

자동차 정면충돌에서 자동차 영구 변형량에 따른 승객 상해 추정

김 승 기¹⁾ · 최 형 연^{*2)}

홍익대학교 대학원 기계공학과¹⁾ · 홍익대학교 기계시스템디자인공학과²⁾

Estimation of Injury Severity of Occupant based on the Vehicle Deformation at Frontal Crash Accident

Seungki Kim¹⁾ · Hyung Yun Choi^{*2)}

¹⁾Department of Mechanical Engineering, Hongik University, Seoul 121-791, Korea

²⁾Department of Mechanical and System Design Engineering, Hongik University, Seoul 121-791, Korea

(Received 28 February 2012 / Revised 9 July 2012 / Accepted 12 October 2012)

Abstract : The estimation of occupant injury risk at crash accident is one of the most important assessments for the vehicle crashworthiness performance. The design of safety devices such as occupant restraining system also depend on the kinematics of occupant and its injury risk. The real world in-depth accident investigation provides detailed and realistic information of vehicle damage and occupant injury as well as the accident conditions. This paper introduces a statistical analysis of NASS/CDS database and domestic accident data to correlate speed change, vehicle damage extend, and occupant injury at frontal crash. The maximum crush extend shows a linear relationship with the effective impact speed. The injury risks of the occupant with and without restraining were also respectively quantified with the crush extend. This result can be effectively used for the emergent rescue of crash victims with automatic crash notification system.

Key words : Occupant injury risk(승객상해위험도), Real world in-depth accident data(실사고상세데이터), Vehicle damage(차량손상), Automatic crash notification system(자동충돌통지시스템)

1. 서론

우리나라는 2000년도에 들어서 교통사로로 인한 사상자수가 급격히 감소하였다. 이는 1990년대에 비해 안전벨트 착용 의무화를 위한 법령정비 및 정보화 사회에 알맞은 차세대 교통체계를 제공하는 지능형 교통시스템(ITS, Intelligent Transportation System) 인프라 정비에 의한 효과 등으로 여겨진다. 하지만 여전히 교통사고 사상자는 다수가 발생하며 현재 우리나라가 벌이고 있는 교통사고 사망자 반으로 줄이기를 달성하기 위해서는 “자동차 충돌 안전성” 향상 및 “충돌사고 후 안전”에 각각도로 힘써

야 한다.

충돌사고 후 안전 대책 중에는 적극적인 현장 응급처치를 들 수 있으며 부상자의 후송중의 치료가 외상에 의한 중증환자의 사망률을 감소시킬 수 있다. 김갑득¹⁾은 교통사고에 의한 병원 내 사망환자가운데 약 23.9%에 해당하는 사망자가 적절한 조치가 있는 경우 막을 수 있었던 예방 가능한 사망(Preventable death)으로 판단하였다. 이로써 “자동차 충돌 안전성 향상”과 더불어 “충돌사고 후 안전”이 사망자 감소에 큰 영향을 끼친다고 판단할 수 있다.

미국도로교통안전국²⁾(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)의 CIREN(Crash Injury Research), NASS-CDS(National Automotive Sampling

*Corresponding author, E-mail: hychoi@hongik.ac.kr

System-Crashworthiness Data System)와 일본의 ITA-RDA³⁾(Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis)는 도로 교통에서 발생하는 실사고(Real world collision)를 각 충돌 차량마다 Case ID를 부여하여 차량정보, 사고정보 및 환자정보에 대한 다양한 변수를 수집한다. 많은 연구자들이 이를 이용하여 “충돌사고 후 안전”에 대한 다양한 분석을 실시하고 있다.⁴⁾ 이러한 실사고 데이터 분석을 통하여 미국도로교통안전국은 URGENCY 알고리즘⁵⁾을 구축하였으며 이는 교통사상자를 효과적으로 줄이기 위한 자동 응급구난 시스템(ACNS, Automatic Collision Notification)에 포함되어 교통사고 부상자의 상해 정도 예측에 활용되고 있다.

하지만 우리나라는 사고정보를 수집하는 각 기관의 이해관계와 개인의 정보 보호에 인하여 실사고에 대한 기초자료가 턱없이 부족한 실정이며, 탑승자 안전장치(안전벨트, 에어백)와 더불어 탑승자 상해에 가장 큰 영향을 미치는 자동차 충돌속도변화(Change in velocity)조차 체계적으로 수집되고 있지 않다. 따라서 본 연구는 미국도로교통안전국에서 제공하는 SAS(Statistical Analysis System) 양식의 NASS-CDS DB를 이용하여 자동차 충돌속도변화를 차량의 영구 변형량으로부터 간접적으로 추정하고 선행연구와 비교한다. 또한 이렇게 구한 관계식을 차량 파손 정보를 담고 있는 CDC(Collision Deformation Classification) 코드를 이용하여 추정된 속도를 우리나라에서 발생한 실제 교통사고 중 대물과 대인정보가 있는 사례에 대해 적용하여 승객상해와 차량 손상의 관계를 분석한다. 국내 실사고 탑승자의 상해 분석은 NASS-CDS DB로부터 적용된 자동차 충돌속도변화량과 탑승자 안전장치(안전벨트 착용 유무, 에어백 전개 유무)를 기준으로 하여 사례 분석을 실시하였다. 이는 미국도로교통국의 URGENCY 알고리즘에 대비되는 국내 상해 예측 알고리즘을 만들 수 있는 기초자료로써 향후 자동차 충돌 사고 응급구난 시스템(ACNS)에 활용되어 구난 효과를 극대화 할 수 있을 것이다.

2. 자동차 정면충돌 역학

2.1 자동차 충돌 속도

무게와 속도가 다른 두 자동차가 충돌 할 때 차량은 서로 운동량을 교환하며 영구변형이 발생한다. 이 때 두 자동차는 속도변화(Change in velocity)를 가진다. 이러한 속도변화에는 Delta V와 유효충돌 속도(Effective impact speed)가 있으며 최초 충돌 순간의 속도부터 최대 변형이 발생할 때까지의 속도변화를 Delta V라 한다. Delta V는 탑승자 상해 평가의 주요 팩터이다. 하지만 실제 사고에서는 상대 충돌 차량에 대한 정보 획득이 어려운 경우가 많다. 이러한 경우에는 사고차량의 파손정도나 사고 상황등을 고려하여 차량이 고정 장벽에 충돌하였을 때로 가정한 충돌 속도인 유효충돌속도를 사용한다.⁶⁾ 이 연구에서 사용되는 NASS-CDS DB는 충돌 대상이 다양하므로 자동차 충돌 속도변화는 유효충돌속도를 사용한다.

2.2 자동차 정면충돌과 영구 변형량

자동차 충돌사고 발생 시 차량은 변형을 유발하며 충돌에너지를 흡수하고 파손된다. 탑승객이 타고 있는 차실에 비하여 자동차 정면 부분은 탑승자를 보호하기 위하여 변형이 상대적으로 쉽게 이루어지도록 설계된다. 충돌에 의하여 발생하는 차량의 파손정도는 차량의 영구 변형량으로 표현할 수 있다.

Emori(1974)⁷⁾는 자동차 정면충돌에서 차체에 작용하는 힘은 변형량에 비례한다고 제시하였으며, Campbell은(1974)⁸⁾ GM의 71~74년도 차량 정면 충돌시험 결과를 분석하여 최대 영구 변형량과 충돌속도와의 관계를 다음과 같이 선형적으로 제시하였다. b_0 는 저속 충돌에서는 탄성회복이 발생하기 때문에 영구변형이 나타나지 않는 충돌속도를 의미하며, b_1 은 그래프에서 기울기를 의미하여 차량 강성을 나타낸다. x 는 차량의 영구 변형량이 된다.

$$v = b_0 + b_1x \quad (1)$$

Campbell 이후 이러한 선형 회귀식에 새로운 파라미터를 제시한 연구는 박승범(2010)⁹⁾이 국내 승용차종을 포함한 미국도로교통안전국에서 실시한 고정 장벽 정면 충돌 시험에 결과에 대하여 질량효과 등을 고려한 새로운 차량강성(b_1)을 제시하였다.

3. 교통사고 상해 환자 평가 기준

본 연구에서는 국내 실사고 탑승자의 사례 분석을 위한 교통 상해 환자 평가 기준은 현재 응급구조센터에서 널리 사용되고 있는 AIS(Abbreviated Injury Scale), ISS(Injury severity Score), GCS(Glasgow Coma Score), RTS(Revised Trauma Score) 등을 이용하였다.

3.1 AIS(Abbreviated Injury Scale)

AIS¹⁰⁾(Abbreviated Injury Scale)은 미국자동차의 학진흥협회(The Association for the Advancement of Automotive Medicine, AAAM)에서 제정한 인체 약식상해 손상척도로써 7개의 자릿수와 8가지의 신체 부위로 분류한다. 상해의 심도를 1점부터 6점까지 부여한다. MAIS(Maximum Abbreviated Injury Scale)은 각 신체 부위 중 최대 AIS 값을 나타낸다. AIS는 교통사고 환자들의 중증도를 분류하는 유용한 손상척도이다.

3.2 ISS(Injury Severity Score)

ISS(Injury Severity Score)¹¹⁾는 상해 정도가 높은 3곳의 신체 부위 AIS 값들의 자승의 합으로부터 계산되는 손상척도이다. 1점부터 75점까지의 숫자로 표현되며, 15점이 중증상해의 시작점으로 제안되고 있다.

3.3 GCS(Glasgow Coma Score)

Gaham Teasdale¹²⁾등에 의해 제안된 상해 지표로써, 환자의 개안(eye), 언어(verbal), 운동(motor) 반응을 검사하여 3에서 15까지 숫자로 나타내지는 지표로써 숫자가 낮을수록 중증상해로 분류된다.

3.4 RTS(Revised Trauma Score)

GCS¹³⁾(Glasgow Coma Score), SBP(Systolic BP), RR(Respiratory Rate)에 의해 계산되는 상해 지표로써 0~7.84의 범위를 가지며, RTS가 4보다 작을 경우를 생존확률의 threshold로 간주한다.

4. NASS-CDS DB 실사고 통계분석

국내에서 발생하는 실사고 케이스는 사고 정보의 자료 및 케이스 수가 충분하지 않기 때문에 보다 객

관적인 비교분석을 위하여 미국도로교통안전국(NHTSA)의 NASS-CDS DB의 실사고 케이스를 분석하였다. NASS-CDS DB는 특정한 충돌 모드에서 보이는 상해 등급에 인구 가중치를 부여하여 해당 충돌 형태에서 주어진 수준의 상해를 겪게 되는 전체 인구의 위험도를 추정하는데 유용하게 사용할 수 있다.

4.1 NASS-CDS DB 실사고 데이터 선정

NASS-CDS는 실사고 케이스를 사고, 탑승자, 차량 정보들을 코드화하여 1997년부터 SAS(Statistical Analysis System) 파일로 제공하고 있으며, 이러한 파일을 이용해 다양한 통계분석이 가능하다. 본 연구에서는 2006~2009년 총 4년 동안 발생한 실사고 케이스가 정리되어있는 SAS 파일을 분석한다. 이중 차량 최대 영구 변형량을 제공하는 VE(Vehicle Exterior) 파일과 유효충돌 속도를 제공하는 GV(General Vehicle) 파일의 data set을 병합하였다. 병합된 파일 중 다음과 같은 제한 조건을 이용하여 파일을 선별하였고, 분석을 실시하였다.

- 1) 전복(Rollover)는 제외
- 2) 자동차유형(Vehicle type)은 승용자동차(passenger car)로 제한
- 3) 자동차 정면충돌(11, 12, 01시 방향)으로 제한
- 4) 차대 차 충돌
- 5) 결측 변수가 들어간 사고 정보 제외

위 조건을 모두 만족하는 실사고 케이스는 총 1918건으로써 각각 11시 방향은 312(16.3%)케이스, 12시 방향은 1293(67.4%)케이스, 1시 방향은 313(16.3%)케이스로 정렬되었다.

본 연구에서는 최종적으로 1918건에 대한 각 충돌방향 별 자동차 최대 영구 변형량에 따른 유효충돌속도와의 관계를 분석을 실시하였다.

4.2 NASS-CDS DB 실사고 데이터 분석

자동차 정면충돌 사고에서 발생하는 최대 영구 변형량에 따른 유효충돌속도의 추정을 위하여 NASS-CDS DB(2006~2009) 실사고 데이터를 이용하여 자동차 정면충돌을 11, 12, 1시 세 가지 수준으로 나누어 각 충돌방향에 대하여 단순 선형 회귀분

석을 실시하였다.

NASS-CDS DB 실사고 데이터는 수집된 자동차 정면충돌 영구 변형량을 Fig. 1의 CDC¹⁴⁾(Collision Deformation Classification) 코드의 crush extent로 제공한다. CDC 코드는 차량의 파손정도를 총 7자리의 자릿수로 나타내어, 각 코드를 보고 사고 심도(severity)를 손쉽게 표현 할 수 있는 장점이 있다. 실제 사고현장에서는 이러한 crush extent를 이용하여 유효충돌속도를 추정 할 수 있을 것으로 기대한다.

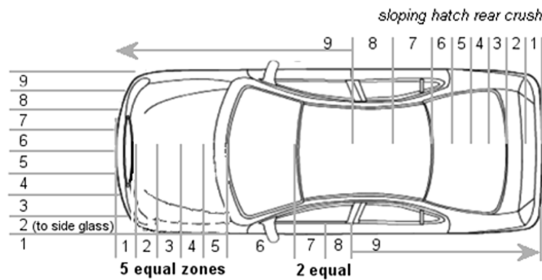


Fig. 1 Crush extent of CDC code

모든 검정에서 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였으며, 각각의 충돌 방향에 대하여 통계적으로 유의함을 확인하였다($p<0.05$)

11시 충돌방향의 결정계수는 0.817로써 상관성이 매우 높게 나타났으며, 이 때 도출된 회귀식은 다음과 같다.

$$V_{11\text{시유효충돌속도}} = 0.5716 \times \delta_{\text{max}} + 8.03 \quad (2)$$

12시 충돌방향의 결정계수는 0.864로써 상관성이 매우 높게 나타났으며, 이 때 도출된 회귀식은 다음과 같다.

$$V_{12\text{시유효충돌속도}} = 0.624 \times \delta_{\text{max}} + 10.49 \quad (3)$$

1시 충돌방향의 결정계수는 0.763로써 상관성이 매우 높게 나타났으며, 이 때 도출된 회귀식은 다음과 같다.

$$V_{1\text{시유효충돌속도}} = 0.5173 \times \delta_{\text{max}} + 9.30 \quad (4)$$

단, V_e : 유효충돌속도 [kph],
 δ_{max} : 최대영구변형량 [cm]

각각의 충돌 방향에 대하여 선형분석 결과 최대 영구 변형량은 유효충돌 속도에 영향을 미치며 회

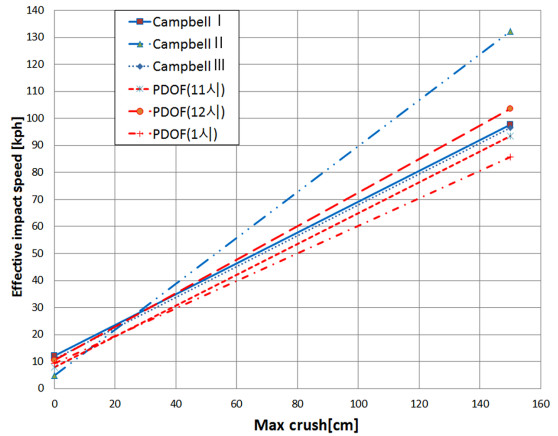


Fig. 2 Comparison between Campbell(1974)'s study and NASS-CDS Database (2006~2009)

귀계수가 정의 값을 가지므로 자동차 영구 변형량이 증가함에 따라 유효충돌 속도 또한 증가하는 경향을 확인할 수 있다.

Fig. 2는 앞에서 언급한 Campbell(1974)의 선행 연구 결과와 NASS-CDS DB(2006~2009)를 충돌방향별로 비교한 그래프이다. 선행 연구 결과와 유사한 경향을 확인하였다. 자동차 정면충돌 시험 결과로부터 얻어지는 선행연구의 결과는 24kph 이하의 저속 충돌의 경우와 97kph 이상의 고속 충돌일 경우에는 정면충돌 시험이 수행되지 않았기 때문에 속도 추정에 대한 선형성을 가지 못한다. NASS-CDS DB 분석 결과 충돌방향별로 약 평균 9kph의 자동차 정면충돌은 탄성회복이 발생하여 범퍼에 변형이 발생하지 않았으며, DB 충돌속도의 범위는 2~107kph가 수집되어 선행연구보다 넓은 구간에서 저속, 고속 충돌에서의 연속성을 확인 하였다. Table 1은 각 충돌 방향별로 차량의 범퍼로부터 윈드셴드 하단까지 5등분한 crush extent를 구획 별로 나누어 평균과 95% 신뢰구간으로 유효충돌속도를 나타내었다.

5. 국내 실사고 사례분석

NASS-CDS DB는 각 차량의 종류와 교통사고 상황에 따른 사람에 대한 손상의 정도와 결과를 통하여 차량의 안전성을 분석하고 있으나 국내에서는 충돌 실사고 조사 과정에 있어 경찰, 보험 등 각기 다른 항목으로 흩어져 있기 때문에 차량정보, 사고

Table 1 Effective crash speeds with impact directions in NASS-CDS database (2006~2009)

충돌 방향	Crush extent	N	표준 편차	표준 오차	평균 [kph]	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값 [kph]	최대값 [kph]
						하한값 [kph]	상한값 [kph]		
11시	1	132	4.222	.368	16.7	15.9	17.4	8	26
	2	133	5.778	.501	27.3	26.3	28.3	11	44
	3	38	7.485	1.214	41.0	38.5	43.4	29	64
	4	9	13.560	4.520	53.9	43.5	64.3	37	84
12시	1	661	4.397	.171	18.1	17.7	18.4	9	32
	2	402	6.792	.339	31.1	30.4	31.8	16	59
	3	144	10.142	.845	46.4	44.8	48.1	23	77
	4	66	11.054	1.361	60.7	57.9	63.4	35	96
	5	20	16.233	3.630	78.6	71.0	86.2	50	107
1시	1	124	6.174	.554	15.0	13.9	16.0	2	24
	2	148	6.627	.545	33.6	32.6	34.7	22	49
	3	37	7.378	1.213	53.9	51.4	56.4	43	74
	4	4	5.123	2.562	81.3	73.1	89.4	76	88

정보 및 환자정보가 묶여 있는 사고 케이스를 수집하는 것이 쉽지 않다.

따라서 국내에서는 교통사고 전문 의료기관의 도움을 받아 응급상해 환자 데이터를 수집하였다. 2011년 1월부터 약 8개월 동안 건국대학교 충주병원 및 연세대학교 원주 기독교 병원으로부터 총 98 케이스를 제공 받았다. 상해정도는 ISS를 16을 기준으로 하여 17~75까지는 중증상해(Major injury severity) 15이하는 경증상해(Minor injury severity)로 분류하였다. 국내사고 또한 다음과 같은 제한 조건을 주어 사례분석을 실시하였다.

- 1) 전복(Rollover)는 제외
- 2) 자동차유형(Vehicle type)은 승용자동차(passenger car)
- 3) 자동차 정면충돌(11, 12, 01시 방향)으로 제한
- 4) 차 대 차 충돌
- 5) 결측 변수가 들어간 사고 정보 제외

다음과 같은 제한 조건에 의하여 총 21케이스가 정렬되었다. 이 중 중증상해가 13케이스 경증상해가 8케이스로 정렬되었다. 이 중 사례 연구는 탑승자 상해에 큰 영향을 주는 안전장치(안전벨트 착용 유무, 에어백 전개 유무)를 기준으로 삼아 분석을 실시하였다. 하지만 자동차 영구 변형량의 경우는 현

재 우리나라의 경우 직접적으로 측정하는 것이 불가능하기 때문에 자동차 영구 변형량을 구획화 하여 표현한 CDC 코드인 crush extent를 사용한다. 따라서 국내 실사고의 유효 속도는 NASS-CDS DB로부터 구해진 CDC 코드와 유효충돌속도와의 관계를 이용하여 추정한다.

5.1 사례분석 I (안전벨트 착용, 에어백 전개)

Table 2는 안전벨트를 착용하고 에어백이 전개된 사례들을 정리한 표로써, 중증상해 이며 고령자(65세 이상)인 CASE # 2의 경우는 crush extent의 심도가 다른 케이스에 비해 확연히 나이에 대한 영향을 판단 할 수 없을 것으로 사료된다. MAIS의 경우 중증상해의 경우 모두 3이상의 값이 진단되었으며, 경증상해의 경우는 최대 2까지 진단되었다. RTS 및 GCS는 상관성이 없는 것으로 나타나 제외하였다. Crush extent의 심도를 이용하여 중증상해와 경증상해를 비교하여 보면 중증상해의 경우 crush extent가 평균 4.75로 측정되었으며 경증상해의 경우 crush extent가 평균 2.7로 나타났다.

5.2 사례분석 II (안전벨트 착용, 에어백 비전개)

Table 3은 안전벨트를 착용하고 에어백이 전개되

Table 2 Case study I for domestic real world crash accidents (belted, airbag deployed)

상해 분류	Case #	환자정보						
		성별	나이[세]	키[cm]	몸무게[kg]			
중증	2	남	73	172	60			
	8	남	40	179	85			
	9	여	25	160	45			
	12	남	55	N/A	N/A			
경증	14	남	35	N/A	N/A			
	15	남	62	N/A	N/A			
	16	남	30	N/A	N/A			
상해 분류	Case #	차량정보 및 CDC 코드						
		차체	PDOF	GAD	SHL	SVL	TDD	EXTENT
중증	2	중형	12	F	D	E	W	6
	8	중형	12	F	D	E	W	5
	9	중형	12	F	D	E	W	4
	12	대형	12	F	D	E	W	4
경증	14	중형	12	F	D	E	W	3
	15	중형	12	F	D	E	W	3
	16	대형	12	F	D	E	W	2
상해 분류	Case #	Risk Factor						
		AIS ^{1st}	AIS ^{2nd}	AIS ^{3rd}	MAIS	ISS		
중증	2	450213.4	640404.3	10442.4	4	41		
	8	450212.3	541810.2	853261.3	3	22		
	9	670278.1	540826.4	910200.1	4	18		
	12	450203.3	140693.2	7523.11.2	3	17		
경증	14	450804.2	161004.2	752651.1	2	9		
	15	541810.2	450201.1	640278.1	2	6		
	16	210402.1	640278.1	N/A	1	2		

Table 3 Case study II for domestic real world crash accidents (belted, airbag not deployed)

상해 분류	Case #	환자정보						
		성별	나이[세]	키[cm]	몸무게[kg]			
중증	10	남	57	N/A	N/A			
경증	18	여	42	N/A	N/A			
	19	남	44	172	58			
	21	남	46	168	70			
상해 분류	Case #	차량정보 및 CDC 코드						
		차체	PDOF	GAD	SHL	SVL	TDD	EXTENT
중증	10	중형	11	F	Y	E	W	6
경증	18	중형	12	F	Z	E	W	3
	19	중형	11	F	Y	E	W	3
	21	중형	12	F	D	E	W	2
상해 분류	Case #	Risk Factor						
		AIS ^{1st}	AIS ^{2nd}	AIS ^{3rd}	MAIS	ISS		
중증	10	140639.2	442201.4	853362.3	4	29		
경증	18	450203.3	640278.1	710402.1	3	11		
	19	450202.2	710402.1	640278.1	2	6		
	21	670278.1	650620.2	210602.1	2	6		

지 않은 사례들을 정리한 표로써, 중증상해의 경우 MAIS는 4로 진단되었으며 경증상해의 경우 MAIS는 최대 3이 진단되었다. 경증상해의 경우 CDC 코드가 유사하고 성별이 다른 CASE # 18, 19의 경우 여성인 CASE # 18이 ISS가 더 높게 측정되었지만 성별에 따른 상해심도 차이로 볼 수 없을 것으로 여겨진다. RTS 및 GCS는 상관성이 없는 것으로 나타나 제외하였다. Crush extent의 심도를 이용하여 중증상해와 경증상해를 비교하여 보면 중증상해의 경우 crush extent가 6이 측정되었으며, 경증상해의 경우 crush extent의 평균 2.7이 측정되었다.

5.3 사례분석 III

(안전벨트 미착용, 에어백 전개)

Table 4는 사례분석 I, II와 다르게 안전벨트가 착용하지 않고 에어백이 전개된 경우로써, 경증상해가 오직 한 케이스밖에 없다. 이는 앞선 사례연구 I, II가 경증상해가 각각 3케이스씩 있었던 것으로 보아 안전벨트 착용은 상해에 큰 영향을 주는 것으로 사료된다. 중증상해의 경우 MAIS가 3~5까지 진단되었으며, 경증상해의 경우 MAIS가 3으로 측정되

었다. 경증상해의 경우 MAIS 150200.3으로 두부에 상해를 입었는데, 이는 안전벨트미착용 상태에서 에어백이 전개되면서 MAIS가 높게 진단된 것으로 여겨진다. RTS 및 GCS는 상관성이 없는 것으로 나타나 제외하였다. Crush extent의 심도를 이용하여 중증상해와 경증상해를 비교하여 보면 중증상해의 경우 crush extent가 평균 3.75가 측정되었으며, 경증상해의 경우 crush extent가 2가 측정되었다.

5.4 사례분석 IV

(안전벨트 미착용, 에어백 비전개)

Table 5의 경우는 안전벨트를 착용하지 않고 에어백 또한 전개되지 않은 경우로써 경증 상해가 안전벨트를 착용한 사례 I, II와 비교하여 오직 한 케이스밖에 없다. 뿐만 아니라 사망자가 2건이 발생한 유일한 사례 군이다. 사례분석 I (안전벨트 착용, 에어백 전개)의 CASE # 3에 해당하는 사고는 고령 운전자에 crush extent가 6인 대형사고임에도 불구하고 중증상해에 그쳤지만 유일한 사망사고인 CASE # 3, 7로써 안전벨트의 착용과 에어백의 전개여부는 상해의 큰 영향을 주는 것으로 사료된다. RTS 및 GCS

Table 4 Case study III for domestic real world crash accidents (unbelted, airbag deployed)

상해 분류	Case #	환자정보						
		성별	나이[세]	키[cm]	몸무게[kg]			
중증	4	남	29	178	76			
	5	남	60	170	65			
	6	남	35	167	63			
	11	남	33	N/A	N/A			
경증	17	남	26	170	63			
상해 분류	Case #	차량정보 및 CDC 코드						
		차체	PDOF	GAD	SHL	SVL	TDD	EXTENT
중증	4	중형	12	F	D	E	W	3
	5	중형	12	F	Y	E	W	3
	6	대형	11	F	L	E	E	5
	11	중형	12	F	C	E	W	4
경증	17	대형	12	F	D	E	W	2
상해 분류	Case #	Risk Factor						
		AIS ^{1st}	AIS ^{2nd}	AIS ^{3rd}	MAIS	ISS		
중증	4	441411.3	541812.2	751161.2	3	17		
	5	450202.3	140694.2	541610.2	3	17		
	6	540826.4	210402.1	540278.1	4	18		
	11	140640.4	251205.2	442204.5	5	45		
경증	17	150200.3	250615.2	N/A	3	13		

Table 5 Case study IV for domestic real world crash accidents I (unbelted, airbag not deployed)

상해 분류	Case #	환자정보						
		성별	나이[세]	키[cm]	몸무게[kg]			
중증	1	여	39	171	61			
	3	남	35	175	70			
	7	남	51	176	75			
	13	남	48	N/A	N/A			
경증	20	남	59	169	70			
상해 분류	Case #	차량정보 및 CDC 코드						
		차체	PDOF	GAD	SHL	SVL	TDD	EXTENT
중증	1	중형	11	F	L	E	W	3
	3	중형	12	F	D	E	W	5
	7	중형	12	F	D	E	W	4
	13	중형	11	F	D	E	W	3
경증	20	중형	11	F	Y	E	W	3
상해 분류	Case #	Risk Factor						
		AIS ^{1st}	AIS ^{2nd}	AIS ^{3rd}	MAIS	ISS		
중증	1	450203.3	640201.3	810402.1	3	19		
	3	442201.4	853271.3	640234.6	5	75		
	7	442205.3	541826.4	161002.2	4	29		
	13	140414.3	450203.3	650617.2	3	22		
경증	20	140651.3	752563.2	450289.1	3	14		

는 상관성이 없는 것으로 나타나 제외하였다. Crush extent의 심도를 이용하여 중증상해와 경증상해를 비교하여 보면 중증상해의 경우 crush extent가 평균 3.25가 측정되었으며, 경증상해의 경우 crush extent가 3이 측정되었다.

6. 결론

본 연구는 NASS/CDS DB(2006~2009)의 자동차 정면충돌 사고 케이스를 토대로 충돌에 의해 발생하는 최대 영구 변형량을 이용하여 유효 충돌 속도를 선형적으로 도출하고 선행연구와 비교하였다. 도출된 유효 충돌 속도를 차량의 함몰정도를 나타내는 CDC 코드의 crush extent에 적용하였다. 우리나라 사고 케이스는 충돌 속도 정보가 없기 때문에 충돌 속도는 NASS/CDS DB로부터 구해진 유효충돌속도를 CDC 코드의 crush extent를 이용하여 적용하였고, 안전벨트의 착용 여부 유무와 에어백 전개 유무를 기준으로 4가지 군에 대해서 사례 분석을 실시하였다. 분석된 내용은 다음과 같다.

1) NASS-CDS DB(2006~2009) 분석결과 자동차 정면충돌 사고 시 발생하는 영구 변형량과 유효충

돌속도는 상관성이 매우 높게 나타났다. 선행연구와 유사한 결과가 나타났을 뿐만 아니라, 기존의 선행연구는 고정 장벽 정면충돌 시험 데이터를 이용하기 때문에 충돌속도의 연속성이 부족하여 저속이나 고속충돌에 대하여는 연속성을 갖지 못하였지만 NASS-CDS DB 분석 결과 약 9kph이하의 정면충돌속도는 차량의 변형이 발하지 않는 탄성 충돌 속도임을 확인할 수 있었다.

2) 국내에서 발생한 실사고 데이터를 안전벨트의 착용 유무, 에어백의 전개 여부를 기준으로 사례 분석을 실시하였다. 데이터 분석결과 안전벨트의 착용 여부는 상해 심도의 주요 팩터로 나타났으며, 사례 분석결과 crush extent가 3을 기준으로 중증상해가 발생할 확률이 높은 것으로 나타났다. 이 때 NASS-CDS DB로 추정된 유효속도는 95% 신뢰구간에 대하여 11시 방향은 38.5~43.4kph, 12시 방향은 44.8~48.1kph, 1시 방향은 51.4~56.4kph로 나타났다.

본 연구에서 분석한 사고 사례의 개수가 통계적으로 유의한 결과를 도출하기에는 다소 부족할 수 있다 따라서 국내 교통 안전 정책 수립, 안전 법규

재정, 및 차량 설계에 반드시 필요한 국내 실사고 DB구축에 지속적인 노력이 필요하다고 생각된다.

후 기

본 연구는 국토해양부 교통체계 효율화 사업(09 교통체계-미래01)의 연구지원으로 수행되었습니다.

References

- 1) G. T. Kim and S. Y. Hong, "Epidemiology of Traumatic Accident Deaths," KSEM, Vol.13, No.1, pp.39-48, 2002.
- 2) NHTSA, <http://www.nhtsa.gov/NASS>
- 3) ITARDA, <http://www.itarda.or.jp>
- 4) J. Padmanaban and T. Okabe, "Real World Injury Patterns in Narrow Object Frontal Crashes: An Analysis of US Field Data," SAE 2008-01-0527, 2008.
- 5) A. C. Malliaris, K. H. Digges and J. H. DeBlois, "Relationships Between Crash Casualties and Crash Attributes," SAE 970393, 1997.
- 6) P. Cheng, C. Tanner, H. Chen, N. Durisek, D. Guenther and V. Delta, "Barrier Equivalent Velocity and Acceleration Pulse of a Vehicle During an Impact," SAE 2005-01-1187, 2005.
- 7) R. I. Emori, "Analytical Approach to Automotive Collision," SAE 680016, 1968.
- 8) L. C. Kenneth, "Energy Basis for Collision Severity," SAE 740565, 1974.
- 9) S. Park, Study on Deformation of Vehicle's Frontal Crash for Traffic Accident Reconstruction, Ph. D. Dissertation, Hanyang University, Seoul, 2010.
- 10) Association for the Advancement of Automotive Medicine, Abbreviated Injury Scale 2005 (AIS 2005) Updated 2008, Barrington, IL, 2008.
- 11) S. P. Baker, B. O'Neill, W. Jr Haddon and W. B. Long, "The Injury Severity Score: A Method for Describing Patients with Multiple Injuries and Evaluating Emergency Care," Journal of Trauma, Vol.14, pp.187-196, 1974.
- 12) G. Teasdale and B. Jennett, "Assessment of Coma and Impaired Consciousness, A Practical Scale," Vol.304, Issue 7872, pp.81-84, 1974.
- 13) H. R. Champion, W. J. Sacco, W. S. Copes, D. S. Gann, T. A. Gennarelli and M. E. Flanagan, "A Revision of the Trauma Score," Journal of Trauma, Vol.29, pp.623-629, 1989.
- 14) Collision Deformation Classification, SAE J224, 1980.