

TLS용 테스트 타깃의 개발과 거리측정 정확도 검증 The Evaluation of Distance Accuracy and The Test Target Manufacturing of A Terrestrial Laser Scanner

이인수¹⁾ · 차득기²⁾ · 서호성³⁾

LEE, InSu · Tcha, Dek-Kie · Suh, Ho Suhng

Abstract

Albeit the use of terrestrial 3D laser scanner (TLS) in the parts of landslide monitoring, cultural heritage documentation, civil engineering, urban engineering, etc. is increasing more and more, there is no international standardization regulation about the accuracy evaluation of the geometric element values, target, instrument calibration and test procedures, etc. Accordingly, this study deals with the manufacturing of TLS performance test target and the evaluation of TLS distance measurement and shows its suitability as the test target.

Keywords : Terrestrial Laser Scanner, Test targets, Accuracy evaluation, Distance measuring, Suitability

초 록

지상3차원레이저스캐너는 산사태 모니터링, 문화재 문서화, 토목건설, 도시공학 등의 분야에 그 활용이 날로 증가하고 있다. 그러나 지상3차원레이저스캐너의 측정값의 정확도 평가, 실험용 타깃 및 장비 교정, 그리고 시험 절차 등에 대한 국제 표준규정이 마련되어 있지 않다. 이에 본 연구에서 지상3차원레이저스캐너의 거리측정을 위한 타깃을 제작하였고, 또 이 타깃으로 지상3차원레이저스캐너의 거리측정 정확도를 검증하여 실험용 타깃으로서의 적합성을 확인하였다.

핵심어 : 지상3차원레이저스캐너, 실험용 타깃, 정확도 평가, 거리 측정, 적합성

1. 서 론

지상3차원레이저스캐너는 기존의 토탈스테이션(Total station, 이하 TS)과 같은 측량기와는 달리, 비접촉, 고속으로 3차원 좌표와 이미지를 동시에 정밀 측정을 하는 최첨단 측정 장비이다. TS는 한 번에 1개의 3차원좌표(x, y, z)를 얻는 반면에 지상3차원레이저스캐너(Terrestrial Laser Scanner, 이하 TLS)는 측정점(point clouds)으로부터 한 번에 수천에서 수백만 개의 3차원좌표를 측정하고 동시에 CCD로 피측정물의 영상이미지를 구할 수 있는 최신의 측정기술의 집합체라고 할 수 있다. 이와 같은 최첨단의 장

비들이, 국내에 도입되어 산사태 모니터링, 문화재 문서화, 토목건설, 도시공학 분야 등에서 다양하게 사용되고 있으며 이들 장비의 국산화도 시도되고 있는 시점에, 이들 장비의 성능 검사 및 환경시험, 측정값의 품질 평가 등에 대한 연구가 이루어 져야 한다. 그림 1은 현재까지 제정된 측량기기의 성능시험에 관한 ISO-17123 국제 표준화 규격의 구조를 나타낸 것이다(이영진 등, 2008).

최근, TLS 성능시험절차의 국제표준 규격을 제정하기 위하여, ISO 산하 측정기 분야의 기술위원회 소위원회인 ISO TC172/SC6와 Leica-Geosystems 지원으로 소 연구그룹에서 TLS 실의 시험절차를 개발하고 있는데, 조만간 ‘ISO

1) 대한지적공사 지적연구원, 책임연구원 (E-mail: ilee0614@yahoo.co.kr)

2) 대한지적공사 지적연구원, 국토정보실장 (E-mail: tcha@kcsc.co.kr)

3) 한국표준과학연구원, 책임연구원 (E-mail: hssuh@kriss.re.kr)

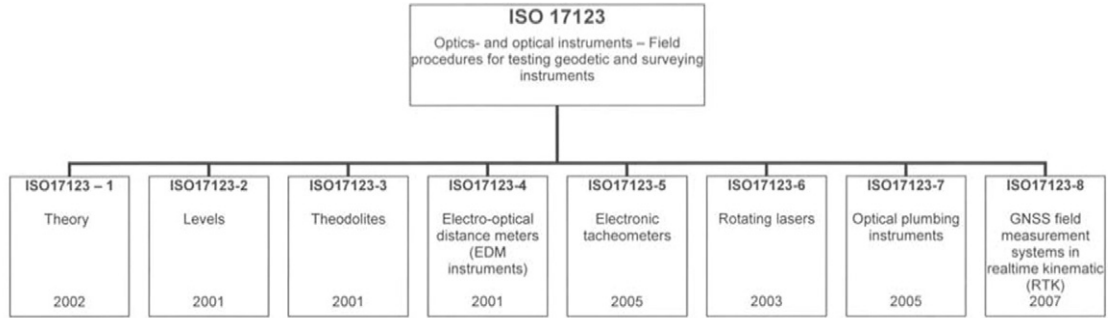


그림 1. ISO-17123 규격의 구조

17123-Part 9 TLS Field Test Procedures and Design Process' 으 로 표준화 규격의 제정이 추진될 것으로 보인다(Gottwald, 2008). 이를 위해 연구되고 있는 성능시험 내용을 살펴보면 다양한 TLS 의 측정방법(파노라마 식, 카메라뷰어방 식, 펄스 비행시간 측정방식, 위상측정 방식)에 무관하게, 단일거리 측정절차, 십자거리 측정절차, 삼각거리 측정절 차 등이 검토되고 있으며, 측정 타깃으로서는 구형 타깃 이 검토되고 있으며, 검출오차, 거리오차, 평탄도(flatness) 측정오차, 타깃오차, 각도측정편이, 영점오차, 스케일오 차, 타깃 옅 및 구형 타깃 직경측정오차 등이 측정 변수 로 고려되고 있다(Gottwald, 2008).

그리고 TLS용 타깃과 관련된 기존의 선행 연구들을 살 펴보면 Hiremagalur 등(2006)은 다양한 목적 - 즉 해상력 테 스트, 등록(registration) 목적의 제조사별 타깃 실물소개, 거 리정확도 테스트, 각도 정확도 테스트, 입사각 테스트, 표 면 정밀도/잡음 테스트-의 타깃 들을 제작하여 실험한 사 례를 소개하고 있다. Boehler와 Marbs(2003) 는 TLS로 취득 한 측정값의 품질을 조사하기 위해 다양한 종류의 타깃을 제작하고, 제조사별 · 타깃 재질별로 다양한 시험을 수행 하였다. 또 국내에서는 다양한 재질로 만든 타깃에 대한 실험을 통해 TLS 품질에 미치는 영향을 조사하였다(Lee et al, 2010). 엄대용과 김지혜(2009)는 측정대상물 표면물질 의 반사율에 따른 오차발생특성과 발생비율 등을 분석하 였으며, 이인수 등(2009)은 TLS 성능평가를 위한 테스트 베드 구축방안을 제시하였다. 또한 유종욱 등(2009)은 TLS에서 중요한 위치를 차지하는 서보 제어기개발에 대 한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 TLS의 기하학적 요소 취득을 위한 전용 타깃 제작 및 그 타깃의 옅 측정, 그리고 전용타깃을 사 용하여 TLS로 거리를 측정하여 TS의 성과와의 비교를 통 한 정확도평가를 수행하고, 최종적으로 실험용 타깃의 사

용적합성을 확인하고자 한다.

2. 지상레이저스캐너 거리측정 원리

‘레이저 스캐닝(laser scanning)’은 레이저로 거리 측정된 ‘측점군’ 을 이용하여 사용자로 하여금 복잡한 대상물의 형상을 쉽게 해석하게 해주는 영상데이터를 제공해주는 신기술이며, 스캐너 내부 반사경의 고속 움직임에 의한 레이저 광선의 편향, 대상물 표면에서의 레이저광선의 반 사와 반사된 레이저광선의 수신을 의미하기도 한다. TLS 의 거리측정의 정확도는 반사된 레이저광선의 반사강도 (intensity)에 좌우되며 정확도와 반사강도사이의 함수를 나타낸다(Gerthsen, 1993). 이 함수에서 거리, 입사각, 그리 고 표면특성들이 주요 변수들이다(Ingensand et al, 2003). 그리고 본 연구에서는 실험용 TLS의 거리측정방식인 시 간차방식을 중심으로 설명하고자 한다. ‘시간차방식 (TOF: Time-of Flight) 또는 Ranging 방식’ 의 레이저스캐너 들은 높은 반복률의 초고속 펄스발진의 반도체레이저의 광선을 고속 TLS를 이용하여 대상물 표면까지 보내서 되 돌아오는 광파의 시간 차이를 측정하여 거리측정값을 측 정하는 측정기기이다(그림 2 참조).

전송된 레이저광선은 표면에 부딪쳐 난반사되고 그 레 이저광선의 일부분이 수신기로 돌아온다. 빛이 레이저 다 이오드를 출발하여 대상물 표면에 반사되어 수신기로 되 돌아오는 시간과 기지의 레이저광선의 속도를 이용해서 그 대상물까지 거리를 구한다(Boehler et al, 2001). 이런 유 형의 TLS들은 Cyra Technologies, Callidus Precision Systems GmbH and Riegal Laser Measurement Systems GmbH, Optech System이 해당 된다(Barber et al, 2001). 이 TLS들은 유효측정 거리가 길어 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)의 데이터 제공을 위한 측량 등에 사용된다. TOF

방식의 거리측정원리는 다음 식 (1) 과 같다.

$$\rho = \frac{1}{2} C \cdot \Delta t \quad (1)$$

여기서, C : 공기 중의 레이저광선의 속도이며, 이는 진공의 레이저광선의 속도(C_0)에 공기굴절률 n_a 으로 나누어진 값($C = C_0 / n_a$)

Δt : 레이저광선의 왕복 시간

ρ : 거리

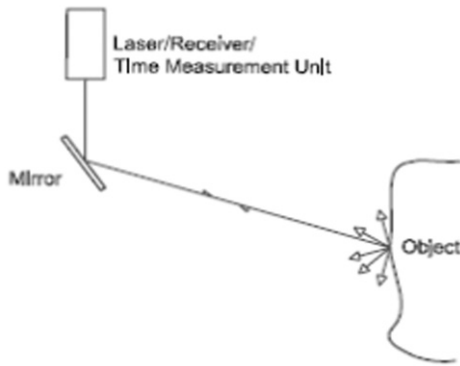


그림 2. TLS의 거리측정 원리

3. 데이터 취득 및 분석

3.1 테스트베드 개요

본 연구에서 소개하는 테스트베드(test-bed)는 ‘지상3차원레이저스캐너의 성능평가를 위한 통합테스트베드’로서 국토부의 07 지능형국토정보기술혁신과제인 “지상부문 공간정보 구축장비 개발”의 연구를 통해 도출된 성과를 기반으로 설계·시공되었으며 주요 제원은 다음과 같

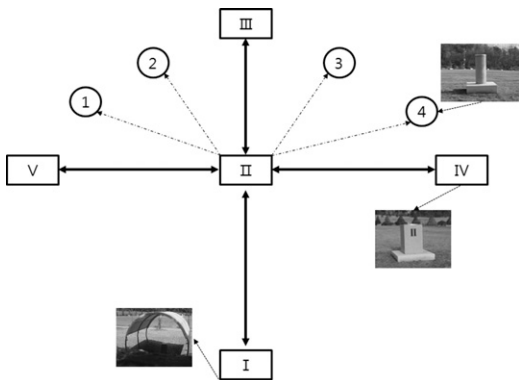


그림 3. TLS 테스트베드 전경, 세종시

다; i) 부지면적 - 약 4,200 m² (가로 60m × 세로 70m), ii) 구성-사각형 필러(pillar) 5개, 원형 필러 4개, 장비보호용 시설 1개. 그리고 본 테스트베드의 주요 활용분야는 TLS의 기하학적요소의 측정 및 품질 평가, 색상별·재질별 타깃에 대한 TLS 측정군의 반사도 검사 등을 위한 다용도 현장 실험시설이다. 그림 3은 세종시 은하수공원 내의 TLS의 테스트베드의 전경과 주요 시설물을 보여주고 있다.

3.2 실험용 타깃 제작

TS는 1점 측정방식인 반면에 TLS는 1초에 수천 ~ 수백만 개의 측정군을 기계로부터 대상물에 전송하므로 대상물에 대한 기하학적요소의 취득이 TS의 그것과는 상이하다. 이에 따라 TLS로 정밀하고 신뢰도 높은 기하학적요소를 취득하기 위해서는 TS 용 반사경과 다른 새로운 타깃이 필요하게 되었다. 그래서 본 연구에서 고안한 소형구 및 대형구는 기존의 폴리에틸렌 구형(sphere) 제품을 개조한 것으로, 한국표준과학연구원(KRISS; Korea Research Institute of Standards and Science, 이하 KRISS) 길이센터와 대한지적공사 공간정보연구원이 공동으로 개발하였다. 이 제품은 180° 씩 회전을 하면 한쪽은 TS의 기하학적요소 취득이 가능한 코너큐브(corner cube) 반사경이 설치되어 있고, 다른 한쪽 면은 TLS의 기하학적요소의 취득을 위해 구형 표면으로 구성되어 있다. 이 타깃은 구형-반사경 타깃의 방향성에 의한 거리측정 오차를 최소화시키기 위하여 코너큐브반사경의 nodal point 가 폴리에틸렌 구의 중심이 되도록 반사경을 구안에 삽입 제작 되었다. 여기서, 코너큐브는 광선이 편이가 되지만 반사광선을 입사광

표 1. 타깃 종류 및 실물

구분	제원 (제조업체 또는 측정업체)	실물
Target-1	소형구, ϕ 76.2mm (Trimble, 호칭값) 소형구, ϕ 76.301mm, 진원도 22 μ m (KRISS)	
Target-2	대형구, ϕ 145mm (FARO, 호칭값) 대형구, ϕ 145.4132mm (KRISS) 진원도 80 μ m (KRISS)	
Target-3	원형 평면, ϕ 6" (Leica)	
Target-4	반사경 (Sokkia)	

표 2. 소형구와 대형구의 옵셋 측정값

측정수	소형구	측정수	소형구	측정수	대형구	측정수	대형구
1	25.02202	11	25.02202	1	25.02231	11	25.02241
2	25.02192	12	25.02202	2	25.02251	12	25.02231
3	25.02202	13	25.02212	3	25.02242	13	25.02231
4	25.02202	14	25.02202	4	25.02231	14	25.02241
5	25.02192	15	25.02202	5	25.02241	15	25.02221
6	25.02202	16	25.02202	6	25.02231	16	25.02241
7	25.02202	17	25.02192	7	25.02241	17	25.02221
8	25.02212	18	25.02202	8	25.02231	18	25.02251
9	25.02192	19	25.02212	9	25.02251	19	25.02241
10	25.02192	20	25.02192	10	25.02251	20	25.02251
평균, m			25.022385	평균, m			25.022386
표준편차, mm			0.099	표준편차, mm			0.097
SZR-001 중심거리, m			24.997895	SZR-001 중심거리, m			24.997895
반사경 옵셋, mm			-24.490	반사경 옵셋, mm			-24.490

선과 평행으로 하기 위한 역반사체 이다. 그리고 표 1은 TLS의 테스트베드 내의 필러간 거리측정을 위해 사용된 다양한 종류의 타깃종류 - 원형평면 타깃 및 구형 타깃, 그리고 반사경 - 을 보여주고 있으며, 또한 이들의 제원 및 실물을 보여주고 있다. 또 각 타깃의 제원들은 업체에서 제공한 값(호칭값)을 국내 최고의 표준관련 연구기관인 KRISS의 길이센터에서 진원도 및 진구도 등의 시험측정을 수행함으로써 TLS 현장 실험용 타깃으로서의 신뢰도를 확보하였다. 그리고 그림 4는 zero 반사경(a), 소형구(b), 대형구(c), 그리고 옵셋 측정에 사용된 TS를 가리키고 있다.

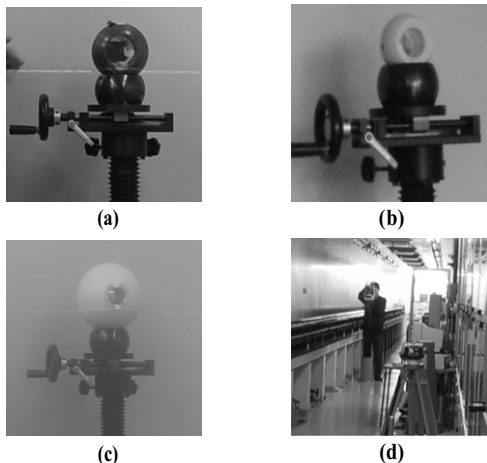


그림 4. 구형-반사경 타깃의 옵셋 측정

3.3 옵셋 측정

이 항에서는 TLS 현장 실험용 타깃을 직접 현장에 적용

을 위해서는 타깃 옵셋 측정이 제일 먼저 정확하게 이루어져야 한다. 표 2의 소형 및 대형구에 설치된 코너큐브 옵셋은 먼저, KRISS 길이센터에서 교정된 Leica TC-2003 토탈스테이션을 사용해서 zero 반사경(SZR-001)의 중심까지 거리를 기준값으로 설정하고, 두 번째, 동일한 TS로 소형구 및 대형구의 코너큐브 중심까지의 거리를 반복 측정한 뒤 이것의 평균을 구하였다. 최종적으로, 소형구 및 대형구의 코너큐브의 중심까지의 거리측정값에서 옵셋이 0인 zero 반사경의 중심까지 거리를 뺀 값들이 각각 옵셋이 된다.

3.4 실험용 장비

본 실험에서 거리측정에 사용된 Sokkia의 SET230 TS의 각 측정, 거리 측정 범위 및 정확도 등의 사양을 정리하면, 각도측정 최소표시 1" · 정확도 2", 반사경에 의한 최대 거리측정 범위 6km · 거리정확도 $\pm(2+2\text{ppm} \times D)$ mm, 그리고 무타깃방식의 최대 거리측정범위 150 m 이상 · 거리측정 정확도는 $\pm(3+2\text{ppm} \times D)$ mm 이다. 그리고 표 3은 실험에 사용된 기준 2개 사의 TLS의 사양 중에서 위치 및 거리 정확도, 스캔해상력, 측정범위, 레이저등급을 나타내고 있다.

3.5 TS를 이용한 현장 거리측정 실험

TLS용 테스트베드의 필러 I - II 간 거리측정은 첫째, TS로 거리를 20회 반복 측정하고 둘째, 신규 제작된 2종의 소형구 및 대형구, 1종의 상용 타깃을 TS의 무타깃방식으로 거리를 반복 20회 측정한다. 그림 5는 테스트베드에서 TS, 원형평면타깃 및 대형구에 대한 거리측정 모습을 나타낸 것이다

표 3. TLS 사양

구분 \ 제조사	A사	B사
정확도	<ul style="list-style-type: none"> Position: -6mm@1-50m Distance: -4mm@50m Angle(Horiz/Vert): -60μrad/60μrad 	<ul style="list-style-type: none"> Position: -12mm@100m Distance: -7.0mm@100m Angle(Horiz/Vert): -60μrad /70μrad
스캔 해상력	<ul style="list-style-type: none"> Spot size -0~50m:4.5mm (FWHH-based) -0~50m:7mm (Gaussian-based) Point spacing <1mm 	<ul style="list-style-type: none"> 50m@3mm Autofocus : -5m@0.3mm -15m@0.9mm -25m@1.5mm
측정 범위 (range)	<ul style="list-style-type: none"> 300m @90% albedo 134m @18% albedo 	<ul style="list-style-type: none"> 350m@90% albedo 200 m@35% albedo 155 m@18% albedo
레이저 등급	Class-3R Visible green laser	Class-3R Visible green laser

표 4. TS에 의한 거리측정값

타깃 종류 \ 측정 순번	반사경 (Target-4)	대형구 (Target-2)	원형평면 (Target-3)
1	50.030	50.024	49.999
2	50.030	50.024	49.999
3	50.030	50.024	49.999
4	50.030	50.024	49.999
5	50.030	50.024	49.999
6	50.030	50.024	49.999
7	50.030	50.024	49.999
8	50.030	50.024	49.998
9	50.030	50.024	49.998
10	50.029	50.024	49.998
11	50.030	50.024	49.999
12	50.029	50.024	49.998
13	50.030	50.024	49.998
14	50.030	50.024	50.000
15	50.030	50.024	49.999
16	50.030	50.024	49.999
17	50.030	50.024	49.997
18	50.030	50.024	49.999
19	50.030	50.024	49.999
20	50.030	50.024	50.000
평균, m	50.0299	50.0240	49.9988
표준편차, mm	0.300	0.000	0.700
반사경 옵셋, mm	-30.000	-24.490	0.000
거리보정값, mm	50.000	49.99951	49.9988



(a) TS (b) 원형평면타깃 (c) 대형구

그림 5. TS에 의한 현장 거리측정 실험

그리고 표 4는 TS에 의한 거리측정값의 평균, 표준편차, 옵셋 그리고 거리보정값을 각각 정리한 것이다. 표 4의 거리보정값을 분석한 결과, 신규 제작된 TLS 용 실험타깃인 대형구를 사용할 경우 TS 반사경이나 상용 원형평면타깃의 성과와 동일하거나 거의 유사하게 나타났으므로 타깃이 적합하게 제작된 것으로 확인할 수 있었다.

3.6 TLS를 이용한 현장 거리측정 실험

TLS를 이용한 테스트베드의 필러 I - II 간 거리측정은 다음 순서로 이루어졌다; 첫째, 2개 TLS 제조사의 장비를 그림 3의 필러 I 에 설치한다. 둘째, 대형구 및 원형평면타깃 외에 소형구를 실험용 타깃으로 선정하여 TLS 본체 설치 필러에서 약 50 m 떨어진 그림 3의 필러 II 에 설치한다. 셋째, TLS로 목표 타깃을 스캐닝하기 위해 제조업체별로 보유하고 있는 TLS 현장 운영소프트웨어를 구동한다. 넷째, 현장 운영소프트웨어가 구동된 상태에서 스캐닝하고자 하는 목표 타깃의 범위를 설정한다. 다섯째, 설정된 목표 타깃을 중심으로 스캐닝(해상력; 1 mm × 1 mm, 2.8 mm × 2.0 mm) 을 시작한다. 여섯째, 스캐닝이 완료된 후 관련 응

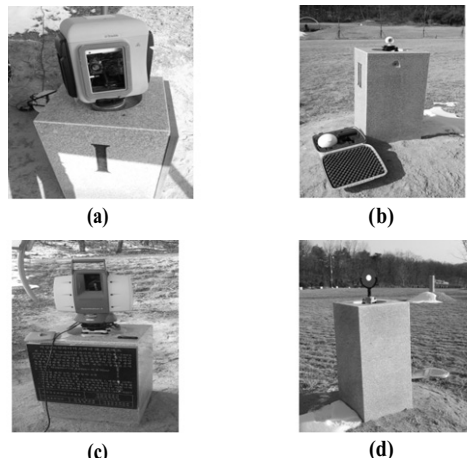


그림 6. TLS에 의한 현장 거리측정 실험

용소프트웨어(PPOINTSCAPE, Modelspace)를 이용해서 기하학적요소를 계산한다. 여기서 그림 6은 TLS 테스트베드의 필터 I 에 설치된 상용 TLS 2종 (그림 6(a)와(c)과 필터 II 에 설치된 소형구(그림 6(b))와 상용 원형평면타깃(그림 6(d))을 각각 보여주고 있다.

4. 데이터 분석 및 결과

4.1 TS를 이용한 거리측정값

이 항에서는 TS에 의한 TS 용 반사경, 새로 제작한 대형구, 그리고 TLS 상용 원형평면타깃에 대한 거리측정값을 분석하고자 한다. 참고로 이 항과 다음 항에서 계산한 거리측정값에는 온도, 기압에 의한 공기 굴절률 보정은 고려되지 않았음을 밝혀둔다. 그림 3의 테스트베드의 필터 I - II 간 거리측정은 이전에 1회 씩 2번 측정되어, 첫 번째 측정값은 49.998m(Sokkia SET230, 2011.07.22), 두 번째 측정값은 49.998m(TOPCON, 2011.11.17) 로 나타난 바 있다. 그러나 이번 거리측정(2012.01.11.-2012.01.12) 은 측정값의 정밀도와 신뢰성을 높이기 위해 타깃별로 20회 씩 반복하였다. 여기서, 반사경, 대형구, 그리고 원형평면타깃에 대한 오프셋은 각각 -30.00 mm, -24.49 mm, 그리고 0.00 mm을 적용하였다.

4.2 TLS를 이용한 거리측정

이 항에서는 현재 국내에 도입되어 있는 TLS 2개사 제품을 이용해서 대형구, 소형구 및 원형평면타깃에 대한 거리측정값을 분석하고자 한다. TLS를 이용하여 대형구나 소형구의 코너큐브반사경까지의 거리측정은 레이저 반사강도가 너무 세기 때문에 측정이 불가능하므로 원형평면타깃이나 폴리에틸렌 대형구의 표면에 대한 레이저 스캐닝 후 알고리즘을 이용하여 거리측정을 하는 것이다. 그림 3의 테스트베드의 필터 I - II 사이의 거리측정값, 그것의 평균 및 표준편차, 그리고 거리측정값의 평균에 개별 타깃의 오프셋(대형구와 소형구: -24.490mm, 원형평면: 0.000 mm)을 적용한 거리보정값을 각각 표 5에 정리하였다. 표 5의 자료 분석결과, A사가 원형평면 타깃을, B사가 대형구와 소형구를 사용한 경우는 거리측정값에 대한 표준편차가 0.5 - 1.0 mm 이하로 매우 양호한 성과를 보인 반면, 대형구를 사용한 A사의 경우에 표준편차가 약 10mm 이상으로 크게 나타났다. 여기서 결론을 도출해 보면, 표 4와 표 5에서 TLS와 TS에 의한 필터 I - II 사이의 거리측정값이 서로 차이가 발생하는 이유는 현장 측정실험은 올바르게

계(적법하게) 진행되었지만 이것은 실험당시 A사의 TLS 본체의 고정용 screw 부분과 테스트베드의 그것과의 불일치로 인한 본체의 안정성 부족과 자료처리에 사용된 응용소프트웨어가 대형구를 표준타깃으로 인식하지 못하는 점, 검증되지 않은 TLS 장비자체의 오프셋 문제가 원인 중에 하나로 판단된다.

표 5. TLS에 의한 거리측정값

업체명 타깃 종류 측정수	A사		B사	
	대형구 (Target-2)	원형평면 (Target-3)	대형구 (Target-2)	소형구 (Target-1)
1	50.012	50.000	50.009	50.011
2	50.011	50.000	50.008	50.011
3	50.004	50.000	50.008	50.010
4	50.038	49.999	50.008	50.013
5	50.016	50.001	50.009	50.011
6	50.028	50.000	50.010	50.010
7	50.008	50.000	50.010	50.010
8	50.010	50.000	50.009	50.010
9	50.009	50.000	50.008	50.010
10	50.012	50.000	50.009	-
평균, m	50.0148	50.000	50.009	50.011
표준편차, mm	10.30	0.50	0.80	1.00
거리보정 값, mm	49.99031	50.000	49.98451	50.01

따라서 이 테스트베드를 효율적으로 이용하기 위해서 현장 실험측정이전에 TLS의 기계 검증, 현재 제작한 타깃의 진구도(眞球度) 고도화, 스캐닝 된 대형구나 소형구의 측정준을 이용하여 기하학적 요소를 계산하는 제조업체별 응용소프트웨어의 알고리즘 분석, 그리고 TLS 본체 고정용 screw 부분 보완 등이 선행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 신규 제작된 대형구나 소형구로부터 기하학적요소를 추출할 수 있는 새로운 알고리즘의 개발 등에 관한 심층연구가 필요할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 TLS의 기하학적요소를 정밀하고 신뢰도 높게 결정하기 위해 신규로 타깃을 제작하고, 각각 TS와 TLS로 거리를 측정하여 결과를 비교·분석하고자 한다. 현재 국내에 많이 활용되고 있는 TLS로 측정된 기하

학적요소를 검증하기 위한 표준타깃이 없고 성과검정 시 제조업체별로 독립된 타깃을 사용하여 TS 용 반사경을 이용하여 얻은 성과와 비교하는 방법을 따르고 있다. 그러나 이 경우 TLS용 타깃과 TS 용 타깃 2종류를 항상 구비해야 하는 불편함과 필러 등에 타깃을 교체 설치함으로써 발생하는 측정값의 불확실도(uncertainty)가 야기될 수 있다. 그래서 본 연구에서는 기존 구형 타깃에 TS 용 코너 큐브를 결합한 새로운 TLS 실험용 타깃을 한국표준과학연구원과 공동으로 제작하였으며, 또한 타깃의 정밀도와 신뢰도를 높이기 위해 국내에서 표준을 다루는 한국표준연구원에 제작한 타깃에 대한 옵션의 정밀측정을 의뢰하여 성과를 확보하였다. 다음으로 TLS 용 소형구 및 대형구 타깃을 이용하여 테스트베드의 필러 간 거리를 정밀 측정하여, TS에 의한 성과값과 비교·분석하였다. TS로 테스트베드에서 신규 제작된 대형구, 반사경과 상용 원형 평면타깃을 이용하여 거리를 측정한 뒤 각 타깃의 옵션을 보정한 결과, 본 연구에서 중점을 두고 제작한 대형구를 이용한 거리측정값은 TS의 성과에 근접하게 나타났다. 마지막으로 국내 2개 사의 상용 TLS를 이용하여 소형구 및 대형구, 상용 원형평면타깃을 이용하여 거리측정값을 구한 결과 거리측정값에 차이가 발생하였다. 이것은 TLS 제품을 테스트베드 필러에 설치 시 발생하는 오류, TLS 자체 검증문제, 그리고 제조사별로 보유하고 있는 소프트웨어의 신규 제작된 타깃에 대한 인식문제 등에 기인한 것으로 판단된다.

향후 본 연구에서 발생한 문제점을 보완하기 위해 제조사별 TLS의 자체검정을 위한 표준절차 마련, 성과 검사항목 조정, 신규 제작된 타깃을 이용한 Pilot project 수행, 그리고 테스트베드의 보완 등이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(과제번호06국토정보B01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

임대용, 김지혜 (2009), 대상물 표면물질에 따른 3차원 레이저스캐닝 시스템의 반사특성분석, 한국측량학회지, 제27권, 제3호, pp. 347-356.

유종욱, 정중연, 김태형 (2009), 지상용 3차원 레이저 스캐너의 측정 위치 정확도 향상을 위한 서보 제어기의 연구, 한국측량학회지, 제27권, 제2호, pp. 187-194.

이영진, 조준래 (2008), ISO17123-8 GNSS RTK 표준규격의 현장시험 연구, 한국지적학회지, 제24권, 제2호, pp. 295-305.

이인수, 차득기, 김수정, 김진 (2009), 지상레이저스캐너 성능평가를 위한 테스트베드 구축 방안, 한국GIS학회지, 17(1), pp. 39-49.

Barber, D., Mills, J. and Bryan, P. G.(2001), Laser scanning and photogrammetry: 21st Century metrology, CIPA International Archives for Documentation of Cultural Heritage, 18: pp. 360-366.

Boehler, W., Heinz, G. and Marbs, A. (2001), The potential of non-contact close range laser scanners for cultural heritage recording, CIPA Working Group VI, pp. 1-8.

Boehler, W. and Marbs, A. (2003), Investigating Laser Scanner Accuracy. Mintz White paper.

Gerthsen, C. and Vogel, H.(1993), Physik, 17,m Verbesserte und erweiterte Auflage, Springer-verlab Berlin Heidelberg.

Gottwald, R. (2008), Field Procedures for Testing Terrestrial Laser Scanners (TLS), A Contribution to a Future ISO Standard, Integrating Generations FIG Working Week 2008, Stockholm, Sweden 14-19 June 2008.

Hiremagalur, J., Kin S. Yen., Kevin Akin., Triet Bui., Ty A. Lasky., and Bahram Ravani. (2006), Creating Standards and specifications for the Use of Laser Scanning in Caltrans Projects, AHMCT Research Report.

Ingensand, H., A. Ryf. and Schulz, T.(2003), Performances and Experiences in Terrestrial Laserscanning, Proceedings of the 6th Conference on Optical 3DMeasurement Techniques, Zurich.

Lee, InSu, Lee Jae One, Park, Hong Joo., and Bae, Kyoung Ho.(2010), Investigations into the Influence of Object Characteristics on the Quality of Terrestrial Laser Scanner Data, KSCE Journal of Civil Engineering, 14(6): pp. 905-913.