경향은 그림 2와 같다.

자유망 조정계산을 통한 정밀 1차 기준점망의  $\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$  의 최대값은 0.051 m/초, 평균값은

표 2. 작업규정상의 관측치 중량

구 분	$m_t$	$m_s$	r
정밀 1차측지방	1".0	0.5 Cm	$2 \times 10^{-6}$

표 3. 연도별 조정계산 결과

연도	미지점수	관측변수	$\sigma_0$	$\sigma_s$	$\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$
75	40	81	-	-	-
76	40	113	1".28	2.83	0.036
77	70	199	1".31	3.06	0.038
78	60	167	1".50	3.34	0.039
79	50	146	1".44	3.14	0.032
80	30	103	1".19	2.62	0.036
81	30	98	1".11	2.48	0.036
82	30	102	1".38	2.94	0.030
83	30	96	0".78	1.67	0.033
84	50	173	1".13	2.41	0.037
85	50	150	1".12	2.40	0.031
86	50	156	1".27	2.71	0.035
87	60	177	1".39	3.15	0.044
88	50	170	0".94	2.13	0.047
89	50	157	1".93	4.51	0.051
90	100	280	1".20	2.77	0.036
91	100	280	1".08	2.39	0.036
92	100	319	1".23	2.81	0.051
평균			1".26	2.78 Cm	0.039

0.039 m/초로 정밀 1차망에 대한 작업규정의 제한 0.030/초보다 20% 정도 크며, 1989년, 1992년의  $\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$  의 값은 작업규정의 제한을 상당히 초과하는데 이는 작업지역의 지형적인 상황과 동해안, 남해안 지역의 도서지방 연결에 의한 기하학적인 망의 강도약화가 상당함을 보여준다. 좌표오차는 망의 중앙에서 외곽으로 갈수록 약간 커지면서 평균화되는 경향이 있다(그림 4 참조).

1점 1방향 고정인 경우에는  $\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$  의 평균값이 0.350 m/초이고, 고정점에서 멀어질수록 커진다(그림 4 참조).

자유망 조정에 의한 1978년의  $\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$  는 0.238 m로 상당히 크게 나타났는데 이는 점 1432의 기하학적 조건이 불량하여 발생한 것으로 이 점을 제거하고, 조정계산을 실시하면  $\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$  가 0.039 m이다. 즉, 자유망조정의 결과가 망의 강도를 검토하고, 망에 대한 정확도와 강도 등이 상대적으로 약하거나 부족한 곳을 판별하는 데에 효과적임을 보여준다.

또한 국부적으로 망의 강도가 약한 부분이 망전체의 강도를 현저하게 약화시키므로 그 지역에 각이나 거리의 측정량을 추가시켜 망의 강도를 강화시키거나 보다 높은 정밀도로 측정하는 것이 필요하다(그림 2, 3 참조).

정밀 1차 기준점측량의 단위중량에 대한 표준편차  $\sigma_0$ 는 최소 0.78", 최대 1.93"이고, 평균 1.26"로서 작업규정 제한치 1.0"를 초과하며, 평균위치 정확도는 4.91 cm로 목표정확도 3 cm보다 크게 나타났다.

그러나 정밀기준점 측량의 작업규정이 일본의 경우를 참고하여 작성된 관계로 우리나라 정밀 1차망

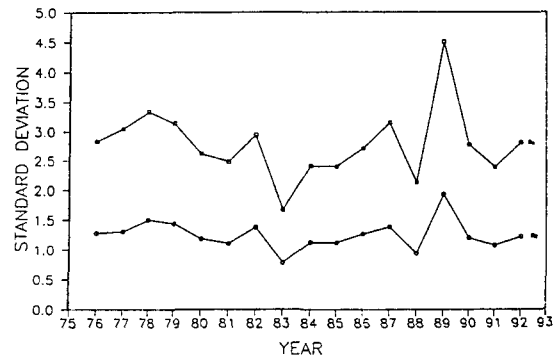


그림 2. Mo의 연도별 경향

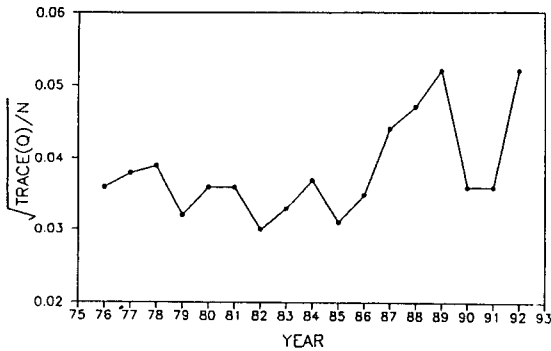


그림 3. SQRT(Trace(Q)/n)의 연도별 변화

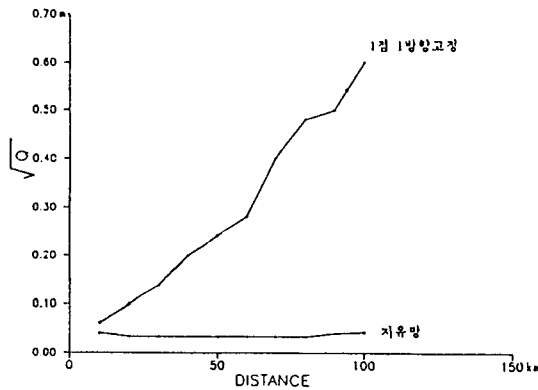


그림 4. 정밀 1차 기준점망의 강도

의 평균변장이 10.8 km(일본 8 km)이므로 표준오차가 작업규정의 제한보다 다소 크게 나오는 것은 타당하다고 하겠다. 특히 15 km를 초과하는 관측변에 대한 기상보정, 광파측거의 성능에 대한 고려가 미비하다. 또한, 우리나라의 경우 주로 지형도(1 : 50,000) 상에서만 선점하고, 기기검정의 미비, 측정시간대 등을 고려하면 예상된 수준이다.

특히, 89년의  $\sigma_0$ 는 1.93"로 작업규정의 최대허용치를 크게 초과하고 있으므로 이에 대한 연구검토가 요망된다. 거리의 잔차는 0.4S(단, S는 관측거리)를 초과하는 관측치가 전체적으로 극소수이다.

작업구역별로 경사거리를 수평거리로 보정하고 수평거리를 평균해면상의 거리로 투영하기 위하여 연직각의 동시관측 자료에 의한 고저망(H망) 조정을 실시하였다. 이를 분석하기 위하여 1990~1992년 연직각 관측자료와 측표수준 측량된 수준점을 이용하여 작업구역별로 조정된 결과  $\sigma_h$ 가 1.86", 1.85", 1.80"로 정밀 2차 기준점 측량의 허용치 3.0" 이내이고, 1방향

표 4. 블록 I, II의 개요

구분	관측지역	작업년도	삼각점수	관측변수	평균변장
블록 I	북위36이북	76-86	500	1407	10.7
블록 II	북위36이남	87-92	463	1298	11.1

표 5. 블록 I의 개요

구분	관측년도	미지점수	관측변수	평균변장
DA11	80-86	297	826	10.5(km)
DA12	76-81	287	784	10.9
DA14	82-86	226	626	10.4
DA16	77-79	190	498	11.0
DA17	76-79	263	682	11.0

관측치의 허용잔차 4.0"을 초과하는 관측치는 없었다.

### 3.2 블록조정

관측자료의 체계적인 분석과 연도별 조정에 의한 오류방지 및 작업구역별 성과납품에 따른 문제점을 파악하고자 1975년부터 1992년까지 관측된 지역을 컴퓨터의 계산용량, 작업구역, 삼각점수, 관측량을 고려하여 북위 36°를 기준으로 2개의 블록으로 나누었다. 블록에 관한 내용은 다음 표 4, 5와 같으며, 보다 세밀하고 체계적인 분석을 위하여 이 블록들을 다시 소블록으로 나누어 조정을 실시하였다(그림 1 참조).

#### 3.2.1 블록 I

블록 I은 정밀 1차 측지망 측량사업 초창기인 1975년부터 정밀 2차 측지망사업이 시작된 1986년까지의 관측지역으로, 먼저 서에서 동으로(서울, 경기지역에서 강원지역: 75-78) 관측을 실시하고, 동에서 서(강원, 경북북부에서 충남: 79-86)로 관측을 실시하였다. 이러한 작업방향은 작업구역 인접부의 관측치가 2년이 경과하지 않으면 사용할 수 있는 장점이 있다. 면적으로 보면 전국토의 50%를 포괄하는 중부지방으로 강원, 경북의 표고 1,000 이상 태백산맥지역과 동해안, 서해안 지역이 포함되어 있다.

블록 I의 조정계산에 사용된 삼각점 수는 500점이고, 관측변 수는 1407변으로 조정계산을 실시할 때 측지망 외곽지역의 강도(Strength)를 강화하기 위하여 블록 II의 일부 관측치를 추가하였기 때문에 실제 75

표 6. 블록 I 조정결과 (1점 1방향 고정)

구 분	관측년도	미지점수	관측변수	평균변장	M <sub>0</sub>	M <sub>s</sub>
DA11	80 - 86	297	826	10.5	1".28	2.76
DA12	76 - 81	287	784	10.9	2".06	4.60
DA14	82 - 86	226	626	10.4	1".28	2.73
DA16	77 - 79	190	498	11.0	2".18	4.92
DA17	76 - 79	263	682	11.0	2".07	4.69

년부터 86년까지 관측된 변수와 다소 차이가 있다. 평균 관측거리는 10.7 km로 작업규정상의 표준 관측거리 10 km를 초과하며, 특히 15 km를 초과하는 관측치도 상당수가 있다.

보다 세밀하고 체계적인 분석을 위하여 이 블록을 다시 소블럭으로 다음과 같이 나누어 조정을 실시하였다(표 5 참조).

먼저 블록 I을 정밀측지망 사업 초창기인 70년대 관측블럭(DA12, DA16, DA17)과 사업정착기인 80년대 블럭(DA12, DA14)으로 나누어 조정계산을 실시한 결과 다음과 같다(표 4, 7 참조). 작업구역별로 조정된 결과와 달리 블럭 DA11을 1점 1방향 고정하여 조정된 결과 단위중량의 표준편차가 2.06"으로 상당히 커서 70년대 관측구역을 2개의 블럭(DA16, DA17)으로 구성하여 조정된 결과, 표고가 1,000 m를 초과하는 삼각점이 많이 포함되고 해안지역이 포함된 블럭 DA16(77-79)의 표준편차가 2.18"로 나타났다. 이는 사업초기 단계에 광과측거의 성능이상(77-79), 기술자의 관측경험부족, 온도계, 기압계의 점정에 대한 인식부족 및 컴퓨터의 미보급에 따른 현지 점계산, 관측완료 후의 조정계산 미비에도 원인이 있다. 특히 이 지역은 지형이 험준하고, 표고가 1,000 m를 초과하는 삼각점이 많아서 산악지역에 대한 관측경험 미비와 고산지대와 해안지역에서의 국부적이고, 순간적인 기상변화(온도가 관측점간에 10°C 이상 변화)에 대한 충분한 사전 검토없이 사업을 추진한 결과로 사료된다. 조정결과를 정리하면 표 6과 같다(표 6 참조).

### 3.2.2 블록 II

블록 II는 정밀 1차 측지망 측량사업 성숙기인 1987년부터 1992년까지의 관측지역으로, 먼저 동에서 서로(전북지역에서 경남지역: 87-89) 관측을 실시하고, 다

표 7. 블록 II

구분	관측년도	미지점수	관측변수	평균변장
DA921	90-92	299	828	11.0(km)
DA789	87-90	288	769	11.2
DA679	86-90	343	922	11.1
DA21	87-88, 90-92	414	1158	11.0
DA13	89,92(A)	109	278	11.4

시 서에서 동(전남지역에서 부산, 경남지역: 90-92)으로 관측을 실시하였다. 면적으로 보면 전 국토의 50%를 포괄하는 남부지방으로 표고 1,000 이상 지리산지역과 남해안, 동해안, 서해안 지역이 포함되어 있다.

블록 II의 조정계산에 사용된 삼각점수는 463점이고, 관측변수는 1302변으로 조정계산을 실시할 때 측지망 외곽지역의 강도(Strength)를 강화하기 위하여 블럭 I의 일부관측치를 추가하였기 때문에 실제 87년부터 92년까지 관측된 변수와 다소 차이가 있다. 평균 관측거리는 11.1 km로 작업규정상의 표준 관측거리 10 km를 초과하며, 특히 15 km를 초과하는 관측치 상당수가 있다.

보다 세밀하고 체계적인 분석을 위하여 이 블록을 다시 소블럭으로 다음과 같이 나누어 조정을 실시하였다(표 7 참조).

먼저 블록 II를 80년대 관측블럭(DA789, DA679)과 사업완성기인 90년대 블럭(DA921)으로 나누어 조정계산을 실시한 결과 다음과 같다(표 4, 8 참조). 작업구역별로 조정된 결과와 달리, 블럭 DA789를 1점 1방향 고정하여 조정된 결과 단위중량의 표준편차가

표 8. 블럭 I 조정결과 (1점 1방향 고정)

구 분	관측년도	미지점수	관측변수	평균변장	M <sub>0</sub>	M <sub>s</sub> (cm)
DA921	90 - 92	299	828	11.0	1".18	2.66
DA789	87 - 90	288	769	11.2	1".42	3.26
DA679	86 - 90	343	922	11.1	1".54	3.48
DA21	87 - 88, 90 - 92	414	1158	11.0	1".36	3.07
DA13	89, 92(A)	109	278	11.4	1".85	4.31

표 9. 정밀 1차 측지망 관측거리의 분포

거리	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
관측수	0	2	109	593	867	655	333	143	38	13	6	8

1.54"로 다소 커서 단위중량의 표준편차 1".93으로 큰 89년 관측치를 제거하고 블럭 DA21을 구성하여 조정된 결과 1.36"으로 다소 양호한 결과를 얻을 수 있었으며, 이는 89년 관측지역이 임해공단지역(포항, 울산)으로 기상관측에 문제점이 있을 것으로 추정되나 추후 관측치에 대한 정밀한 검토가 요망됨을 알 수 있다. 조정결과를 정리하면 표 8과 같다.

#### 4. 결과 및 고찰

우리나라는 1910년대의 측량관계 자료가 모두 소실되어 측지망에 대한 분석자료가 거의 없고, 체계적인 복구사업을 실시하지 않고서 응급조치식으로 처리해 온 관계로 정밀 1차 기준점 측량 작업규정의 각종 제한 및 정확도 등을 외국의 경험적 자료에 기초하여 준용하고 있는 실정이다. 따라서 지금까지 관측된 실측자료를 이용한 작업규정의 수정과 보완이 필요하다.

현재까지 실시된 정밀 1차 측지망은 관측년도에 선점과 답사를 동시에 실시하기 때문에 실측과정에서 여러 문제점을 안고 있다.

즉, 국부적으로 기하학적 망의 강도가 불안하고  $\sqrt{\text{Trace}(Q)/n}$ 의 값이 다소 크다. 이는 주로 1:50,000 지형도상에서 시각적 판단에 의하여 선점을 실시하고, 1, 2등 삼각점을 위주로 1차 측지망을 구성했기 때문이다. 따라서 관측 전에 시뮬레이션에 의한 망의 강도를 계산하고 국부적으로 강도가 약한

곳에 대한 각관측이나 거리관측을 추가하거나 3등 삼각점의 이용이 필요하다.

또한, 관측작업은 현지상황에 크게 좌우되는 작업이므로 철저한 현지조사 및 선점이 필요하고, 시동 확보를 위한 별목 등으로 인한 문제점을 해소하기 위하여 이동식 측표개발이 시급하다고 생각된다. 특히, 산악지대, 해안지역의 순간적이고 국부적인 온도 변화에 대한 신중한 연구검토가 필요하다.

정밀계측기기인 광파측거의 및 테오돌라이트, 기압계, 온도계의 정확하고 적합한 검정에 대한 기술개발 및 제도적 보완이 필요하다. 광파측거의에 의한 거리측정의 정확도는 공기 굴절율의 정확도에 좌우되므로 15 km 이상 거리관측에 습도관측을 의무화하고 작업 전후의 주파수검정 및 검기선에 의한 거리변화량 보정이 실시되어야 한다.

평균관측 거리는 10.8 km로(작업규정상의 평균관측 거리 10 km) 최대 29 km를 초과하는 변장도 있으며 15 km를 초과하는 변장이 208번으로 총관측변의 7.5%에 해당된다(표 9, 그림 5 참조). 즉, 15 km를 초과하는 변에 대한 관측작업시에 관측기계의 성능, 기상보정 요소의 측정 및 보정계산식 등 현행작업규정의 적용에 대한 검토가 필요하다.

특히 현지계산, 작업시기, 관측시각을 준수하고, 연직각 쌍방관측을 반드시 실시해야 할 것이다.

작업구역별 조정계산의 결과와 블럭조정 결과에서는 예비조정계산을 작업 구역별로 실시하지 말고, 인접 작업구역과 블럭을 구성하여 조정하는 것이 타

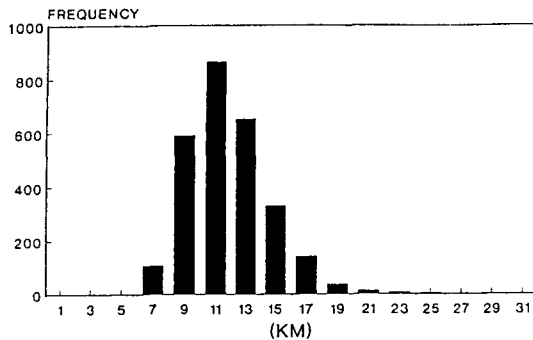


그림 5. 정밀 1차 측지망의 관측거리 분포도(1975-1992)

당하고 일부 지역에 대해서는 관측량 추가에 의한 망의 강도 증대가 필요함을 보여주고 있다. 관측기간의 장기화(20년)로 인한 관측장비의 변화와 관측성과의 비균질성을 극소화하기 위한 10년 주기의 측지망 반복관측이 요망된다.

이 밖에 정밀 1차망 관측자료는 1975년 관측치부터 투영보정된 거리관측치를 중심으로 전산입력되어 있으며 H 망 관측자료는 1989년부터 전산화되고 있다. 앞으로 측지관측자료의 체계적인 관리 및 측지망 관리의 효율성을 높이기 위한 측지망 데이터베이스를 구축해야 된다.

## 5. 정밀 측지망 성과산정의 기본방향

우리나라의 기설삼각점 성과는 조선토지조사사업 당시의 측량성과를 근거로 하고 있으며 6.25 동란 이후의 복구측량을 거쳐 응급처리된 성과를 관리해 오고 있다. 따라서 이 실용성과의 정확도와 체계를 재편해야 할 필요성이 절실한 실정이다. 그러나 실용성과가 변경된다면 기준지도와 지적도의 재제작이나 공공측량의 결과를 재측량해야 되는 중대한 문제점이 야기되므로 신중한 대처가 필요하다.<sup>17,20-22)</sup>

장기적인 측면에서 볼 때 정밀 1, 2차 기준점망에 의하여 기설삼각망을 완전하게 대체할 수 있겠으나 정밀 2차망의 구성이 완료되는 데에는 20여년의 기간이 소요될 것으로 예상되므로 기설삼각망의 체계를 유지하면서 성과를 갱신해 나가는 단기적인 측면을 고려치 않을 수 없다.

따라서 단기적으로 정밀측지망 조정체계를 2원화하여 측지성과를 과학기술성과(scientific network)와

부분갱신된 실용성과(official coordinates) 2가지로 분리하는 방안이 타당할 것으로 판단되며 그 기본 방향은 다음과 같다.

### 5.1 과학기술성과 산출

장기적으로는 측지기준계를 완전히 바꾸어야 되므로 장기계획에 의해 정밀 1차망을 높은 정확도로써 재구성하고 위성측량(GPS, SLR), VLBI 등의 신기술을 도입하여 한국원점의 정립과 새로운 한국원점성과를 구축하며, 단기적으로는 실용성과의 혼란을 방지하기 위하여 이 결과를 과학기술용 성과(scientific network)로 사용한다.

### 5.2 잠정실용성과 산출(부분 갱신된 실용성과)

전국 규모로서 정밀 1차 측지망의 동시조정을 실시하여 측량성과에 대한 분석과 평가를 실시하고 기설 1, 2등 삼각점의 정확도를 평가하며 기설 1등 삼각점에 결합한 성과를 산정하여 위성측량, 천문측량의 기초자료로 활용한다.

정밀 2차망은 지역별로 정밀 1차망과 정밀 2차망의 조합에 의해 기설삼각망의 갱신성과를 산정하고 기존성과의 체계를 유지시켜 이용분야의 혼란을 최소화하도록 한다. 따라서 기존의 좌표체계와 관리를 유지하도록 기설 1, 2등 삼각점에 결합하는 방식이 채택될 수 있으며 부분적인 성과갱신의 방안이 필요하다.

그러므로 한국원점의 구축을 위해서는 정밀 1차망의 재정비에 의한 기존의 1차망의 강도증대 및 정확도 향상이 필요하며 여기에는 작업규정의 재정비가 필요하고 정밀 1차기준점 측량이 반복되어야 하는 이유를 종합하면 다음과 같다.

- (1) 지각변동 조사 및 지진예지 등 지구과학적 자료축적
- (2) 통일을 대비한 국제수준의 정확도를 가진 국토위치결정
- (3) 기설 1차망의 강도증대 및 정확도 향상
- (4) 장기적인 한국원점 성과산정에 필요한 유지관리

정밀성과는 보다 면밀한 연구, 검토를 거쳐서 실용성과로서 고시될 수 있으며 추출된 안정점은 갱신성과의 산정에 이용되므로 보다 세심한 유지관리가 필요하다.



새로운 우리나라의 측지기준계는 한국원점 성과 KGD20<sup>17)</sup>의 정립을 통하여 구축될 수 있으며 장기적으로 우리나라 삼각점 성과의 완전갱신이 가능하다.<sup>17)</sup> 이를 위해서는 첨단기술인 GPS 측량, SLR, VLBI 측량, 지오이드모델 개발 등이 필수적이다.

## 6. 결론 및 제언

우리나라 정밀 1차 기준점 측량 관측자료(1975~1992)를 체계적으로 분석하고 이를 토대로 정밀 1차 측지망의 성과산정 방안에 대하여 연구한 결과와 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

(1) 정밀 1차 측지망의 연도별 조정계산 결과, 단위중량에 대한 표준편차( $m_0$ )의 평균치는 1".26, 평균 위치오차가 4.91 cm로 평가되었다.

(2) 관측자료의 체계적인 분석 결과 관측거리가 15 km를 초과하는 관측치가 총관측의 7.5%에 이르고 있어 광파측거의 성능 기상관측, 보정, 투영계산식 등 현 작업규정에 대한 전면적인 검토가 필요하다.

(3) 지각변동 조사에 필요한 기초자료를 확보하기 위한 10년 주기의 정밀 1차망 반복관측이 필요하며, 특히 관측자료의 균질성 확보를 위한 반복 관측주기의 적정화가 요망된다.

(4) 정밀 1차 기준점 산정성과의 정확도 향상을 위하여 작업규정의 제한을 상당히 초과하는 일부 작업구역(관측년도)의 관측치를 정밀 분석하여 보충관측을 실시하고 국부적으로 망의 강도가 약한 지역에 대한 관측망의 추가가 필요하다.

(5) 인접작업 구역과 중복관측을 의무화하고, 이에 대한 예산을 확보하여 관측치들간의 정확도를 평가하고, 균질성을 확보하여야 한다.

(6) 정밀측지망의 정확도 평가는 3개년 이상의 작업구역을 하나의 블록으로 구성하여 정확도 평가를 하는 것이 바람직하다.

(7) 연도별 연직각 관측자료에 대한 전산화가 필요하고 전국적인 H망 조정에 의한 삼각점 표고의 결정 및 검토를 실시하여 거리의 정밀 재투영계산에 의한 측지망의 조정이 필요하다.

(8) 정밀 1차망 성과는 안정된 기설 1, 2등 삼각점에 결합하는 방식으로서 BL망 조정법에 의한 전국규모의 동시망조정을 통해 구하고, 정밀 2차망의 성과는 지역별로 갱신된 1차점을 고정하여 XY망 조정법으

로 갱신하는 것이 바람직하다.

(9) 정밀삼각망 성과의 산정은 정밀 1차망 성과산정과 3, 4등 삼각점 실용성과의 성과산정 2단계로 실시하고 기설삼각점의 체계를 유지하는 것이 합리적이다.

## 감사의 글

본 연구는 건설부 국립지리원의 1993년도 측지연구사업의 일환으로 한국측지학회에서 수행한 연구의 일부로서 자료제공과 협조에 대하여 관계자 여러분께 사의를 표합니다.

## 參考文獻

1. 국립건설연구소. 측지관계 규정집. 1960.
2. 국립지리원. 정밀삼각측량 작업요령. 1975.
3. 국립지리원. 우리나라 기설측지망에 관한 조사연구. 측지기술발전 연구보고서. 1980.
4. 국립지리원. 측량성과기준(안) 및 동해설. 정밀삼각측량. 1980.
5. 국립지리원. 정밀 2차 기준점측량 작업규정. 1986.
6. 국립지리원. 정밀 1차 기준점 측량 작업규정. 1988.
7. 김경수. 1991. 기준점 측량의 작업규정에 대한 연구. 한양대학교 산업대학원 석사학위논문.
8. 백은기, 이영진, 최윤수. 1985. 경위도좌표에 의한 측지망의 동시조정. 대한토목학회 논문집 5(4), pp. 121-127.
9. 안철호. 1985. 우리나라 정밀 측지망의 설정에 관한 연구. 국립지리원.
10. 유복모. 1991. 측지기준점 유지관리에 관한 연구. 국립지리원.
11. 유외준. 1972. 우리나라 측지사업의 당면 문제. 측량창간호, pp. 19-31.
12. 이영진. 1989. 고밀도 측지망의 결합조정에 관한 연구. 한양대 대학원 박사학위논문.
13. 이영진, 이석찬. 1989. 국가 기준점망의 고밀도화를 위한 결합체계. 한국측지학회 7(2), pp. 27-34.
14. 조선총독부 임시토지조사국. 조선토지사업보고서(지반측량편). 1918.
15. 지리연구소. 지리연구소 업무와 내용. 1960.
16. 최재화. 1989. 삼각점 실용성과 산정에 관한 연구. 국립지리원.
17. 최재화. 1992. 정밀삼각망의 성과산정 방안에 관한 연구. 국립지리원.
18. 최재화. 1993. 정밀 1차망의 성과분석 및 활용방안에 관한 연구. 국립지리원.

19. 최재화, 김새걸, 최윤수. 1990. 우리나라 삼각점 실용성과 산정에 관한 연구. 한국측지학회지 8(1), pp. 1-13.
20. 최재화, 이영진, 최윤수. 1992. 국가삼각점 성과의 갱신방안에 관한 연구. 한국측지학회 10(2), pp. 13-24.
21. 최재화, 최윤수. 1993. 우리나라 정밀 측지망의 동시조정. 대한토목학회 논문집 13(1), pp. 151-159.
22. 최윤수. 1991. 우리나라 정밀측지망의 동시조정에 관한 연구. 성균관대 대학원 박사학위논문.
23. 吉村好光, 白井康友. 1988. VLBIによる測地網の規正. 國土地理院 時報 NO. 69, pp. 1-4.
24. 白井康友, 川口保. 1990. 測地觀測量總合網平均に關する研究(第2年次). 日本建設省 國土地理院 研究年報.
25. 日本測量協會. 現代測量學: 第4卷(測地測量), 大日本印刷(株), 東京, 1983.
26. K. Komaki. 1985. The Readjustment of The Meiji First Order Triangulation Network by The Projection Method. Japan G.S.I.