

# 지적측량계산에 일반최소제곱법의 도입 (도근측량방법 중 도선법 기준) An Introduction of General Least Squares on the Cadastral Survey Computation

송원호<sup>1)</sup> · 차득기<sup>2)</sup> · 김수정<sup>3)</sup>

Song, Won Ho · Cha, Deuk Ki · Kim, Su Jeong

<sup>1)</sup> 대한지적공사 지적연구원 기술개발팀 연구원 (E-mail : whsong@kcsc.co.kr)

<sup>2)</sup> 대한지적공사 지적연구원 기술개발팀장 (E-mail: tcha@kcsc.co.kr)

<sup>3)</sup> 대한지적공사 지적연구원 기술개발팀 연구원 (E-mail: ksg05@kcsc.co.kr)

## Abstract

The existing calculation methods of the cadastral traverse survey was established in 1910s and are mostly outdated. The quality of these methods are not adequate to satisfy today's surveyor's needs that use a simple calculation method to distribute the error values.

Thus, the main objective of this research is to find a methodology for appropriate calculation methods of the cadastral traverse survey that uses the general least square adjustment method with weight.

Consequently, least square adjustment method has a better result than the previous one.

▶ Keywords : least square adjustment, traverse survey

## 요 지

지적측량은 지난 100여 년간 국민의 재산권보호를 위한 사명을 수행하여 왔다. 1999년부터 시작된 도면전산화 업무가 2003년도에 종료되면서 디지털(수치화) 도면을 사용할 수 있는 기반이 마련되었으며, 현재는 컴퓨터로 지적측량을 수행하여 보다 정확한 성과를 제시하고 있다.

통계학뿐 아니라 측량계산 분야에 있어서 최소제곱법만큼 유용하고 넓게 이용되고 있는 원리는 없다. 지적측량의 성과를 보다 정확히 향상시키기 위해서는 관측된 데이터의 처리가 중요한 두말할 나위가 없다. GPS 측량의 경우는 그 계산방법에 최소제곱법이 도입되어 활용되고 있지만 도근측량과 세부측량의 계산방법은 아직도 100여 년 전의 방법을 그대로 사용하고 있어 오차의 적절한 처리가 이루어진다고 할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 GPS이외에 각과 거리 등 원시 데이터를 이용하여 최소제곱법을 적용 지적측량에 응용할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

▶ 핵심어 : 최소제곱법, 가중 최소제곱법, 도근측량, 지적측량

## 1. 서 론

지적측량은 크게 기초측량과 세부측량으로 구분된다. 오늘날의 기초측량은 대부분 GPS를 이용하여 처리하고 있으며 계산방법에 최소제곱법이 도입되어 활용되고 있다. 그러나 도근측량의 계산방법은 아직도 전산화되었다고는 하지만 약100여 년 전의 방법을 그대로 사용하고 있다. 이는 세부측량도 마찬가지이다.

관측된 자료의 처리와 계산을 하는 방법이 선진화되어야 할 것이다. 특정 GIS 툴의 경우는 지적에 특화된 응용프로그램을 추가하고 있으며 이는 측량계산에 의한 세부필지의 조정까지도 포함하고 있음을 알 수 있다.

그러므로 국내의 지적측량분야에서도 도근측량과 세부측량, 더 나아가서는 필지의 정리 부분까지 보다는 계산방식이 도입되어야 할 것이다.

## 2. 연구방법 및 범위

연구의 범위는 도근측량의 방법으로 가장 많이 사용하고 있는 도선법에 한정하여 최소 제곱법을 적용하고 이를 프로토타입을 통하여 실험결과를 비교하는 것으로 한정한다.

## 3. 연구내용

### 3.1 현 도근측량의 현황 및 문제점

배각법에 의한 지적도근측량의 계산순서는 아래와 같다.

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| ① 관측성과 등의 이기              | ② 폐색변을 포함한 변수(n)       |
| ③ 관측각의 합계( $\sum\alpha$ ) | ④ 측각오차 및 공차의 계산        |
| ⑤ 측각오차의 배부                | ⑥ 방위각의 계산              |
| ⑦ 각 측정점의 중회선의 계산          | ⑧ 중회선 오차 및 연결오차 공차의 계산 |
| ⑨ 중회선 오차의 배부              | ⑩ 각 측정점의 좌표선정          |

계산방법을 요약하면 각각의 관측각을 합산한 후 측각오차를 구하고, 방위각법에 의한 오차는 측선 수에 비례하여 배부하고 배각법을 사용한 때에는 측각오차를 측선장에 역비례하여 배부한다. 즉 각의 측정에 있어서는 측선장이 길수록 관측오차가 적고 짧을수록 관측오차가 크다는 원리에 기인되는 것이다.

거리에 대하여는 각 측선의 중선차 및 회선차의 합계를 대수화한 실측 중회선차와 출발점과 도착점간의 기지 중회선차는 일치되어야 하는 것이나 각도 및 거리의 관측에서 생긴 오차로 인하여 항상 오차가 생기기 마련이다. 이러한 오차는 방위각법에 의한 도근측량 계산 시에는 중선오차, 중선오차의 배부는 측선의 길이에 비례하여 배부하였으나 배각법에서는 중선차, 회선차의 길이에 비례하여 배부하게 된다.

이러한 계산방법의 문제점으로는

첫째, 도근측량 관측치의 일부에 중대한 오류가 있다하더라도 현재의 도근측량계산방법으로는 이를 판단할 수 없다.

둘째, 계산방법이 오차의 배분을 관측치의 대소에 의존하고 있어 측정치가 동일할 경우 동일한 값에 대한 같은 정도의 오차를 배분하기가 곤란하다.

셋째, 오차를 배분하는 것이 통계학에 근거하지 않고 각과 거리가 큰 것을 우선으로 한다.

넷째, 계산방법이 순서대로 계산되므로 오차가 잘못 배부된 점 이후의 점들은 그 결과의 영향을 받는다.

등이 있다.

### 3.2 프로토타입의 설계

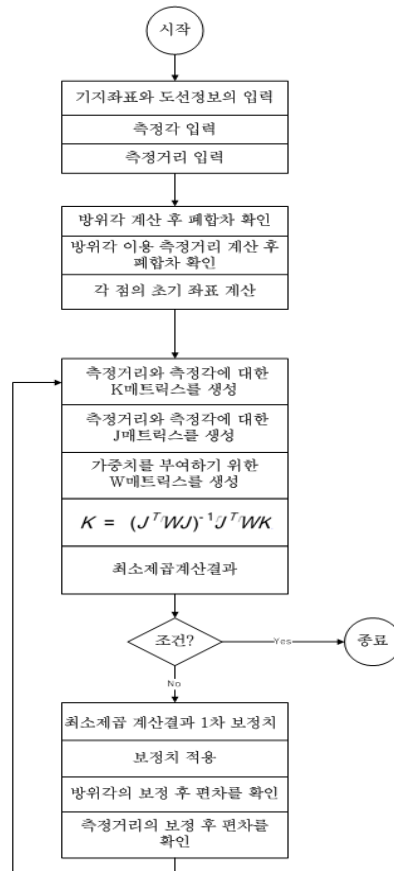
선행연구결과를 통하여 프로토타입의 개발방향을 선정하였다. 프로토타입은 C 계열의 언어로 개발되어야 할 것이며, CAD데이터 등의 파일 입출력 및 그래픽 처리, 실시간 자료 처리 기능, 그리고 가장 중요한 것은 최소제곱법의 로직은 일반최소제곱법에 따르기로 결정하였다. 그 이유는 여러 가지가 있겠지만 그 중 관측 데이터는 프로그램으로 형식화하기가 수월한 반면 조건방정식은 수많은 조건을 형식화하기가 곤란하다는 이유도 있다.

프로토타입은 Visual C++을 이용하여 개발하였으며 Windows 계열의 컴퓨터에서 사용이 가능하도록 하였다.

### 3.2 계산방법

지적도근측량의 오차를 최소제곱법으로 계산하기 위한 방법은 아래와 같다.

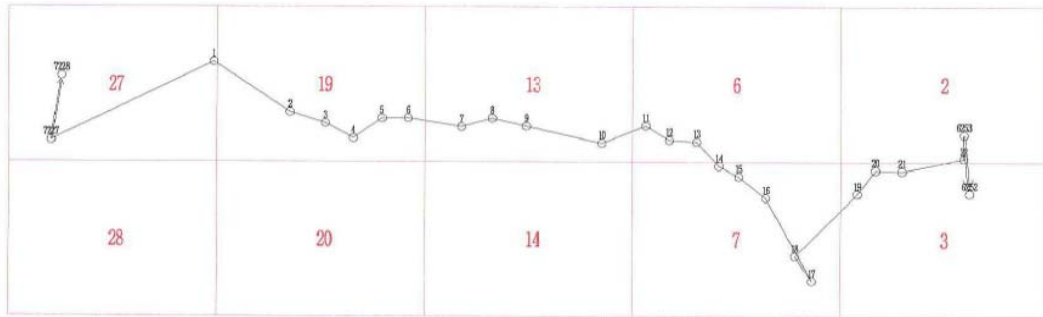
- ① 기지좌표와 도선정보를 입력하고, 측정거리와 가중치, 측정각과 가중치를 입력
- ② 각 점의 초기좌표를 계산
- ③ 각과 거리의 폐합차를 확인
- ④ 측정각과 측정거리에 대한 K, J, W매트릭스를 생성
- ⑤ 최소제곱계산식에 대입 및 결과 산출
- ⑥ 조건비교 → 조건에 맞으면 종료
- ⑦ 측정각과 측정거리 각각에 보정치를 적용
- ⑧ 반복수행



[그림 1] 프로토타입 계산방법

#### 4. 결과 분석

실험에 사용된 데이터는 대한지적공사 000지사에서 수행한 도근측량 중 도근점수가 20점 이상인 것으로 세 종을 선별하여 실험에 사용하였다.



[그림 2] 도근측량 관측망도의 예

각 계산결과와 점검은 참값에 가장 가까운 값을 비교함이 가장 바른 방법으로 현장에서 GPS 등의 장비로 관측하여 데이터를 비교하여야 하나 여러 가지 여건상 초기계산으로 산출된 좌표와 최확치로 가정할 수 있는 가정치를 만들어 비교대상으로 하였다. 추후 보다 나은 비교를 위해 GPS 등 정밀한 측량기기를 이용하여 산출된 데이터와 비교하도록 하겠다.

계산결과를 보면

구분	사례1		사례2		사례3		비고
	배각법	최소제곱법	배각법	최소제곱법	배각법	최소제곱법	
표준편차 (X)	0.056	0.013	0.142	0.137	0.127	0.104	
표준편차 (Y)	0.073	0.067	0.164	0.143	0.044	0.034	
표준편차 (연결오차)	0.072	0.067	0.200	0.187	0.125	0.108	
최대 연결오차	0.214	0.185	0.673	0.661	0.370	0.150	

와 같아 각 도근측량 사례는 최소제곱법으로 수행한 결과치가 초기계산치에 보다 가까운 것으로 나타났다.

두 번째 방법으로 기지의 오차를 참값에 가까운 값을 대입하여 가정치를 만들어 비교한 결과는 다음과 같다.

구분		배각법	최소제곱법	비고
사례1	표준편차 (X)	0.005	0.0	
	표준편차 (Y)	0.008	0.0	
	표준편차 (연결오차)	0.007	0.0	
	최대 연결오차	0.021	0.02	
사례2	표준편차 (X)	0.004	0.0	
	표준편차 (Y)	0.004	0.0	
	표준편차 (연결오차)	0.004	0.0	
	최대 연결오차	0.015	0.01	
사례3	표준편차 (X)	0.004	0.0	
	표준편차 (Y)	0.005	0.0	
	표준편차 (연결오차)	0.004	0.0	
	최대 연결오차	0.014	0.01	

도근측량을 가정치를 기준으로 비교한 사례도 최소제곱법으로 수행한 결과치가 초기 계산치에 보다 가까운 것으로 나타났다. 그러나 이것은 배각법의 단수처리와 연관성이 있는 것으로 판단되어 정확한 지적측량을 수행하기 위하여 기준점측량에 따른 단수처리의 개선이 필요한 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 도근측량 방법으로 가장 많이 사용되고 있는 도선법에 최소제곱법을 도입하여 배각법에 의해 산출된 결과와 최소제곱법으로 산출한 결과를 비교 검토하였다.

본 연구를 통하여 얻은 결론으로는

1. 최소제곱법은 배각법에 의한 산출결과보다 그 성과가 우수하므로 도근측량 계산방법에 최소제곱법의 도입이 필요하다.
2. 측정각 부분과 측정거리 부분을 분리하였으며 측정각과 측정거리 각각에 가중치의 부여가 가능하도록 하였다.
3. 이중장비 간 가중치를 달리하는 측량계산 방법에 효과적이다.
4. 각과 거리 등 원시 데이터를 재결합하여 새로운 망을 구성하고 계산하기에 편리하다.
5. 배각법, 방위각법, 교회법, 다각망도선법 등으로 구분되어 운영되는 현 도근측량 계산방법의 통합화, 간결화, 정밀화가 가능해 진다.
6. X, Y, A, H등의 복합망이 불필요해 진다.  
등이다.

이를 통하여 지적측량계산 프로세스가 효율화 될 것이며, 지적 도근측량 계산결과의 정밀도가 향상될 것이다.

## 참고문헌

- 김병국 (1994), 측량계산용 기본 소프트웨어의 개발  
박영무, 김병국 (2004), 좌표변환을 통한 일반최소제곱법과 토탈최소제곱법 비교 연구  
리진호 (2001), 三角測量作業結了報告, 도서출판 우물.  
김감래외 (2007), 3차원 지적제도 도입을 위한 지적측량 및 지적등록 방안 연구, 대한지적공사 지적연구원.  
양철수의 (2006), 지적측량기준점의 성과통일 및 활용방안 수립, 대한지적공사 지적연구원.  
이영진 (2008), 토지측량학(지적조사), 경일대학교 출판부  
Paul R, Wolf, Ph.D, Charles D. Ghilani, Ph.D, Adjustment Computations (Statistics and Least Squares in Survying and GIS),  
Alfred Leick, GPS Satellite Survyeing Second Edition  
Willia T.Vetterling, Saul A. Teukolsky, William H.Press, Brian P.Flannery, Numerical Recipes Example Book(C) Second Edition.