철도 선형 복원을 위한 지상사진측량의 적용

Application of the Terrestrial Photogrammetric for Railway Alignments Reconstruction

이종출[1] · 박운용[2] · 강인준[3] · 장호식[4]
Lee, Jong-Chool · Park, Woon-Yong · Kang, In-Jun · Jang, Ho-Sik

[1] 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)
[2] 동아대학교 공과대학 토목·해양공학부 명예교수(E-mail:uypark@daunet.donga.ac.kr)
[3] 부산대학교 토목공학과 교수(E-mail:kangprof@hanmail.net)
[4] 남해대학 토목환경시스템과 초빙교수·공학박사(E-mail:gpsjhs@pknu.ac.kr)

Abstract

In this study, horizontal alignment of railroad obtained by digital photogrammetry method. The two-dimensional horizontal alignment was reappeared by camera calibration and digital image data. This method's result showed more satisfactory value than existing survey method in horizontal alignment of railroad.

Hereafter, this method would be a appropriate method for the decision of railroad facility' position in small rural area and construction of DB for the design of alignment.

1. 서론

최근 우리나라는 2015년까지 철도 복선화율을 64.1%, 전철화율을 73.1%로 하며, 동서 6개축과 남북 6개축 등 X자형으로 구축하여 운행속도를 180㎞에서 200㎞로 고속화할 계획을 발표하였다.

또한, 철도 연장은 현재 3,374㎞에서 3,816㎞로 늘어나고 복선화율은 2004년 기준 38.1%에서 64.1% 그리고 전철화율은 39.8%에서 73.1%로 각각 높일 계획이다.

이와 같이 철도 복선화율과 운행속도의 향상을 위해 기존선의 개량 및 이설과 유지·관리하기 위해 많은 어려움과 노력이 따른다. 이는, 기존선의 설계도서가 훼손 및 분실되거나 각종 재난에 의한 기존선의 유실로 인해 철도의 복선화와 복원화에 필요한 선형제원이 필요하기 때문이다.

철도선형제원을 추출하기 위한 재래적인 방법으로는 트랜싯 및 스틸테이프 또는 광파거리측거기로 정확히 20m를 측정하여 중심말뚝을 설치하고 지형이 급변하는 곳이나 구조물 위치 등에서는 (+)측점을 설치하는 방법이 있다. 그리고, 최근에는 측위 및 항법시스템인 GPS를 활용하여 철도 선형을 표현하는 방법도 소개된 바가 있다.(정의환, 2004),

한편, 측정기술의 발달과 더불어 사진측량방법에서도 비약적인 발전을 가져와 수치 근거리 사진측량체계(Digital Close-Range Photogrammetry : DCRP)로 선형을 추출하는 방법이 소개되고 있다.(강윤성, 2006)

이 방법은 수치 사진기를 통하여 취득되고 입체 영상의 해석으로 저장된 이차원 데이터로부터 정확한 삼차원 형상을 해석할 수 있어 정밀 측정기법으로 많이 응용되고 있으므로, 토목구조물인 교량, 터널, 건축 구조물의 위치와 크기 및 변형 해석(Wang, 1998), 의상 및 인

체공학(Apuzzo, 2000), 경찰 및 법과학 분야뿐만 아니라 교통사고 조사 및 분석 그리고 정밀 관측을 요하는 분야(Ergün 등, 1999), 영상처리에 의한 의학 분야(Patias, 2000) 및 국방 분야 그리고 고고학 분야에서 부서지거나 훼손되기 쉬운 대상물의 원형 보존을 위한 형상해석 등의 분야(장호식, 2004)에서 공간 분석 해석에 널리 응용되고 있다.

특히, 철도선형제원은 국토개발과 자연재해로 인한 복선화 및 복원화에 있어서 매우 중요한 요소이므로, 본 연구에서는 수치 근거리 사진측량체계인 지상사진측량으로 비측량용 카메라를 이용하여 디지털 영상을 획득하였고, 카메라 자체검정을 통해 자료 분석 및 처리하여 선형의 2차원 형상을 재현하였다. 또한 기존선을 재래적인 측량방법인 광파거리측거기로 측량한 자료와 함께 정확도에 대하여 분석하였다.

2. 철도궤도 평면선형

궤도의 형상은 그림 1과 같으며, 철도선로의 선형은 직선이 가장 유리하나 국토계획전 측면, 경제적 측면, 문화·환경적 측면, 기타 정치·군사적 또는 물리적·기술적 제약 및 민원 등으로 부득이 특정지역을 우회하지 않을 수 없는 경우가 생긴다.

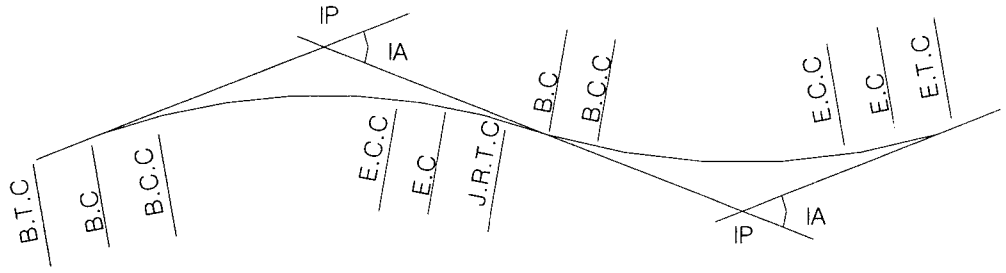

그림 1 궤도의 형상

철도의 선로가 직선만으로 이루어지는 것은 불가능하며, 지형에 따라 이것을 연결하는 평면과 연직 방향의 곡선을 필요로 한다.

직선을 연결하는 선형의 기본은 원곡선이지만, 직선에서 원곡선으로 진입할 때 원심력을 받으므로 이것을 원활하게 이행하고, 캔트와 슬랙을 설치하기 위해 평면곡선에 완화곡선이 설치되어야 한다.

3. 지상사진 수치영상처리 과정

본 연구에서의 수치영상처리과정은 총 8단계로 구성되어 있으며, 그 과정의 흐름도는 그림 2와 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 3과 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 4와 같이 각 양쪽 상·하단에 나와 있는 기준점에 대하여 사진 S/W인 Photomodeler 5.0을 이용

하여 자동 포인트 마킹으로 캘리브레이션을 하였다.

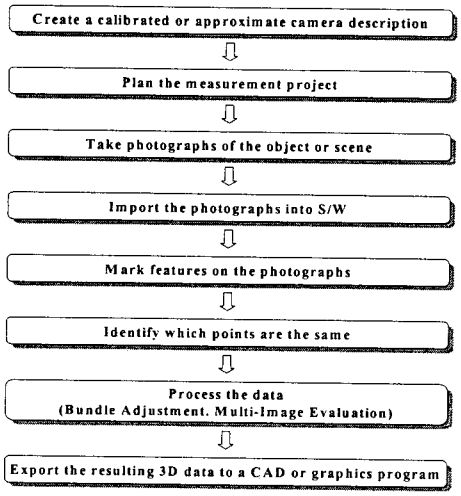

그림 2 자료처리 흐름도

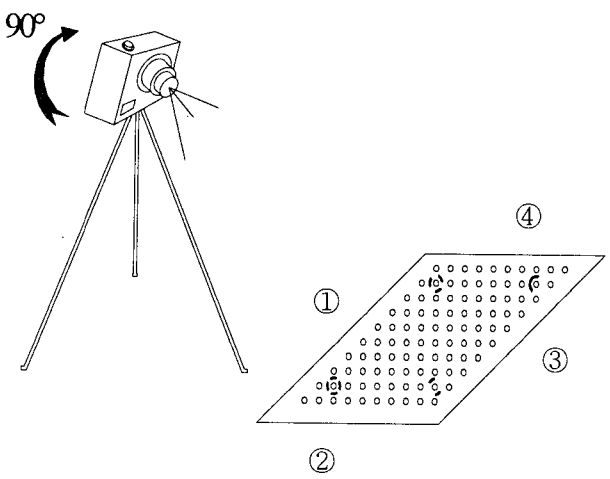

그림 3 카메라 캘리브레이션 용지 촬영 모습

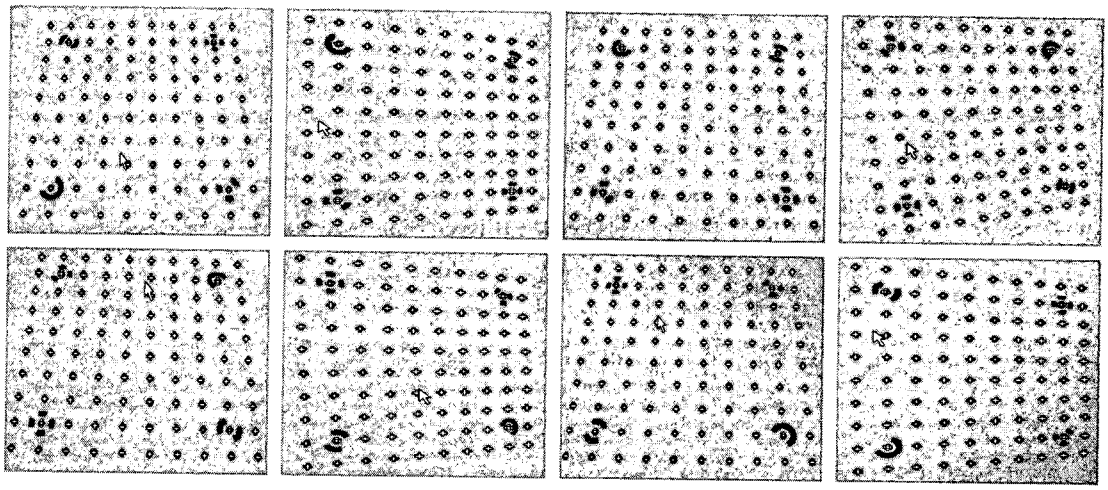

그림 4 카메라 검증의 영상

표 1 디지털 비디오 카메라의 제원

제 품 명	Sony DSC-W1
기록 장치	CCD recode
총 화소	5.26 Mega Pixel
셔 터	30~1/2,000 sec
초점 길이	f = 7.9 ~ 45
크 기	91×60×36.3 mm
무 게	250g

표 2 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	

따라서, 본 연구에서 사용된 관측 카메라는 Sony사에서 제조한 DSC-W1 디지털 카메라를 사용하였으며, 카메라의 제원은 표 1과 같다. 또한 카메라에 대한 검증결과를 표 2에 나타내었다.

4. 현장관측 및 분석

본 연구는 부산광역시 기장군에서 시공중인 철도 복선화 공사가 진행중인 일부 구간을 촬영 대상으로 하였다. 촬영구간은 약 200m의 거리로 하였으며, 철도 중심선상에서 약 3m의 높이에서 약 60% 중복도를 고려하여 사진 촬영하였다.

이렇게 획득된 영상은 그림 5와 같이 총 61매이며, 연속된 영상으로부터 중복 측정된 표정점을 구한 결과 총 269점의 좌표를 얻었다.

그리고 표 3은 기준점을 이용하여 자동 추출한 검사점과 Total Station으로 측정한 삼차원 좌표값과의 차를 나타내었다.

표 3에서 X축으로는 -0.0108m ~ 0.0186m 로 나타났으며, Y축으로는 -0.0116m ~ 0.0801m로 나타났다. 이는 기존의 연구에서 제시한 오차보다 적은 값으로 나왔으며, 향후 이와 같은 방법으로 국토개발과 자연재해로 인한 철도의 복선화 및 복원화에 있어서 매우 중요한 요소인 선형을 추출할 수 있는 효율적이고 실용적인 방법이라 판단된다.

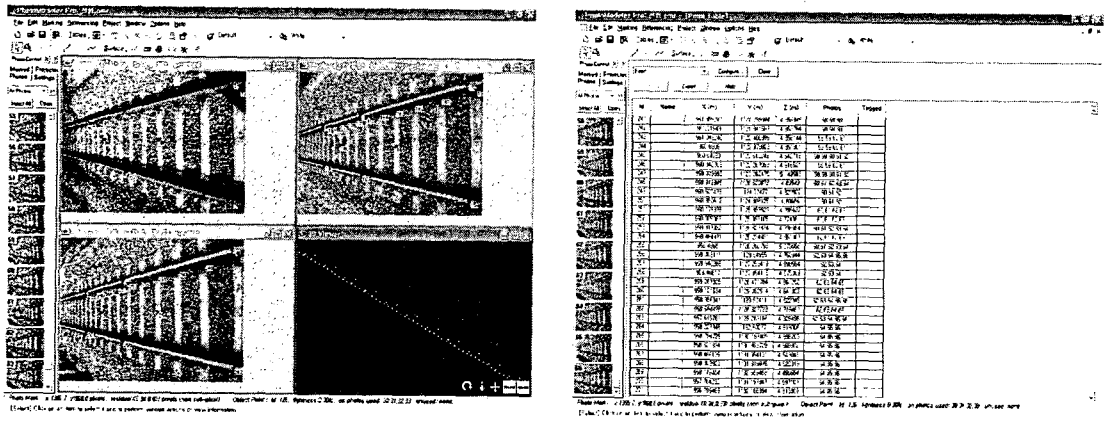

그림 5 정량화된 철도선형

표 3 철도 선형에 대한 오차 분석

측점	Total Station 좌표(m)			모델링 좌표(m)			vx(m)	vy(m)	비고
	X	Y	Z	X	Y	Z			
72	978.0190	1062.9821	-	978.0004	1062.9937	5.7882	0.0186	-0.0116	검사점
79	976.5573	1062.6374	5.9372	976.5573	1062.6374	5.9372	0.0000	0.0000	기준점
126	972.8278	1079.8609	-	972.8150	1079.7808	5.5237	0.0128	0.0801	검사점
152	969.6144	1093.3877	5.5718	969.6144	1093.3877	5.5718	0.0000	0.0000	기준점
159	968.1806	1092.9679	-	968.1914	1092.9713	5.7400	-0.0108	-0.0034	검사점
240	960.5710	1123.4752	-	960.5703	1123.4777	4.9588	0.0007	-0.0025	검사점
247	959.1352	1123.0514	5.1473	959.1352	1123.0514	5.1473	0.0000	0.0000	기준점

5. 결론

첫째, 지상사진측량으로 비측량용 디지털 카메라를 이용하여 철도인 평면선형을 디지털 영상으로 획득하여, 카메라 자체검정을 통하여 자료 분석 및 처리하여 철도의 평면선형의 2차원 형상을 재현할 수 있었다.

둘째, 수치 근거리 사진측량인 지상사진측량을 이용하여 철도 선형 중심선을 표현할 수가 있었으며, 디지털 카메라를 이용하여 촬영된 영상으로부터 철도의 평면선형 측량에서 X방향은 -0.0108m ~ 0.0186m 로 나타났으며, Y축으로는 -0.0116m ~ 0.0801m로 나타났으며, 이는 기존의 방법보다 양호한 정도로 나타났다.

셋째, 향후 이러한 방법으로 소지역의 철도시설물의 위치 및 선형설계에 필요한 DB을 구축할 수 있는 효율적인 방법이라 판단된다.

참고문헌

강윤성(2006), 디지털 영상을 이용한 철도선형정보 추출, 부경대학교 대학원 석사학위논문.

장호식(2004), 무선조정 헬리곱터 사진측량시스템을 이용한 문화재 관리정보시스템 구축, 부경대학교 대학원 박사논문.

정의환(2004), 철도 선형 복원을 위한 GPS 데이터 단순화 방법의 적용, 한국측량학회지, 제22권, 제1호, pp.63-71.

Bahadir Ergün, Suki Külür, "3D Modelling of Car Surface by Means of Digital Photogrammetric Methods", Third-Turkish German Joint Geodetic Days, Istanbul, pp. 455-460, 1999.

Nicola D' Apuzzo, "Surface Measurement and Tracking of Human Body Parts from Multi-Image Video Sequences" ISPRS Journal and Photogrammety and Remoting, Volume 56, pp. 360-375, 2000.

Petros Patias, "Medical Imaging Challenges Photogrammetry" ISPRS Journal and Photogrammety and Remoting, Volume 56, pp. 295-310, 2000.

Younian Wang, "Principles and Applications of Structural Image Matching" ISPRS Journal and Photogrammety and Remoting, Volume 53, pp. 154-165, 1998.