

실사고에서 AEB의 거리감지범위에 따른 승객 상해 심각도 분석

박지양* · 윤영한*

An Evaluation of Occupant Injury Severity Based on Distance Detection Range of AEB in a Real Accident

Jiyang Park*, Younghan Youn*

Key Words : AEB(자동긴급제동장치), KIDAS(한국형자동차사고심층조사), Injury(상해), Dummy(승객모델)

ABSTRACT

AEB (Autonomous Emergency Braking system), a system in which vehicles automatically recognize forward objects or pedestrians and actively brake when forward collisions are expected, has been mandated by NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) and IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) for all vehicles sell in the United States since 2022, and AEB research is also actively underway in Korea. In this study, it can be confirmed that the passenger injury is reduced according to the AEB detection distance when it is assumed that the AEB is mounted in the actual event generated from KIDAS (Korea New Car Assessment Program) data through various analysis programs.

1. 서론

AEB(Autonomous Emergency Braking)는 주행 중인 차량의 전방 자동차와 사람과의 같은 장애물을 인식하여 충돌을 예상하고 이를 운전자가 개입하지 않는다고 판단하면 스스로 자동적으로 브레이크를 작동하여 충돌을 방지해주는 첨단 안전 기술이다.⁽¹⁾

전세계 적으로 많은 자동차 제작회사에서 AEB를 집중적으로 개발하고 있다. 하지만, 국내에서는 아직까지 독일이나 일본차량에 비해 부족한 장착 비율을 보이고 있다. 그 이유는 아직 AEB를 의무적으로 장착하고 있지 않고 옵션으로 들어가 있기 때문이다.⁽²⁾

미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)와 IIHS(Insurance Institute for Highway Safety)

는 2022년 이후 미국에서 판매되는 모든 차량에 대해 AEB를 의무화 했으며, 국내에서도 다양한 연구가 진행 중이다.⁽³⁾

현재 유럽에서는 AEB시스템 도입 시 자동차 사고로 인한 사망 자 수를 8,000명, 중상자 수를 20,000명 이상 감소할 수 있다는 연구 결과를 발표 했고,⁽⁴⁾ 미국 도로교통안전국(NHTSA)에 따르면 AEB는 대형 승합, 화물 자동차에 의한 충돌 사고를 해마다 4,800건 이상 방지할 수 있다고 분석했다.⁽⁵⁾

국내에서는 KNCAP(Korea New Car Assessment Program)에서 사고예방(장치) 안전성 평가시험 중 비상 자동 제동 장치 평가 항목으로 AEB 시스템을 권장하고 있다.⁽⁶⁾

본 연구는 한국형 자동차 사고 심층조사 분석 자료인 KIDAS(Korean In-Depth Accident Study)를 통해 중상 이상의 사고 중 정면충돌 사고로서 승객의 상해 정도가 중상 이상의 것을 대표적으로 한 가지 Case를 기준으

* 한국기술교육대 메카트로닉스공학과
E-mail : pjy2049@kut.ac.kr

로 하여⁽⁷⁾ PC-CRASH를 이용하여 실사고 분석을 한 후, Prescan을 이용하여 AEB의 거리 감지를 하였을 때, 충돌 직전의 속도를 확인하여 차량의 가속도 펄스를 추출하여 MADYMO프로그램을 통해 슬레드 테스트를 진행했다. 국내에서 모든 차량에 AEB 의무 장착에 도움이 되며 개발에 도움이 되는 것을 목적으로 한다.

2. 실사고 분석

2.1. 사고분석

Fig. 1의 교통사고는 고속도로에서 갑자기 튀어나온 고라니를 피하려다가 왼쪽 중앙 분리대와의 1차 충돌 이후 전복으로 이어지는 사건이다. 운전석에 운전자는 34세 여성 운전자로서 안전벨트를 착용하고 있었으며, 에어백은 전개가 되었다. 운전자의 경우 머리, 목, 복부, 대퇴부의 상해를 받았으며, 중상으로 이어졌다. Fig. 2의 그림처럼 차량은 스몰오버랩 충돌과 유사하게 차량의 일부분만 충돌했다.

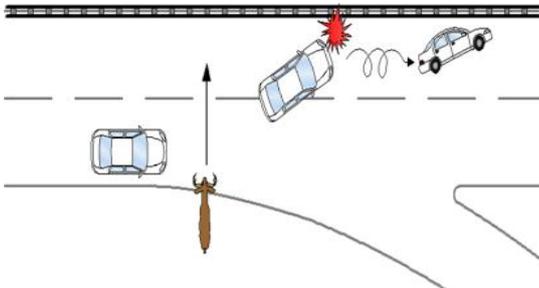


Fig. 1 A traffic accident site



Fig. 2 Vehicle crash photo

2.2. 승객상해

AIS 코드로 보면, Table 1에서 보이는 바와 같이 교통사고로 인해서 운전자인 여성은 머리, 목, 복부, 골반 하지를 손상을 입었다. AIS코드에서 앞의 6자리는 부상당한 위치를 나타내며, 이후의 숫자는 중증도를 나타낸다.⁽⁸⁾

Table 1 passenger injury

Diagnosis		AIS	ISS
Head	Laceration of scalp		17
	LOC(+)	161002.2	
Face			
Neck	Fracture of C-spine, C5, Rt.	650226.2	
Chest			
Abdomen	Closed Fracture of lumbar vertebra, L1 level	650632.2	
Spine			
upper			
pelvis & lower	Femoral neck fx	853161.3	
external			

AIS3+ 이상인 증상 부분은 골반과 허벅지 부위이며 머리, 목, 복부에서도 경상을 입은 것으로 확인이 되고 음주운전을 하지 않았으며, 운전 중에 사전에 사고를 인지하지 못한 것으로 알려졌다.

3. 실험과정 및 평가 방법

3.1. 실사고 재현

사고재현 소프트웨어인 PC-Crash을 이용한 결과, Fig. 3은 Fig. 1, Fig. 2의 사고를 재현한 사진이며, 상단 부는 중앙분리대를 표현한 것이며, 좌측의 선을 기준으로 장애

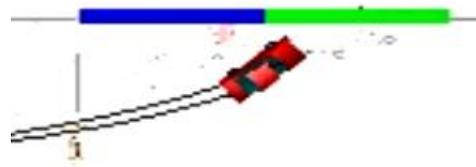


Fig. 3 Recreating the accident

물을 판단하여 차량이 급격하게 회전하여 충돌한 사고현을 통해 차량 충돌 직전의 속도인 90km/h 파악 할 수 있다.⁽⁹⁾

3.2. AEB 적용

Pre-Scan프로그램을 이용하여 차량에 AEB를 장착 하였으며,⁽¹⁰⁾ 실사고 차량의 중량이 1410kg~1455kg의 무게의 차량이기 때문에 시뮬레이션 차량의 무게는 대략 1450kg의 무게의 Accord차량으로 하였으며⁽¹¹⁾ 거리 감지거리는 20m, 15m, 10m, 5m의 감지 거리를 정하여서 시뮬레이션을 진행 하였다. 감지가 되는 순간 약 1g의 감가속도를 주는 최대제동력이 작용한다고 가정을 하였을 때 Table 2와 같이 속도가 나타났으며, 제동거리에 따른 제동시간도 나타났다.

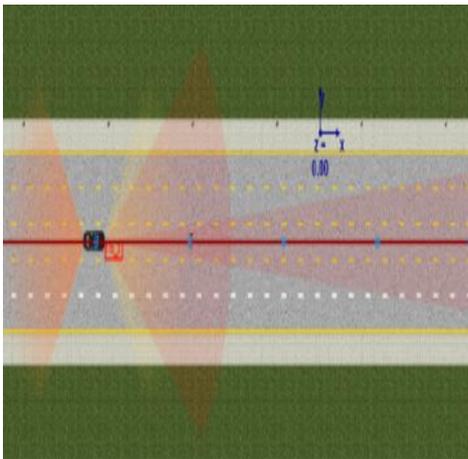


Fig. 4 AEB detection

Table 2 Speed per braking distance, time

braking distance	Initial speed 90km/h	Braking time
20m	64km/h	0.9s
15m	67km/h	0.68s
10m	76km/h	0.43s
5m	84km/h	0.2s

3.3. 슬레드 펄스

LS-Dyna프로그램을 이용하여 실사고의 충돌 시뮬레이션을 모사 하였다. 차량은 NHTSA에서 제공하는 Honda

Accord차량을 이용했다. 속도는 Table 2에서 나오는 속도들로 충돌을 했다.⁽¹²⁾

Fig. 5의 경우 Fig. 2와 같이 스몰오버랩과 유사한 충돌이었기에 스몰오버랩 충돌을 참고 했으며⁽¹³⁾ 그로부터 나오는 운전석 시트의 R-point를 기준으로 하여 X, Y, Z의 가속도를 추출 하였으며, 고주파 노이즈가 포함되기 때문에 이를 제거하기 위해 CFC Filter 60을 기준으로 하여 가속도 펄스를 부드럽게 수정하였다.⁽¹⁴⁾

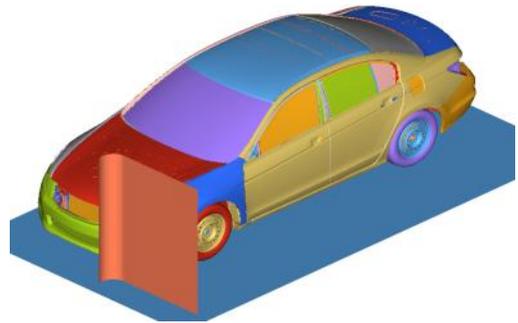


Fig. 5 Simulation for Case

3.4. 충돌 시뮬레이션

MADYMO 프로그램을 통해 시트의 R포인트에 Fig. 5, Fig로부터 얻어낸 X, Y, Z의 가속도 값을 주어 슬레드 테스트를 했다. 탑승자의 경우 실사고 에서 여성승객이므로 Hybrid 5th 더미를 이용 했다. 승객 보호 장치로는 운전석



Fig. 6 Honda Accord vehicle sled model

Airbag이 있으며, 3점식 벨트를 착용하였다. 또한 시뮬레이션 시간은 AEB 제동시간도 감안하여 Table 3과 같이 하였다. 또한 실사고 예서는 2차 충돌로서 전복사고도 있었으나, 본 상해는 1차 충돌 시 높은 상해를 받았다고 가정하여 해석 상황에서는 전복의 상황은 고려하지 않았다.⁽¹⁵⁾

Table 3 Simulation time

velocity	start time	end time
90km/h	0ms	150ms
64km/h	-910ms	150ms
67km/h	-680ms	150ms
76km/h	-430ms	150ms
84km/h	-200ms	150ms

3.5. 평가방법

기본적으로 Table 1에서 실사고 승객의 상해가 받은 부위는 머리, 목, 복부(요추), 골반, 하지이므로 KNCAP 상해 평가표에 요추 상해부분을 추가하여 평가를 진행하려고 한다.

Table 4 5th female HybridIII dummy Injury value⁽¹⁶⁾

		requirement		
		lower	upper	
head	HIC15	500	700	
	HIC36	500	700	
Neck	Fx(kN)	1.2	1.95	
	Fz(kN)	1.7	2.62	
	Mocy(Nm)	36	49	
Chest	displacement	chest deflection(mm)	22	48
		VC(m/s)	-	-
Lumbar	Lumbar force(kN)	-	-	
Femur	Femur Force	3.80	6.8	

4. 해석결과

4.1. 실사고 시뮬레이션 상해 결과

Table 5에서 보이는 바와 같이 속도별에 따라서 승객의 상해도가 낮아지는 것을 확인 할 수 있으며, 머리 상해치가 많이 낮아지는 것을 확인 할 수 있다. 또한, 요추 쪽

의 힘은 낮아졌다가 67km/h가 될 때 순간적으로 증가 하는 것을 알 수 있다. 이것은 급제동으로 인한 요추 쪽에 강한 압력이 작용 한 것을 확인 할 수 있다. 허벅지 쪽의 상해정도는 차량의 풀 바디가 아닌 간단하게 꾸며놓은 슬레드 모델이기 때문에 다른 차량부위와의 접촉이 발생하지 않아 낮은 값이 나오는 것을 알 수 있다. 추가적으로 Full car에서도 해석을 진행하여 승객의 거동 및 상해를 확인 해 볼 필요성이 있다.

Table 5 5th female HybridIII dummy Injury by velocity

Velocity		90 km/h	84 km/h	76 km/h	67 km/h	64 km/h	
head	HIC15	246	272	199	103	83	
	HIC36	318	283	221	133	123	
Neck	Fx(kN)	1.17	0.82	0.23	0.07	0.01	
	Fz(kN)	0.3	0.35	0.28	0.004	0.006	
	Mocy(Nm)	31	20	18	17	16	
Chest	displacement	chest deflection (mm)	37	29	30	27	30
		VC(m/s)	0.37	0.17	0.14	0.12	0.14
Lumbar	Lumbar force(kN)	1.9	1.6	1.8	2.1	1.6	
Femur	Femur Force	2.0	1.9	1.7	1.7	1.6	

4.2. 실사고 시뮬레이션 거동 결과

Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 그림으로 볼 때 가장 낮은 속도인 Fig. 11를 기준으로 점차적으로 더

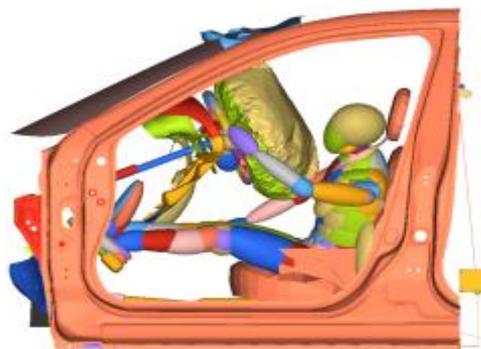


Fig. 7 simulation of passenger behavior at 90km/h at 200ms

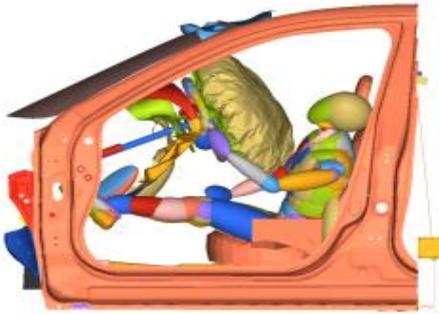


Fig. 8 simulation of passenger behavior at 84km/h at 200ms

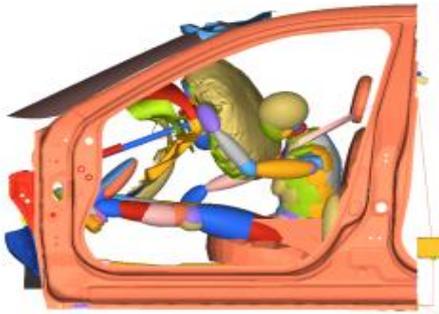


Fig. 9 simulation of passenger behavior at 76km/h at 200ms

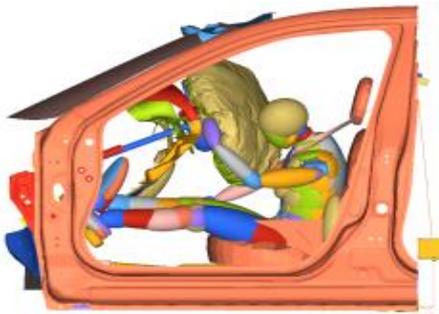


Fig. 10 simulation of passenger behavior at 67km/h at 200ms

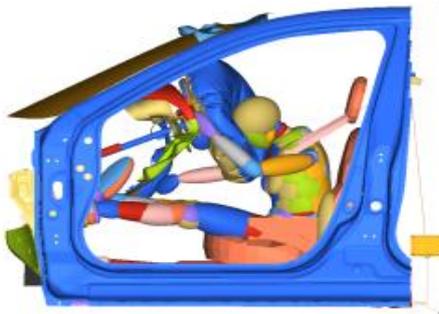


Fig. 11 simulation of passenger behavior at 64km/h at 200ms

미의 거동이 에어백에 튕겨져 나오는 거동을 보이며, 정강이쪽 부분과 대시 보드와의 접촉이 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 승객의 하지부분이 일자로 쭉 펴지는 모습 때문에 Femur부분에서의 상해가 많이 발생하지 않은 것으로 확인 된다.

5. 한계점

본 연구는 실제 KIDAS 데이터로부터 발생한 사건을 통해 시뮬레이션을 진행하였으나, 2차 충돌인 전복상황에 대해서는 고려하지 않았다. 또한 AEB의 감지가 되었을 때 AEB의 알고리즘에 따라 연구를 진행하기보다 풀 브레이크이기 때문에 가속한 조건에서 연구가 진행되었다.

6. 결 론

본 연구는 KIDAS 데이터에서 실제 사고를 바탕으로 AEB가 만약에 장착되었다면 승객의 상해 정도가 얼마나 감소 할 것인지에 대한 연구로, AEB 감지거리 범위에 따른 승객 상해의 위험도가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) AEB가 사고 직전 20m, 15m, 10m, 5m 앞에서 사전에 감지를 하여 1g의 최대 제동이 된다면 차량의 충돌 직전의 속도가 약 40%, 35%, 18%, 7% 감소하는 것을 알 수 있다.
- 2) AEB를 통해 충돌 직전의 속도가 감소함에 따라 승객의 상해 정도는 최대 33% 정도 낮아지는 것을 확인할 수 있다.
- 3) 승객의 하지 부분이 일자로 쭉 펴지는 모습이 보이는데 이는 슬레드 테스트로 인한 온전치 않은 차량의 부품으로 인해 슬레드 테스트가 아닌 풀 카 해석을 통해 승객과 차량 내부인테리어간의 접촉양상이 어떻게 발생하는지 확인이 필요하다.
- 4) 실제의 사건을 통해 시뮬레이션을 하였으나, 2차 충돌인 전복 상황에 대해서는 고려되지 않았다.
- 5) AEB를 통해 승객의 상해가 감소되는 것을 확인할 수 있고 나아가 풀 브레이크가 아닌 AEB의 알고리즘에 따라 선형적인 제동을 했을 때의 승객 거동 및 상해 정도 또한 추가적인 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 한국기술교육대학교의 지원을 받아 이루어졌음에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 강태완 외 7명, 2014, 노면 상태를 고려한 AEB 시스템 제동 개입 시점에 관한연구, 한국자동차공학회지, Vol. 2014, No. 5, pp. 737~744.
- (2) IIHS, 2017, Manufacturers Make Progress on Voluntary Commitment to Include Automatic Emergency Braking on All New Vehicles, Insurance Institute for Highway Safety.
- (3) 손창기 외 6명, 2017, KIDAS 자료를 활용한 정면 충돌 시 AEB 장착 차량 탑승자의 속도별 상해치 분석, 한국자동차안전학회 추계 학술대회.
- (4) Economic Commission for Europe, 2017, An Introduction to the New Vehicle Safety Regulation.
- (5) Matthew C. Camden 외 4인, 2017, Leveraging Large-Truck Technology and Engineering to Realize Safety Gains : Automatic Emergency Braking Systems, AAA Foundation for Traffic Safety, USA.
- (6) 자동차안전연구원, 2016, 자동차안전연구원 연차 보고서.
- (7) KIDAS database, 2015, Korea In-Depth Accident Student.
- (8) 박상조, 유형목, 정소담, 정경민, 2017, 교통사고 운전자 상해 중증도 추정, Vol. 24, No. 5, pp. 1~15.
- (9) ㈜삼송, 2015, PC-CRASH Program for Simulation of Road Accident Handbook.
- (10) Tass International, 2019, Prescan user manual.
- (11) NHTSA, 2011, accord FEM Report.
- (12) 한국시뮬레이션즈, 2018, LS-DYNA user manual.
- (13) 정경진 외 8명, 2017, 신 정면충돌 시험의 시뮬레이션 비교 분석, 한국자동차안전학회 춘계학술대회.
- (14) SAE J211-1, Instrumentation for impact test - part 1 - electric instrumentation, 2007.
- (15) Tass International, 2019, MADYMO user guide.
- (16) 박지양 외 6명, 2017, 전방 탑승자 유형에 따른 스몰오버랩 상해 비교분석, 한국자동차안전학회 추계 학술대회.