

측지망의 최적화 설계에 관한 연구 Optimal Design of Geodetic Network

윤홍식¹⁾ · 조재명²⁾ · 조현준³⁾ · 성우진⁴⁾

Yun, Hong Sic · Cho, Jae Myoung · Cho, Hyun Joon · Sung, Woo Jin

- 1) 정회원 · 성균관대학교 사회환경시스템공학과 부교수(E-mail:yhs@geo.skku.ac.kr)
- 2) 교신저자 · 정회원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 겸임교수(E-mail:jmcho@geo.skku.ac.kr)
- 3) 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정(E-mail:chof8179@naver.com)
- 4) 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정(E-mail:onize84@naver.com)

Abstract

This paper describe the optimal design of geodetic network by analytical technique based on the quality criteria of network. We described an example of geodetic network design taking into account the precision, reliability and strength that are the main criteria of network design. The main goal of this paper is to evaluate the criteria to design the geodetic network coinciding with the criteria of geometrical strength and high reliability. From this study, the result shows relatively weaker strength in marginal part than the center of network. This indicated that the precision of observation in marginal part is relatively lower than the center.

▶ Keywords : Geodetic Network, GPS Observation Network, Optimal Network Design

1. 서 론

측지망(geodetic network)의 최적화 설계기술은 다양한 측지학적 모델에서 사용되는 수많은 측량장비 들의 선택과 사용위치의 결정 및 측지망의 측정방법, 품질기준 결정 등과 같은 다양한 문제를 해결하기 위해 사용된다. 최적화된 측량계획은 관측값에 존재하지만 검사가 되지 않은 과대오차를 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 관측치의 과대오차를 소거하고, 확인하는 작업을 돕게 되어 가장 경제적인 측지망 설계를 할 수 있게 된다. 따라서 측지망의 최적화 설계는 측지학 분야의 프로젝트를 수행하는 데에 있어서 매우 중요한 부분으로 인식되고 있다. 측지망의 설계에 있어서 최적화 설계는 측지망의 품질적인 측면에서의 설계기준을 최적화 하는 것으로써 측지망의 품질을 표시하는 척도는 정밀도, 신뢰성, 강도 및 비용으로 구분할 수 있다. 이러한 척도들 중에서 정밀도는 추정된 파라미터들의 공분산매트릭스로써 표시되며 우연오차들이 전파되는 측지망의 특성에 대한 척도가 된다. 또한 신뢰성과 강도는 과대오차를 조사하고 제거할 수 있는 측정계획의 척도가 된다. 이와 같은 측지망의 최적화 설계는 측량기술자들이 불필요한 관측을 피하게 하여, 상당한 시간과 수고를 덜어 주는데 일반적으로 최적화 설계의 주된 작업은 측지망을 구성하는 점들의 최적화 분포 결정, 측정기술의 선택 및 다양한 종류의 관측에서 요구되는 관측 정밀도의 최적화 분포계산 등이다. 이와 같이 3가지 측면을 고려한 측지망의 최적화 설계는 과거에는 그 복잡성으로 인하여 설계가 매우 어려웠기 때문에 여러 가지 형태의 측지망을 최적화하는 단순한 수치해석적인 과정을 통해 문제를 해결하여 왔다.

최근 들어 GPS를 이용한 측지망의 관측이 보편화되면서 측량 정밀도의 향상과 비용의 절감을 위하여 GPS관측망의 설계시 측지망의 강도와 신뢰성 등을 고려한 최적화 측지망을 설계하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 따라서 우리나라에서도 기존의 측지망을 재 관측하거나 현대화하는 과정에서 최적화 측지망 설계기준에 의거한 측지망의 설계와 관측이 반드시 이루어져야 하나 최적화 설계에 대한 개념을 고려하지 않고서 임의적으로 측지망을 설계하고 있는 실정이다. 본 논문은 이러한 측지망의 최적화 설계를 위한 이론적 고찰과 수치적 해석결과를 제시함으로써 다양한 종류의 측량 계획시 관측망의 설계를 효과적으로 수행할 수 있도록 하며, 과학적이고 합리적인 측지망을 구성함으로써 정밀도와 신뢰성이 높은 국가 측지기준망을 구축하도록 하고자 한다.

2. 연구방법

측지망을 최적화 설계 한다는 것은 경제적인 방법으로 현실화할 수 있는 정밀하고 신뢰할 수 있는 측지망을 설계하는 것을 뜻한다. 측지망 설계는 시행착오법(trial&error)과 해석적 방법으로 실시할 수 있는데 시행착오법은 설계자가 경험에 의거하여 수많은 설계를 실시하고 그 중 적합한 방법을 선택하는 방법이며, 해석적인 방법은 특정한 수학적 알고리즘을 사용하여 특정 기준을 만족하거나 근사할 수 있는 측지망을 자동적으로 생성하는 방법이다. 과거 컴퓨터 기술이 발전하기 이전에는 시행착오법에 의하여 측지망을 설계하였으나 최근에는 해석적인 방법에 의하여 최적화 설계를 실시하고 있다.

본 연구에서는 최적화 측지망을 설계를 위한 실험으로써 국토지리정보원에서 2009년 설치·관측한 광주, 서해지구 통합기준점 중 광주지역 37개 통합기준점을 대상으로 당시 GPS 관측망과 본 연구를 통하여 설계된 최적화 망을 비교평가 함으로써 최적화 측지망의 효용성을 분석하였다. 최적화 측지망을 설계하는 방법으로 해석적 방법을 이용하였으며, 최적화 설계 기준으로써 정밀도·신뢰성·기하학적 강도를 사용하였다. 정밀도는 수평오차타원(Error Ellipse), 2dRMS, CEP(Circular Error Probability) 및 각 성분에 대한 표준오차로써 표시하고 신뢰성은 내적·외적 신뢰성을 나타내는 MDE(Marginally Detectable Errors)로 표시하였다.

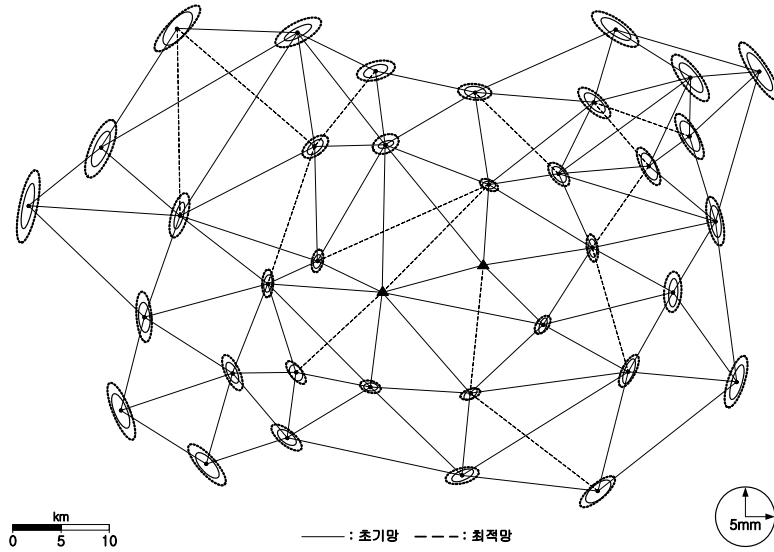
3. 연구내용 및 결과

3.1 수평오차타원

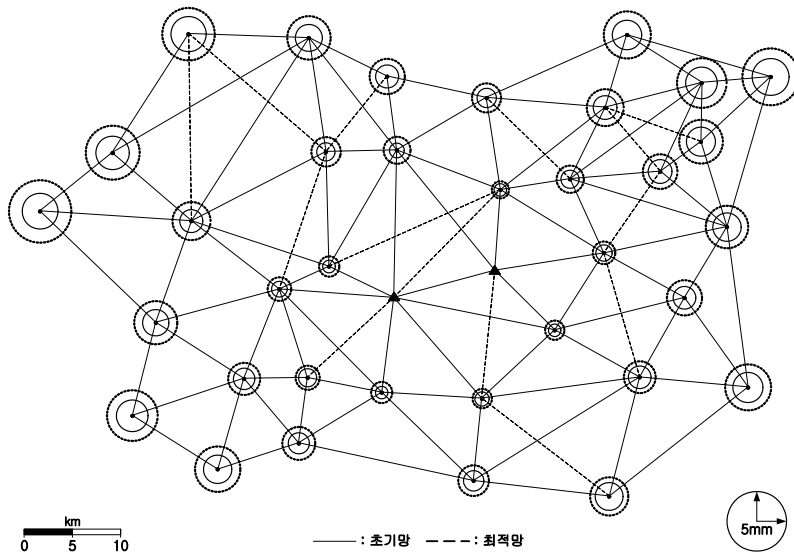
수평오차타원은 기준점의 실제위치가 측지망 내에 적용된 기하학적 특성과 중량결정 전략에서 발생할 것으로 예측되는 오차의 확률을 면적으로 나타내는 것으로써 수평오차타원은 방향, 장반경축 및 단반경축이라는 3개의 파라미터들로서 표시된다. 본 연구에서의 최적망 설계 적용 전·후의 수평오차타원의 변화는 [그림 1]과 같다.

3.2 2d RMS

2dRMS는 dRMS(distance Root Mean Square error)의 2배로서 2차원 RMS를 표시하는 것은 아니다. 데이터들로부터 dRMS를 계산하기 위해서는 radial errors 즉, 측정된 위치와 기지(또는 평균)위치간의 선형거리에 대한 RMS를 계산하여야 한다. 본 연구에서의 최적망 설계 적용 전·후의 2dRMS의 변화는 [그림 2]와 같다.



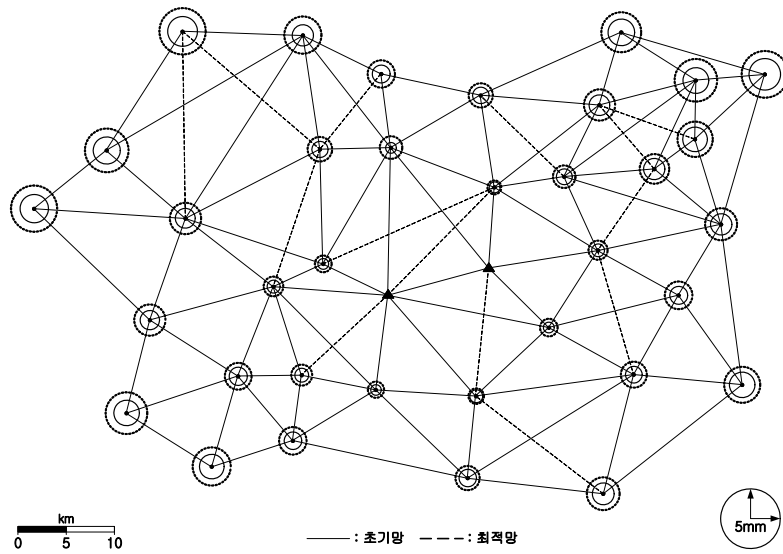
[그림 1] 최적망 설계 전·후의 수평오차타원



[그림 2] 최적망 설계 전·후의 2dRMS

3.3 CEP

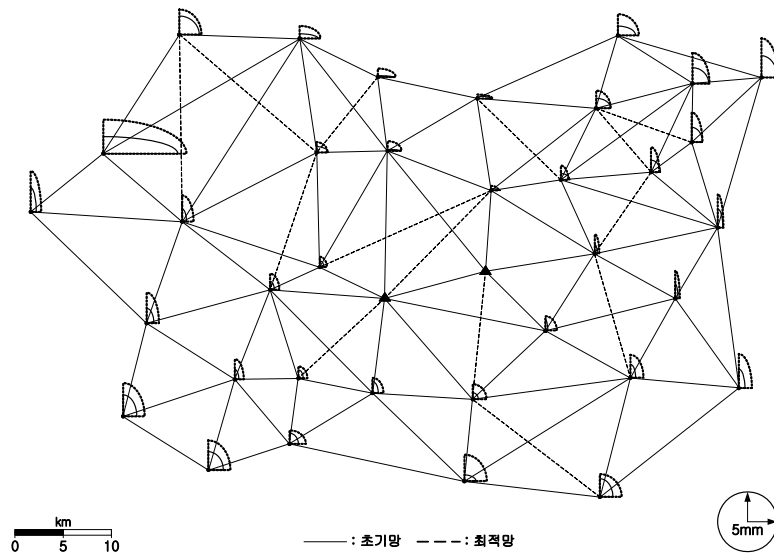
CEP는 기대값들의 50%가 발생하는 원의 반경을 나타내는 것으로써 CEP가 100 m라는 의미는 기준점의 절대위치의 50%가 실제위치의 100 m이내에서 결정됨을 표시하는 것이다. 본 연구에서의 최적망 설계 적용 전·후의 CEP 변화는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 최적망 설계 전·후의 CEP

3.4 External Reliability

측지망의 신뢰성 기준은 Baarda (1968)가 제안한 것으로서 관측치내에서 과대오차들을 조사하거나 제거할 수 있는 기준이 된다. 신뢰성은 일반적으로 내적(Internal)신뢰성과 외적(External)신뢰성으로 표시되는데 외적 신뢰성은 추정된 파라미터들에 대하여 검사가 어려운 과대오차들의 영향을 평가할 수 있는 기준이 된다. 본 연구에서의 최적망 설계 적용 전·후의 외적신뢰성의 변화는 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 최적망 설계 전·후의 External Reliability

4. 결 론

측지망에 대한 최적화 설계를 통하여 최적화 설계 전·후의 품질을 평가한 결과, 최적화 설계 후의 측지망 정밀도는 수평오차타원 기준 5.2%, CEP 기준 4.8%, 2dRMS 기준 4.9%가 향상되었으며, 신뢰성은 외적신뢰성 기준 10.1%가 향상된 것으로 분석되었다. 따라서 우리나라 측지망 설계에 있어서 기존의 경험적 방법 대신 해석적 방법에 의한 최적화 설계를 적용할 경우, 측량 성과의 정밀도 향상뿐만 아니라 측량 작업의 효율성 및 경제성도 향상될 것으로 판단된다.

참고문헌

- 윤홍식(2003), **최적화 설계 기법에 의한 차세대 국가측지기준점 체계 구축방안 연구**, 건설교통부.
- A. A. Seemkoei(2001), *Comparison of reliability and geometrical strength criteria in geodetic networks*, Journal of Geodesy, Vol 75, No. 4, pp. 227-233.
- Baarda W(1968), *A testing procedure for use in geodetic networks*, Publ Geodesy, New series 2, No. 5 Netherland Geodetic commission, Delft.
- Vanicek P, Krakiwsky EJ(1986), *Geodesy : the concepts*, 2nd edition, North Holland Amsterdam.
- Grafarend EW(1974), *Optimization of geodetic networks*, Boll Geod. Sci. Aff. Vol. 33, No. 4, pp. 351-406.