

비디오 영상 획득을 이용한 문화재 정밀위치 해석 (석조 문화재에 관하여)

The Analysis of Precise Position for Cultural Assets using Video Image Acquisition (Assesment of Stone Built)

장 호 식¹⁾ · 이 종 출²⁾ · 강 인 준³⁾ · 서 동 주⁴⁾

Jang, Ho Sik · Lee, Jong Chool · Kang, In Joon · Seo, Dong Ju

¹⁾부경대학교 대학원 토목공학과 · 박사수료, gpsjhs@mail1.pknu.ac.kr

²⁾부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 공학박사, jcleee@pknu.ac.kr

³⁾부산대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사, ijkang@pusan.ac.kr

⁴⁾부경대학교 대학원 토목공학과 · 공학박사, dpsdj@mail1.pknu.ac.kr

Abstract

본 연구에서는 비측량용 디지털 비디오 카메라를 이용하여 석조문화재인 석탑을 대상으로 하여 촬영에 대한 오류를 사전에 검사할 수 있을 뿐만 아니라 재촬영을 하지 않도록 하였으며, 문화재 정밀 측량에 있어서 기대할 수 있는 양호한 정확도를 얻을 수 있었다. 차후 문화재 원형·보존에 대한 계획의 수행에 있어서 문화재에 대한 자세한 정보를 제공하기 위해 효율적이고 경제적인 방법을 제시하고자 한다.

1. 서론

최근 급속한 경제개발과 삶의 질 향상에 수반되는 사회기반시설의 수요증가로 인하여 우리나라는 무분별한 국토개발이 진행되고 있으며, 자연훼손으로 인한 20세기 후반부터는 전 세계적으로 엘니뇨와 같은 자연적인 대규모 기상변동 현상과 이산화탄소나 프로온가스와 같은 온실가스로 인하여 지구온난화가 야기되면서 점차적으로 자연재해가 증가하므로써 역사적 또는 문화적 가치가 있는 고고학적인 문화재가 자연의 풍상을 입어 파손되거나 소실되어 국가적으로 큰 손실을 보고 있다. 따라서, 국토개발과 자연재해로 인한 고고학적인 문화재의 손실을 막기 위해, 최근에 들어서 문화재 원형·보존에 대한 계획의 수행이 필요로 하고 있다.

특히, 보존 대상 건조물 문화재는 국가적 차원에 있어서 중요한 자산으로 국토

개발과 자연재해로 인한 문화재의 원형·보존이 대두되고 있으며, 이를 위해 현재 수치 근거리 사진측량방법이 다양하게 활용되고 있는 실정이다. 그러나, 이 수치 근접 사진측량에서는 측량용 카메라, 준측량용 카메라가 고가이고 사용방법에 있어서 일반 대중인이 접근하기란 상당한 부담을 초래하고 있는 실정이다.

따라서, 비측량용 비디오 디지털 카메라를 사용하여 소요의 정도와 촬영에 대한 사전의 오류를 검사하여 재촬영을 하지 않는 것을 고려하면, 이는 상당한 경제성이 있는 것으로 본다.

2. 수치사진측량의 다중영상표정 이론

다중영상정합의 표정(orientation)이란 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치(X_c, Y_c, Z_c)와 회전요소(ω, ϕ, κ)에 대한 계산이며, 표정점에

대한 대상물 좌표를 계산하는 것으로서 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다.¹⁾

내부표정은 카메라의 내적인 특성을 나타내는 것으로 주점의 위치(X_0, Y_0)와 주점거리(cK)를 결정하는 것이고, 외부표정은 카메라 시스템과 대상물 공간사이의 관계를 나타내는 것으로 카메라 외부투영 중심으로 절대좌표계 X, Y, Z 에 관계되는 촬영점 좌표 X_c, Y_c, Z_c 에 의해 표현되며, 절대좌표에 관계되는 사진좌표축의 각회전 ω, ϕ, κ 를 알아야 한다. 상-대상물 관계를 정의함에 있어서 기본적으로 외부표정요소는 좌표변환이며, 표정각 ω, ϕ, κ 는 사진좌표계와 절대좌표계 사이에서의 회전변환을 말한다.

다중영상접합에서는 표정을 위해 공간 전방교회법(space intersection)과 공간 후방교회법(space resection)을 동시에 이용하며, 표정점의 사진지표와 스케치에 의해 입력된 대략의 외부표정요소, 자체검정에 의한 카메라의 내부표정요소와 사진의 정확한 외부표정과 표정점의 대상물 좌표를 계산하기 위한 대상물 좌표체계결정을 이용한다.²⁾

그림 1과 같이 공간 전방교회법은 광속이 3차원 공간에서 교차하는 것을 기초로 하는 사진측량학적인 계산방법으로 두 장의 사진에 대한 외부표정과 사진좌표로부터 공통된 대상물의 표정점을 계산하고 이와 관련해서 정확한 외부표정을 결정하는 것이다.

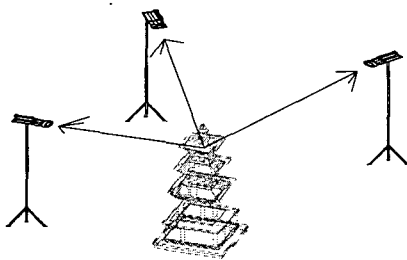


그림 1. 공간 전방교회법

공간 후방교회법은 이미 알고 있는 위치와 일치하는 지점에서 적어도 3개의 기지방향으로 교차시키므로써 공간 위치를 결정하는 것이며, 기지의 대상물 좌표와 적어도 3개의 표정점의 사진 좌표로부터 어떤 사진의 외부표정을 결정하는 방법으로써 이는 그림 2와 같다.

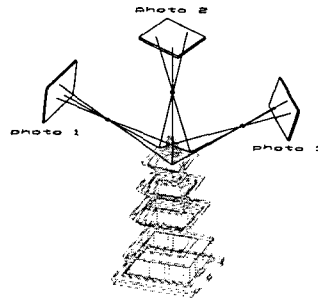


그림 2. 공간 후방교회법

공선조건에 만족하기 위하여 대상물 좌표체계 결정에 이용된 표정점은 표정 순서에서 최소 3장의 사진에 나타나야 하며, 맨 처음 두 장의 사진은 공간 전방교회법으로 모델 좌표를 계산하게 된다. 두 장의 사진방향은 3차원 공간에서 $60\sim 90^\circ$ 의 각도가 이루어지도록 하고 대상물 전역에 골고루 분포되어 있는 최소 7개의 표정점을 갖고 있어야 하며, 공간 후방교회법의 계산을 위하여 각 표정 순서에서 이미 알고 있는 3개의 표정점이 적어도 3장의 사진에 나타나야 한다. 그리고 결과값에 대한 정확도를 미리 고려하여 사진의 표정 순서를 결정하여 그에 대한 영향을 최소화해야 한다.

3. 관측방법 및 영상취득

3.1 관측대상

본 연구의 대상지역은 그림 3과 같이 경상남도 산청군 일원에 있는 보물 73호인 단속사지 서삼층석탑을 선정하였다. 이 탑은 단속사 옛터의 금당터 앞에는 동서로 두 탑이 서 있는데 그 중 서쪽에 세워진 탑이다. 2단의 기단에 3층의 탑신을 올

린 전형적인 모습이나, 동탑에 비하여 많이 부서지고 안에 봉안된 사리함이 도난당하는 등 많은 수난을 겪었다. 그리고, 기단에는 각 면의 모서리에 기둥 모양의 조각을 두었는데, 아랫단은 가운데에 2개씩을 두고 윗단은 1개씩 두었다. 탑신의 지붕들은 처마를 직선으로 처리하였으며, 밋밋한 경사가 흐르는 윗면은 네 귀퉁이에서 하늘을 향해 살짝 들어 올렸다. 지붕들을 경쾌하게 처리한 점이나, 탑의 윗부분으로 갈수록 크기가 알맞게 줄어드는 수법에서 통일신라 석탑의 전형을 계승하고 있는 것을 볼 수 있다. 아래기단의 너비가 넓어지고 4면에 새긴 가운데기둥의 수가 아래기단은 2개, 윗기단은 1개로 줄어드는 점으로 보아 통일신라 후기의 수법을 잘 보여주는 작품이라 할 수 있으며, 이 단속사지 서삼층석탑의 제원은 표 1과 같다.



그림 3. 단속사지 서삼층석탑 현재의 모습

표 1. 단속사지 서삼층석탑의 제원

지정 번호	보물 제73호
소유자	대한민국
소재지	경남 산청군 단성면 윤리 333
재료	화강암
시대	통일신라

3.2 관측방법

석조 문화재에 속하는 석탑은 정사각형에 가까운 모양으로 이루어진 구조물로써 촬영시에는 그림 4와 같이 카메라를 전체 360. 로 회전시키는 링(Ring) 방식을 적용하면서 3D 영상으로 구현하였다.

접근하기 어려운 석탑을 촬영하기 위해서 지상에서 약 6m까지 높이 세울 수 있는 카메라 삼각대를 사용하여 총 8구간으로 나누어서 각각 1단 높이 1.70m, 2단 높이 2.59m, 3단 높이 3.52m, 4단 높이 4.70m, 5단 높이 5.51m인 카메라 삼각대에 디지털 비디오 카메라를 장착하여 촬영을 하였다.

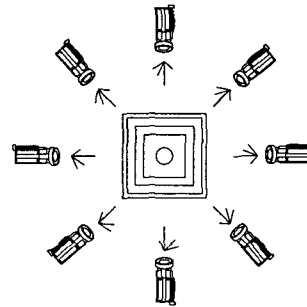


그림 4. 카메라의 촬영 위치

3.3 정지영상 획득

기존의 석조 문화재 사진은 촬영된 사진을 스캐너를 이용하여 수치영상으로 변환하였으나, 디지털 비디오 카메라로 촬영된 영상은 그러한 과정이 필요하지 않는다. 디지털 비디오 영상의 가장 큰 장점 중의 하나는 편집이 용이하다는 것이다. 디지털 비디오 영상은 비선형편집(Non-Liner Editing)이므로 디지털 포맷의 비디오 영상이 I.Link 인터페이스를 통하여 작업을 수행할 컴퓨터로 바로 전송될 수 있으며, 디지털 비디오 편집 전용 소프트웨어에 로딩>Loading>시켜 편집을 수행할 수 있다. 이 작업을 화면 캡처라고 하며, 이 때 필요한 기본장치가 편집보드(Edit Board)이다.

이 비디오 영상을 편집하기 위하여 비디오 자료를 디지털로 변환하는 과정에서

표 2. 실측값 좌표와 3차원 모델링 결과에 얻어진

측점	왼쪽		오른쪽		실측값 좌표(m)			3차원 모델링 좌표(m)			Vx	Vy	Vz
	수평각	연직각	수평각	연직각	X	Y	Z	X	Y	Z	(m)	(m)	(m)
기선	0°0'00"	34°40'00.5"	0°0'00"	34°32'05"	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	28°10'13"	35°40'55"	73°32'50"	35°21'23.5"	3.1177	10.0902	-0.4275	3.1177	10.0902	-0.4275	0.0000	0.0000	0.0000
2	25°17'11.5"	35°14'18.5"	77°27'32.5"	35°39'15.5"	4.1022	8.6835	-0.4632	4.0999	8.6902	-0.4715	0.0023	-0.0067	0.0083
3	28°13'40.5"	0°57'29"	73°54'54"	0°39'14"	3.1265	10.0826	0.1765	3.1253	10.0802	0.1873	0.0012	0.0024	-0.0108
4	25°12'57.5"	0°54'34.5"	77°28'53.5"	0°36'34"	4.1004	8.7076	0.1528	4.1004	8.7076	0.1528	0.0000	0.0000	0.0000
5	23°23'17"	4°24'12"	76°53'15.5"	4°15'31"	3.7091	9.9799	0.8199	3.6953	9.9500	0.8198	0.0138	0.0299	0.0001
6	29°16'34.5"	4°37'07.5"	78°46'27"	4°37'38"	4.1939	9.2987	0.8241	4.1835	9.2787	0.8198	0.0104	0.0200	0.0043
7	22°36'03.5"	11°32'15"	78°22'20"	11°54'13.5"	4.0378	9.6998	2.1448	4.0449	9.6545	2.1509	-0.0071	0.0453	-0.0061
8	25°04'58"	35°05'58.5"	78°21'27.5"	35°28'00.5"	4.2465	8.6747	-0.4893	4.2489	8.6881	-0.4946	-0.0024	-0.0134	0.0053
9	30°07'32"	35°21'45"	87°30'37.5"	35°37'02.5"	5.6132	9.6734	-0.5152	5.6132	9.6734	-0.5152	0.0000	0.0000	0.0000
10	25°00'43.5"	0°50'30.5"	78°21'23"	0°32'52.5"	4.2424	8.6935	0.1421	4.2456	8.7064	0.1444	-0.0032	-0.0129	-0.0023
11	30°04'01.5"	0°50'48.5"	87°24'12"	0°38'27"	5.5955	9.6655	0.1651	5.5962	9.6621	0.1675	-0.0007	0.0034	-0.0024
12	25°00'07"	4°30'32.5"	79°35'25.5"	4°32'47.5"	4.3286	9.2820	0.8077	4.3218	9.2663	0.8032	0.0068	0.0157	0.0045
13	29°06'42.5"	4°06'24"	83°55'41"	4°15'26"	4.9982	9.7624	0.7874	4.9918	9.7531	0.7851	0.0064	0.0093	0.0023
14	25°48'22.5"	11°33'17.5"	81°45'36"	12°20'46"	4.6432	9.6023	2.1807	4.6487	9.5818	2.1981	-0.0055	0.0205	-0.0174
평균											0.0043	0.0128	0.0046

상당한 디스크 공간의 용량이 요구되는데, 초당 약 3.67MB를 차지함으로 10분당 약 3~4GB 정도의 디스크 공간의 용량이 필요하다.³⁾

본 연구에서는 촬영된 디지털 비디오 동영상을 정지영상으로 캡처하기 위해 비디오 편집 보드로 시스템 안정성과 고화질의 제공하는 새빛 마이크로사의 Video-Cap Pro 2.0을 이용하였으며, 편집 소프트웨어는 CyberLink사의 PowerDirector 2.5 Pro에서 720×480의 크기의 영상소를 갖는 정지 영상으로 획득하였다.

4. 관측결과 및 분석

획득된 정지 영상을 사진계측 S/W를 이용하여 3D 모델링을 하기 위해, 기준점을 고르게 배치하여 0.5" 독 Total Station으로 정밀하게 삼각수준측량을 하였다. 기선길이는 6.0338m이고, 계산된 모델링 결과값과 Total Station에 의해 정밀하게 측정된 삼각수준측량으로 얻어진 실측된 좌표값의 잔차를 표 2에 나타내었다.

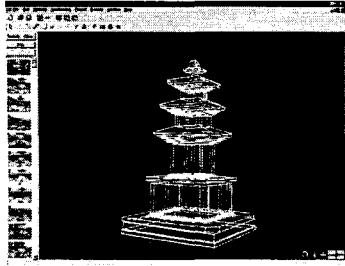
표 2에서 크게 X방향으로 -0.0071m ~ 0.0138m이고, Y방향으로는 -0.0134m ~

0.0453m이고, Z방향으로는 -0.0174 ~ 0.0083m로 나타났으며, 잔차의 평균값은 X방향으로 0.0043m, Y방향으로 0.00128m, Z방향으로 0.0046m로 나타났다. 이는 비측량용 디지털 비디오 카메라에 의해 측정된 관측된 값이 문화재 정밀 측량에 적용이 가능하다고 판단된다.

그림 5에서 (a)는 3D CAD 단면으로 표현하였고, (b)는 3D로 질감을 넣어서 표현하였으며, (c)는 촬영된 카메라의 위치와 3D 질감을 나타내고 있다.

5. 결론

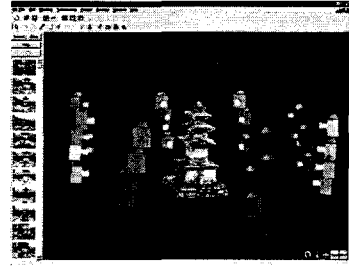
문화재 정밀 3차원 위치해석하기 위해 비측량용 디지털 비디오 카메라를 이용하여 촬영된 영상을 편집보드에 의해 획득하였으며, 사진계측 S/W를 이용하여 3D 수치모형 및 3D영상으로 생성할 수 있었고, 비측량용 비디오 카메라로 문화재 정밀 측량에 기대할 수 있는 양호한 정도를 얻을 수 있었다. 차후 문화재 원형·보존에 대한 계획의 수행에 있어서 문화재에 대한 자세한 정보를 제공하기 위해 효율적이고 경제적인 방법이라 판단된다.



(a) 3D CAD 단면



(b) 3D로 질감
그림 8. 3D 영상



(c) 촬영된 카메라의 위치

참고 문헌

1. M. Pollefeys, R. Koch, M. Vergauwen, L. Van Gool, "Automated reconstruction of 3D scenes from sequences of images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 55, pp. 251~267, 2000.
2. Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt, "Elements of Photogrammetry with application in GIS", 3rd edition, pp. 237~246, 1999.
3. 김성삼, "비행선촬영시스템을 이용한 영상지도 제작기법 개발", 경상대학교 대학원 도시공학과 석사학위논문, 2000. p. 37.
4. L. Dorffner, G. Forkert, "Generation and visualization of 3D photo-models using hybrid block adjustment with assumptions on the object shape", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 53, pp. 369~378, 1998.