

대상체의 반사 특성에 따른 지상레이저 스캐너의 정확도 분석

Accuracy analysis of the terrestrial laser scanner for reflection characteristics of the object

조형식¹⁾·김성삼²⁾·손홍규³⁾·윤공현⁴⁾

Cho, Hyung Sig¹⁾ Kim, Seong Sam²⁾ Sohn, Hong-Gyoo³⁾ Yun, Kong Hyun⁴⁾

¹⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정(E-mail:f15kdaum@yonsei.ac.kr)

²⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사후과정(E-mail:samskim@yonsei.ac.kr)

³⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 부교수(E-mail:sohn1@yonsei.ac.kr)

⁴⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사후과정(E-mail:ykh1207@yonsei.ac.kr)

요 약

지상레이저 스캐너는 장비에서 발사된 레이저가 대상체에 반사되어 온 시간차를 이용하여 3차원 위치를 결정하는 장비로, 3차원 지형정보 취득 및 시설물 모델링 등 건설분야에서 다양하게 활용되고 있다. 본 연구에서는 지상레이저 스캐너의 정확도를 평가하기 위하여 건설현장에서 주로 사용되고 있는 대상체를 선정하여 관측거리와 재질별 반사각 변화에 따른 관측정확도를 분석하였다. 연구 결과, 대상체의 입사각이 90~45°일 경우에는 대상체 반사특성과 관측거리에 따른 오차변화가 크게 발생하지 않음을 알 수 있었다. 따라서, 대상체의 재질특성에 따라 발생할 수 있는 과대오차를 보정하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

1. 서 론

지상 레이저 스캐너는 장비에서 발사된 레이저가 대상체에 반사되어 온 시간차를 관측하여 대상물에 3차원 위치를 결정하는 장비로써 다양한 분야에 이용되고 있다. 국내에서는 구조물의 변위·변형 관측, 암반사면 절리측정, 터널 변위관측 및 내공단면 추출, 지적현황측량, 건축물 3차원 경계 추출, 염습지 퇴적환경 조사, 문화재 DB구축 등에 활용되고 있다.

국외에서는 교통국의 운송운용분야, 구조물 변형 모니터링, 오래된 인프라 모델링,

문화재 보존 및 복원, 산사태 및 빙하 모니터링, 철로 주위 시설물 확장감시, 콘크리트 빔의 변형측정, 마라톤 코스측정, 플랜트 구조물 측정 등에 활용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 다양한 분야에 활용되고 있는 지상 레이저 스캐너의 대상체의 거리 변화에 따른 반사특성 정확도를 분석하고자 하였다. 이를 위해 건설현장에서 주로 사용되는 대상체 시료를 대상으로 레이저 입사각이 90도 일 때 관측값을 기준으로 관측거리와 레이저 입사각 변화에 따른 지상레이저 스캐너의 거리관측 정확도를 평가하였다.

2. 레이저 스캐너

지상 레이저 스캐너는 삼각측량방식, 위상차 방식, 그리고 시간차 방식을 이용하여 3차원 좌표를 취득할 수 있다. 지상 레이저 스캐너의 관측방식에 따른 거리, 정확도, 속도 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 레이저 스캐너 관측방식별 특성

구분	Range (m)	Accuracy(mm)	Speed
삼각측량방식	< 5	< 1	Fast
위상차 방식	< 100	< 10	Fast
TOF	< 100	< 10	Slow
	< 1000	< 20	

건설현장에서는 TOF방식과 위상차 방식을 주로 활용하고 있으며, 리버스 엔지니어링 분야에서는 삼각측량방식을 활용하고 있다. 활용도가 높은 TOF방식은 <그림 1>과 같이 송신된 레이저가 대상체 표면에 반사되어 되돌아오는 시간 차를 이용하여 거리를 계산하는 방식으로 경과된 시간에 빛의 속도(c)를 곱하여 거리를 식(1)과 같이 산정한다.

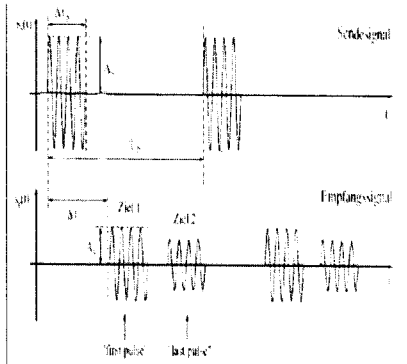


그림 1. T.O.F (Time Of Flight)

$$D = \frac{1}{2} \cdot c \Delta t \quad (1)$$

여기서, c : 빛의 속도, Δt : 시간차

3. 자료취득 및 결과분석

3.1 자료 취득

기상 등의 외부요인에 의한 실험 조건 변화를 최소화하기 위하여 실내에서 실험을 진행하였다. 본 연구에서는 건설현장에서 많이 사용되고 있는 철판, 목재, 적석벽돌, 콘크리트 벽돌, 콘크리트, 화강암 및 흙에 대한 거리와 반사가 변화에 따른 반사특성을 분석하였다. <그림 2>는 본 연구에서 사용한 각각의 대상체 시료들을 보여주고 있다.

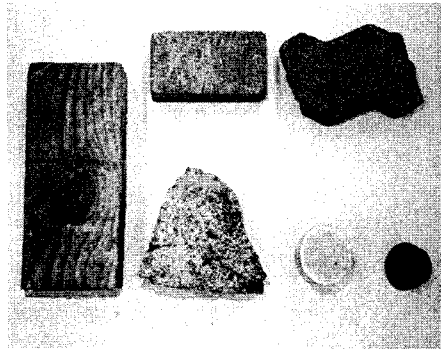


그림 2. 연구에 사용한 대상체 시료

3.2 관측장비 제원

본 연구에서는 Leica Scanstation2를 이용하여 대상체 재질별로 스캐닝을 수행하였으며, <표 2>는 실험에 사용된 스캐너 제원을, <그림 3>은 지상 레이저 스캐너와 정확한 입사각 관측을 위해 디지털트랜싯을 이용하여 제작된 실험 장치를 보여주고 있다.

표 2. Leica Scanstation2 제원

항 목	사 양
측정원리	TOF(Time Of Flight)
속 도	50,000 points/sec
Range	300m
Accuracy	위치 : 6mm
	거리 : 4mm
Spot size	0~50m : 4mm
Digital Image	1 megapixel
Laser Class	IEC 60825-1-3R
스캔범위	360°(H)×270°(V)

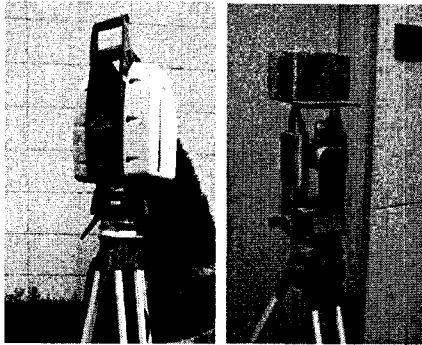


그림 3. 스캐너와 디지털트랜짓

3.3 관측 실험

관측거리와 레이저 입사각 변화에 따른 지상레이저 스캐너의 관측 정확도를 평가하기 위하여 먼저 줄자를 이용하여 스캐너로부터 10m, 20m, 40m 간격으로 관측 지점을 설정하였으며, 각각의 관측지점별 대상물의 반사특성을 파악하기 위해서 디지털 트랜짓을 이용하여 대상체 입사각을 90°, 60°, 45° 등으로 변화시켜가면서 관측 정확도를 비교분석하였다.

<표 3>은 지상 스캐너에서 자동 관측된 10m, 20m, 40m 관측지점별 디지털 트랜짓 위에 거치된 대상체 시료와 지상 스캐

너간의 정확한 관측거리를 나타내고 있다. 대상체와 스캐너간 실제 관측거리는 계획한 거리에서 최소 3mm에서 최대 12mm 정도 차이가 발생하였다.

표3. 지상스캐너와 대상체간 관측거리

구분	10m	20m	40m
철 판	10.007	19.992	39.993
목 재	10.010	19.996	39.995
적 색 벽돌	10.006	19.994	39.992
콘크리트 벽돌	10.008	19.995	39.991
철근콘크리트	10.009	19.997	39.995
화강암	10.009	19.991	39.990
흙	10.012	19.997	39.993

대상체에 대한 스캐닝 각도가 90°일 때는 대상체 재질에 대한 관측결과가 대부분 양호한 값이 나오는 것을 알 수 있었다. 따라서, 레이저 입사각이 90°일 때 기준으로 각각의 대상체별 반사특성을 파악하기 위해 관측거리별로 스캐닝 각도를 변화시켜 가면서 관측된 실험결과를 <표 4>에 나타내었다.

스캐닝 각도 변화에 따른 거리관측 정확도를 보면 최소 ±1mm에서 최대 ±13mm에 관측오차가 발생함을 알 수 있었다. 특히, 13mm의 관측오차를 보인 화강암은 표면의 불규칙함과 관측지점별로 대상물 상의 동일한 관측점을 정확하게 취득하지 못한 실험적 한계에서 발생한 오차로 판단된다.

표 4. 입사각 변화에 따른 관측오차

단위(mm)

재질	10m		20m		40m	
	60°	45°	60°	45°	60°	45°
철 판	1	0	-4	1	0	1
목 재	9	2	-8	-3	2	-1
적 색 벽돌	-4	1	-2	-1	-4	0
콘크리트 벽돌	-7	-2	2	4	1	0
철근콘크리트	-3	-1	-6	-1	1	1
화강암	13	2	7	1	12	6
흙	1	1	-1	3	-3	1

4. 결 론

본 연구에서는 지상 레이저 스캐너를 이용하여 건설현장에서 쉽게 접할 수 있는 대상물 재질에 따른 관측거리와 입사각에 변화에 의한 지상스캐너의 관측정확도 평가 실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출 할 수 있었다.

1. 지상 레이저 스캐너의 관측 정확도는 입사각이 90°일 때 관측값을 기준으로 관측거리 및 입사각 변화에 따라 실험 대상체별로 최소 ±1mm, 최대 ±13mm의 관측 오차를 보였다.
2. 지상 레이저 스캐너의 관측정확도에 있어서 관측거리 변화에 따른 관측오차는 크게 영향을 주지 않았으나, 지상스캐너와 대상물과 입사각이 45°이상일 경우에는 대상체 재질특성에 따라 과대오차가 발생함으로써, 이러한 관측오차를 보정하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.
3. 향후 보다 다양한 재질의 대상체와 관측실험을 통해 지상 레이저 스캐너의 관

측특성을 분석함으로써 건설현장에 적용 가능한 지상 레이저 스캐너 작업규정을 작성하는데 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발 사업-지능형 국토 정보 기술 혁신 사업과 제 (측량기술 활용건설도면작성 및 검증기술개발, 2007-8-1928)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 박경식, 이현직, 함창학 (2003), “시설물측량에서의 무프리즘 토털스테이션 활용성 연구”, 한국측량학회지 제21권 제2호. pp.155~164.
- 이인수, 강상구 (2006), “지상 라이다를 활용한 현황측량 연구”, 한국지형공간정보학회지 제14권 제3호. pp.79~86.
- 이종출, 박운용, 문두열, 서동주 (2007), “3차원 지상레이저 스캐너를 이용한 도로 절취사면 도면정보 추출”, 대한토목학회 학술발표 논문집.
- 이재원, 윤부열 (2007), “3차원 레이저 스캐닝을 이용한 터널의 천단 및 내공 변위 관측”, 한국지형공간정보학회지 제15권 제2호. pp.67~75.
- 이인수, 차득기, 정래정, 정중연 (2008), “대상물 표면에 따른 지상라이다 성능 비교 분석” 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp.183~186.
- Monserrat,O and M. Crosetto, (2008), “Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching”, ISPRS journal of Photogrammetry & Remote sensing 63 (2008) 142-154.