

AEB 장착 승용차의 보행자 충돌상황에 관한 실험적 평가에 관한 연구

An Experimental Evaluation of AEB Equipped Passenger Vehicle for the Pedestrian Collision Situations

심재귀* · 이상수** · 선치성*** · 남두희****

* 주저자 : 도로교통공단 사고분석개선처 차장
 ** 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수
 *** 공저자 : 도로교통공단 사고분석개선처 차장
 **** 공저자 : 한성대학교 사회과학부 교수

Jaekwi-Shim* · Sangsoo Lee** · Chisung Sun*** · Doohee Nam****

* Dept. of Traffic Accident Analysis, Korea Road Traffic Authority
 ** Dept. of Transportation Eng. Ajou University
 *** Dept. of Traffic Accident Analysis, Korea Road Traffic Authority
 **** School of Social Science, Hansung University
 † Corresponding author : Sangsoo Lee, sslee@ajou.ac.kr

Vol.18 No.6(2019)

December, 2019
 pp.202~210

pISSN 1738-0774
 eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2019.18.6.202>

Received 26 November 2019
 Revised 16 December 2019
 Accepted 18 December 2019

© 2019. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

본 논문에서는 AEB(Autonomous Emergency Braking)가 장착된 승용차의 차대보행자 충돌상황에 관한 AEB의 기능을 평가하는 실험을 실시하였다. 실차 실험은 2017년식 3,000cc 차량을 대상으로 약 30~60km/h의 속도에서 보행자 정면 및 측면 충돌 시나리오를 설정하여 수행되었다. 실험 결과, AEB가 장착된 차량은 약 30km/h 속도로 주행시 모든 실험조건에서 AEB가 작동하여 보행자 더미를 충돌하기 전에 정지하였다. 그러나 약 40~60km/h의 속도에서는 모든 실험조건에서 실험차량의 AEB 작동으로 속도는 감소되었으나 보행자 더미와는 충돌하였다. 이러한 속도 변화에 대한 paired t-test를 실시한 결과, 유의확률 0.05에서 AEB에 따른 속도차이가 있는 것으로 나타났다. 그리고 AEB의 속도 감소 폭은 차량실험 시나리오별로 큰 차이를 나타내었다. 이러한 결과로부터, 현재의 AEB는 차량 속도가 30km/h에서는 보행자와의 충돌을 예방할 수 있으나, 40~60km/h 속도에서는 차량 감속을 통한 보행자의 상해정도는 경감시킬 수 있으나 보행자와의 충돌을 피할 수 없는 것으로 판단된다.

핵심어 : 속도, 자동긴급제동장치, 충돌실험, 교통사고, 보행자

ABSTRACT

This paper evaluated the performance of passenger vehicles with an AEB(Autonomous Emergency Braking) for various pedestrian-vehicle collision situations. The experiment was conducted at a speed of 30-60km/h on a 2017 3,000cc vehicle using a range of collision scenarios.

The results showed that the test vehicle stopped before crashing a pedestrian dummy under all scenarios at 30km/h. The test vehicle reduced the speed but crashed the pedestrian dummy in all scenarios at 40-60km/h. From the paired t-test, there was a speed difference from the AEB system at a significant level of 0.05. In addition, the percentage of speed reduction was quite different for each scenario tested. It was concluded that the current AEB system can prevent pedestrian collisions at speed of 30km/h, but cannot prevent collisions with pedestrians at speed of 40-60 km/h.

Key words : Speed, AEB, Collision experiment, Traffic accident, Pedestrian

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

자율주행차란 운전자가 조작하지 않아도 스스로 주행하는 자동차로서, 다양한 첨단기술을 접목하여 차세대 자동차산업으로 주목받고 있는 분야이다. 미국의 도로교통안전국(NHTSA; National Highway Traffic Safety Administration)에서는 자율주행 기술수준을 레벨 0부터 레벨4까지 5단계로 구분하고 가이드라인을 발표하였는데, 현재 우리나라는 대략 레벨2의 자율주행 단계로서 둘 이상의 자동제어 기술들이 통합되어 기능하는 단계이며, 돌발 상황에서만 운전자의 개입이 필요한 레벨3을 목표로 기술개발에 노력하고 있다.

ADAS(Advanced Driver Assistance System)는 전자제어기술을 기반으로 운전자 편의를 지원하는 시스템이며, 첨단운전자 보조 장치로 사용된다(AAA, 2019). 이 장치는 운전 중 사고가 발생할 수 있는 수많은 상황 가운데 일부분을 차량 스스로 인지하고 상황을 판단할 수 있고, 운전자에게 시각적, 청각적 경고를 주고 기계장치를 자동으로 제어하여 사고를 예방할 수 있도록 도움을 주는 장치이다. 현재 우리나라에 보급되고 있는 ADAS 기술수준은 레벨1, 레벨2 단계의 자동긴급제동장치(Autonomous Emergency Braking), 어댑티브크루즈컨트롤장치(Adaptive Cruise Control), 차선이탈경보장치(Lane Departure Warning System) 및 차선유지보조장치(Lane Keeping Assist System) 등이 대표적이다. AEB는 전방의 물체와 충돌할 위험이 있는 경우 스스로 브레이크를 작동하여 사고를 예방하는 기술이고, ACC는 운전자가 설정한 속도에 맞춰 앞차와의 거리를 스스로 유지하며 주행하는 기능이다. LDWS는 자동차가 차선을 넘는 경우 소리나 진동으로 경고를 주며, LKAS는 자동차가 차선을 넘는 경우 스스로 운전대를 조작하거나 반대바퀴에 제동을 하여 차선을 유지하는 기술이다. 이러한 기술들은 궁극적으로 자율주행 기술을 완성하기 위해 반드시 필요하다.

이와 같은 ADAS 기술 중에서 AEB는 운전자 안전과 관련하여 현재 가장 중요한 장치로 인식되고 있다. AEB는 거리 측정 센서 또는 카메라를 통해 전방을 모니터링 하고, 선행차량과의 거리 및 주행속도를 측정하여 충돌 위험시 경보를 주고 속도를 줄여 충돌을 회피하거나 완화하는 기능을 갖는 장치이다. 그러나 AEB의 기능적 정의는 차량 제조 단계에서는 규정되어 있으나 실제 도로상황에서의 기능적인 효과는 정확하게 알려지지 않고 있다. 즉, 차대보행자 충돌 상황에서 AEB 장착 차량의 보행자 충돌 회피 가능 속도가 어느 정도 인지 혹은 어느 정도 효과가 있는지 알고자 하나 이와 관련된 자료는 얻을 수 없다. 또한 어떤 도로 상황에서 속도 감속 효과가 큰지 등에 관한 실험 자료 및 연구 결과가 전혀 없는 상황이다.

일반 운전자는 AEB의 실제적 효과에 대해 정확한 인지를 하지 못한 상태에서 이러한 안전 시스템이 장착되어 있는 사실 자체에 기인한 막연한 심리적 안정감을 갖고 있다. 또한 교통사고를 조사하고 분석하는 업무를 수행하는 분석자는 이러한 장치의 기능적 한계를 파악할 수 없기 때문에 교통사고 분석 결과의 신뢰도가 낮아지고, 실제 업무 과정에 기능적 특성을 응용하지 못하는 한계를 갖고 있다. 향후에는 AEB를 탑재한 차량이 지속적으로 증가될 것으로 예상되므로 이러한 첨단 시스템의 기능에 관한 실제적인 평가 실험이 반드시 필요하다고 판단된다.

본 연구의 목적은 현재 시중에서 판매되고 있는 AEB가 장착된 국내산 승용차를 임의로 선정하여 실제 도로상에서 실차 실험을 통해 차대보행자 충돌상황에 관한 AEB의 기능을 평가하여 결과를 제시하는 것이다. 구체적으로는 AEB 장착 차량의 보행자 충돌 회피 가능 속도가 어느 정도인지 확인하고, 보행자와 차량의 대면 상황에 따른 속도 감속 효과의 차이를 정량적으로 제시한다. 이와 같은 실험 결과를 활용하여 향후 AEB 장착 차량의 차대보행자 교통사고 발생 시 사고를 이해하고 분석하는 실무에 크게 도움이 될 것으로 기대된다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 AEB가 장착된 국내제작 2017년식 3,000CC 승용차를 임의로 선정하여 약 30km/h부터 약 60km/h까지 약 10km/h씩 높여 가며 정지된 보행자 더미와 충돌하는 상황에 관한 실차 실험을 수행하였다. 보행자 더미는 실험차량의 정면 가운데 및 75% 오피셋 위치의 2가지 위치를 적용하였고, 또한 실험차량을 정면 또는 측면의 2가지 방향으로 바라보게 설정하였다. 이러한 실험 설정은 현재 많이 발생하는 차대보행자 사고를 반영하여 결정하였으며, 실험을 통해 AEB 장착 차량의 속도에 따른 보행자 충돌 여부 및 AEB의 작동에 의한 감속 여부 등을 관찰하였다. 수집된 결과를 활용하여 AEB 장착 차량의 보행자 충돌 회피 가능 속도를 제시하였으며, 통계적 분석을 통하여 AEB의 속도 감속 효과가 있는지에 관하여 평가하였다.

II. 이론적 배경

1. AEB의 제어 순서

AEB는 전방충돌상황이 감지되는 상황에서 운전자가 부주의로 인해 반응을 하지 못한 경우 브레이크를 잡지 않아도 차량이 경고를 울리며 직접 감속시켜주는 장치로서, 충돌회피 또는 피해경감이 주목적이다. 실험 승용차 제작회사의 정비지침서에 기록된 AEB가 작동하는 제어 순서는 다음 <Table 1>과 같다(Kia Motors Corporation, 2019). 차량이 운행 중 충돌 위험이 감지되면 1단계는 카메라 센서등을 이용한 시각(Display) 정보 처리를 수행하며, 2단계는 음성 및 햅틱(Haptic: 스티어링 휠 진동) 경보를 수행하고, 3단계는 차량의 속도, 거리등을 고려하여 감속률을 계산한다. 4단계는 계산된 감속률을 CAN 통신을 이용하여 차량제어 장치에 전달하고, 충돌 위험이 높아지면 엔진 토크 저감 및 자동 제동을 수행한다. 5단계는 충돌 위험 시 긴급제동을 수행한다.

<Table 1> Sequence of AEB System Control

Step	Description
1	Detect preceding vehicle using radar sensors and camera sensors
2	Vehicles subject to AEB using the analyzed detection data
3	Calculate appropriate deceleration according to the presence of preceding vehicle, speed and distance
4	Transfer the calculated deceleration to VDC(vehicle dynamic control) using CAN(controller area network) communication
5	VDC id braking control after calculating required torque

2. 기존문헌 고찰

Lee(2013)는 종방향 충돌 회피 및 피해 경감의 효과를 가지는 AEB 개발을 위하여 충돌 회피를 위한 제동 제어 전략을 수립하고, 추가적으로 경사가 있는 도로에서의 제동 제어 시점에 가중치를 부여하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 수직력 증가로 인하여 추가적인 제동 거리 감소 효과를 위해 CDC(Continuous Damping Control) 시스템 알고리즘을 개발 및 검증하고, AEB와 CDC 통합제어 알고리즘을 개발하였다. 개발된 AEB 제어 알고리즘의 성능 검증을 위해 MILS(Model in the Loop Simulation) 환경을 구축하였고, Euro NCAP(New Car Assessment Programme) AEB 테스트 시나리오를 통한 성능 검증을 수행하였다.

Go(2016)는 자동긴급제동시스템의 신뢰성 확보를 위한 선행차량 상태 추정 및 조향/제동 통합제어에 관한 연구에서 선행차량의 다양한 종/횡 방향 거동이 발생하는 경우에도 지속적으로 운동 상태를 추정하도록 칼만 필터에 IMM(Interacting Multiple Model) 알고리즘을 적용하여 선행차량의 상태를 기존 칼만 필터보다 정확히 추정하고 이를 통해 적절한 시점에 제동 제어를 수행하도록 하였다. 또한 AEB 작동 시 조향/제어 시스템의 통합제어를 수행하여 선행차량과의 충돌을 회피함과 동시에 차량의 안정성을 확보하고자 하였다. 구형한 환경에서 선행차량 상태 추정 알고리즘의 성능은 기존의 단일 칼만 필터와의 상대거리 및 상대속도, TTC(Time To Collision), 제동 제어 입력의 비교를 통해 검증하였으며, 통합제어의 성능은 개별 제어시스템과 시스템들의 단순 조합에서의 제동거리, 횡방향 이탈거리, 요레이트 에러를 비교하여 통합 제어시스템의 성능을 검증하였다.

Jeon(2016)은 기존 AEB는 센서의 측정 범위 이내에서만 장애물을 감지할 수 있으며, 차량이나 건물과 같은 장애물과 도로 형태에 의한 사각지대가 발생할 경우에는 충돌회피 제어가 어려운 문제점을 해결하기 위해 차량 간(V2V) 통신 환경 기반으로 노면상태를 고려한 충돌 회피 시스템을 개발하는 제시하는 연구를 수행하였다.

Pyun(2015)은 주행환경을 고려한 긴급 자동 제동 시스템에 관한 연구에서 기존의 연구는 경사각과 노면마찰계수를 적용하지 않았기에 도로 경사각과 노면마찰계수를 추정하여 적용하는 개선된 AEB를 제안하였다. 제동거리 제어 알고리즘과 노면마찰계수를 추정하는 알고리즘은 MATLAB/Simulink로 구성하였고 차량동역학 상용 프로그램인 CarSim으로 제시된 모형의 성능을 평가하였다.

Ryu(2013)는 AEB대응을 위한 차량용 레이더센서 기반 추적 알고리즘에 대한 연구에서 차량용 레이더 데이터를 이용하여 선행차량의 종/횡 방향으로의 급격한 운동에 대해 보다 신속하게 정확한 상태 추정이 가능한 추적알고리즘을 개발하였다. 이 연구에서는 클러터 환경에서 레이더 노이즈를 제거하고 동시에 레이더 측정치의 정확도를 향상시키기 위한 데이터 연관 알고리즘인 PDAF(Probabilistic Data Association Filter)를 사용하는 것을 제시하였고, 또한 기존의 단일 칼만필터 보다 우수한 성능을 가진 복수의 모델 기반의 적응형 IMM 알고리즘을 제안하여 기존의 알고리즘을 개선하는 결과를 보였다.

Choi(2016)는 Human Model을 고려한 보행자 검출 시스템 개발 연구에서 기존에 사용되는 Dalal과 Triggs가 제안한 HOG(Histogram of Oriented Gradient)가 보행자의 전신이 보이지 않으면 검출율이 현저히 떨어지게 되는 문제점을 개선하기 위한 새로운 방법을 제시하였다. 이 연구에서는 보행자를 상반신과 하반신 2개의 부분으로 나눈 DPM(Deformable Part Model)을 사용하고 L-SVM(Latent-Support Vector Machine) 기계학습을 사용한 검출시스템을 적용하여 보행자 검출율이 크게 향상된 것으로 평가되었다.

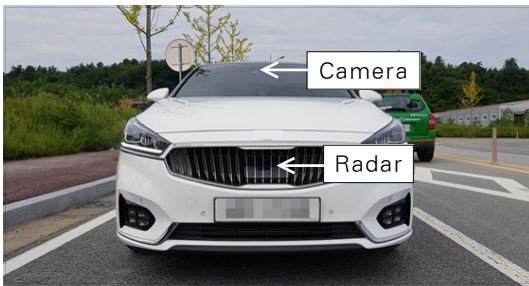
Shim and Lee(2017)는 PC-crash 프로그램을 활용하여 트럭의 속도 및 범퍼 높이가 보행자 전도거리에 미치는 영향을 분석하는 연구를 수행하였다. 실험 결과, 규정된 범퍼 높이에서 트럭의 속도가 증가함에 따라 보행자 전도거리는 증가하는 결과를 확인하였으며, 규정된 범퍼 높이에서 트럭의 무게 증가에 따른 보행자 전도거리는 큰 차이가 거의 없는 것으로 판단하였다.

기존 연구 결과를 보면 AEB와 관련하여 주로 기능적 개선을 위한 제어 알고리즘 개발과 자료 처리 알고리즘을 개발하여 제시하는 연구들이 수행되었다. 그리고 기존에 사용되고 있는 보행자 검지 모형의 단점을 개선한 새로운 모형을 제시하여 개선된 검출율을 제시한 연구 결과도 있었다. 이러한 연구들은 실내에서 시뮬레이션 및 모형 기반으로 수행된 연구이고, 실제 도로 환경에서 AEB가 장착된 차량의 성능에 관한 실차 실험이 수행된 연구 결과는 국내·외적으로 없는 것으로 파악되었다.

Ⅲ. 충돌실험 조건 및 결과 분석

1. 실험차량 및 보행자 모델

본 연구에서는 AEB가 장착된 2017년식 3,000cc 국내제작 승용자동차를 선정하여 차대보행자 충돌실험을 하였다. <Fig. 1>에 제시된 것과 같이 실험차량의 실내 룸 미러(room mirror) 뒤쪽에 카메라(camera) 센서가 위치해 있으며, 물체에 반사되어 돌아오는 신호를 수신하여 물체와의 거리 및, 속도, 방향, 높이 등의 정보를 수집하는 레이더(Radar)는 전면 그릴 내부에 위치해 있다. 그리고 보행자 모델은 문화체육관광부의 2017년 국민체력실태조사 자료를 참고하여 약 170cm의 보행자 더미(풍선 마네킹)에 옷을 입혀 사용하였고, <Fig. 2>와 같이 구성하였다.



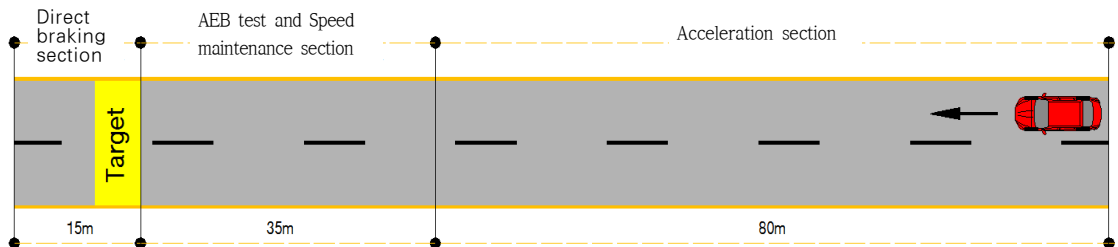
<Fig. 1> Test vehicle



<Fig. 2> Pedestrian dummy

2. 충돌실험 구간 설정

본 연구에서 계획한 실험구간의 구성도는 <Fig. 3>과 같다. 실험차량의 가속 구간은 80m로 설정하였고, AEB Test 및 속도 유지 구간은 운전자가 주행 속도를 유지하고 Test를 위한 구간으로서 35m를 설정하였다. 그리고 이 구간의 마지막 경계에 목표지점(Target)을 설정하여 보행자 더미를 위치하였고, 이후 차량의 자동 제동 실패 시 운전자가 충분히 제동할 수 있도록 15m 이상의 직접제동구간을 설정하였다.



<Fig. 3> Diagram of AEB test run section

3. 충돌실험 조건 및 방법

가속 구간에서는 차량의 속도를 실험속도에 맞게 가속하였고, AEB Test 및 속도 유지 구간에서는 가속페달에서 발을 떼어 실험차량의 속도를 실험속도로 유지하였다. 그리고 AEB가 작동하지 않을 경우나 AEB Test 및 속도 유지 구간을 실험차량이 통과한 경우에는 운전자가 직접 제동하여 차량을 정지하는 것으로 설정하였다.

보행자 더미의 위치와 실험차량과의 충돌 상태를 반영하여 <Table 2>와 같은 4가지의 다양한 실험 조건을 구성하였다. 보행자 더미는 실험차량을 정면 및 측면으로 바라보게 위치시키고, 실험차량과 보행자 더미는 정면 가운데 및 75% 오프셋의 2가지 상태로 구성하였다. 그리고 실험차량의 속도는 30km/h~60km/h의 구간에서 10km/h단위로 증가하여 보행자 더미와 충돌하도록 실험을 실시하였다. AEB의 작동 여부에 대한 검토와 실차 실험의 위험성을 고려하여 60km/h 이상의 높은 속도의 실험은 본 연구에서는 시행하지 못하였지만, 도시부 도로에서 일반적으로 관측되는 속도인 60km/h 이하의 속도에서 AEB 작동 여부 및 보행자 충돌 여부를 확인하고 결과를 기록하였다.

실험차량의 브레이크 작동여부는 외부에 설치된 카메라로 실험차량의 후미등 점등 여부로 확인하였고, 보행자 더미와 충돌할 경우 프레임 분석을 통해 실험차량이 브레이크 작동 후 보행자 더미와 충돌하기까지의 시간을 계산하였다. 그리고 실험차량의 속도는 G-San2 장비 및 내부 카메라를 활용하여 분석하였다.

<Table 2> Experimental Scenarios for AEB Field Test

Scenario	Situation	Vehicle speed range
S1	Collision between vehicle center and pedestrian front	30 km/h ~ 60 km/h
S2	Collision between vehicle center and pedestrian side	30 km/h ~ 60 km/h
S3	Collision between vehicle 75% offset and pedestrian front	30 km/h ~ 60 km/h
S4	Collision between vehicle 75% offset and pedestrian side	30 km/h ~ 60 km/h

4. 충돌실험 결과분석

설정된 시나리오에 따라 현장실험을 실시하였고, 시나리오별 실험결과를 분석·정리한 내용은 다음 <Table 3>에 제시하였다. 먼저 실험차량 전면 가운데와 보행자 정면의 충돌실험 결과(S1), 31km/h의 속도에서 실험차량의 레이더 및 카메라가 전방의 사람 모형 더미를 인식하고 브레이크가 작동하여 보행자와의 충돌 전에 정지하였다. 그러나 42km/h의 차량 속도에서는 충돌시점 0.13초 전에, 49km/h의 차량 속도는 충돌시점 0.57초 전에, 57km/h의 차량 속도에서는 충돌시점 0.33초 전에 실험차량의 브레이크가 작동한 것을 확인하였으나 이후 감속하며 보행자 더미를 모두 충돌하였다. 보행자와의 충돌속도는 42km/h로 주행 시 41km/h로 약 1km/h 감속되었고, 49km/h로 주행 시는 42km/h로 7km/h 감속, 57km/h로 주행 시에는 57km/h로 감속이 없는 것으로 확인되었다.

실험차량 전면 가운데와 보행자 측면의 충돌실험 결과(S2), 실험차량의 속도 32km/h에서는 보행자 더미를 인식하고 브레이크가 작동하여 보행자 충돌 전에 정지하였다. 그러나 41km/h의 차량 속도에서는 충돌시점 0.57초 전에, 54km/h의 차량 속도는 충돌시점 0.57초 전에, 56km/h의 차량 속도에서는 0.37초 전에 AEB는 작동하였으나 보행자 더미를 충돌하였다. 실험차량의 보행자 더미 충돌속도는 41km/h로 주행 시 31km/h(10km/h 감속), 54km/h로 주행 시 47km/h(7km/h 감속), 56km/h로 주행 시 53km/h(3km/h 감속)로 확인되었다.

실험차량 전면 75% 오프셋 지점과 보행자 정면의 충돌실험 결과(S3), 33km/h의 속도에서는 보행자 더미를 인식하였고 브레이크가 작동하여 보행자 충돌 전에 정지하였다. 그러나 40km/h의 차량 속도에서는 충돌시점

0.27초 전에, 49km/h의 차량 속도는 충돌시점 0.67초 전에, 63km/h의 차량 속도에서는 0.23초 전에 AEB가 작동하였으나 차량이 감속하며 보행자 더미를 충돌하였다. 각 속도에서 측정된 보행자 충돌속도와 감속결과는 <Table 3>과 같다.

실험차량 전면 75%옵셋 지점과 보행자 측면의 충돌실험 결과(S4), 29km/h의 속도에서는 마찬가지로 보행자 더미를 인식하고 브레이크가 작동하여 보행자 충돌 전에 정지하였다. 그러나 42km/h의 차량 속도에서는 충돌시점 0.47초 전에, 50km/h의 속도에서는 충돌시점 0.27초 전에, 57km/h의 차량 속도에서는 0.07초 전에 AEB가 작동하였으나 보행자 더미와 충돌하였다. 보행자의 충돌속도는 각각 42km/h로 주행 시 39km/h, 50km/h로 주행 시 49km/h, 57km/h로 주행 시 57km/h로 측정되었다.

이와 같은 AEB 작동에 따른 차량의 속도 감소폭은 차량실험 시나리오별로 큰 차이를 나타내었다. 40~60km/h의 속도 조건에서 차량 전면 가운데와 보행자 측면의 충돌시(S2) 속도 감소폭이 가장 크게 나타났고, 차량 전면 75%옵셋 지점과 보행자 측면의 충돌시(S4) 속도의 감소폭이 가장 적은 것으로 파악되었다. 분석결과를 종합하면, 차량의 속도가 30km/h에서는 AEB가 작동하여 보행자와의 충돌을 예방할 수 있으나, 속도가 40~60km/h에서는 모든 실험 조건에서 AEB가 작동하였지만 보행자와 충돌을 피할 수 없는 것으로 파악되었다. 이러한 실험결과로 부터 AEB의 실제 도로환경에서의 효용성에 관한 보다 면밀하고 광범위한 추가적인 평가가 필요할 것으로 판단된다.

<Table 3> Summary of AEB Field Test Results

Test scenario	Running speed(km/h)	Collision (yes/no)	Collision speed (km/h)	Reduced speed (km/h)	Reduced speed (%)	Time between braking and collision(sec)
S1	31	no	-	-	-	-
	42	yes	41	1	2.4	0.13
	49	yes	42	7	14.3	0.57
	57	yes	57	0	0.0	0.33
S2	32	no	-	-	-	-
	41	yes	31	10	24.4	0.57
	54	yes	47	7	13.0	0.57
	56	yes	53	3	5.4	0.37
S3	33	no	-	-	-	-
	40	yes	39	1	2.5	0.27
	49	yes	33	16	32.7	0.67
	63	yes	62	1	1.6	0.23
S4	29	no	-	-	-	-
	42	yes	39	3	7.1	0.47
	50	yes	49	1	2.0	0.27
	57	yes	57	0	0.0	0.07

Reduced speed(%) =100*(running speed-collision speed)/(running speed)

위 실험 결과로 부터 차량 속도 40~60km/h의 조건에서 AEB의 작동에 따라 속도의 감소가 발생한 것으로 나타났다. 이러한 속도의 변화가 통계적으로 유의한지에 관한 통계적인 검증을 paired t-test를 사용하여 실시

하였다. 본 검증의 귀무가설은 “AEB 작동에 따른 속도차이가 없다”로 설정하였다. 검정 결과 양측 검정의 t 통계량은 2.9260, p-value값은 0.013788로 나타났다. 따라서 유의확률 0.05에서 위 귀무가설은 기각되었고, AEB 작동에 따른 속도차이는 있는 것으로 파악되었다. 그러나 이러한 속도차이가 40~60km/h의 조건에서 보행자와의 충돌을 회피할 수준에는 미치지 못하는 것으로 분석되었다.

IV. 결론 및 향후 과제

전 세계적으로 자율주행차 기술개발이 활발히 추진되고 있고, 운전자 및 보행자의 안전을 향상하기 위한 많은 시스템이 도입되고 있다. 이 중 AEB는 현재단계에서 ADAS 중 가장 중요한 장치로 인식되고 있으나, 실제 도로상황에서의 기능적인 효과는 정확하게 알려지지 않고 있다. 본 연구에서는 현재 시판되는 국내제작 승용차 중 AEB가 장착된 승용차를 임의로 선정하여 실차 실험을 통해 차대보행자 충돌상황에 관한 AEB의 기능을 평가하는 실험을 실시하여 결과를 제시하였다. 실차 실험은 국내생산의 2017년식 3,000cc 차량을 대상으로 약 30~60km/h의 속도에서 보행자 정면 및 측면 충돌 시나리오를 설정하여 수행하였다.

실험 결과, AEB가 장착된 차량은 약 30km/h 속도로 주행할 경우 보행자의 보행형태(정면 또는 측면) 및 충돌부위(차량 전면 가운데 또는 75% 옵션)와 관계없이 모든 실험조건에서 AEB가 작동하여 보행자 더미를 충돌하기 전에 정지하였다. 그러나 약 40~60km/h의 속도에서는 보행자의 보행형태(정면 또는 측면) 및 충돌부위(차량 전면 가운데 또는 75% 옵션)와 관계없이 모든 실험조건에서 실험차량의 AEB가 작동하여 속도는 감소하였으나 보행자 더미와 충돌하였다. 차량 속도 40~60km/h에서 AEB의 작동에 따라 발생한 속도의 감소가 통계적으로 유의한지에 대하여 paired t-test를 실시한 결과, p-value값은 0.013788로 나타나 유의확률 0.05에서 AEB 작동에 따른 속도차이가 있는 것으로 나타났다.

그리고 AEB 작동에 따른 차량의 속도 감소폭은 차량실험 시나리오별로 큰 차이를 나타내었다. 40~60km/h의 속도에서는 차량 전면 가운데와 보행자 측면의 충돌시(S2) 속도 감소폭이 가장 크고, 차량 전면 75%옵션 지점과 보행자 측면의 충돌시(S4) 속도 감소폭이 가장 작았다. 이와 같은 결과로부터, 현재 장착된 AEB는 차량의 속도가 30km/h에서는 감속을 통한 보행자와의 충돌을 예방할 수 있으나, 40~60km/h 속도에서는 차량 감속을 통한 보행자의 상해정도는 경감시킬 수 있으나 보행자와의 충돌을 피할 수 없는 것으로 판단된다.

본 연구는 AEB가 장착된 국내생산의 2017년식 3,000cc 승용차 한 종류로 한정하여 실시되었다. 그리고 실험 차량의 장기간 임대가 불가능하여 다양한 실험조건에 따라 실험 횟수를 충분하게 반복하지 못한 한계점이 있다. 따라서 향후에는 AEB가 장착된 다양한 차종에 대하여 충분한 실험 횟수를 갖고 반복 실험한다면 보다 정확한 결과 해석이 가능할 것으로 판단된다. 나아가 AEB의 작동 후 보행자 더미 충돌까지 감속되는 속도의 규칙성 및 경고단계와 비상자동제동단계의 구분 등이 자료로 해석된다면 자율주행차 교통사고 조사 및 분석과정에 활용도가 높을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- America Automobile Association(2019), *Advanced Driver Assistance Technology Names*, U.S.A.
 Choi H. J.(2016), *Pedestrian Detection System using Deformable Part Model Considering Human Model*, Chung Ang University, pp.36-37.

- Goo Y. H.(2016), *A Study on State Estimation of Preceding Vehicle and Integrate Steering/Braking Control for Securing the Reliability of AEB*, Kookmin University, pp.70-71.
- Jeon S. D.(2016), *A Study on Analysis of Autonomous Emergency Braking System Considering Road Friction based on Vehicle to Vehicle Communication*, University of Ulsan, pp.37-38.
- Kia Motors Corporation, <http://gsw.kia.co.>, 2019.01.02.
- Lee J. K.(2013), *A Study on the Integrated Control between and CDC for Improving performance of Longitudinal Collision Avoidance*, Kookmin University, p.76.
- Pyun B. J.(2015), *A Study on the Autonomous Emergency Braking System Considering Driving Condition*, Hanyang University.
- Ryu J. J.(2013), *Research of Tracking Algorithm for Autonomous Emergency Braking System based on Automotive Radar*, Kookmin University.
- Shim J. K. and Lee S. S.(2017), "Analysis of Pedestrian Throw Distance from Truck Speed and Bumper Height," *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 5, pp.85-95.