

무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 절취사면 정보 추출 Extraction of Information on Road Cutting Slope using RC Helicopter Photographic Surveying System

이종출¹⁾ · 이영도²⁾ · 김진수³⁾ · 조용재⁴⁾

Lee, Jong Chool · Lee, Young Do · Kim, Jin Soo · Cho, Yong Jae

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:leeyd1976@hanmail.net)

³⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:pkssurveying@mail1.pknu.ac.kr)

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:yjc@mail1.pknu.ac.kr)

Abstract

In this study, cutting slope's digital image has acquired by using video camera attached at RC helicopter. Resulted RMSE from image processing was approximately x-direction 0.27m, y-direction 0.23m and z-direction 0.35m. Application of these methods makes it convenient that acquisition of digital image about before and after the construction work of road cutting slope. Also systematical cutting slope's information acquisition will be possible by cutting slope's quantitative and qualitative analysis.

1. 서 론

사진기의 발명과 함께 발달하기 시작한 사진측량학은 전산기술의 발달과 더불어 디지털 영상을 이용한 수치사진측량으로 점점 발전되어 나아가고 있다. 수치사진측량은 대상물의 수치화된 영상을 취득하고 이를 처리함으로써 과거 고가 장비에 의해 처리되던 정보를 PC환경에서도 처리, 출력할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 자료의 취득 및 처리과정의 온라인화와 높은 정확도의 실시간 디지털 영상 처리기술의 개발로 인해 토목·건축분야에서 구조물의 변형관측은 물론, 고고학 분야에서 부서지거나 훼손되기 쉬운 대상물과 장소에 대한 비접촉식 기록, 경찰 및 법과학 분야뿐만 아니라 교통사고 조사·분석, 정밀 관측을 요하는 분야 등 수치사진측량의 활용이 증대되고 있다.

토목분야에서의 이러한 디지털 영상의 활용은 도로노면정보의 획득, 암반 절리의 기하학적 특성 분석, 토공량 산정 등과 같은 연구에서 활용된 바 있으며, 특히 현대 생활에서 필수적인 사회기반시설물인 도로에서의 그 활용은 대폭 증대되고 있는 실정이다.

우리나라의 도로는 산악지형을 통과하는 경우가 많기 때문에 다양한 형태를 가진 절취사면이 여러 도로에 조성되어 있거나 새로 신설되고 있다. 특히 절취사면의 형태 중 절취경사는 지질, 토질 및 함수량의 변화 등을 고려하여 절취고에 대해 충분한 안전경사로 건설해야 한다. 또한 안정성확보를 위해 절취사면의 형태는 정밀한 측정과 분석이 필요하다. 하지만 현재 사용 중인 토탈스테이션 측량, 레벨 측량에 의한 방법은 시간적·경제적·접근성 및 조사자의 안전성 확보에 많은 문제점이 있어 체계적인 사면 형태의 정보를 얻기 힘들다.

따라서, 본 연구에서는 RC 모형 헬기에 영상의 획득을 위한 비디오카메라를 장착한 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 절취사면에 대한 디지털 영상을 획득하고, 이렇게 획득된 영상을 사진측량학적 여러 처리단계를 거친 후 대상절취사면에 대한 정보를 추출하고자 한다.

2. 카메라 검정

카메라 검정(Camera Calibration)은 카메라의 초점거리와 주점의 결정, 정오차를 보정하기 위한 부가 매개변수의 취득에 이용된다. 이론적으로 이상적인 카메라는 그림 1에서 나타난 바와 같이, 대상물 공간 속에서 카메라에 입사하는 빛이 렌즈 중심을 통하여 입사각과 같은 각으로 내부에서 직진하지만, 실제 카메라는 이와 같이 작용하지 않고 두 개의 투영중심이 생기는데 이 점들을 내부 및 외부의 투영중심이라 한다. 그러나 그 차이는 무시할 정도로 매우 미소하므로 기하학적 모델에서는 하나의 투영 중심만을 사용한다.

렌즈의 특성으로 인하여 대상물 공간상에서 카메라에 들어오는 입사각과 카메라 내부에서 렌즈의 중심을 통해 굴절하는 굴절각이 일정하지 않기 때문에 생기는 렌즈 왜곡수차는 방사방향 왜곡수차와 편심 방향 왜곡수차가 있으며, 그림 2에서 나타난 것과 같다.

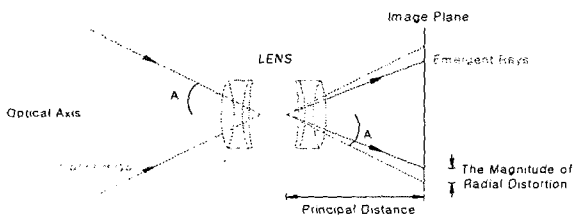


그림. 1 렌즈의 왜곡

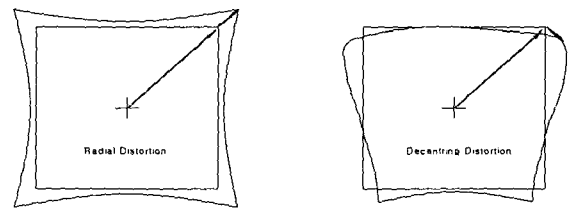


그림. 2 방사 및 편심왜곡

본 연구에서는 대상 절취사면을 촬영하기 위해 Sony사에서 제조한 DCR-TRV60 모델을 사용하였으며, 카메라 형상 및 제원은 그림 3 및 표 1과 같다. 또한 대상 절취사면의 촬영 전에 카메라 검정을 선행하기 위하여, 35mm 슬라이드를 이용하여 왼쪽 및 오른쪽의 상단위치, 중앙위치, 중앙 수직위치(90°), 하단위치에서 8장의 영상을 획득하였다.

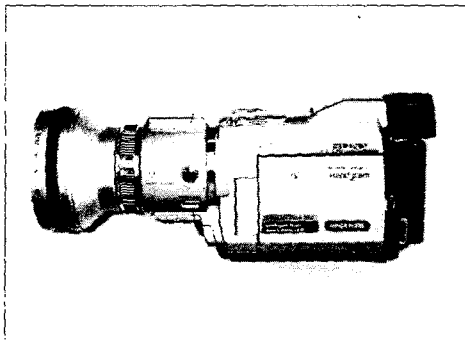


그림. 3 DCR-TRV60 모습

표. 1 DCR-TRV60 제원

Classification		DCR-TRV60
Recording mode		CCD recode
Total pixels		2.11 Mega Pixel
Efficient pixels	Video mode	1.08 Mega Pixel
	Memory mode	1.92 Mega Pixel
Shutter		1/4000 sec(auto)
Focal Length		f = 4.5 ~ 45
Dimensions		73 × 91 × 174 mm
Weight		565g (without batteries)

그림 4는 카메라 검정 영상으로써, 카메라의 위치가 벽면에 비춰진 그리드 무늬의 왼쪽 및 오른쪽 위치에서 그리드가 사진화면에 딱 채우도록 하여 찍어진 총 8장의 사진이다. 그리고 카메라 검정을 위하여 35mm 슬라이드 영상의 왼쪽 상단 코너 부분인 기준점 1에서 오른쪽 하단 부분인 기준점 4까지의 길이를 삼각수준측량으로 관측한 결과 두 점의 길이인 1.05738m를 얻었다. 이렇게 획득된 8장의 영상을 사진측량 S/W인 Photomodeler 4.0을 이용하여 자동 포인트 마킹으로 검정한 결과는 표 2와 같다.

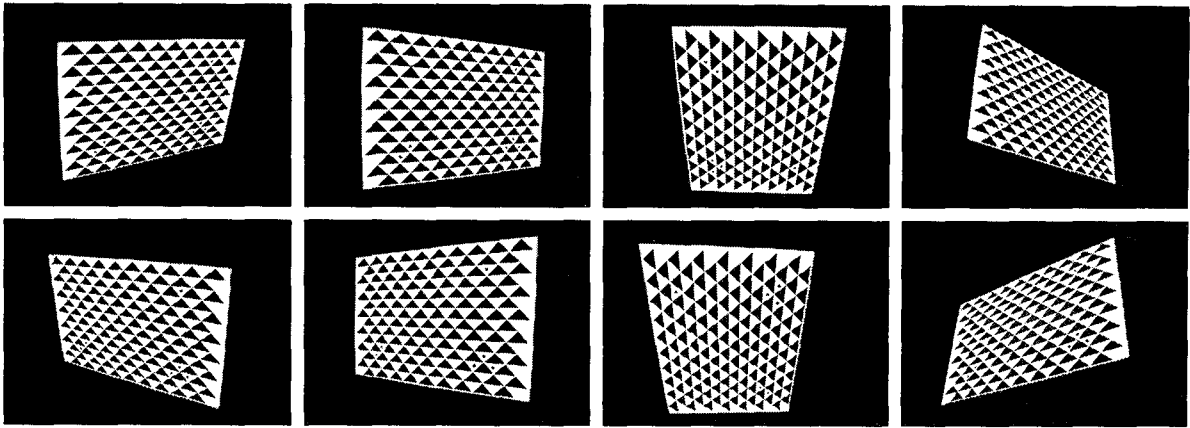


그림. 4 카메라 검정 영상

표. 2 카메라 검정 자료

Calibration [SONY DCR-TRV60 Digital Video Camera]			
Interior Orientation	Focal Length		3.0358 mm
	Format Size		W 2.6291 mm
			H 1.9682 mm
	Principal Point		X 1.3599 mm
			Y 0.9902 mm
	Lens Distortion	Radial	K1 -0.000459
			K2 0.0005789
		Decentering	P1 -0.001099
P2 -0.001376			
Image Size		720×480	

3. 현장관측

본 연구에서는 경상남도 김해시 ○○동에 시공 중인 국도우회도로의 절취사면을 촬영 대상으로 선정 하였으며, 대상 절취사면은 사면의 형상이 비교적 잘 나타나있는 약 350m의 사면이며 그 전경은 그림 5에 나타낸 것과 같다.

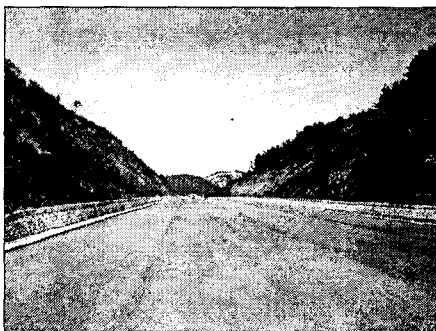


그림. 5 대상 절취사면 전경



그림. 6 관측시스템 구성

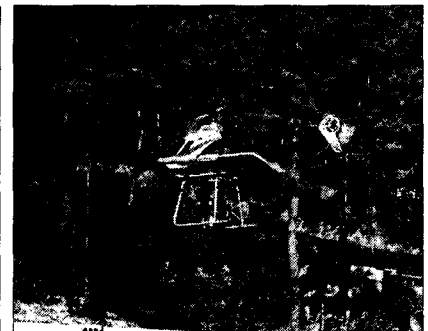


그림. 7 촬영 전 이륙 모습

3.1 관측시스템 구성

본 연구에서 사용된 무선조정 헬리콥터는 HIROBO사의 EAGLE 90을 사용하였으며, 무선조정 헬리콥터의 형상 및 제원은 그림 8 및 표 3과 같다.

그림 8과 표 3에서와 같이 본 연구에서 사용된 무선조정 헬리콥터는 고 강도의 재질로 가볍고 튼튼하게 만들어졌으며, 연료용량은 약 20분간 비행할 수가 있다. 무선조정 헬리콥터 조종자는 숙련된 훈련에 의해 무선으로 헬리콥터를 조정하고, 조정 범위는 지상에서 약 200m 사이의 거리에서 필요에 따라 비행 고도를 조절할 수 있다.

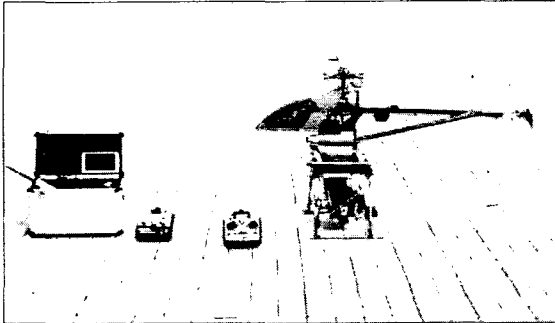


그림. 8 RC 헬리콥터 모델

표. 3 RC 헬리콥터 제원

Name	HIROBO & EAGLE 90
Length	1400 mm
Hight	470 mm
Width	250 mm
Main roter diameter	1500 mm
Tail roter diameter	270 mm
Gear ratio	9.5 : 1 : 5
Maximum payload weight	8500 g
Maximum operation radius	200m
Endurance	approximate 20 minutes

3.2 기준점 측량

본 연구에서는 수치영상처리 시스템의 광속조정법에서 얻어진 지상좌표값의 정확도를 분석하기 위해 대상 절취사면 내에 Total Station을 이용하여 기준점을 설치하였다. 기준점 설치에 사용된 Total Station은 Topcon사에서 제조한 GTS-701 모델을 사용하였으며, 장비의 제원과 성과는 표 4 및 표 5와 같다.

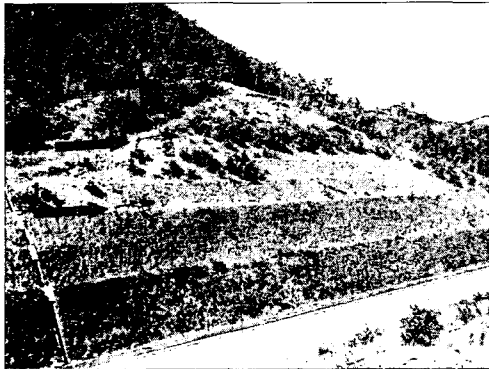


그림 9. 대상사면 촬영

표. 4 GTS-701 제원

Model		GTS-701	
Telescope	Objective Lens	45mm (EDM : 50mm)	
	Magnification	30 x	
	Resolving Power	2.5"	
	Minimum Focus	1.3m	
Distance Measurement	Measurement Range	1 Prism	2,400m
		3 Prism	3,100m
		9 Prism	3,700m
	Accuracy	±(2mm + 2ppm) m.s.e	
Angle Measurement	Angle Display	0.5" / 1"	
	Accuracy	1"	

4. 대상사면 영상획득 및 처리

4.1 대상사면 영상획득

본 연구에서는 대상 절취사면의 촬영을 위하여 그림 9에서 나타난 것과 같이 좌·우 사면을 대상으로 각각 3개의 경로로 촬영하였다. 촬영된 비디오 영상은 실내에서 비디오 편집보드와 편집 소프트웨어를 이용하여 760×480의 디지털 영상을 획득하였으며, 연속된 4장의 절취사면 영상은 그림 10에서 나타난 것과 같다.

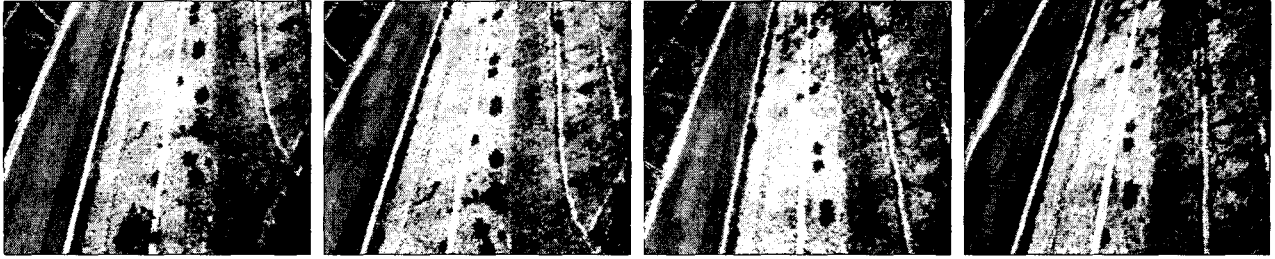


그림 10. 획득된 대상사면

표. 5 지상기준점 성과

No	Control Point			NO	Control Point		
	x (m)	y (m)	z (m)		x (m)	y (m)	z (m)
1	201.7781	191.6428	8.7912	279	75.9913	43.8025	15.0328
2	183.3944	171.8879	9.1758	280	104.2443	75.2356	14.5164
3	166.3058	153.3659	9.5653	281	134.8462	108.2217	14.0936
4	149.3711	135.02	9.8508	282	166.5834	142.555	13.5436
5	132.3446	116.6727	10.1302	283	197.3935	176.2669	13.1015
6	115.3485	98.2961	10.3444	284	204.6005	180.2232	14.171
7	98.4078	79.9735	10.5836	285	81.3853	36.5208	20.2351
8	81.3629	61.549	10.7394	286	61.5919	15.2393	20.204
9	64.37	43.2187	10.8566	287	41.7957	-5.8682	20.2828
10	47.3636	24.8503	10.9307	288	22.2289	-27.2084	20.1895
11	30.3868	6.4474	10.9799	289	2.7954	-49.0556	20.1699
12	13.3453	-11.9309	10.9789	290	-15.5528	-69.0423	20.017
13	-3.6808	-30.3216	10.9564	291	-35.0647	-90.1682	19.6359
14	-20.6805	-48.6787	10.9033	292	0.766	-69.3626	26.1362
15	-37.6843	-67.0227	10.8056	293	43.9995	-29.9297	30.1357
16	-54.6717	-85.3683	10.6565	294	61.4573	-11.4102	30.1121
17	-71.705	-103.753	10.4649	295	82.3947	11.106	30.108
18	-81.1578	-118.125	10.2796	296	80.6996	-3.0768	35.0322
19	-49.1065	-89.5698	13.8374	297	58.6598	-27.0685	35.0663
20	-15.3077	-54.3295	14.8873	298	39.8313	-47.6667	35.1404
21	11.7382	-24.7022	15.031	299	65.3306	-31.9053	39.8538
22	45.1972	10.9435	15.1932	300	83.9466	-11.8693	39.9485

4.2 대상 절취사면 영상 처리

영상 편집 소프트웨어에 의해 획득된 연속된 영상은 ISDM(ImageStation Digital Mensuration) 프로그램을 이용하여 처리하였다. ISDM에 로딩된 영상은 그림 12와 같은 중복경과를 나타내었으며, 그림 13과 그림 14에 나타난 표정단계를 거쳐 최종적으로 조정되었다.

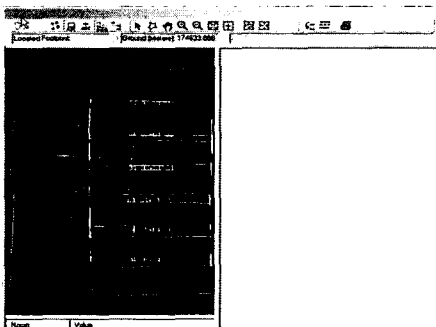


그림 12. 영상 중복 결과

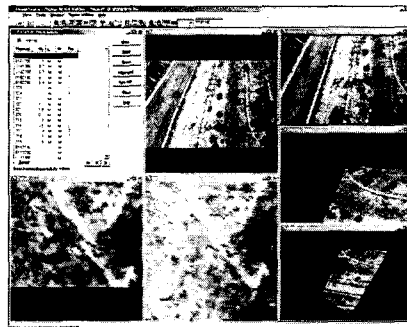


그림 13. 상호표정

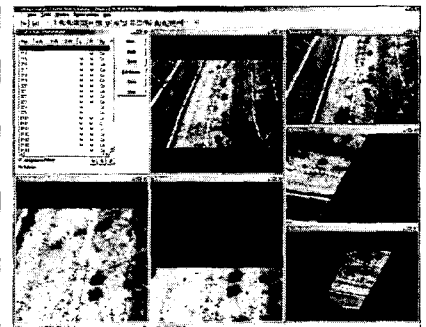


그림 14. 절대표정

4.3 결과분석

표정단계를 이미 거친 영상들은 Photo Triangulation 단계에서 최종적으로 반복 조정되었으며, 그림 15에 나타난 것과 같이 X방향으로 0.27m, Y방향으로 0.23m, Z방향으로 0.35m의 RMSE를 나타내었다.

또한, 결정된 대상 절취사면의 3차원 위치자료를 이용하여 대상 절취사면의 평면도를 나타내면 그림 16과 같다.

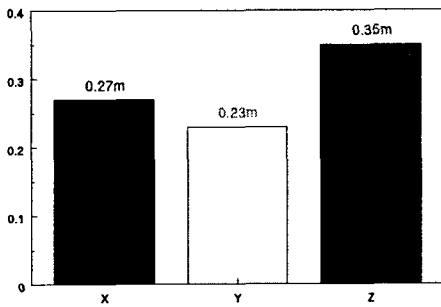


그림 15. 측정 RMSE

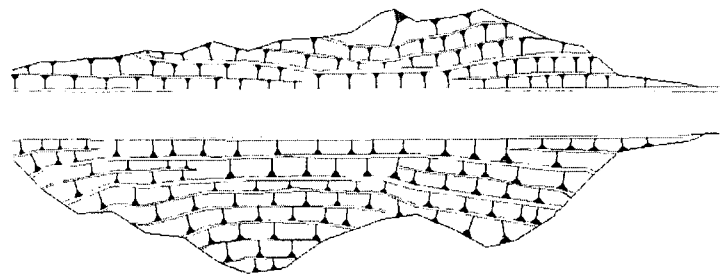


그림 16. 대상 절취사면 평면도

5. 결론

본 연구에서는 무선조정 헬리콥터에 비디오카메라를 장착하여 도로 절취사면을 대상으로 수치영상자료를 획득 및 처리하였다. 그 결과 최종 반복계산에 의한 RMSE는 X방향으로 0.27m, Y방향으로 0.23m, Z방향으로 0.35m로 나타났으며, 이는 수치지도작성작업내규의 도화축척 1: 5000에서의 허용오차에 만족함을 알 수 있었다. 또한, 결정된 대상 절취사면의 3차원 위치자료를 이용한 평면도 및 횡단도로 나타낼 수 있었으며, 이러한 수치도면자료는 사면의 안정해석 및 사면유지관리에 중요한 자료로 제공될 것으로 판단된다.

참고문헌

- 서동주, 이종출(2003), 수치사진측량을 이용한 도로정보체계 개발, 한국지형공간정보학회논문집, 제11권 제4호, pp.3-11.
- 장호식, 서동주, 이종출(2003), 비측량용 디지털 비디오카메라를 이용한 문화재 3차원 해석, 한국지형공간정보학회논문집, 제11권 제4호, pp.13-19.
- 김중훈(2002), 암반 절리의 기하학적 특성 분석을 위한 디지털 사진측량기법의 개발, 부경대학교 박사학위논문.
- 서정훈(2004), 디지털 비디오카메라를 이용한 아스팔트 콘크리트 포장 노면 관리시스템 개발, 부경대학교 박사학위논문.
- Pual R. Wolf and BonA. Dewitt(2000), Elements of Photogrammetry with Application in GIS 3rd pp. 233-259.