

# 한 차선 내 복수 차량이 존재하는 충돌 상황에서의 ADAS 차량의 차량 인식에 관한 연구

이서항\* · 박상협\* · 최인성\*\* · 정재일\*\*\*

## Vehicle Recognition of ADAS Vehicle in Collision Situation with Multiple Vehicles in Single Lane

Seohang Lee\*, Sanghyeop Park\*, Inseong Choi\*\*, Jayil Jeong\*\*\*

*Key Words* : ADAS vehicle(ADAS 차량), Active safety(능동안전), Vehicle safety evaluation(차량안전평가)

### ABSTRACT

In this study a safety evaluation method is presented for a ADAS vehicle to be tested in collision situation when multiple vehicles are present on a single lane. Test scenarios are developed based on Euro-NCAP assessment scenarios, accident database and related simulation results in previous works. An automated evaluation system that is called as the K-target mover is used for active safety evaluation experiments. The experiments are conducted with two types of tests. First, the rear-end collision tests with 25% and 50% overlap for the test vehicle and target vehicle are conducted with the two kinds of test vehicles. On the other hand, the rear-end collision tests which include multiple vehicles in a single lane with 25% and 50% overlaps, are also conducted. Experimental results show that the test vehicles with ADAS cannot recognize the collision situation sometimes in the developed test scenarios, even in the case that the test vehicle showed stable performance in the simple overlap scenarios.

### 1. 서론

자율주행 자동차의 보급이 확대됨에 따라 사용자의 안전한 이용을 위해 자율주행 차량의 위험한 상황에서의 대응능력을 확인하고 안전성을 평가하는 연구가 진행되고 있다. 자율주행 차량의 안전성 평가에 관한 연구는 운전자에게 자율주행 차량의 정보를 제공하고, 자율주행 차량 개발자에게 더 안전한 자율주행 자동차의 개발이 촉진하는 데 이용되고 있다.

이전연구에서 차대차 충돌 상황을 기반으로 한 자율주

행 자동차의 사고 상황에서의 안전성은 여러 시나리오를 기반으로 평가된 바 있으나 사고 상황을 단순화한 시나리오 들이었다. 자율주행차의 사용성이 커지고 도로 내 존재하는 여러 위험요소는 더욱 복잡해지는 관계로 여러 상황을 고려한 시나리오를 토대로 한 안전성 평가가 필요하다. 센서의 교란 가능성이 있는 주위 차량 등의 요소는 배제하고, 다수 차량이 관계되는 사고위험도가 높은 사고 상황들을 반영한 시나리오나 평가 절차들은 실행되지 않았다.<sup>(1-5)</sup>

본 논문은 자율주행 자동차의 도로 합류 상황에서의 평가 절차 개발에 관해 기술한다. AEB, FCW 및 ACC 등의 현재 레이더 기반의 종방향 제어 기능들에 의한 충돌 상황에서의 대응능력 확인을 주목적으로 한다. 해당 기능을 평가하기에 가장 적합한 평가 시나리오를 선정하고 실

\* 국민대학교 대학원 기계설계학과

\*\* 한국교통안전공단

\*\*\* 국민대학교 기계공학부

E-mail : jayjeong@kookmin.ac.kr

차 실험을 위한 평가 장치를 도입하여 실차시험을 실시하고 실험 결과의 경향성을 분석한다.

## 2. 이전연구

### 2.1. 요소기술 평가 기준 현황

ADAS의 통합 차량 시스템인 2단계 자율주행 자동차의 충돌 상황에서 종방향 제어를 통한 사고회피 및 피해저감 등의 사고 상황 안전성 평가를 위해 해당 요소기술인 AEB, FCW, 및 ACC의 평가 기준 규정을 조사한다.

#### 2.1.1. 자동 긴급 제동 시스템 (AEBS)

EURO NCAP에서는 도심 상황과 교외 상황(Inter-Urban)으로 구분해 AEBS의 차대차 충돌 상황에서의 평가 프로토콜을 규정하고 있다.<sup>(6)</sup>

2018년 1월 개정안에서는 총 3가지 상황으로 분류되어 있으며 단순후방추돌 상황에서 선행 차량의 속도 및 가속도와 테스트 차량의 속도 및 편심치를 규정하고 있다. 편심 치는 차체 중앙을 기준으로 충돌 시의 대상 차량과의 접촉면적을 의미한다.

도심 상황 추돌시험에서는 시험대상 차량의 속도를 10kph~50kph 범위에서 각 5kph 씩 속도를 증가시키면서 시험하며, 이때 충돌 대상인 선행 차량은 0kph와 20kph의 속도를 기준으로 시험하는 것으로 기준 시험조건으로 제시하였다. 교외 상황에서는 30kph~80kph 속도 범위를 기준으로 도심 상황의 시험조건을 동일하게 적용하며, 50kph의 속도와  $2m/s^2$  및  $6m/s^2$ 의 감가속도 상황을 추가로 테스트하게 되어있다. 또한, 시험차와 선행 차량의 편심 추돌시험을 위하여 각 시험에서 -50%~50% 사이에서 25%의 증분으로 편심 치를 지정하여 추돌시험을 수행한다. 해당 상황들에 대해서 경고 시점 및 횡수, 속도 감소 여부 및 감속 시점 그리고 오작동 여부 등을 근거로 안전성을 평가한다.

국내 자동차 안전도 평가인 KNCAP에서는 시가지모드와 고속모드로 구분된다.<sup>(7)</sup> 시가지 모드에서 정지된 선행 차량을 대상으로 테스트 차량의 속도는 10kph~50kph에서 5kph의 속도 증분으로 평가하며, 고속모드에서는 20kph로 직진 주행하는 선행대상 차량을 상대로 30~70kph에서 5kph의 속도 증분으로 평가한다.

#### 2.1.2. 전방 충돌 경보장치(FCW)

EURO NCAP에서 FCW의 평가를 AEBS의 평가와 함께 시험하도록 시나리오가 구성되어 있다. 단, FCW의 경우 교외도로(Inter-urban) 상황에서만 평가한다. 정지상태 차량을 상대로는 AEBS 평가 상황과 같은 속도조건으로 시험하며, 20kph의 선행 차량을 상대로는 50kph~80kph에서 5kph의 속도 증분 조건으로 평가한다. 선행 차량의 감속 상황에서는 AEB와 함께 사용되는 경우에서만 평가된다.

KNCAP에서는 시험대상 차량이 72kph와 32kph의 속도를 가지고 선행 차량에 접근할 때를 기준으로 시험을 수행한다. 목표 대상 차와 150m 이상의 간격을 두고 주행하는 상황에서 선행 차량이 정지되어 있는 경우와 선행 차량이 0.3g 감속하는 경우를 대상으로 시험을 수행한다. 해당 상황에서 목표 대상과의 충돌 시점까지의 시간이 (TTC) 2초~2.4초 이내에 작동하여 경고 발생 여부를 확인하는 것으로 평가한다.

#### 2.1.3. 적응형 순항 제어 장치(ACC)

ACC의 성능 평가 방법은 ISO 15622에서 규정하고 있다.<sup>(8)</sup> ACC의 성능 평가는 인지 거리, 선행 차량 식별 여부 그리고 곡선로에서의 선행 차량 식별의 성능을 기준으로 수행되고 있다. 특히, 선행 차량 식별 성능의 평가에서는 차량이 현재 주행 중인 현재 차선의 선행 차량과 옆 차선의 선행 차량의 인지 판별 여부를 평가한다. 또한, 선행 차량이 감속했을 때에 평가대상 차량의 대응도 평가대상으로 하고 있다.

EURO NCAP에서는 ACC의 테스트는 AEBS 시험을 기준으로 몇 가지 시험조건을 추가하여 시험을 수행한다. 주로 유럽 고속도로의 일반 상황을 상정한 접근 속도로 실험한다. 추가된 시험 시나리오는 끼어들기(Cut-in) 및 빠져나가기(Cut-out) 시나리오가 대표적이며, 기술발전 에 따라 시험조건이 개정이 이루어지고 있다.

## 3. 실험 시나리오 개발

### 3.1. 시나리오 구성

#### 3.1.1. 사고 상황 구성

Assess Project<sup>(9)</sup> 등에서 분류된 사고 시나리오 개요

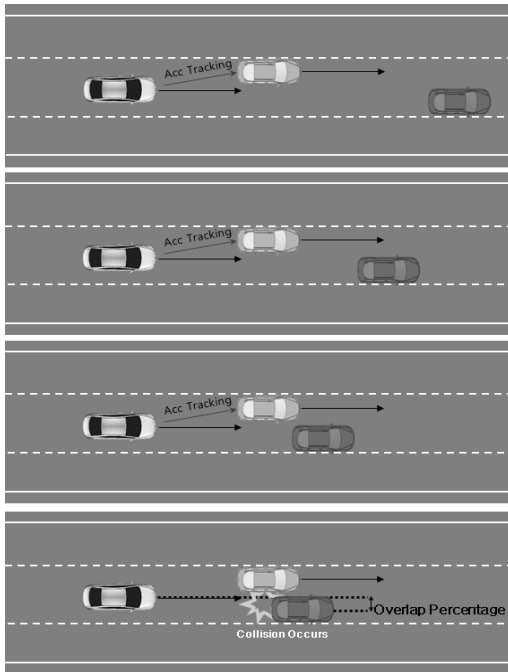


Fig. 1 Test scenario of offset rear-end collision test with multiple vehicles in one lane

로부터 사고 구성을 정리하고 해당 구성들로부터 사고 가능성, 사고 빈도, 대응 난이도와 위험도가 높은 시나리오를 NHTSA에서 제공하는 NASS CDS 데이터와 시뮬레이션 결과 분석을 통해 선별하였다.

특히, 한 차선 안에 두 차량이 존재하는 상황에서 자율주행차의 경우 센서로 들어오는 정보에 혼선이 가해질 가능성이 있어 ACC 및 AEB의 대응이 어려워진다. 또한, 차선감소 상황, 고속도로 합류부, 끼어들기를 위한 대기 차량, 양 옆 차선에서의 동시 끼어들기 및 고속도로 톨게이트 등 여러 상황에서 발생하여 사고 가능성과 위험도가 높은 것으로 확인되었다. 이에 따라, 본 연구에서 사고 안전성을 평가하기 위한 시나리오는 다음과 같이 구성하였다.

Fig. 1과 같이 한 차선 안에 2개의 차량이 선행한다. 유도 차량은 같은 차선 내에서 충돌대상이 되는 차량 옆으로 지나간다. 시험대상 차량은 ACC 기능에 의해 유도 차량을 추적하여 운행하며, 자차선 내에서 유도 차량 옆에 존재하는 충돌대상 차량과의 충돌을 감지하고 대응운행을 통해 회피 및 저감 여부를 확인하도록 한다.

### 3.1.2. 시나리오 변수 구성

시나리오 구성을 위한 핵심 변수들은 다음과 같다. 시험대상 차량의 속도, 유도 차량의 속도, 충돌대상 차량의 속도, 그리고 충돌 차량과의 편심 정도로 구분된다. 시험대상 차량과 선행주행 차량 및 충돌대상 차량의 속도는 NASS CDS DB로부터 확인하였다.<sup>(10)</sup> 각 차량의 사고 상황에서의 속도를 분석한 결과와 Euro-NCAP의 시험조건을 참고하였다.

분석 결과를 토대로 시험대상 차량의 속도는 30kph, 40kph, 50kph와 60kph 총 4가지 상황으로 하며, 충돌대상 차량의 속도는 정지상태로 선정하였다. 충돌대상 차량과의 편심 정도는 Euro-NCAP에서 제시하는 중첩도(Overlap) 수준을 토대로 기초 실차 실험을 진행한 결과를 적용하여 설정하였다. 해당 데이터를 토대로 편심치 50% 와 25%로 시험조건으로 하였다. 이때, 0% 편심치는 일반적인 완전한 후방 추돌을 뜻하며 편심치가 낮을수록 시험 난이도가 낮음을 의미한다.

### 3.2. 실차 시나리오 항목

ADAS차량에 대한 실차 평가 시나리오를 Table 1과 같이 정리하였다. 각 시나리오 별로 3번씩 실험을 반복하여 시험대상 차량의 상황에 따른 경향성을 확보한다. 유도 차량은 시험대상 차량의 ACC로 추적되므로 동일한 속도를 가지도록 한다.

ACC 설정 속도는 시험 차량의 속도가 부족하여 유도 차량과의 유지 거리가 각 시험별 일정하지 않은 상황은

Table 1 Experimental parameters for offset rear-end collision test with multiple vehicles in one lane

Offset (Overlap)	Test vehicle speed		Speed of guide vehicle (kph)	Speed of collision target (kph)
	ACC setting (kph)	Velocity measured (kph)		
50% (50%)	40	30	30	0
	50	40	40	0
	60	50	50	0
	70	60	60	0
25% (75%)	40	30	30	0
	50	40	40	0
	60	50	50	0
	70	60	60	0

회피하기 위하여 유도 차량의 속도보다 10kph 높은 상태로 설정하여 추적 운행하도록 한다. 이때 유도 차량은 자동으로 운행할 수 있도록 주행 로봇 장비를 설치하였으며, GPS 신호를 기준으로 자동운행이 가능하다.

이에 따라 유도 차량은 여러 번의 시험들에 대해서도 동일 경로를 동일 속도로 시험을 수행하였다. 시험대상 차량의 경우 운전자가 직접 운전석에서 시험을 수행하였다. 이 경우 자동화 장비가 설치되지 않아 출발 시점, 출발 지점이 각 시험별로 달라지기는 하지만, 위에서 기술한 ACC 장치의 설정으로 인해 각 시험마다 물리적으로 동일한 시험조건을 갖게 된다.

#### 4. 자동화 평가시스템 구성

구성된 시나리오로 자율주행 자동차의 안전성을 평가하는 실차 시험을 진행할 때, 각 실험은 동일한 시험조건으로 수행하여야 한다. 동시에 시험과정에서의 시험 차량, 선행 차량, 유도 차량 및 운전자의 안전성을 확보해야 한다. 이를 위하여, 각 차량의 역할에 따라 시나리오를 수행하고 기록된 데이터를 평가하기 위한 자동화 장비와 시스템이 필요하다.

##### 4.1. 유도 차량 자동화 장비 구성

유도 차량의 주된 목표는 시험대상 차량의 ACC 기능의 추적 대상으로서 시험대상 차량을 사고 상황이 발생하는 지점까지 이끈 후에, 충돌대상 차량 옆으로 지나가면서 시험 차량과 정지되어있는 충돌대상 차량과의 사고 상황을 유도하는 것이다.

각 시나리오를 반복 실험하는 동안 유도 차량의 경우

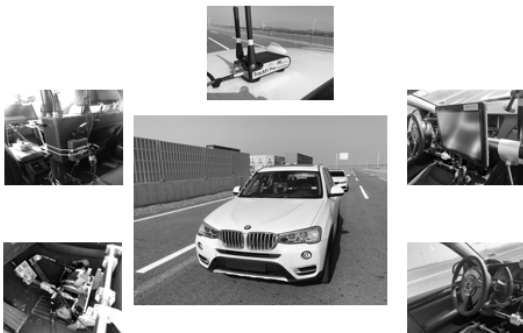


Fig. 2 Guide vehicle fo equipped SR, BR, AR, GPS, and Track-Fi

동일한 경로를 동일한 속도로 주행하여 시험대상 차량에 동일한 시험상황을 제공하도록 해야 한다. 따라서, 유도 대상 차량 내부에는 Fig. 2와 같이 자동화 장비를 구성하였다. 주요 장비로는 고정밀 GPS와 주행 로봇(SR), 브레이크 로봇(BR), 가속 로봇(AR)을 장착하였으며 GPS 정보를 토대로 동일한 동작을 반복이 가능해졌다. 해당 자동화 장비를 구동하여, 유도 차량은 실차 실험에서 시나리오의 재현 과정에서 실험 시나리오의 시작부터 종료될 때까지 GPS 정보에 따른 단위 시간에 따른 위치, 속도와 가속도를 동일하게 재현하도록 설정하였다. 또한, 전용 통신장비(Track-Fi)를 통해 실시간 데이터를 기록(Logging)하며 차량 내부에도 별개의 PC를 장착하여 실험에서의 차량 거동상황을 실시간으로 저장하고 해당 실험의 이상 여부 및 오차 등을 분석하도록 설정하였다.

##### 4.2. 충돌대상 차량

충돌대상 차량은 실제 시험대상 차량과 충돌이 발생하여도 상호 차량에 상해 및 고장을 일으켜서는 안 된다. 이에 따라, 자율주행차의 센서의 측정값에 의하여 차량으로 인식하는 차량 모형의 풍선 차를 이용하였으며, 이를 Fig. 3에 제시하였다. 풍선 차의 차량으로서의 인지 여부를 확인하기 위해 레이더 센서를 이용해서 Table 2과 같이 분석하였다. FMCW를 통해 5m 거리에서 반사되어 오는 레이더 신호의 세기를 dBV 단위로 측정하였다. 해당 세기는 단위 면적에 따른 신호의 세기를 전압 차로 받아들이



Fig. 3 Experiment setup for balloon dummy recognition

Table 2 FMCW measurement of objects

Object	Ballon car (dbV)	Sedan (dbV)	GVT (dbV)	Truck (dbV)	Pedestrian (dbV)	Air (dbV)
Side	-40.8	-44.5	-44.8	-36.2	-56.8	-91.2
Rear	-43.2	-42.3	-42.8	-48.5		

며, 측정대상의 측정 면적과 반사 세기에 비례한다. 반사 세기가 실제 차량과 모사도가 유사한 동시에 실측 면적 또한 유사한 경우 자율주행 차량의 레이더 센서에서는 실제 차량으로 판단하게 된다. 측정 결과를 통해 개발된 풍선 차가 NCAP 등에서 쓰이는 GVT, 실제 차량과 트럭 등과 비슷하거나 그 이상의 레이더 반사율을 가짐을 확인하였다.

또한, 실제 차량을 이용해서 단순 후방, 측면 충돌시험을 통해 FCW, AEB와 ACC의 기능이 정상 작동하는 것을 확인하는 것으로 풍선 차의 인식 여부를 재검증하였다. 또한, 실차 시험과정에서 충돌 상황에서 차량과 풍선 차의 충돌 발생 시 차체에 가해지는 충격이 시험에 영향을 끼치지 않는 수준임을 확인하였다.

#### 4.3. 시험대상 차량

시험대상 차량은 ACC, AEB, FCW 등의 ADAS 기능이 탑재된 자율주행 차량으로 선정하여 내부에 GPS 및 PC를 구성하였다. 시나리오 실험을 반복 시행하면서 사고 상황에서 자율주행 차량의 위치, 속도, 가속도, 요(Yaw), 롤(Roll), 피치(Pitch) 등의 거동 데이터를 수집하고 후 분석이 가능하도록 설정하였다.

### 5. 실차실험 및 결과 분석

#### 5.1. 실차 평가 검증 실험 준비

이전 절차에서 개발된 시나리오에 대해 자동화 평가 장비를 활용하여 실차 평가 실험을 진행하였다.

실험은 각 시나리오당 3번씩 진행되었으며, FCW, AEB와 ACC 기능이 탑재된 ADAS 차량으로서 P 사의 2017년형 차량 A와 Q 사의 2017년형 차량 B를 선정하여 실험을 진행하였다.

##### 5.1.1. 차대차 단순 편심 후방 충돌 실험 결과

선행하는 유도 차량이 존재하는 충돌시험 시나리오 실차 실험에 앞서 시험대상 차량들의 ADAS 기능이 고장 없이 작동하는지를 확인하기 위하여, Euro-NCAP 2018에서 제안하는 유도 차량이 없는 형태의 차대차 단순 편심 후방 충돌을 실험하였다. 시험대상 차량 A, B를 대상으로 개발된 시나리오에서 제시한 속도조건인 30kph, 40kph, 50kph, 60kph에서 진행하였으며 50%, 25% 편

심 후방 충돌을 선행하여 실험하였다.

두 조건의 실험한 결과 A차량의 경우 FCW, AEB, ACC의 기능이 정상 작동하여 충돌이 발생하지 않았다. 2017년 형의 B차량의 경우에는 위의 A차량 시험과 동일한 조건으로 시험을 진행하였다. 그 결과 25% 편심 시험 조건에서는 기능이 정상작동하여 충돌이 발생하지 않았으나, 50% 편심 시험에서는 기능이 지연 작동하여 50km/h 이상의 속도조건에서 충돌이 발생함을 알 수 있었다.

선정된 두 차량에 대해서 기능의 성능 차이는 있으나 기능의 작동을 확인하였으며 개발된 시나리오에서의 실차 평가를 수행 능력이 있는 것으로 확인되었다.

#### 5.1.2. 한 차선 내 복수 차량이 있는 경우의 편심 후방 충돌 실차 시험 결과

앞서 개발된 선행하는 유도 차량이 존재하는 충돌시험 시나리오에 대해 시험대상 차량 A로 실차 평가 시험을 수행하였다. 유도 차량이 선행하면서 충돌 대상 차량을 스치고 지나가는 경우를 시험하였다. 시험대상 차량과 충돌대상 차량이 50% 편심이 있는 경우를 실험한 결과는 Table 3과 같이 나타났으며, 25% 상황에 대해서는 Table 4과 같다. 50%의 편심 조건에서 각 시나리오 별로 최소한 한 번 이상의 충돌이 발생함을 확인했다. 고속일수록 대응 시점이 늦어지고 일부 기능의 미작동 또한 나타났다. 25%의 편심 조건에서는 모든 시험에서 충돌을 회피하

Table 3 Experimental results of test vehicle A on 50% offset rear-end collision with multiple vehicle in one lane

Test vehicle velocity (kph)	Collision	Relative speed on collision (kph)	Minimum distance (m)	ADAS function		
				FCW	AEB	ACC Brake
30	No	-	2.38	-	-	o
	Yes	29.83	-	-	-	-
	No	-	1.17	o	o	o
40	Yes	14.35	-	-	o	o
	Yes	35.59	-	-	o	-
	No	-	0.38	o	o	o
50	Yes	36.97	-	-	o	o
	Yes	24.17	-	-	o	o
	No	-	0.80	-	-	o
60	Yes	52.74	-	-	o	-
	Yes	49.96	-	o	o	-
	Yes	55.62	-	-	-	-

한 차선 내 복수 차량이 존재하는 추돌 상황에서의 ADAS 차량의 차량 인식에 관한 연구

Table 4 Experimental results of test vehicle A on 25% offset rear-end collision with multiple vehicle in one lane

Test vehicle velocity (kph)	Collision	Relative speed on collision (kph)	Minimum distance (m)	ADAS function		
				FCW	AEB	ACC Brake
30	No	-	1.82	-	-	o
	No	-	3.57	-	-	o
	No	-	1.30	-	-	o
40	No	-	3.80	-	-	o
	No	-	2.52	-	-	o
	No	-	3.45	-	-	o
50	No	-	1.79	o	o	o
	No	-	3.50	-	-	o
	No	-	0.95	o	o	o
60	No	-	0.68	-	o	o
	No	-	1.40	-	o	o
	No	-	1.89	-	o	o

였으며 저속에서는 충돌대상을 인식한 시점이 충분히 빨라서 ACC 속도 저감만으로 충돌 상황에 대응한 것이 확인되었다. 이것은 75%의 중첩이 있는 경우이기 때문에 시험대상 차량의 센서가 추돌대상 차량의 존재 여부를 정

Table 5 Experimental results of test vehicle B on 50% and 25% offset rear-end collision with multiple vehicle in one lane

Test vehicle velocity (kph)	Collision	Relative speed on collision (kph)	
		50% offset	25% offset
30	Yes	27.40	30.14
	Yes	30.88	32.05
	Yes	28.55	30.73
40	Yes	40.13	41.01
	Yes	37.45	42.48
	Yes	37.65	41.20
50	Yes	45.77	47.80
	Yes	45.53	49.20
	Yes	46.87	49.58
60	Yes	55.09	58.09
	Yes	58.35	59.11
	Yes	57.84	58.77

\*All System didn't activate in every test

상적으로 측정된 것을 의미한다.

개발된 시나리오에 대해 B차량으로 동일한 실차 평가 시험을 수행하였다. 50% 편심 상황과 25% 편심 조건에 대해 속도별로 각 3회 시험하였으며 실험 결과는 Table 5와 같다.

시험대상 차량 B에 대한 실차 실험 결과 각 상황에서 모든 ADAS 기능들이 미작동하였다. 모든 상황에서 주어진 ACC 조건으로 선행 유도 차량을 추적하여 진행하였으나, 선행 유도 차량이 충돌대상 차량의 측면을 스치고 지나간 이후에도 충돌대상 차량이 전방에 있음을 인지한 흔적이 없었고 충돌 상황을 예견하거나 인지하지 못한 것으로 확인되었다. 이에 따라, 자율주행 차량이 전혀 감속하지 않은 채로 초기속도 조건을 유지한 채로 충돌대상 차량과 그대로 충돌했음을 확인하였다.

5.2. 실차 시험 데이터 분석

5.2.1. 영상 분석

실차 시험과정에서 시험대상 차량의 위치, 속도, 자세 등의 실험데이터를 기록하였으며, 실차 시험 간에 영상장비를 이용해서 시험 차량의 상태와 차량 주변 상황을 녹화하였다. 해당 측정데이터 및 영상으로부터 차량의 속도, 기능 상태, 기능의 동작 여부 및 대응 상황 등을 확인할 수 있었다.

Fig. 4와 같이 차량의 상태를 확인하는 영상에서 ADAS



Fig. 4 Video of inner and outer in vehicle during test

기능의 작동 및 대응 시점과 브레이크 작동 시점 등을 이전 측정데이터 분석에서 획득한 결과와 비교하여 시험의 오작동 및 오류 등을 재검증하였으며 시험 평가 상황을 확인하였다.

5.2.2. 시험대상 차량 측정데이터 분석

실험에 사용된 차량에 설치된 정밀 GPS로부터 획득한

위치, 속도, 가속도, 요, 피치, 롤 등의 데이터를 기록하고 해당 데이터를 저장하고 분석하였다. 해당 데이터는 0.01 초 단위로 측정하였으며 각 단위 시간당 획득한 정보 및 충돌대상 차량과의 충돌 시점까지의 속도(TTC), 상대속도, 그리고 상대 거리 등의 데이터를 분석하였다. 단순 편심 추돌의 결과는 Fig. 5와 Fig. 7, 개발된 하나의 차선에 두 차량이 동시에 존재하는 경우의 편심후방 충돌 시험 시나리오의 결과는 Fig. 6과 Fig. 8과 같은 형태로 나타내었다.

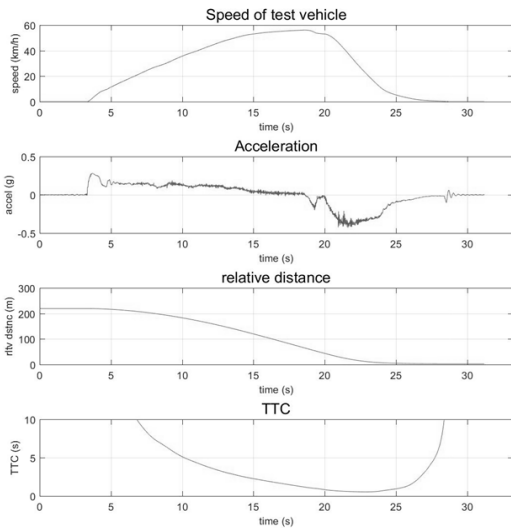


Fig. 5 Test result of vehicle A in the 50% overlap test regarding to Euro NCAP

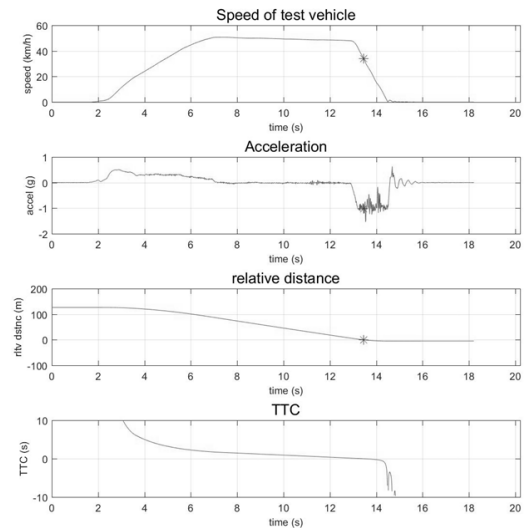


Fig. 7 Test result of vehicle B in the 50% overlap test regarding to Euro NCAP

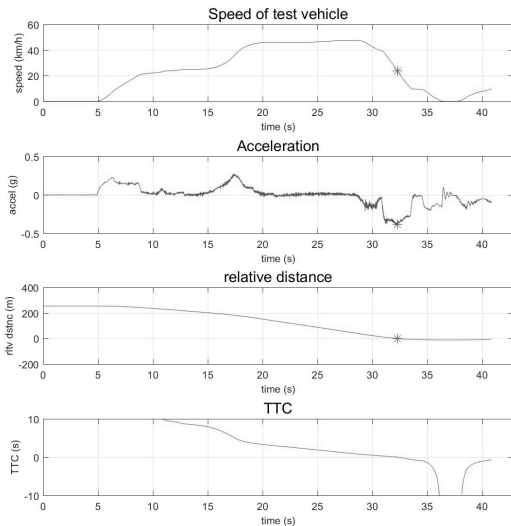


Fig. 6 Test result of vehicle A in the suggested scenario test

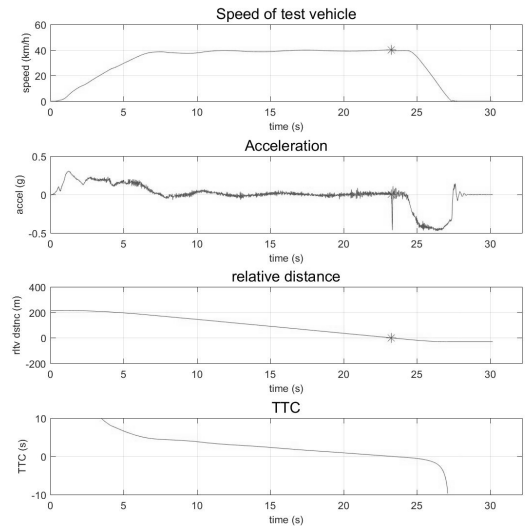


Fig. 8 Test result of vehicle B in the suggested scenario test

5.2.3. 결과 비교 및 분석

A 차량의 경우 25% 및 50%의 단순 편심 충돌 상황에서 FCW, AEB, ACC 등의 모든 종방향 ADAS 기능들이 정상 작동하는 것을 확인하였다. 사고를 정상 인지하고 ACC 속도 저감만으로 충돌 상황을 회피한 경우에는 0.1g 미만의 감가속도가 발생하였다.

해당 기능이 정상 작동함에 따라 해당 실차 실험에서는 Fig. 5에서 보여지듯이 충돌 상황에서 TTC 2초대의 영역에서 회피 동작을 수행하는 것을 확인하였으며 발생한 감가속도 역시 0.4g 이하 수준으로 안정적인 대응 능력을 갖췄음을 확인했다.

A 차량의 경우라도 본 연구에서 제안한 선행 유도 차량을 포함하는 시나리오에서는 대응에 어려움을 드러냈었다. Fig. 6에서 보여지듯 상대적으로 대응이 쉬운 25% 편심 상황에서도 고속으로 갈수록 AEB에 의한 대응 의존도가 커졌으며 이는 유도 차량에 의한 혼선으로 레이더 센서의 인지 능력이 떨어지고 FCW, AEB 시스템의 반응이 지연되어 매우 급한 대응이 필요해지는 상황에 놓였으므로 확인된다. 또한, 50%의 편심 상황에서는 그 경향이 더욱 뚜렷해져 AEB 시스템의 대응이 더욱더 늦어져 충돌이 발생하는 경우가 더 많이 발생하는 것을 확인하였다.

B 차량의 경우 단순 편심 충돌 상황에서 50%의 편심 시험결과를 Fig. 7에서 나타내었다. 이 때, 50kph의 속도 이상에서 1g 수준의 AEB 급브레이크가 작동하였음에도 불구하고 대응 시점이 늦어져 TTC 2초 미만대에서 최초 대응 기동이 발생함에 따라 충돌이 발생하는 것을 확인하였다. 충돌 시의 평균 감속도는 약 27.4kph였다.

본 연구에서 개발된 하나의 차선에 두차량이 동시에 존재하는 경우의 편심후방 충돌 시험 시나리오 시나리오에서 B차량의 결과는 Fig. 8에서 제시하였다. 이 경우 기능의 미작동과 함께 감속 없이 등속도로 충돌하는 것으로 확인되었다. Fig. 8에서의 감가속도는 충돌이 일어난 후 운전자에 의한 감속과정에서 나타난 것이다. 따라서, 유도 차량에 의한 레이더 기능 혼선에 의해 충돌 및 사고 상황을 전혀 인지하지 못했으므로 판단된다.

6. 결 론

- 1) DB 분석, 시뮬레이션 및 실차 실험을 통해 복합요소를 반영한 사고 상황에서의 FCW, AEB, ACC 기능을 복합 사용하는 ADAS 차량의 사고 대응 및 충

돌 회피성능 등을 확인 및 평가하기 위한 시나리오를 개발하였다.

- 2) 개발된 시나리오는 도로 합류부, 차선감소 상황, 끼어들기 대기 차량, 고속도로 톨게이트 등의 빈번히 발생하며 ADAS 차량이 대응하기 힘든 상황을 토대로 개발되었다.
- 3) 정밀 GPS 및 자동화 충돌대상 로봇을 이용하여 실차 실험을 위한 자동화된 실험 수행 장치를 구성하였으며, 충돌대상 차량을 위한 풍선 타겟 장비를 개발하고 장비 검사 및 실차 실험을 통해 해당 장비의 실험을 위한 타당성을 검증하였다.
- 4) 개발된 시나리오에 대한 ADAS 차량의 실차 실험을 진행하였고 실험 결과로부터 데이터를 저장하고 분석하였다.
- 5) 시험 결과 단순 편심 후방 충돌 상황에서 정상 대응하던 ADAS 차량일지라도 차선 안에 복수의 차량이 존재하는 제안된 상황서는 충돌대상이 되는 차량을 인지하지 못하는 것을 확인하였다.
- 6) 이에 따라, 현재 NCAP 등에서 제시하는 편심 후방 충돌뿐만 아니라 본 연구에서 제안한 시나리오와 같은 복합 상황이 고려된 안전성 평가 시나리오의 개발 및 적용이 필요함을 알 수 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(18TLRP-B117135-03)으로 수행된 연구임.

참고문헌

- (1) 박영걸, 2017, “자율비상제동장치가 장착된 자율주행 2단계 차량의 끼어들기 상황의 안전성 평가방법론,” 국민대학교 박사학위 논문.
- (2) 박상협 et al., 2018, “AEB가 장착된 자율주행 차량의 안전성 평가를 위한 테스트 베드 개발”, 대한기계학회 추계학술대회, pp. 26.
- (3) 장우영, 2018, “AEB가 차량의 끼어들기 편심 충돌 안전성 평가방법론”, 국민대학교 기계설계학부 석사학위 논문.
- (4) P. Ioannou, 1988, Development and Experimental Evaluation of Autonomous Vehicles for Roadway/Vehicle Cooperative Driving, UCB-ITS-PRR-09-0.
- (5) 정용환 et al., 2015, “자율주행 자동차 임시운행 허



- 가를 위한 안전 성능 평가 시나리오”, 자동차안전학회, Vol. 7, No. 2, pp. 44~49.
- (6) EURO NCAP, 2018, “EURO NCAP AEB Test Protocol.”
- (7) KNCAP, 2018, “KNCAP AEB Test Protocol.”
- (8) ISO, 2010, “ISO 15622 Intelligent Transport Systems – Adaptive Cruise Systems – Performance Requirements and Test Procedures.”
- (9) ASSESS, 2008, “Assessment of Integrated Vehicle Safety Systems for improved vehicle safety.”
- (10) NHTSA 2015, “National Automotive Sampling System Crasworhtiness Data System.”