

# 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 도로의 평면선형정보 추출

장호식<sup>1\*</sup> · 노태호<sup>2</sup>

## Extraction of Horizontal Alignment Information using RC Helicopter Photogrammetric System

Ho-Sik JANG<sup>1\*</sup> · Tae-Ho ROH<sup>2</sup>

### 요 약

본 연구에서는 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 도로의 중심선 좌표 및 기타 도로시설물을 추출하는 새로운 방법을 제시하였다. 또한, 추출된 도로 중심선 측량에서 X방향은  $-0.117\text{m} \sim 0.103\text{m}$ , Y축으로는  $-0.014\text{m} \sim 0.009\text{m}$  정도의 오차를 얻을 수 있었으며, 이는 기존의 도로 중심선 측량방법보다 나은 값으로 분석되었다. 향후, 이 시스템을 적용하여, 도로시설물의 유지관리뿐만 아니라 교통이 혼잡하고 접근하기 어려운 지역이나 소지역에서의 위치선정 및 선형설계에 필요한 DB를 구축할 수 있다고 판단된다.

주요어 : 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템, 중심선 좌표, 도로시설물, DB

### ABSTRACT

In this study, the method of extracting road centerline's coordinate and road facilities is presented using RC helicopter photogrammetry system. From the survey of extracted road centerline, the errors turned out to be  $-0.117 \sim 0.103\text{m}$  on the X-axis and  $-0.014 \sim 0.009\text{m}$  on the Y-axis when RC Helicopter photogrammetry system utilized. By application of this system, hereafter, not only management of road facilities but also construction of DB would be enable which need positioning and design of alignment on the access is not easy area such as traffic congestion or toparchy area.

*KEYWORDS : RC Helicopter Photogrammetry System, Centerline's Coordinate  
Road Facilities, DB*

2005년 8월 28일 접수 Recieved on August 28, 2005 / 2005년 11월 22일 심사완료 Accepted on November 22, 2005  
1 남해전문대학 토목환경시스템과 Dept. of Civil & Environmental System Engineering, Kyungnam Provincial Namhae College  
2 경남정보대학 건설정보과 Dept. of Construction & Information , Kyungnam College of Information & Technology  
\* 연락처 E-mail : gpsjhs@hanmail.net

## 서 론

최근 급속한 경제개발과 삶의 질 향상으로 인해 우리나라는 자동차 보유대수가 2004년 말 14,934천대로 집계되었으며, 2005년 2월 말에는 자동차 등록대수가 총 1천500만2천721대로 1천 500만대를 처음으로 넘어섰다. 이와 같이 자동차 등록대수가 1,500만대를 돌파됨에 따라, 사회와 생활문화의 핵심기반시설인 도로의 중대성은 날로 증대되고 있는 실정이다.

그러나, 국토가 좁고 산악지역이 60% 이상인 우리 나라에서는 하나의 도로가 계획에서부터 완공까지, 그리고 완공후의 도로를 유지 및 관리하는데 있어서 많은 어려움이 존재하고 있다. 특히 최근에 들어서면서 도로의 확장 공사가 많이 진행되어 지고 있다.

따라서, 시공된 지 오래된 도로나 관리부서로 이관되어 가는 과정에서 설계도 등 중요한 기초 자료들이 훼손되거나 분실되어질 수 있는 현실에 직면하고 있다. 이러한 경우 도로의 골격을 구성하는 기초 자료인 도로의 중심선 좌표를 기존의 재래적인 방법으로 이용하고 있으며, 또한 실시간으로 3차원 좌표를 취득할 수 있는 GPS 방법도 최근에 적용하여 X방향 및 Y방향으로 7.6cm ~ 13.2 cm 정도를 나타내었다.(노태호 등, 2002 ; 이종출, 2001)

최근에 성능, 조정성, 안전성, 정비성, 휴대성 등 여러 면에서 개발이 향상되고 있고, 이동성과 접근성이 뛰어난 무선 조정 헬리콥터에 사진측량시스템인 CCD(charge coupled device) 카메라를 장착하여 무선 모뎀으로 촬영된 영상을 실시간으로 촬영하여 분석하는 기술이 국외뿐만 아니라 우리나라에서도 연구가 진행되고 있다.(Theodoridou 등, 2000. ; Zischinsky 등, 2000 ; 장호식, 2004 ; 장호식, 2005)

따라서, 본 연구에서는 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템에서 획득된 영상을 가지고 입체영상 해석을 통해 삼차원 형상으로 해석하여 도로의 중심선 좌표 및 기타 도로시설물을 추출하는 새로운 방법을 제시하여 도로시설물의 유지

관리 및 선형 설계요소 DB 구축에 있어서 효율적인 접근방법을 제시하고자 한다.

## 무선조정 헬리콥터 수치사진 촬영시스템

### 1. 무선조정 헬리콥터 촬영시스템

무선조정 헬리콥터 수치사진촬영시스템은 무선(radio control)으로 조종되는 소형 헬리콥터의 기체와 헬리콥터의 진동이나 롤링(rolling)에 관계없이 연직 상태를 유지할 수 있는 짐벌(gimbal mount)장치에 카메라를 장착하고 헬리콥터가 이동하면서 포착하는 장면을 지상의 모니터를 통해 촬영되는 영상을 제어하면서 촬영하는 시스템을 말한다.

무선조정 헬리콥터 수치사진촬영시스템은 표 1에서 알 수 있듯이 고도의 무선조정 헬리콥터 조종기술과 지상의 모니터를 통하여 조정하므로, 사람이 직접 탑승하여 조종하는 헬리콥터가 접근하기 어려운 장소나 폭이 좁은 지역 안에서 날 수가 없는 경우, 또는 사람의 접근이 어려운 협곡 등의 산악지형에서 무리없이 촬영이 가능하기 때문에 헬리콥터에 의한 근접 촬영이 가능하다. 그리고, 사람이 직접 조종하는 헬리콥터는 조종자의 숙련된 훈련과 고가의 헬리콥터 기체의 비용과 탑승에 대한 많은 비용을 초래하지만, 무선조정 헬리콥터는 저가의 기체 비용과 단기간 안에 조종기술을 배워서 직접 제어를 할 수가 있으므로 경제성, 기동성, 신속성면에서 뛰어나다고 볼 수 있다. 또한, 무선조정 헬리콥터는 지상에서 약 200m(가시거리)까지 비행고도를 유지하여 제어할 수 있으므로, 산업분야 적용에서도 스틸 카메라, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 일반 비디오 카메라를 이용하여 원하고자 하는 대상물의 동영상 및 정지영상을 촬영할 수가 있으므로 주택이나 아파트 그리고 공장부지 선정이나, 학교 및 공장 건물들의 전경사진, 도로 및 교량

TABLE 1. 비행사용방법에 따른 조건의 해석

방법 조건	모형 비행기	모형 헬리콥터	열 기구	기구	비행선	고가 트라이포드	알루미늄 타워
제작 난이도	D	D	D	A	E	A	B
제작 비용	C	B	D	A	E	B	C
유지 비용	A	A	B	C	E	A	A
이동성	A	A	B	A	D	A	C
조작성	C	B	D	B	A	A	B
안정성	D	C	C	B	A	B	A
균형성	D	C	B	B	A	A	A
비행고도 및 대상면적	C	C	A	B	A	E	E

(자료) 조재호(1995) 참조

(A : 매우 양호, B : 양호, C : 보통, D : 불량, E : 극히 불량)

등의 소규모의 토목공사 진행사진, 팸플릿, 카탈로그, 인터넷 홈페이지 홍보 자료사진, 환경영향 평가용 사진, 언론사 및 방송국의 보도용 사진, 영화촬영 그리고 비행선 광고 및 기타 공중사진이 필요한 분야 등에서 모두 적용이 가능하다. 이런 특징을 가진 무선조정 헬리콥터가 동체의 자세를 거의 바꾸지 않고 공중정지비행(hovering), 수직 및 하강, 전진 및 후진 비행, 측면 비행을 할 수가 있으므로, 공간상의 한 점에서 다른 점으로의 직선비행이 가능하다. 따라서, 그림 1과 같이 항공기 중에서도 비행기라 불리는 여객기나 전투기 등과 같이 주익(주날개)이 고정되어 있는 고정익기처럼 일정하게 확보된 넓은 규모의 활주로가 필요 없는 곳에서도 수직 이·착륙이 가능하며, 비행 중에 엔진이 정지되는 경우에도 조종사의 적절한 조종절차에 의하여 동체 위에 달린 자유회전을 이용하여 무사히 지상에 착륙할 수가 있다.

본 연구에서 사용된 무선조정 헬리콥터는 HIROBO사의 EAGLE 90을 사용하였다. 형상 및 제원은 그림 2와 표 2와 같으며 본 연구에서 사용된 무선조정 헬리콥터는 고 강도의 재질로

가볍고 튼튼하게 만들어 졌으며, 한 개의 glow 엔진(15cc)으로 메인로터(main rotor)와 테일로터(tail rotor)를 추진하고, 연료용량은 약 20분간 비행할 수가 있다. 무선조정 헬리콥터 조종자는 숙련된 훈련에 의해 무선으로 헬리콥터를 조정하고, 조종 범위는 지상에서 약 200m(가시거리) 사이의 거리에서 필요에 따라 비행 고도를 조종할 수 있다.

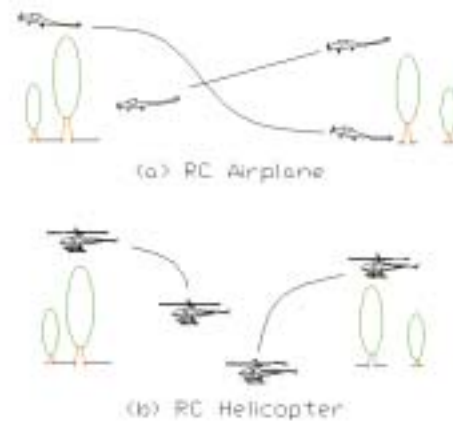


FIGURE 1. 무선조정 비행기와 헬리콥터의 특성



FIGURE 2. 무선조정 헬리콥터의 모습

TABLE 2. 무선조정 헬리콥터의 제원

헬기 명칭	HIROBO & EAGLE 90
길이	1400 mm
높이	470 mm
폭	250 mm
메인로터 직경	1500 mm
테일로터 직경	270 mm
Gear ratio	9.5 : 1 : 5
최대 중량	8500 g
작동거리	200m(가시거리)
작동시간	약 20분
응용 분야	사진측량학, 토목 및 건축측량, 등



FIGURE 3. 짐벌장치의 구성

또한, 카메라를 제어할 수 있는 무선 조정기인 프로포셔널(proportional)은 지상에서 무선조정 헬리콥터에 의해 촬영되는 영상을 지상에서 제어할 수 있도록 축을 상·하(약 75°)로 축을 기울게 할 수 있으며, 또한 좌·우(약 90°)로도 회전 가능하도록 설계되어져 있다.

그리고, 그림 3은 헬리콥터의 이·착륙장치로써 가벼운 알루미늄 재질로 이루어진 쇠살대 부분으로 되어 있으며, 이와 같은 장치에 소형(35mm) 카메라, 디지털 비디오 카메라를 탑재하여 사용할 수가 있다. 또한, 중형(6×4.5cm), 파노라마(6×12cm), DV(6mm 3CCD), 35mm film movie 등을 탑재시에는 보다 성능이 뛰어난 헬리콥터 기종(농약 살포용)을 선택하여 사용할 수가 있다.

## 2. 수치영상처리 과정

본 연구에서의 수치영상처리과정은 총 8단계로 구성되어 있으며, 그 과정의 흐름도는 그림 4와 같다.

여기서, 수치사진측량에서의 기초적이면서 가장 중요한 부분은 카메라 렌즈에 대한 검증이다. 카메라의 렌즈는 제작할 때의 상황에 따라 다소 제원들이 근소한 차이로 변화하며, 시간이 지남에 따라 제원들의 값이 변화하므로 사진촬영하기 전에는 반드시 카메라의 검증이 필요하다. 카메라 렌즈의 정확한 파라메타를 검증하기 위하여 본 연구에서는 그림 5와 같이 A4 또는 A3 용지 등에 가로 및 세로로 일정한 간격으로 이루어진 100개의 원으로 된 용지에 ①, ②, ③, ④의 각 구간에서 촬영하였다. 그리고 카메라를 90° 회전시켜 각 구간에서도 촬영하여 얻은 총 8장의 사진을 가지고 검증하였다. 카메라 렌즈의 검증 방법은 그림 6과 같이 각 양쪽 상·하단에 나와 있는 기준점에 대하여 사진 S/W인 Photomodeler 5.0을 이용하여 자동 포인트 마킹으로 캘리브레이션을 하였다.

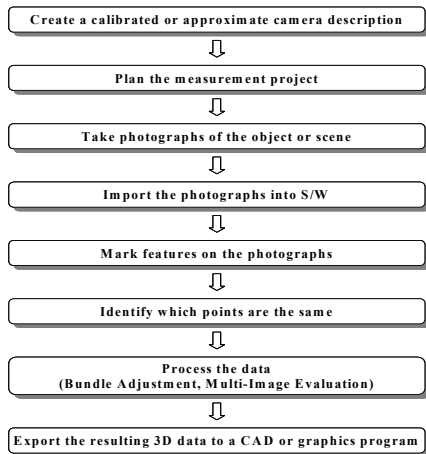


FIGURE 4. 자료처리 흐름도

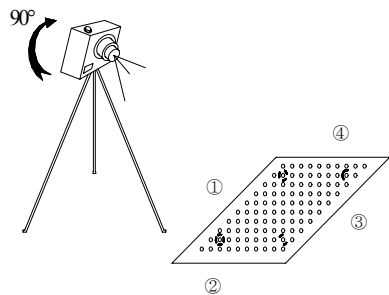


FIGURE 5. 카메라 캘리브레이션 용지 촬영 모습

따라서, 본 연구에서 사용된 관측 카메라는 Sony사에서 제조한 DSC-W1 디지털 카메라를 사용하였으며, 카메라의 제원은 표 3과 같다. 또한 카메라에 대한 검증결과를 표 4에 나타내었다.

TABLE 3. 디지털 비디오 카메라의 제원

제품명	Sony DSC-W1
기록장치	CCD recode
총 화소	5.26 Mega Pixel
셔터	30~1/2,000 sec
초점 길이	f = 7.9 ~ 45
크기	91×60×36.3 mm
무게	250g

TABLE 4. 카메라 캘리브레이션의 제원

Calibration[SONY DSC-W1 Digital Camera]				
Interior Orientation	Focal Length	7.8898mm		
	Format Size	W	7.0391 mm	
		H	5.2774 mm	
	Principal Point	X	3.4999 mm	
		Y	2.6776 mm	
	Lens Distortion	K1	9.033e-004	
		K2	5.309e-005	
		P1	5.750e-005	
		P2	1.170e-0045	
	Image Size	2592×1944 pixel		

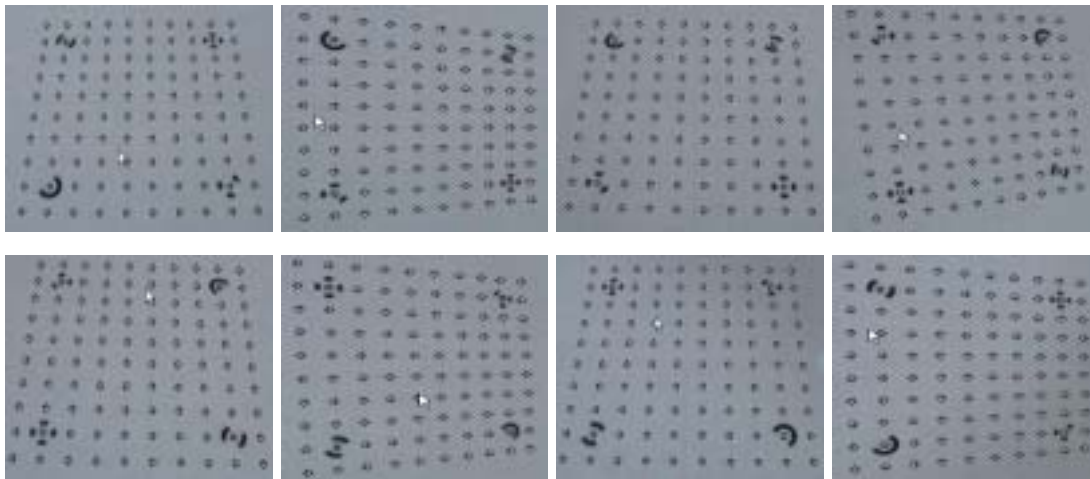


FIGURE 6. 카메라 검증의 영상

### 현장관측 및 분석

본 연구는 그림 7과 같이 경상남도 김해시 ○○동에서 시공 중인 국도우회도로를 촬영 대상으로 하였다. 촬영구간은 약 200m의 거리로 하였으며, 도로 중심선상의 상공에서 약 60%의 중복도를 고려하여 촬영하였다. 그림 8은 평면선형 촬영 모습을 나타내었고, 그림 9는 획득된 영상의 일부분을 나타내고 있다.



FIGURE 8. 평면선형 촬영 모습



FIGURE 7. 연구 대상 선형 모습



FIGURE 9. 중복도 60%로 촬영된 영상

TABLE 5. 외부표정요소

Photo No.	Center X(m)	Center Y(m)	Center Z(m)	Omega(deg.)	Phi(deg.)	Kappa(deg.)
2	191756.293147	184892.06411	-8.972664	173.502509	-46.979478	-94.785835
3	191774.460944	184892.506375	-14.144686	177.984755	-46.889689	-93.13845
4	191785.973282	184890.547918	-16.088386	179.756711	-46.879347	-88.676205
5	191797.749729	184888.668318	-16.393257	-169.169884	-44.567928	-77.000183
6	191819.848536	184885.24146	-20.102381	-175.216418	-47.403952	-84.696487
7	191844.302312	184882.218556	-18.317235	-179.199527	-48.237502	-86.978166
8	191851.54301	184882.304129	-11.460558	-171.370536	-45.990646	-82.158767
9	191865.387672	184880.55585	-9.394202	-161.506672	-46.229252	-65.344557
10	191882.308916	184880.318892	-9.797434	-173.085464	-45.993621	-80.242022
11	191899.946979	184878.96535	-12.40417	-170.882368	-44.494096	-75.22562
12	191916.220602	184876.418718	-10.21599	-170.051104	-45.712222	-79.941906
13	191932.467247	184875.707844	-8.127574	-175.964492	-44.969015	-84.758462
18	191771.819817	184931.057281	-22.695617	-159.632978	-48.507762	-62.901444
21	191813.37726	184932.866514	-33.794107	-166.756459	-48.330669	-62.225834
22	191865.168244	184966.708157	-30.74027	-133.625315	-36.059231	-32.919363



TABLE 6. 노선 중심선에 대한 오차 분석

측점	도로 중심선	설계도 좌표(m)			모델링 좌표(m)			vx	vy	비고
		0+000	Y	Z	X	Y	Z			
5	0+020	191818.804	184883.224	19.795	191818.804	184883.224	19.795	0.000	0.000	기준점
12	0+040	191823.795	184886.466	19.738	191823.795	184886.466	19.738	0.000	0.000	기준점
48	0+060	191843.702	184884.542	-	191843.599	184884.546	19.834	0.103	-0.004	검사점
49	0+080	191847.145	184891.875	-	191847.102	184891.870	19.766	0.043	0.005	검사점
60	0+100	191863.610	184882.617	-	191863.616	184882.612	19.980	-0.006	0.005	검사점
89	0+120	191883.517	184880.693	-	191883.634	184880.684	19.923	-0.117	0.009	검사점
100	0+140	191903.424	184878.769	-	191903.447	184878.764	19.751	-0.023	0.005	검사점
127	-	191923.331	184876.844	-	191923.327	184876.858	19.670	0.004	-0.014	검사점
140	0+160	191943.238	184874.920	19.602	191943.238	184874.920	19.602	0.000	0.000	기준점
151	-	191963.053	184872.996	-	191963.138	184873.002	19.581	-0.085	-0.006	검사점

무선조정 헬리콥터 사진측량시스템에서 획득된 영상 매수는 21매이고 이들 중 중복도를 고려하여 분석된 영상은 15매이다. 그리고, 연속된 영상으로부터 중복 측정된 표정점을 구한 결과 총 137점의 상좌표를 얻었다.

또한, 연속된 영상에서 중복 측정된 표정점은 공선조건을 기초로 한 다중영상표정에서 후방교회법과 전방교회법을 동시에 수행하고, 광속조정법에 의해 대상점의 3차원 좌표 및 외부 표정 매개변수를 결정하였으며, 최종적으로 결정된 각 영상에 대한 외부표정요소는 표 5와 같다.

그리고 표 6은 기준점 5, 12, 140번을 이용하여 자동으로 추출한 검사점과 설계도상의 중심선 좌표를 Total Station으로 측정한 점과의 차를 나타내었다.

표 6에서 X축으로는  $-0.117\text{m} \sim 0.103\text{m}$ 로 나타났으며, Y축으로는  $-0.014\text{m} \sim 0.009\text{m}$ 로 나타났다. 이는 기존의 연구(노태호, 2002 ; 이종출, 2001)에서 제시한 평면선형오차와 근사한 값으로 분석되었다.

그림 10은 표정점에 대한 정합과정과 정량화된 도로 중심선 및 기타 도로 시설물인 배수구



FIGURE 10. 정량화된 도로선형 및 도로시설물과 추출된 상좌표


의 위치 등을 나타낸 3D 도면으로 사진영상에서 구한 것이다. 또한 높이값은 수준측량에서 구한 값이 아니고 Total Station에서 취득된 값이므로 이에 대한 높이값은 영상에서 나온 값과 비교하지 않았다.

## 결 론

무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 도로의 평면선형 및 기타 시설물을 정량화한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 도로 중심선형을 표현할 수가 있었으며, 디지털 카메라를 이용하여 촬영된 영상으로부터 도로 중심선 측량에서 X방향은  $-0.117\text{m} \sim 0.103\text{m}$ 로 나타났으며, Y축으로는  $-0.014\text{m} \sim 0.009\text{m}$  정도의 오차를 나타냈다. 이는 기존의 도로 중심선 측량방법보다 양호한 정도로 나타났다.

둘째, 기존의 측량방법으로 적용하지 못하는 곳인 교통이 혼잡하고 접근하기 어려운 지역에서 본 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하면 보다 효율적인 방법이라 판단된다.

셋째, 향후 이러한 방법을 병행하여 소지역의 도로시설물의 위치 선정 및 선형설계에 필요한 DB을 구축할 수뿐만 아니라 좁은 지역에서의 수치지도 갱신에 있어서 근접 가능한 방법이라 사료된다. 

## 참고문헌

- 노태호, 장호식, 이종출. 2002. RTK GPS/GLONASS 조합에 의한 도로의 평면선형 정확도 분석. 한국지형공간정보학회논문집 10(2):29-37.
- 이종출. 2001. 동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석. 한국측량학회지 19(1):39-45.
- 장호식. 2004. 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 문화재 관리정보시스템 구축.

부경대학교 대학원 박사논문.

장호식, 김진수, 이종출. 2005. 무선조정 헬리콥터와 지상사진측량시스템에 의한 석조 문화재 해석. 대한토목학회논문집 25(1D):151-158.

조재호. 1995. 기구 사진측량체계를 이용한 소규모지역의 지형자료기반 구축. 충북대학교 대학원 박사논문.

Sofia Theodoridou, Kostas Tokmakidis and Dimitris Scarlatos. 2000. Use of Radio-Controlled Model Helicopters in Archaeology Surveying and in Building Construction Industry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B5, Amsterdam. pp. 825-829.

Thomas Zischinsky, Lionel Dorffner and Franz Rottensteiner, 2000. Application of a New Model Helicopter System in Architectural Photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B5, Amsterdam, pp. 117-183. 