

## 단사진 정사영상을 이용한 문화재 3차원 모니터링

### The 3D Monitoring of Cultural Asset Using the OrthoImage of Single Photo

강 준 목 / 충남대학교 토목공학과 교수

배 상 호 / 대림대학 토목과 전임교수

주 영 은 / 충남대학교 대학원 박사수로

#### 요 지

자동화 공정의 수행에 의한 항공사진이나 위성영상의 획득과는 달리 지상사진측량에 의한 영상의 획득은 대상물의 요구정확도와 해석 범위에 따라 각기 다른 번거로운 수행 과정을 거쳐야 한다. 이에, 본 연구에서는 무반사경 자동형 토털 스테이션을 사용하여 대상물에 대한 3차원 위치성곽을 획득하여 수치표고모형을 생성하고 해석 대상면에 대한 단사진 영상을 사용하여 정사영상을 도출하였다. 이는 입체 영상의 획득과 도화의 어려움을 배제하고 관련 문제점을 보완할 수 있어, 문화재 기념물의 도면 작성이나 사면측정의 안정성 검토를 위한 측정방법으로 그 활용이 가능할 것이다.

#### 1. 서 론

정렬화된 공정의 수행에 의한 영상획득은 사진측량의 효율성 증대를 위해서 반드시 이루어져야 하며, 항공사진이나 위성영상의 촬영시스템은 이러한 자동화 공정에 의해 이루어진다. 그러나, 근접사진측량은 해석에 적합한 영상을 획득함에 있어 상대적으로 많은 어려움을 내포하고 있다. 최근 무반사경 자동형 토털 스테이션을 이용한 기준점 측량의 수행은 매우 간편해졌으나 입체모델 생성을 위한 촬영점과 기선 설정은 매우 까다로운 공정에 의해 이루어지고 있다. 또한, 원형 구조물과 같은 대상물의 해석을 위해서는 원형 스트립을 이용한 복잡한 촬영 계획을 수립하여야 하며 이는 많은 인원과 비용이 요구된다.

이에, 본 연구에서는 번거로운 입체영상 획득과 처리에 관련한 공정을 단순화하여 작업인원 및 수행 시간을 최소화할 수 있는 측정방법으로, 무반사경 자동형 토털 스테이션과 단사진을 조합한 정사영상 생성 및 활용의 효율성을 제시하고자 한다. 무반사경 자동형 토털 스테이션을 사용하여 획득한 대상물의 3차원 수치자료를 이용하여 수치표고모형(Digital Elevation Model)을 생성하고 이를 해석 대상면의 단사진에 적용하여 정사영상을 생성하고자 한다. 그리고, 다양한 기하학적, 시각적 분석을 통해 단사진 정사영상 활용의 효율성을 제시하고자 한다.

#### 2. 연구 내용

지상사진측량에 의한 대상물의 수치도면 작성을 위해서는 직각수평촬영에 의한 입체영상의 도화 또

는 수렴영상의 공간전방회법에 의한 교차점 해석 방법을 언급할 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 근본적으로 영상 획득이나 동일 지점 측정의 어려움을 배제할 수 없다. 촬영 기선의 설정은 카메라의 포맷과 기선/고도비를 계산하여 그 위치를 결정하게 되며 대상물의 형상과 크기에 따라 촬영 기선점의 위치를 변경하여야 하는 어려움이 수반된다. 따라서 사진 답사를 통해 해석 대상물의 상황에 대한 정확한 데이터와 이에 따른 적합한 촬영점의 선정이 필요하다. 이러한 경제적, 시간적 어려움을 해소하고자, 단사진 정사보정(ortho rectification)을 수행하여 보다 효율적으로 수치도면을 작성하고자 한다.

단사진은 입체 영상에 비해 촬영이 간편하고 해석 범위도 증가된다. 그러나, 기록이 있는 대상물의 정사보정을 위해서는 반드시 깊이(depth) 값을 갖는 수치표고모형의 성과가 있어야 한다. 대상물에 대한 수치표고모형의 획득은 매우 어려운 작업중의 하나이다. 그러나, 최근에는 레이저 스캐너 또는 무반사경 측정기기의 활용으로 그 과정이 매우 간소화되고 있다. 본 연구에서는 무반사경 측정기기의 자동 위치 측정 기능을 사용하여 해석 대상면에 대한 3차원 수치자료를 획득하고 이를 이용하여 수치표고모형을 생성한다. 생성된 수치표고모형과 단사진과의 조합분석에서 의해 정사영상을 제작하고 이를 바탕으로 다양한 분석을 수행하여 그 활용 가능성을 제시하고자 한다. 그림 1은 단사진 정사영상 생성 및 활용에 관한 연구 수행 흐름도를 간략하게 나타낸 것이다.

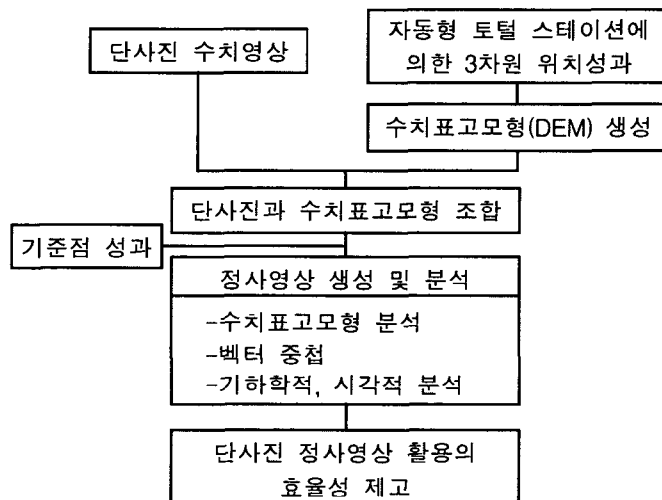


그림 1 연구수행 흐름도

### 3. 데이터 획득

근접사진측량에서 단사진과 무반사경 자동형 토털 스테이션의 조합에 의한 정사영상의 효율적인 생성과 그 활용성을 검증하기 위해 문화재로 지정되어 있는 용화사 석불입상(龍華寺石佛立像, 시도유형문화재 26호)을 시험모형으로 선정하였다(그림 2). 이 불상은 백제시대 후기에 제작된 것으로 실제 크기는 250cm(h)×130cm(w) 정도로 추정되는 거대불상이지만 현재는 발목 아래부분이 묻혀 있어 그 높이가 약 2m 정도이다.



그림 2 시험 모형

대상물의 크기를 고려하여 최대 사진축척의 영상을 획득하기 위해 촬영거리 5m에서 Fuji S1 Pro 디지털 카메라(3040×2016 pixel)를 이용하여 촬영하였다. 또한 무반사경 자동형 토털 스테이션(660S DR 200+, Geodimeter社)을 이용하여 수치표고모형 제작을 위한 3차원 수치자료를 획득하였다. 데이터의 획득 시간을 줄이기 위해 대상물의 특성을 고려하여 양각으로 불상이 조각된 중앙부분은 1cm 간격으로 데이터를 획득하였으며, 기복이 심하지 않은 외각의 광배(光背) 부분은 5cm 간격으로 측정간격을 조정하여 3차원 수치자료를 획득하였다. 측정기기의 내부 메모리가 1000점으로 한정되어 있어 많은 데이터의 획득을 위해 노트북과의 실시간 인터페이스가 가능하도록 프로그램을 구성하였으며, 실제 현장 적용에 있어 배터리의 문제를 해소하기 위해 자동차용 배터리를 이용하여 전원을 공급할 수 있는 시스템을 제작하였다(그림 3).



그림 3 3차원 수치자료획득 광경

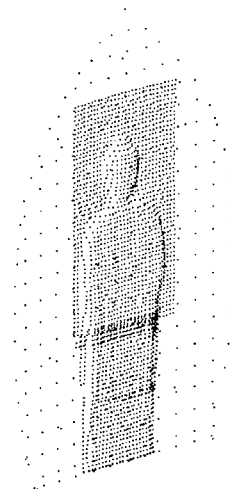


그림 4 3차원  
수치자료

정사영상 생성을 위한 기준점은 대상물에서 그 특이점을 찾기 어려워 7점의 반사 종이타겟(reflective sheet target)을 고른 분포로 배치하여 측량을 실시하였다. 무반사경 측정기기의 좌표체계는 기계점을 원점으로 하여 대상물 방향은 N축으로 하는 일반적인 수학좌표계를 사용하므로 이를 이용하여 획득한 기준점 성과와 3차원 수치자료는 사진좌표계로의 변환이 필수적이다. 이 변환은 N축이 -Z축, E축이 X축 그리고 H축이 Y축으로 서로 변환되어 사용되며 사진좌표계로의 변환에 있어 음(-)의 값을 없애기 위해 일정값을 일률적으로 더해주어 새로운 좌표값을 생성하여 사용하였다. 그림 3은 획득한 대상물에 대한 3차원 위치 데이터를 나타낸 것으로, 원시 데이터의 좌표체계를 영상 분석을 위한 좌표계로 변환한 것이며 표 1은 기준점 성과를 사진좌표계로 변환한 것을 나타낸 것이다.

표 1 영상 해석을 위한 기준점 좌표의 변환

No.	토털 스테이션으로 획득한 기준점 좌표			영상 해석을 위한 변환좌표		
	N	E	H	X	Y	Z
1	3.565	0.020	0.635	10.020	10.635	3.435
2	3.552	0.385	0.260	10.385	10.260	3.448
3	3.547	0.359	-0.211	10.359	9.789	3.453
4	3.543	0.336	-0.928	10.336	9.072	3.457
5	3.549	-0.403	-0.629	9.597	9.371	3.451
6	3.558	-0.291	-0.114	9.709	9.886	3.442
7	3.563	-0.336	0.318	9.664	10.318	3.437

#### 4. 단사진 정사영상 생성 및 분석

단사진을 이용한 정사영상 생성을 위해서는 대상 영역에 대한 수치표고모형이 필수적으로 필요하다. 항공사진측량이나 위성영상 처리에 있어서는 기존 수치지도를 이용하거나 입체영상의 매칭을 통해 수치표고모형을 생성하여 정사영상을 제작하고 있다. 그러나 지상사진측량에 있어서는 이와 같은 방법을 이용하는 데 다소의 문제점들이 있어 정사영상 생성이나 그 활용이 미진한 것이 사실이다. 이에 지상 대상물에 대한 수치표고모델 생성을 위해 무반사경 자동형 토털 스테이션을 이용하여 3차원 수치자료를 획득하였다. 무반사경 측정기기에 의한 수치자료는 .dxf 포맷으로 저장된다. 저장된 데이터를 MicroStation<sup>®</sup> MDL Application의 Export Coordinates 모듈을 이용하여 ASCII로 저장한 후 표 1과 같이 영상 해석을 위한 좌표계로 데이터를 변환하였다. 이와 같이 변환된 ASCII 형태의 3차원 수치자료를 이용하여 그림 5와 같은 수치표고모형을 생성하였다.

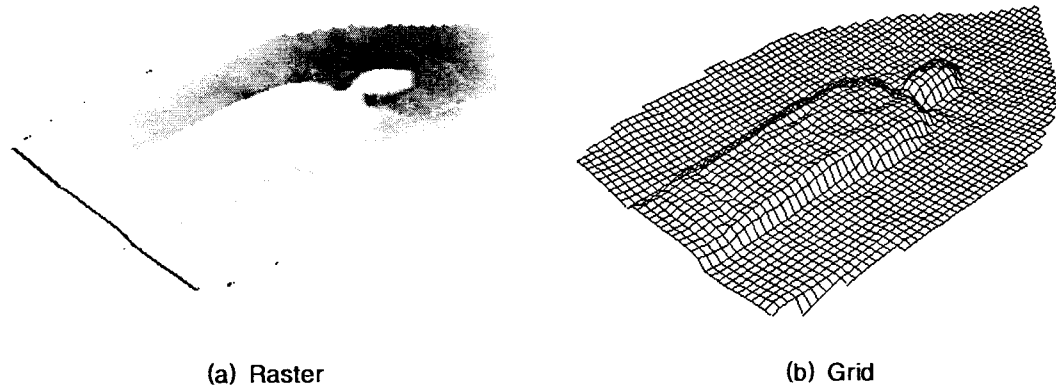


그림 5 수치표고모형(DEM)

생성한 수치표고모델과 대상물에 대한 단사진을 이용한 정사영상 제작은 ENVI 3.1 영상처리 소프트웨어를 이용하여 수행하였다. 획득한 단사진 수치영상과 기준점 측량 성과를 이용하여 내부 및 외부 표정을 수행하고 수치표고모형과의 연계를 통하여 수치정사영상을 생성하였다. 외부표정의 결과 정확도는 2화소 이내의 결과를 나타내었으며 정사영상 생성시 영상 보간법은 최근린 보간법을 이용하였다. 또한 무반사경 토털 스테이션을 이용하여 획득한 3차원 위치 데이터를 이용하여 2mm 간격의 등고선을 작성하고 이를 정사영상과의 중첩을 통해 그림 6과 같은 영상지도를 제작하였다.



그림 6 정사 영상

이와 같이 단사진과 수치표고모형의 조합에 의해 생성된 정사영상을 이용하여 문화재의 다양한 분석을 수행하기 위해 그림 7과 같은 대상물에 대한 치수도를 작성하였다. 정사보정이 수행된 영상을 이용하여 대상물에 대한 각 중요 부분들에 대한 정확한 치수도를 작성함에 따라 기하학적인 분석에 기

초자료로 충분히 활용될 것으로 사료된다. 또한 그림 8과 같이 정사영상과 수치표고모형의 중첩을 통한 래스터 자료의 3차원화를 통해 시각적 분석 및 대상물에 대한 시뮬레이션도 가능하였다.



그림 7 정사영상 치수도

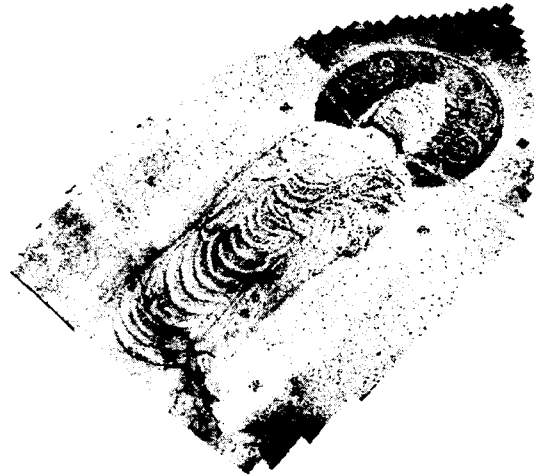


그림 8 정사영상과 DEM 조합

## 5. 결 론

무반사경 토털 스테이션을 이용한 수치표고모형과 단사진의 조합을 통해 지상 구조물인 문화재에 대해 정사영상을 생성하고 분석을 통해 다음 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 무반사경 토털 스테이션을 이용하여 수치표고모형을 보다 용이하게 생성할 수 있었으므로 단사진 근접사진측량의 수행성을 증대시킬 수 있었다.
2. 단사진을 이용한 영상획득 및 해석공정의 간소화를 이루어 2차원 영상 도면 생성의 효율성을 가져올 수 있었다.
3. 단사진 정사영상을 보다 효율적으로 생성할 수 있었으므로, 비접촉 3차원 측정이 요구되는 사면 슬라이딩, 문화재 도면 작성과 같은 표면 측정 분야 등에서 그 효율성이 높을 것이다.

향후, 이러한 측정 모듈들을 하나로 패키지화한다면 다양한 측정분야에서의 실시간 영상 도면의 생성 및 활용 측면에서 그 가치가 증대되리라 기대한다.

## 참 고 문 헌

1. "ENVI User's Guide", Research Systems, Inc, January 1997.
2. Frank A. van den Heuvel, "3D Reconstruction from a Single Image using Geometric Constraints", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 53, pp.354~368, 1998
3. George Wolberg, "Digital Image Warping", IEEE Computer Society Press, pp.41~92, 1990.
4. Gerhard X. Ritter & Joseph N. Wilson, "Computer Vision Algorithms in Image Algebra", CRC press, 1996.
5. "IDL Reference Guide", Volume 1,2, Research Systems, Inc, March, 1995.
6. Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Prentice Hall International(UK) Ltd, 1993.
7. Karl Kraus, "Photogrammetry Vol. 1, 2", 4th Edition, Dümmler/Bonn, 1997.
8. Paul R. Wolf & Charles D. Ghilani, "Adjustment Computation", John Wiley & Sons, Inc, 1997.
9. Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing Classical and Modern Techniques in C", Prentice Hall PTR, 1997.
10. 배상호, 주영은, "단사진 기하보정 시스템 구축에 의한 2차원 도면작성", 한국측량학회지, 제19권 제1호, pp.77-83, 2001.
11. 배상호, 이형석, 주영은, "소프트카피 사진측량에 의한 사면지반 측정", 한국측량학회지, 제19권 제2호, pp.183-188, 2001.