

무프리즘 토털스테이션에 의한 시설물측량

Measurement of Facilities using Non Prism Totalstation

박경식¹⁾, Park Kyeong Sik · 강승협²⁾, Kang, Seung Hyub

황창섭³⁾, Hwang, Chang Sup · 이재기⁴⁾, Lee Jae Kee

¹⁾ 정회원 · 인하공업전문대학 지형정보과 · 전임강사 · 032-870-2245 (E-mail:pks@inhatc.ac.kr)

²⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 석사과정 · 043-273-0485 (E-mail:yup-001@hanmail.net)

³⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 박사수료 · 043-273-0485 (E-mail:picassoh@hanmail.net)

⁴⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 교수 · 043-261-2403 (E-mail:leejk@chungbuk.ac.kr)

1. 서 론

종래의 토털스테이션은 반사프리즘만을 시준하고 측량해야하는 제약이 있었다. 이러한 제약으로 인해 우수한 성능에도 불구하고 그 용용에 한계가 있었다. 무프리즘 토털스테이션의 등장은 많은 분야에서 용용가능성을 가져왔고 문화재를 비롯한 시설물 측량에서도 그 예외는 아니다. 무프리즘 토털스테이션의 활용성이나 관측거리에 대한 자료는 각 제조사에서 이상적인 상태에서 실험한 결과가 제시되고 있으나 실무에서 필요로 하는 정확도 관련하여, 실제 현장이나 보편적인 상황에서 실험한 자료는 없다.

따라서, 본 연구에서는 무프리즘 토털스테이션을 이용하여 측량을 수행할 경우 발생할 수 있는 문제점이나 오차 등에 관해 실험을 수행하고 그 적용성과 정확도를 평가하고자 한다. 이를 위하여, 대상물의 재질 및 관측각도에 따른 정확도를 점검하는 한편, 실제 시설물을 대상으로 실측을 수행하고 그 결과를 분석함으로써 무프리즘 토털스테이션을 이용한 시설물측량의 가능성을 제시하고자 한다.

2. 무프리즘 토털스테이션의 원리

무프리즘 토털스테이션은 반사 프리즘을 이용할 수 없는 경우에도 측량이 가능한 장비로서, 기존의 토털스테이션과 동일한 구조를 가지고 있지만 타겟까지의 거리를 측정하는 기술이 상이하다. 현재 무프리즘 토털스테이션에 사용되는 거리측량 기술은 크게 펄스레이저(Pulsed Laser)를 사용하는 TOF(Time Of Flight)와 위상변이(Phase Shift)방법으로 나눌 수 있다. 두 가지 기술은 광학적 원리가 다른 만큼 각각 장점과 단점을 동시에 가지고 있으며, 필요한 형태와 용도에 적합하도록 토털스테이션에 적용된다.

2.1 위상변이측정법

위상변이측정법은 관측신호를 연속되는 반송파신호에 변조(modulation)시켜 발사하는 방법으로 EDM의 반송파가 광과장인 것을 제외하고는 라디오방송을 위해 음악을 반송파에 변조시키는 것과 같은 원리이다. 기계로부터 발사된 신호가 타겟에 반사되어 돌아 올 경우 발사된 신호와 수신된 신호간의 위상오프셋(constant phase offset)을 측정한다. 그림 1에서 점 C를 기점으로 할 때 v 의 위상각과 i 의 위상각의 차는 θ 만큼 오프셋된다. 위상오프셋은 식(1)과 같이 위상비교를 통하여 취득되며, 초기에는 사이클모호정수를 알 수 없기 때문에 직접거리계산이 불가능하다.(박송배, 1996)

$$v = V_m \sin(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \theta)$$

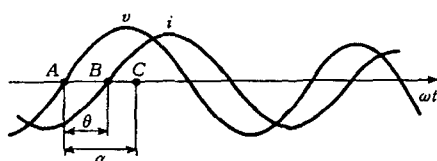


그림 1. Phase offset

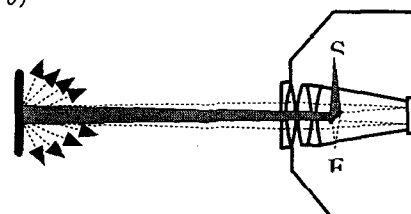


그림 2. 빔의 확산

다중 관측 변조파장은 오직 하나만의 사이클모호정수를 제공하므로 이를 이용하여 초기 사이클 모호정수를 계산할 수 있다. 일단 사이클모호정수가 취득되면, 타겟까지의 거리는 프리즘의 사용여부에 관계없이 계산이 가능하다.

2.2 Time of Flight Measurement

TOF 방법은 거리관측을 위해 단파 적외선이나 레이저광 펄스를 이용하기 때문에 펄스레이저법이라 불리기도 한다. 펄스화된 레이저는 망원경을 통해 발사되고 타겟에 반사되어 기계로 되돌아온다. 전자공학적으로 각 광펄스에 대한 왕복시간을 정밀하게 결정하고 매질을 통과하는 빛의 속도를 이용하여 기계와 타겟 사이의 거리를 계산한다.(이재기, 2002)

그러나, 종래의 TOF는 펄스가 장파인 관계로 위상변위측정법에 비해 정확도가 저하되는 단점이 있었다. 현재에는 이러한 단점을 보완하기 위해 수천, 수 만개의 펄스를 일시에 발사하여 관측을 수행하고 평균함으로써 양호한 결과를 비교적 빠르게 취득한다.

2.3 빔의 확산과 정확도

무프리즘 토털스테이션에 사용된 빔은 그림 2와 같이 광원으로부터 확산되며 나아간다. 이때 동일한 거리에 있는 타겟을 시준했을 때 나타나는 빔의 크기는 펄스레이저의 관측용 빔의 지름은 위상변이 빔의 지름보다 조금 크다. 이것은, TOF의 펄스레이저와 위상변이 장비의 레이저의 확산성은 서로 다르기 때문이다.

일반적으로 펄스레이저가 위상변이보다 크며, 빔의 크기는 관측 가능성 및 관측정도와 밀접한 관계가 있다. 보다 긴 거리에서 크게 나타나는 빔은 작은 대상을 쉽게 인식하고 관측을 수행할 수는 있지만 정확도가 떨어진다. 즉, 높은 에너지 펄스가 폭넓게 퍼질 수 있기 때문에 좁은 타겟을 보다 쉽게 맞출 수 있다.

반면에, 위상변이에서 사용하는 보다 작아진 빔의 크기는 매우 근접한 거리에서 측량을 수행할 때 작아진 빔의 크기로 인하여 오차가 감소되는 장점이 있다.(Hoglund, 2001)

3. 무프리즘 토털스테이션의 정확도 실험 및 분석

3.1 타겟의 재질별 정확도 실험

광학적 원리를 이용하는 토털스테이션은 기계로부터 발사된 레이저가 타겟에 반사되어 돌아오는 신호를 수신하여 타겟까지의 거리를 결정한다. 따라서, 모든 물체는 재질에 따라 반사율이 다르므로 대상물의 재질에 따라 정확도가 달라질 것임을 예측할 수 있다.

본 연구에서는 재질별 관측정확도를 실험하기 위해 그림 3과 같이 20m와 40m 두 거리에서 프리즘을 이용하여 정확하게 관측을 수행한 후 무프리즘 모드로 전환하여 각 각의 재질별로 관측을 수행하였다. 타겟의 재질은 목재, 적벽돌, 콘크리트, 타일, 대리석, 화강암 등 주변에서 문화재 또는 시설물 건축에 주로 사용되는 재료들을 선정하였다. 그림 4는 타겟으로 사용된 대상물들을 나타낸 것으로 동일한 지점을 정밀하게 시준하기 위하여 십자선으로 표시를 하였다.

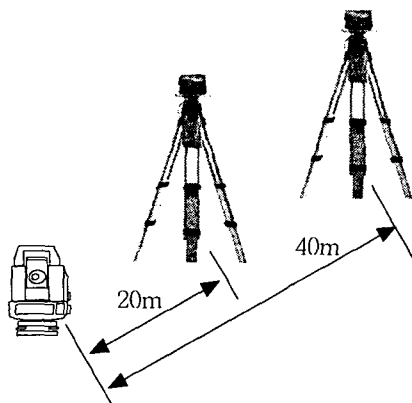


그림 3. 무프리즘 토털스테이션 실험 배치도

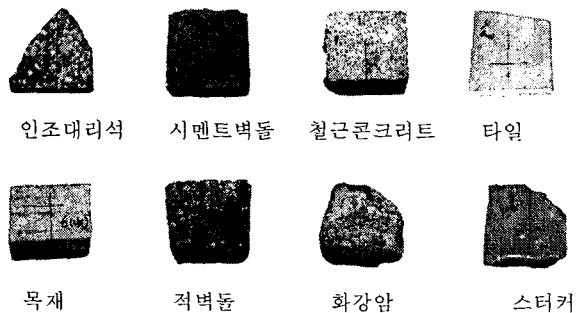


그림 4. 타겟으로 사용된 재료

표 1은 재질별로 관측결과를 나타낸 것으로 관측값은 여러번 관측하여 최다 빈도로 나타나는 관측값을 기록한 것이며, 프리즘을 설치하여 정확하게 관측한 거리는 각각 19.963m, 40.006m이다.

표 1. 재질별 거리관측결과

거리	대리석	벽돌	콘크리트	타일	거리	나무	적벽돌	화강암	스티커
20	19.960	19.958	19.958	19.958	20	19.958	19.960	19.956	19.955
40	40.004	40.008	40.000	40.001	40	40.004	40.001	40.000	40.001

일반적으로 프리즘을 설치하여 관측한 결과보다 거리가 짧게 나타났으며, 이것은 프리즘보다 반사율이 떨어지는 재질을 사용했기 때문으로 추정된다. 가장 오차가 적게 나타나는 재질은 대리석 재질이었고, 화강암의 경우는 다른 재질보다 상대적으로 오차가 큰 것으로 나타났다. 목재의 경우는 대리석과 비슷한 정도의 오차를 보이고 있으며, 시멘트벽돌과 콘크리트 벽돌은 오히려 시멘트벽돌에서 결과가 양호하게 나타나고 있다. 이러한 결과는 타겟의 재질이 지닌 강도와 관측정확도는 관계가 없음을 나타내고 있다.

3.2 레이저 빔의 입사각 실험

현장에서 관측을 수행할 때, 무프리즘 토털스테이션으로부터 발사되는 빔이 항상 대상물에 직각으로 입사되고 반사된다는 보장이 없으므로, 입사각을 달리할 수 있도록 타겟을 30° 에서 90° 까지 회전시켜 관측을 수행하고 정확도를 비교하였다. 첫 번째 실험과 마찬가지로 토털스테이션과 대상물간의 거리를 20m 및 40m로 설정하여 재료별, 각도별로 관측을 수행하였다.

그림 5는 각도를 달리했을 때 20m 거리에서 재질별로 발생된 오차를 나타낸 그래프로써 대리석과 목재가 다른 재질에 비해 오차가 적게 나타났으나 큰 차이는 보이지 않고 있다.

관측오차를 평균해 보았을 때, 모든 재질에서 0.013m 정도의 관측오차를 보이고 있다. 이것은 앞의 실험에서와 마찬가지로 타겟의 재질이 오차를 발생시키는 주요원인은 아니다라는 것을 알 수 있다. 그림 6은 20m 거리에서 각도의 변화에 따른 오차분포를 나타낸 것으로, 빔과 직각일 경우 정도가 가장 좋고 예각으로 갈수록 오차가 증가함을 알 수 있다.

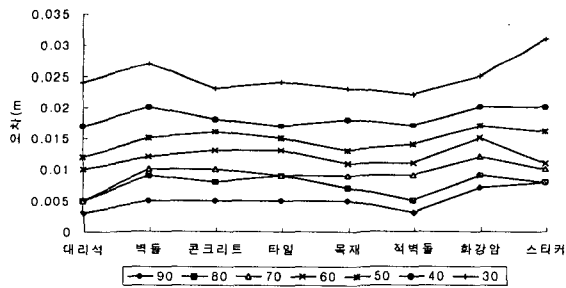


그림 5. 재질별 관측오차(20m)

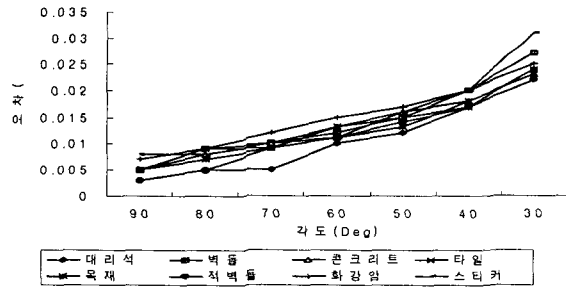


그림 6. 각도별 관측오차(20m)

이러한 오차는 광학적 특성상 입사각이 점점 예각으로 될수록 반사되어지는 빔의 수가 줄어들고, 레이저 빔의 직경에 따라 반사되는 모든 신호를 평균하여 거리를 결정하기 때문이다. 거리가 멀어져도 동일한 결과가 나오는지 알아보기 위하여 40m지점에 대해서도 동일하게 실험을 수행하였고 그 결과는 그림 9 및 10과 같다.

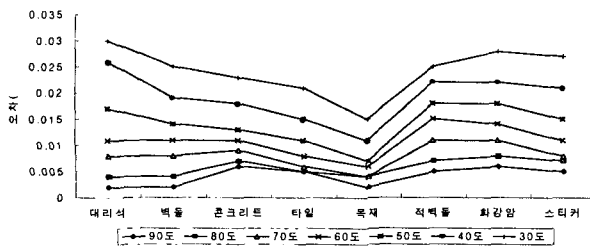


그림 7. 재질별 관측오차(40m)

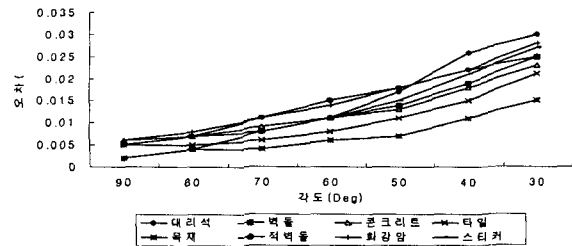


그림 8. 각도별 관측오차(40m)

20m 거리에서의 결과와 마찬가지로 평균 10mm 내외의 오차를 보이고 있으며, 그 차이는 크지 않다. 특히 목재의 경우는 그림 7에서 다른 재질에 비해 오차의 크기가 모든 각도에서 작게 나타나는 분포를 보이고 있다. 그림 8에서 역시 목재의 표준편차가 다른 재질에 비해 양호하게 나타남을 알 수 있다.

3.3 대상물 실측

무프리즘 토털스테이션을 이용하여 실제 대상물에 대한 실측을 수행하였다. 실측대상물은 충북대학교 교내에 있는 공학지원센터 현관을 선정하였다. 그림 9는 대상물에 대한 현장사진이며 그림 10의 좌측은 관측결과를 입체적으로 볼 수 있도록 뷰포인트를 조정한 것이고 우측은 면처리를 한 것이다.

그림 11은 대상물의 평면도로서 입체적으로 표현되었을 때 나타나지 않던 문제점들이 보여지고 있다. 계단과 벽면의 경우는 양호한 결과를 보이지만 계단 양옆의 화단과 우측 테라스 부분은 상당히 왜곡되어 보여지고 있다. 이것은 대상물을 관측할 때 시준지점의 상황과 밀접한 관계가 있다. ①, ②, ⑤번 지점은 시준지점이 면상에 위치해 있기 때문에 주변환경의 영향을 받지 않지만 ③, ④, ⑥, ⑦번 지점은 모서리 부분으로 시준을 정확히 모서리에 할 경우 뒷면의 영향을 받았기 때문이다.

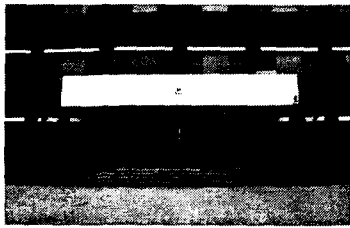


그림 9. 실측 대상물 및 실측현황

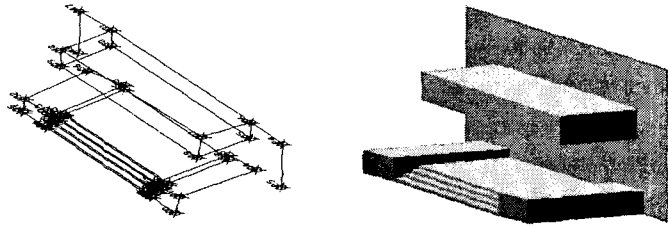


그림 10. 대상물 실측결과 및 면처리

이러한 문제점은 동축초점시스템을 갖춘 무프리즘 토털스테이션을 사용함으로써 해결할 수 있으며, 그렇지 못한 경우 시준지점을 모서리보다 조금 안쪽으로 함으로써 해결할 수 있다. 그러나 후자의 경우는 실제 위치에 대한 정확한 측량을 할 수 없다는 단점이 있다.

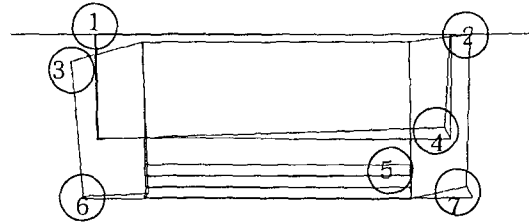


그림 11. 대상물 평면도

4. 결론

이상과 같이 무프리즘 토털스테이션을 이용하여 재질별로 타겟을 선정하여 실험하여 대상물을 실측해본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 무프리즘 토털스테이션의 정확도는 대상물의 재질에 큰 영향을 받지 않고 색 즉 반사율에 영향을 받는다.
2. 레이저빔이 타겟에 90°로 정확하게 입사했을 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있으며, 예각으로 갈수록 실제보다 거리가 짧게 관측된다.
3. 튀어나온 모서리 점을 관측할 때는 동축초점시스템을 갖춘 무프리즘 토털스테이션을 사용해야 양호한 결과를 얻을 수 있다.

참고문헌

- 박송배(1996), 신회로 이론, 문운당, pp.93~99.
 이재기(2002), 측량학 I, 형설출판사, pp.134~137.
 Hoglund & Large(2001), "Direct Reflex EDM Technology for the Surveyor and Civil Engineer", Trimble integrated Surveying Group, Westminster, Colorado, USA.