

근거리사진측량과 레이저스캐너를 이용한 문화재 정밀측정 Precision Measurement of Cultural Assets Using Close Range Photogrammetry and Laser Scanner

정성혁¹⁾, Jung, Sung-Hyuk · 유정흠²⁾, You, Jung-Hum
손세원³⁾, Son, Sea-Won · 이재기⁴⁾, Lee, Jae-Kee

¹⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 박사과정 · 043-273-0485 (E-mail:lemail@chungbuk.ac.kr)

²⁾ 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 석사과정 · 043-273-0485 (E-mail:ru-2000@hanmail.net)

³⁾ 정회원 · 충청대학 지적지형정보시스템과 · 교수 · 043-230-2161 (E-mail:ss011@ok.ac.kr)

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

1. 서론

최근 국·내외적으로 문화재 및 역사적 가치를 지닌 구조물에 대한 3차원 데이터베이스 구축, 문화재 복원 및 사이버 공간에서의 문화재 전시 기술 등의 연구가 활발히 이루어지고 있다.^{1,2)} 문화재의 3차원 정보를 취득하기 위한 기법으로는 토탈스테이션 등을 이용한 일반측량기법, 근거리사진측량기법 및 레이저 스캐닝 기법 등이 이용되고 있다.³⁾

일반적으로 많이 이용되고 있는 사진측량기법은 대상물을 측정할 때 높은 정확도로 측정할 수 있지만 대상물의 세부적인 부분 즉, 조형물과 같이 다양한 곡선과 곡면으로 이루어진 대상물의 굴곡부분을 3차원으로 정확한 모델링을 하기 어려운 점이 있으며 도화시 작업자의 숙련도가 필요하고 처리시간이 많이 소요되는 등의 문제점을 가지고 있다. 또한, 레이저 스캐너는 측정 범위의 한계로 인하여 반복측정을 하여야 하고, 빛의 반사에 따른 오차의 발생을 줄이기 위해서 야간에 작업을 해야 하며, 취득된 데이터의 용량이 방대한 점, 장비가 고가인 점 등과 같은 문제점을 가지고 있다. 그러나, 복잡한 형태의 대상물을 세밀하게 표현할 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 문화재 정밀측량 분야에서 활용 될 수 있다.⁴⁾

따라서, 본 연구에서는 이러한 특성을 분석함으로써 문화재의 신속하고 정확한 3차원 수치모형을 생성하기 위하여 대상물의 전체적인 형상은 사진측량기법으로 측정하고, 사진측량에서 표현하기 어려운 양·음각의 세밀한 부분에 대해서는 레이저 스캐너로 측정하여 각각의 데이터를 하나의 수치모형으로 구축하는 기법을 제시하고자 한다.

2. 근거리 사진측량에 의한 정밀측정

본 연구에서는 문화재의 3차원 정밀 수치모형을 생성하기 위해 지상 사진측량 및 레이저 스캐너를 사용하였다. 이를 위한 실험 대상물은 석탑의 갑석(甲石) 4면에 2구씩의 팔부중상(八部衆像)이 양각되어 있는 보물 제 124호인 경주남산리삼층석탑으로 선정하였다.

사진촬영은 전체 대상물에 대해 균등한 정확도를 나타낼 수 있도록 탑의 정면, 배면 및 좌·우측면의 각 면에 인공 표정점 13개씩을 고루 분포하게 하여 총 52개를 부착하였다. 기준점 측량은 전면부의 표정점 중 12개를 1초독 테오돌라이트로 측정한 후 사진



그림 1. 경주남산리삼층석탑

측량 결과의 정확도를 평가하기 위한 최확값으로 이용하였으며, 대상물의 한 면이 최소 3장의 사진에서 중복 되도록 Rollei 6006 Metric 카메라를 이용하여 자유수렴촬영방법으로 촬영하였다.

촬영된 필름은 스캐너를 이용하여 수치화하여 수치영상으로부터 표정점의 상좌표를 취득하고, 표정과 광속 조절을 통하여 대상물의 표정점에 대한 3차원 좌표를 계산하였다. 표정의 단계에서는 요구 정확도에 수렴 될 때까지 반복 계산하였고, 계산된 값은 다시 광속조정의 초기값으로 입력하여 대상물의 표정점에 대한 3차원 좌표를 계산하였다.

최종적으로 결정된 좌표를 기준으로 대상물을 정밀도화를 하였고, 도화된 자료는 DXF형식으로 변환하여 AutoCAD상에서 3차원 수치모형을 형성할 수 있도록 하였다.

표 1. 기준점 측량성과 및 잔차 (unit : m)

No.	X	Y	Z	Vx	Vy	Vz
1	10.639520	12.384150	4.765831	0.00122	0.00213	-0.00180
2	10.381750	12.296010	4.156875	0.00132	0.00231	-0.00195
3	10.918210	12.271080	4.148638	0.00121	0.00252	-0.00189
4	10.416020	12.210560	3.325219	0.00271	0.00272	-0.00092
5	10.901830	12.190650	3.328762	0.00156	0.00349	-0.00212
6	10.356790	12.117900	2.521048	0.00157	0.00171	-0.00108
7	10.969220	12.090880	2.538681	0.00007	0.00005	-0.00002
8	10.340200	12.112150	1.867923	0.00009	0.00020	-0.00010
9	10.966630	12.091550	1.922015	0.00007	0.00005	-0.00019
10	10.593110	11.517670	1.483067	0.00233	0.00340	-0.00093
11	9.764403	11.693630	1.148399	-0.00169	0.00176	-0.00083
12	11.539110	11.615440	1.210317	-0.00073	0.00203	-0.00114

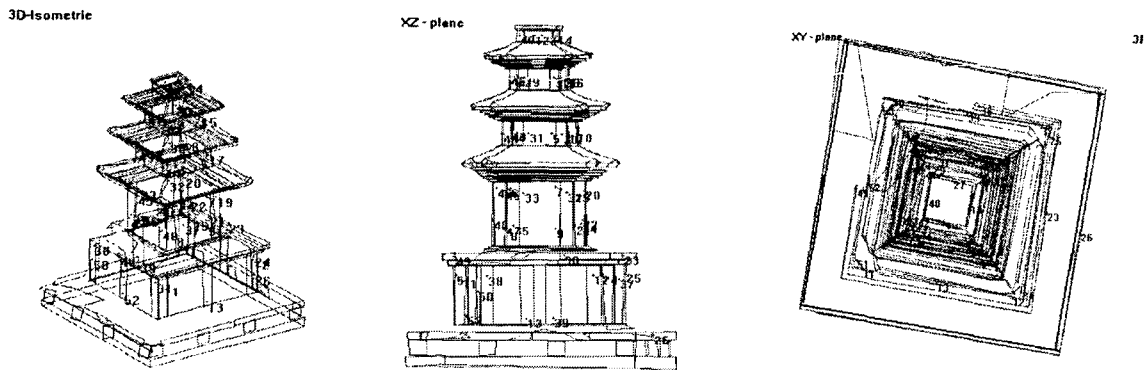


그림 2. 사진측량에 의한 대상물의 정밀도화

3. 레이저 스캐너에 의한 측정 및 자료처리

사진측량을 통해 탑의 하대석, 기단부, 탑신부 옥개 및 옥개석 등 전체적인 형상을 측정하였으며, 대상물 아래쪽에 양각되어 있는 부분에 대해서는 레이저 스캐너를 이용하여 측정하였다.

탑의 기단부 4면에 각각 2구씩 양각되어있는 팔부중상의 부분을 Minolta사의 VIVID 700 3D laser scanner를 사용하여 4부분으로 나누어 스캐닝을 하였다. 각 부분을 보다 정밀 측정하기 위해서 약 2mm의 간격으로 스캐닝하였으며, 스캐닝에 소요된 시간은 총 5시간이 소요되었다.

취득된 3차원 Point 데이터는 Ascii 파일로서 출력될 수 있으므로 Point 자료를 import 할 수 있는 3D 모델링 소프트웨어 RapidForm에서 모델링 작업

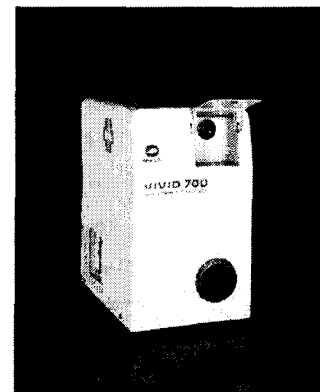


그림 3. Minolta Vivid 700

을 수행하였으며, 생성된 수치모형은 사진좌표계를 기준으로 스캐닝데이터를 변환 한 후 동일점을 정합하여 대상물의 완전한 3차원 수치모형을 생성하였다. 각각의 포인트 데이터로부터 부분 폴리곤(partial polygon)을 작성하여 커브추출 및 면 생성 과정을 거친 후 텍스처 매핑을 통해 최종적인 3차원 모델링을 생성하였다.

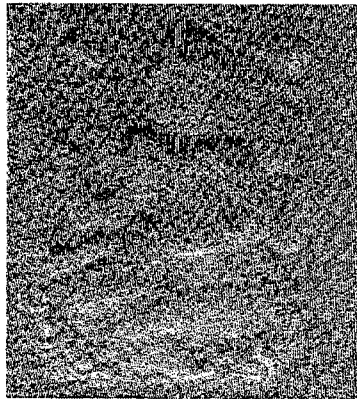


그림 4. 스캐닝 데이터



그림 5. 3차원 수치모형 생성

사진측량과 레이저 스캐너로 측정하여 얻은 각각의 데이터는 서로 상이한 좌표계의 값을 갖고 있으므로 우선, 양각부분의 특정 모서리 네 곳을 동일지점으로 설정한 후 사진좌표를 기준으로 동일점에 대한 좌표값을 산출하고, 동일 좌표계으로 변환시켜 주었다. 사진측량 데이터, 레이저 스캐닝 데이터 및 대상물 표면의 수치영상을 조합하여 생성한 경주남산리삼층석탑의 형상은 그림 6과 같다.

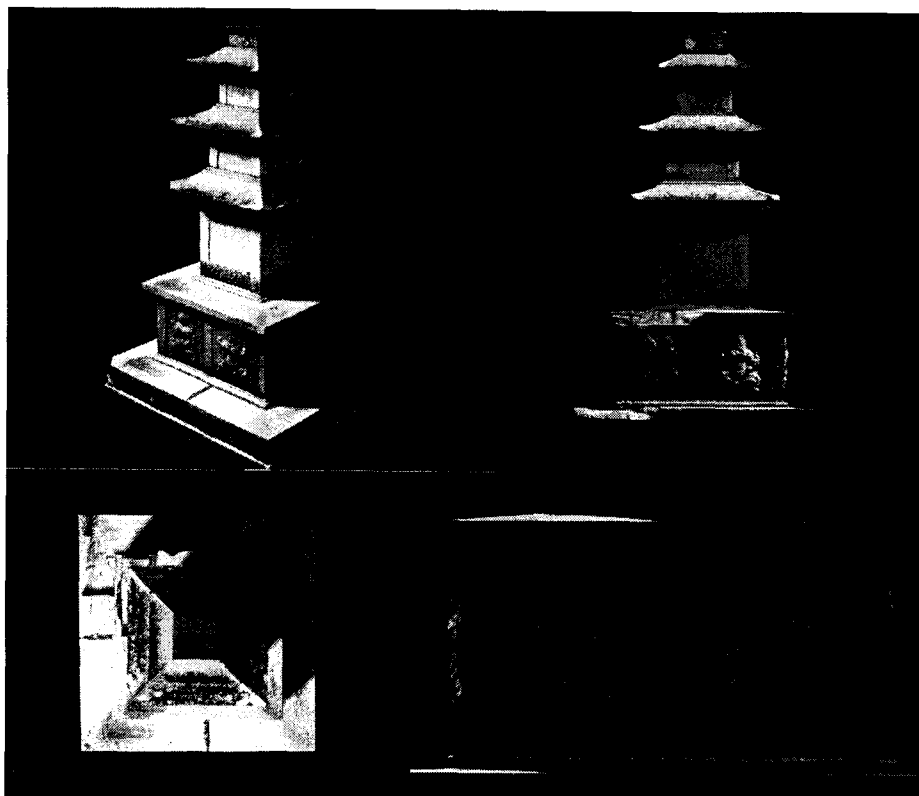


그림 6. 3차원 수치모형(조감도, 좌측면도, 평면도, 부분확대도)

4. 결론

문화재 정밀 측정에 있어서 지상사진측량과 레이저스캐닝을 이용한 3차원 수치모형을 생성하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 지상사진측량을 통해 계산된 좌표값은 표준편차가 $\sigma_x = 0.442\text{mm}$, $\sigma_y = 0.660\text{mm}$, $\sigma_z = 0.389\text{mm}$ 로 나타났으며, 이것은 문화재 정밀 측량의 기대정확도내에 충분히 수렴됨을 알 수 있다.
2. 관측 대상물이 조형물과 같은 복잡한 형태로 구성되어 있는 경우 지상사진측량과 레이저스캐닝을 이용한 자료정합방법으로 도화함으로서 보다 정확한 3차원 모델을 생성할 수 있음은 물론, 육안으로 식별이 곤란한 미세한 부분까지도 명확하게 표현할 수 있으며, 훼손 시 재현 및 복원을 위한 보다 정확한 자료를 제공할 수 있다.
3. 사진측량과 레이저스캐닝에 의해 생성된 각각의 3차원 수치 모델을 하나의 모델로 조합한 후 기단부, 탑신부, 탑두부 등으로 나누어 각 단면을 분석해본 결과 훼손된 부분의 깊이와 정도를 파악할 수 있고, 탑의 높이를 측정한 결과 기존 탑의 높이(5.85 m)와 실측한 탑의 높이(5.8441 m)가 약 6mm의 오차가 있음을 알 수 있다.
4. 지상사진측량 및 레이저스캐닝을 이용한 문화재의 정확한 3차원 모델을 효율적으로 처리하기 위해서는 각각의 방법에 대한 특성을 가지고 있기 때문에 지상사진측량방법을 이용한 전체 대상물의 자료처리와 레이저스캐닝을 이용한 복잡한 부분의 자료처리를 통하여 이를 조합하는 방법을 이용함으로써 자료의 정확도 확보 및 세부적인 도화를 할 수 있고, 자료처리시간 및 자료용량 등을 최소화할 수 있기 때문에 문화재 측량에 효율적으로 이용될 수 있다.

이상과 같이 문화재 정밀측정에 있어 지상사진측량과 레이저 스캐닝 기법을 조합함으로써 복잡한 형상의 양·음각 부분을 정확히 표현할 수 있고, 필요한 부분에 대해 3차원 수치 좌표값을 산출할 수 있으므로 문화재의 보존 및 복원, 관리자료로서 충분히 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 문화재청, “근대문화유산 건축물 사진실측 조사 보고서”, 문화재청, 2001, pp. 12~27.
2. 문화재청, “20세기초 건축물 사진실측 보고서”, 문화재청, 2000.
3. 정성혁, 황창섭, 이재기, “수치사진측량기법에 의한 Fender의 3차원 수치모형 생성”, 한국측량학회지, 제19권, 제2호, 2001, pp. 147~154.
4. 이상학, “레이저 스캐너의 정확도 검증과 3차원 수치모형 생성”, 석사학위논문, 충북대학교, 2002.