

수치영상을 이용한 교통사고차량 변형해석(Oral)

The Analysis of Deformation of Traffic Accident Vehicle Using Digital Imagery

이종출¹⁾, Jong-Chool Lee · 강인준²⁾, In-Joon Kang · 차성렬³⁾, Sung-Yeoul Cha · 김진수⁴⁾, Jin-Soo Kim

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수, Professor, Division of Construction Eng., Pukyong National University

²⁾ 부산대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Department of Civil Eng., Pusan National University

³⁾ 양산대학 건설교통정보과 교수, Professor, Dept. of Construction&Transportation Intelligence, Yangsan College

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Eng., Pukyong National University

SYNOPSIS : In this study, digital photogrammetry is made use of precision surveying of deformation parts that occurred in the traffic accident. So, deformation of the traffic accident, an essential basis in the traffic accident analysis, was analysed quantitatively by digital photogrammetry. If the study continue to build the basis of data, renew it, and consider the vehicle rigidity, a property of dynamics motion according to a various kind of cars, conditions of an accident, these deformation analysis will be able to not only decide the speed just before the collision, but also reappear the traffic accident and carry out an analysis more scientifically and effectively.

Key words : Digital Photogrammetry, Deformation, Traffic Accident Analysis

1. 서론

국가 경제규모가 커지고 국민소득이 증가함에 따라 교통수단으로서의 자동차는 우리의 일상생활에서 없어서는 안될 생활필수품으로 자리 잡고 있는 반면에 이로 인해 파생되는 자동차 사고는 심각한 사회 문제로 대두되고 있다. 이에 교통사고 당시의 상황을 추정하기 위한 다양한 분석기법에 관한 연구가 이루어지고 있으며, 이를 위한 수치영상의 활용도도 높아지고 있다.

그러나, 교통사고처리에 있어서 수치영상의 활용은 노면 흔적, 차량의 파손상태, 사고 당시의 차량 위치, 사고 현장의 평면도 작성과 같은 대략적인 상황만을 재현하는 단계에만 이용되고 있는 실정이다.

특히, 사고차량의 변형량은 사고분석가들의 경험에 비추어 정성적인 분석에 의해 결정되며, 이러한 정성적 자료를 이용하여 사고차량의 충돌속도와 사고 직후 사고차량들의 최종정지위치를 근사적으로 추정함으로써 발생원인과 책임을 공정하고 정확하게 규명하는데 있어 많은 문제점들이 있다.

따라서, 본 연구에서는 수치사진측량을 이용하여 자동차의 3차원 형상을 재현하고, 교통사고차량의 변형부위를 정밀 측정함으로써 교통사고분석에 있어서 중요한 기초자료가 되는 교통사고차량의 변형을 정량적으로 해석하고자 한다. 이러한 변형해석은 다양한 차종과 여러 사고조건에 따른 자료기반 구축 및 갱신으로 인해 충돌직전의 속도를 결정함과 동시에 교통사고의 재현 및 해석을 보다 과학적이고 효율적으로 수행하는데 기여할 수 있을 것이다.

2. 수치영상자료 취득

2.1 촬영계획

본 연구에서는 교통사고차량의 변형해석을 위해, 먼저 충돌사고로 인해 변형이 발생된 자동차를 촬영

대상물로 선정하였으며 촬영을 위한 카메라 결정과 차량에 부착할 타겟의 종류 및 분포 형상을 계획하였다. 또한 촬영은 차량바디의 전체적인 3차원 수치모형 재현을 위한 촬영과 국부적으로 변형이 발생한 부위의 정밀촬영으로 세분화하였다. 일반적으로 사고 전후의 차량변형을 해석하기 위해선 같은 모델의 변형이 발생하지 않은 차량도 촬영해야 하나, 본 연구에서는 사고차량의 변형이 발생한 부위, 그리고 대칭위치에 있는 변형이 발생되지 않은 부위를 촬영하는 것으로 계획하였다.

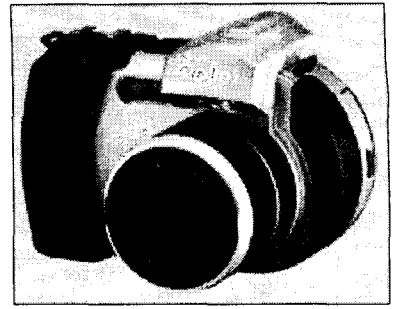


그림 1. 카메라 형상

수치영상의 획득을 위한 장비로는 Rollei사에서 제조한 d7 metric⁵ 카메라를 사용하였으며, 카메라의 형상 및 제원은 그림 1 및 표 1과 같다.

차량바디의 전체적인 3차원 수치모형 재현을 위한 촬영에서는 바코드로 인해 고유번호를 인식하는 코드타겟과 흑백의 명암과 원 중심을 자동으로 인식하는 직경 13mm와 직경 65mm의 원형타겟, 그리고 운용자의 표정작업을 원활히 하기 위해 자체제작한 일반타겟을 차량 전체에 분포시키는 것으로 계획하였으며, 국부적으로 변형이 발생한 부위의 정밀촬영에서는 좀더 조밀한 분포를 위해 직경 13mm의 원형타겟만을 부착하는 것으로 계획하였다.

표 1. 카메라 제원

Classification	Rollei d7 metric ⁵
Recording mode	CCD recode
Shutter	1/8,000 sec
Focal Length	7mm
Dimensions	151×102×106 mm
Weight	650g (without batteries)
Pixel in X	2,552
Pixel in Y	1,920
Sensor in X	8.932
Sensor in Y	6.720

2.2 카메라 검정

본 연구에서는 촬영에 사용될 Rollei d7 metric⁵ 카메라의 렌즈를 검정하기 위한 작업을 선행하였다. 방사방향 왜곡 수차와 편심방향 왜곡 수차를 보정해야 하지만, 편심방향 왜곡 수차는 극히 미세하여 특수한 경우를 제외하고는 유사하므로, 본 연구에서는 실험을 되풀이하여 최소제곱법에 의해 구해진 1차 왜곡상수와 2차 왜곡상수를 적용하여 방사방향 왜곡 수차만을 보정해 주었다.

표 2는 카메라 Calibration에 의해 보정된 자료를 나타낸 것이며, 카메라 검정결과 시스템의 왜곡 매개변수들을 도식적으로 나타내면 그림 2와 같다.

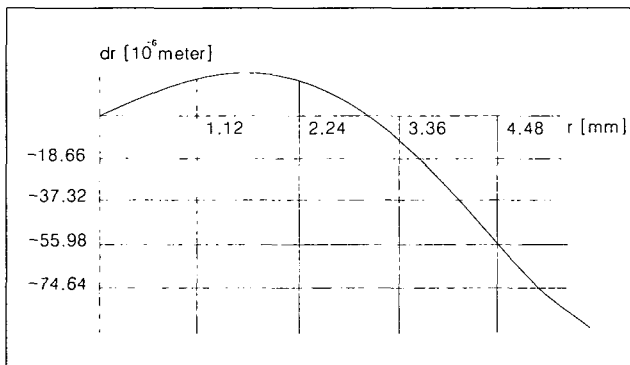


그림 2. The Calibration Chart

표 2. 카메라 검정 자료

Calibration [Rollei d7 metric ⁵ Camera]		
Interior Orientation	cK ¹	-7.422 mm
	xH ²	0.6875 mm
	yH ²	0.0998 mm
	A1 ³	-2.1884e-003
	A2 ³	3.5727e-005
	R0 ⁴	3.00 mm

1. Calibrated Focal Length
2. Coordinates of Principal Image Point
3. Parameters of Radial-Symmetric Distortion
4. Radius from Principal Point when Radial Distortion is zero

2.3 기준점 측량

본 연구에서는 수치영상처리 시스템의 광속조정법에서 얻어진 지상좌표값의 정확도를 분석하기 위해 대상차량에 대해서 삼각수준측량방법으로 대상점에 대한 측량을 실시하여 기준점 측량 성과를 얻었다. 본 연구에서 사용된 대상점은 총 5점으로 각 대상점에 대하여 3차원 좌표를 최소 0.5" 독 Total Station

으로 정밀하게 관측하였다.

먼저, 좌·우측 기준점을 설치하고 Total Station을 이용하여 두 점간의 거리를 관측하여 이 거리를 기선으로 결정하였다. 그리고 그림 3과 같이 좌·우측 기준점에 각각 Total Station을 설치하고 기준점과 대상점간의 수평각과 고저각을 관측하였다.

또한, 좌측 기준점을 원점으로 하여 대상점의 3차원 좌표를 계산하였으며, 관측된 수평각과 고저각은 표 3과 같고, 계산된 3차원 좌표값은 표 4와 같다.

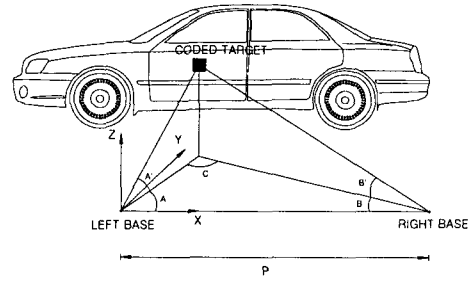


그림 3. 기준점 측량

표 3. 기준점 측량 결과 [각]

Control Point	Left		Right	
	Horizontal Angle	Vertical Angle	Horizontal Angle	Vertical Angle
3	76° 07' 53.5"	11° 40' 56.0"	53° 01' 05.0"	14° 18' 06.5"
7	73° 32' 41.0"	8° 31' 55.5"	54° 50' 29.5"	11° 15' 08.5"
8	69° 28' 15.5"	8° 55' 26.5"	58° 10' 51.5"	10° 48' 16.0"
13	52° 35' 24.0"	17° 16' 21.0"	80° 19' 34.0"	16° 24' 08.0"
17	62° 36' 03.0"	20° 42' 07.0"	68° 15' 07.0"	21° 09' 43.0"

표 4. 기준점 측량 결과 [좌표]

Control Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
3	0.808114002	3.273159760	0.859483009
7	0.967016548	3.273975190	0.679193407
8	1.231837702	3.289617929	0.670364376
13	2.676474810	3.499417751	1.296828633
17	1.849547014	3.568264925	1.555844242

2.4 교통사고차량 촬영

대상물 촬영에서는 코드타겟 66개, 직경 65mm 원형타겟 24개, 일반타겟 200여개가 차량 전 부위에 분포할 수 있도록 하여 촬영하였으며, 국부적으로 변형이 발생한 부위에는 조밀한 분포로 직경 13mm 원형타겟을 부착하여 촬영하였다. 연속된 수치영상의 촬영방향이 3차원 공간에서 대략 60~90°의 각도가 이루어지고, 각 수치영상에 대상점이 최소 7개 이상 끌고루 분포할 수 있도록 대상물을 촬영하여 총 38매의 수치영상을 획득하였으며, 그림 4는 카메라 노출위치를 평면도로 나타낸 것이다.

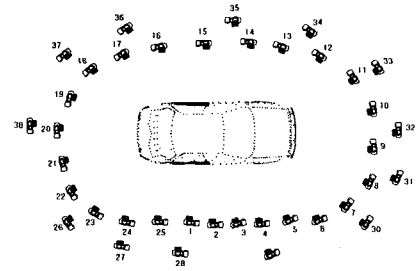


그림 4. 카메라 노출위치

3. 자료처리 및 결과분석

3.1 수치영상자료 처리

본 연구에서는 획득된 대상물의 수치영상에서 각 표정점의 3차원 좌표를 결정하기 위해 RolleiMetric CDW(Close-Range Digital Workstation)를 이용하였다. 먼저, 카메라 Calibration에 의해 결정된 내부표정요소와 촬영시 대략적으로 메모된 카메라 노출위치를 입력하고 획득된 38매의 영상에 있어서 표정점 472개의 상좌표를 측정하였다. 이렇게 연속된 영상에서 중복 측정된 표정점은 공선조건을 기초로 한 다중영상표정에서 후방교회법과 전방교회법을 동시에 수행하고, 광속조정법에 의해 대상점의 3차원 좌표 및 외부표정 매개변수를 결정하게 된다. 결정된 대상물 3차원 좌표의 RMSE는 X방향으로 2.93mm, Y방향으로 4.38mm, Z방향으로 4.29mm로 나타났다.

3.2 결과분석 및 변형해석

본 연구에서는 다중영상표정과 광속조정법에 의해 결정된 대상물 3차원 좌표의 정확도를 분석하기 위해 삼각수준측량에 의한 기준점 좌표성과 차이를 비교하고 기준점 잔차에 대한 RMSE로 나타낸 결과 X방향으로 1.403mm, Y방향으로 3.376mm, Z방향으로 0.433mm로 나타났으며, 변형해석을 위해 변형이

발생되지 않은 부위와 변형이 발생된 부위를 규칙적인 간격의 Grid(100×58)로 나타내고, 선형보간법 중 Triangulation방법을 이용하여 변형부위를 그림 5, 그림 6과 같이 변형 전과 변형 후로 구분하여 Vector Map, 음영기복도로 변환하여 변형의 양상을 분석하였다.

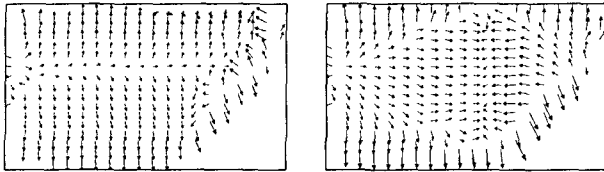


그림 5. 변형전후의 Vector Map

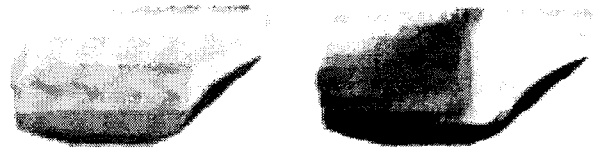


그림 6. 변형전후의 음영기복도

또한, 변형 전후의 변형량을 분석하기 위해 임의의 기준면을 설정하고 기준면에서의 체적을 Trapezoidal rule, Simpson's rule, Simpson's 3/8 rule에 의해 계산한 결과는 표 5와 같이 나타났다.

표 5. 변형 전후의 체적

Rule	변형전(m ³)	변형후(m ³)	비 고
Trapezoidal	0.031344	0.029325	0.002019
Simpson's	0.031379	0.029360	0.002019
Simpson's second	0.031388	0.029374	0.002014

4. 결 론

수치사진측량을 이용하여 교통사고차량의 변형부위를 정밀 측량하여 사고차량의 3차원 수치모형을 생성하고 변형부위의 변형을 정량적으로 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 근접수치사진측량을 이용하여 사고차량에 대한 대상점 472개의 3차원 좌표를 취득할 수 있었으며, 삼각수준측량에 의한 성과와 비교해 본 결과 RMSE는 X방향 1.4mm, Y방향 3.3mm, Z방향 0.4mm로 나타났다.
2. 사고차량 변형부위를 Grid(100×58)로 나타내고 Triangulation 보간법을 이용하여 Vector Map과 음영기복도로 나타낸 결과, 변형의 양상을 평가할 수 있었다.
3. 변형 부위에 대한 변형 전후의 변형량을 분석하기 위해 임의의 기준면에서의 체적을 Trapezoidal rule, Simpson's rule, Simpson's 3/8 rule로 계산하여 변형량을 정확히 해석할 수 있었다.
4. 다양한 차종과 여러 사고조건에 따른 자료기반 구축 및 갱신, 차량강성, 그리고 차량의 운동 역학적 특성을 고려한 연구가 지속될 경우, 충돌직전의 속도를 결정함과 동시에 교통사고의 재현 및 해석을 보다 과학적이고 효율적으로 수행할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 배상호(2000), “구조물 변형측정을 위한 지상사진측량의 기법개발”, 박사학위논문, 충남대학교 대학원.
2. 정성혁, 황창섭, 이재기(2001), “수치사진측량기법에 의한 Fender의 3차원 수치모형 생성”, 한국측량학회지, 제19권 제2호, pp.147-154.
3. 안기원, 조병진, 이효성, 신석효, “근접수치사진측량에 의한 조경석 표면 거칠기의 정밀측정기법 연구”, 대한토목학회, 제20권 제2-D호, pp.219-226.
4. Klaus Hanke and Mostafa, A. Ebrahim(1999), “The digital projector raytracing as a tool for close-range photogrammetry”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 54, pp.35-40.
5. T. A. Clarke(1995), “An analysis of the prospects for digital close-range photogrammetry”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 50, pp.4-7.