

# 자율주행자동차 정면충돌평가방안 마련을 위한 국내 정면충돌사고 심층분석 연구

박요한\* · 박원필\* · 김승기\*\*

## An In-depth Analysis of Head-on Collision Accidents for Frontal Crash Tests of Automated Driving Vehicles

Yohan Park\*, Wonpil Park\*, Seungki Kim\*\*

*Key Words: In-depth analysis(심층 분석 연구), Head-on collision(정면충돌), Frontal crash test(정면충돌평가), Automated driving vehicles(자율주행자동차)*

### ABSTRACT

The seating postures of passengers in the automated driving vehicle are possible in atypical forms such as rear-facing and lying down. It is necessary to improve devices such as airbags and seat belts to protect occupants from injury in accidents of the automated driving vehicle, and collision safety evaluation tests must be newly developed. The purpose of this study is to define representative types of head-on collision accidents to develop collision standards for autonomous vehicles that take into account changes in driving behavior and occupants' postures. 150 frontal collision cases remained by filtering (accident videos, images, AIS 2+, passenger car, etc...) and random sampling from approximately 320,000 accidents claimed by a major insurance company over the past 5 years. The most frequent accident type is a head-on collision between a vehicle going straight and a vehicle turning left from the opposite side, accounting for 54.7% of all accidents, and most of these accidents occur in permissive left turns. The next most common frontal collision is the center-lane violation by drowsy driving and careless driving, accounting for 21.3% of the total. For the two types above, data such as vehicle speed, contact point/area, and PDOF at the moment of impact are obtained through accident reconstruction using PC-Crash. As a result, two types of autonomous vehicle crash safety test scenarios are proposed: (1) a frontal oblique collision test based on the accident types between a straight vehicle and a left-turning vehicle, and (2) a small overlap collision test based on the head-on accidents of center-lane violation.

### 1. 서론

레벨3 자율주행자동차가 독일과 미국 등에서 국제인증  
을 취득 및 판매 허가 승인됨에 따라 개인에게 정식 판매  
를 앞두고 있다.<sup>(1)</sup> 또한, 레벨4 자율주행 수준의 무인택시

가 미국 캘리포니아를 중심으로 면허를 획득하고 본격적  
인 영업을 하고 있으며 운행 영역 및 시간이 점차 확대되  
고 있는 추세이다.<sup>(2)</sup>

그러나, 자율주행 작동 중에 운전자의 전방주시 의무가  
없어져 평소보다 편안한 자세를 취할 수 있을뿐만 아니라  
레벨4 자율주행 작동 시 운전석 및 조수석 탑승자는 아예  
늘거나 뒤를 보는 자세가 가능해 충돌할 때의 상해 메커니  
즘이 기존 착좌 자세와 크게 달라질 것으로 예상되고 있

\* 삼성화재 교통안전문화연구소, 수석연구원

\*\* 삼성화재 교통안전문화연구소, 책임연구원

E-mail: yohan11.park@samsung.com

다.<sup>(3)</sup> 이에 따라 자율주행자동차는 일반자동차와 상당기간 혼재되어 충돌 사고가 발생할 수 있는 교통 여건에 놓이게 되며 다양한 작좌 자세에서도 자율주행자동차 탑승객에 대한 충돌안전성 확보가 필요하다.

EU에서는 OSCCAR(Future Occupant Safety for Crashes in CARs) 프로젝트를 통하여 현재 발생하는 사고유형 중 자율차가 주행하는 미래에 어떤 유형이 남아있을지를 예측하고 사고유형별 발생 빈도 및 심도를 분석하여 새로운 충돌안전성 평가를 위한 사고유형을 제시하였다.<sup>(4,5)</sup> OSCCAR 프로젝트에는 다국적 사고통계 IGLAD, 독일 GIDAS, DESTATIS, 영국 STAT19, RAIDS, ODS 등 11개의 자동차사고 심층 자료를 기초로하여 분석하였다.<sup>(6)</sup>

본 연구에서는 자율주행자동차에 대한 새로운 충돌안전 시험평가방법 개발을 위해서 국내 교통사고를 대상으로 OSCCAR 프로젝트에서 가장 많은 사고데이터로 활용된 IGLAD를 참고해 DB를 구축하고 이를 기초로 사고 심도와 빈도, 탑승자 상해 등 국내 자동차 사고특성을 반영한 정면충돌 시험시나리오를 제시하고자 한다.

## 2. 심층분석 사고 DB 구축(안)

### 2.1. 심층 Data Set 집적

#### 2.1.1. Data 항목별 집적 가능성 검토

IGLAD 코드북에서 제시한 Data 항목별 해설 내용을 기초로 Data 속성 및 상세 수집 내용을 분석한 후 보험사에 접수된 사고정보로부터 Data Set 집적 가능성을 검토하였다. IGLAD Data 항목은 크게 4개 부문, 총 121개의 Data 항목<sup>(7)</sup>으로 구성되어 있으며 보험사 사고 정보 등을 검토한 결과, 집적이 불가능한 Data 항목은 Table 1과 같았

Table 1 Uncollectable IGLAD data items

Classification	Uncollectable items
Accident Info.	Emergency arrival
Participant Info.	Vehicle Damage (%)
	Check 1: Conservation of Momentum
	Check 2: Velocity Triangles
Occupant Info.	Check 3: Energy Loss
	Weight
	Height
Safety System	6 items

다. 집적 불가 Data 항목을 보면 사고정보 부문의 긴급차량 도착시간, 차량정보 부문의 차량파손량(%), 운동량보존/속도삼각형/에너지손실 검증 항목, 피해자정보 부문의 체중과 신장, 안전장치 부문의 센서 종류 및 작동 여부 파악이 필요한 6개 항목 등 총 13개이다. 그 외에는 사고 사진 및 영상, 시뮬레이션 등 심층 분석을 통해서 얻을 수 있었다.

### 2.1.2. 심층 데이터 수집 방법

IGLAD Data 항목 중 자동차보험사 기초정보 외에 사고영상, 사고현장 사진, 차량 파손사진 등이 필요하며 일부 데이터 항목은 사고재현 시뮬레이션 PC-Crash를 활용하였고 그 시뮬레이션 결과로부터 충돌 속도, 충돌 감속도, 제동거리, 속도변화, 각도변화, EES 등을 산출하였다.

## 2.2. In-depth DB 구성

### 2.2.1. 보험사 사고정보 기반 심층분석 Data 항목

자동차보험 사고 정보로부터 집적 가능한 항목은 Table 2와 같이 IGLAD DB 데이터 항목 121개 중 총 3개 부문 108개이다. 심층사고 DB 구축에 필요한 데이터 항목은 Table 3과 같이 보험사 기초정보, 사고 사진 및 영상정보, 사고재현 시뮬레이션 결과 데이터 등을 기초로 입력하였다.

Table 2 Sources of the In-depth DB

Class.	General	Images	Recon.	Sum
Accident	12	12	-	24
Participant	16	18	11	45
Occupant	28	11	-	39
Sum(%)	56(52%)	41(38%)	11(10%)	108

Table 3 Collectable IGLAD data items

Class.	Collectable IGLAD data items
Accident (24)	Case No., Year/Month/Day/Time, GPS, Acc. Type, Collision Type, Acc. Cause, Road Type, Weather Condition ...
Participant (45)	Type, Maker, Model, Reg. Year, Mass, PDOF, Collision CDC Area/Extent, Speed, Deceleration, ΔV, EES ...
Occupant (39)	Occupant Type, Gender, MAIS, AIS region head/face/neck/spine/thorax, Seatbelt Type/Use, Airbag Deployment. ...

### 2.2.2. 심층분석 사고 DB 예시

자동차보험사에 접수된 사고의 기초정보, 사고 사진 및 영상, 시뮬레이션 결과 등 심층분석한 사고 데이터 108개 항목을 Table 4와 같이 정리하였다.

## 3. 정면충돌사고 심층 분석

### 3.1. 심층 분석 개요

정면충돌사고 심층분석을 위해 최근 5년간(2016년 1월 1일에서 2021년 6월 31일) 자동차보험회사에 접수된 사고 중 동일 사고에서 가해차량, 피해차량 모두 수리될

Table 4 In-depth DB items according to the IGLAD

Class.	DB Items
Accident (24)	CASENR, MEMYEAR, YEAR, WDAY, TIME, GPSLAT, GPSLONG, COUNTRY, ACCDESC, COLLYPE, ACCTYPE, ACCTYPEA, ACCTYPEB, MAINFACT, ROADTYPE, ROADSURF, ROADCOND, LANESEPAR, LIGHTCON, WEATHER1, WEATHER2, LOCATION, ACCSEV, STATUS
Participant (45)	CASENR, PARTNR, PARTTYPE, , VEHMAKE, MODEL, REGYEAR, VEHMASS, ENGINE, POWER, SEATS VLIM, OPPON1, NROPPON1, CDC1DIRE CDC1AREA, CDC1LONG, CDC1VERT, CDC1TYPE, CDC1EXTT, CDC1PERC, INISPEED1, DECEL1, DECDIST1, DEFANG1, COLSPEED1, DELTAV1, EES1, OPPON2, NROPPON2, CDC2DIRE, CDC2AREA, CDC2LONG, CDC2VERT, CDC2TYPE, CDC2EXTT, CDC2PERC, INISPEED2, DECEL2, DECDIST2, DEFANG2, COLSPEED2, DELTAV2, EES2, FACTOR1, FACTOR2, FACTOR3
Occupant (39)	CASENR, PARTNR, OCCNR, OCCTYPE, AGE, GENDER, INJSEVER, MAIS, AISREGIO1, AISREGIO2, AISREGIO3, AISREGIO4, AISREGIO5, AISREGIO6, AISREGIO7, AISREGIO8, AISREGIO9, BELT, BELT_USE, AIRBF, AIRBF_DEPL, AIRBTC, AIRBTC_DEPL, SIDEB, SIDEB_DEPL, KNEEB, KNEEB_DEPL, AIRBSR, AIRBSR_DEPL, AIRBR, AIRBR_DEPL, AIRBFC, AIRBFC_DEPL, HEADREST, HEADREST_DEPL, CHILDSEAT, BOLCHILD, HELM, PROTCLO

한 사고 약 32만 건을 우선 추출하였다. 사고 영상, 현장 사진, 차량파손 사진이 모두 있고, 1:1 차대차 사고, 부상 등급 9급 이상의 인명피해가 발생한 사고 등으로 필터링한 결과, 심층분석이 가능한 사고 건은 추출 건수의 0.4%인 1,339건이다. 최종 사고 영상과 사진의 화질 및 끊김 여부 상태 등을 판독·확인하고 상해심도별 순차적으로 랜던 샘플링하여 최종 150건을 선정, 사고재현 시뮬레이션을 포함한 교통사고 심층분석을 실시하여 DB를 구축하였다.

### 3.2. 정면충돌사고 다빈도 사고유형

#### 3.2.1. 사고유형 분류

정면충돌 사고 총 150건은 19개의 세부유형이 발생하였으나, 충돌 당시의 차량 거동을 기준으로 유사성을 고려해 재분류하면 Table 5와 같이 총 9개로 분류할 수 있다. 분류 결과, 빈도가 가장 높은 사고유형은 ‘직진차량과 맞은편에서 좌회전하는 차량 간 정면충돌한 사고’로 전체의 54.7%(82건)이며 IGLAD 사고유형상 211, 351, 281 등이 이에 속한다. 그 중 사고유발차량의 통행방법 위반으로 구분하면 비보호 좌회전 중 사고로 인한 211번 유형이 42.0%(63건)로 단일유형으로는 가장 높은 발생 빈도를 보였다.

두번째로 빈도가 높은 사고유형은 ‘중앙선을 침범하여 맞은편에서 직진하는 대향차량과 정면충돌한 사고’로 전체의 21.3%(32건)를 차지하였고 IGLAD 사고유형상 681, 682, 661 등이 이에 속한다. 사고영상 확인 결과, 중앙선 침범 사고장소의 도로유형은 곡선로보다 직선-단일로가 많은 사고건수를 기록하였고 추월 상황이 아닌 기기조작

Table 5 IGLAD accident type distribution for head-on collisions

IGLAD Type	Accident Type	Cases (%)
211, 351, 281	Left Turn vs Straight	82 (54.7%)
681, 682, 661	Oncoming vs Straight	32 (21.3%)
302, 261	Left Turn vs Left Str.	10 (6.7%)
722, 723	U Trun vs Straight	8 (5.3%)
301, 321	L/R-Str. vs Straight	6 (4.0%)
323, 262	R-Turn vs Straight	5 (3.3%)
306, 326, 215	L-Turn vs R-Trun	5 (3.3%)
591	L-Turn vs Oncoming	1 (0.7%)
299	Others	1 (0.7%)

이나 졸음운전 등의 운전부주의에 따른 것으로 추정된다. 이 외 '좌회전 중 좌측방향에서 직진하는 차량과 정면충돌한 사고'가 6.7%(10건), '유턴 중 맞은편 직진 차량과 정면충돌한 사고'가 5.3%(8건) 등으로 나타났다.

IGLAD 사고유형을 충돌 당시 차량 거동으로만 재분류한 9개 유형 중 '직진차량과 맞은편 좌회전 차량 간 정면충돌 사고'와 '1차로 직진 주행 중 중앙선을 침범한 차량과의 정면충돌한 사고' 2개 유형이 약 76%(114건)를 차지하여 정면충돌사고의 다빈도 유형으로 선정하였다. 상세 충돌 시험조건 도출을 위해 파손유형, 충돌 속도/각도 등을 추가 분석하였다.

### 3.3. 좌회전 - 직진 차량 간 사고분석

#### 3.3.1. 사고환경 및 사고원인 분석

좌회전 중 맞은편 직진 차량과의 정면충돌사고 82건의 사고환경을 분석한 결과, 주로 제한속도 60 km/h인 시내 집산도로에서 48건(58.5%), 다음으로는 제한속도 80 km/h인 시내·외 보조간선도로 27건(33.0%) 순으로 나타났으며 노면 종류는 모두 아스팔트 도로에서 발생하였다. 또한, 사고 장소의 기상상태와 주변밝기를 살펴보면, 맑음 상태 사고가 73건(89.1%)으로 대부분을 차지하고 주간 사고가 44건(53.7%)으로 일출/일몰을 포함한 야간 사고와 거의 비슷한 수준이었다.

사고 조사 내용과 적용 과실비율로 본 주요 사고원인은 신호위반(42건, 51.2%)과 비보호좌회전(34건, 41.5%)이 전체의 92.7%를 점유하는 것으로 나타났다.

#### 3.3.2. 충돌 각도와 충돌 속도 분석

좌회전 중 맞은편 직진 차량과의 정면충돌사고의 충돌 각도를 분석한 결과, 각 차량 기준 12시 방향을 0°로 하여 상대차량과의 충돌한 각도를 살펴보면, 직진차량 기준 좌회전차량과의 충돌한 각도는 평균 320°(중위값 320°)이며, 좌회전차량 기준 직진차량과 충돌한 각도는 평균 40°(중위값 40°)으로 나타났다. 즉, 직진 차량과 좌회전 차량과의 정중앙 주행 방향을 직선으로 보면 양 차량의 사이각은 40°이다.

Table 6과 같이 좌회전 중 맞은편 직진 차량과의 정면충돌사고에서 직진 차량의 충돌속도, 속도변화(ΔV), 에너지등가속도(EES, Energy Equivalent Speed), 감속도를 각각 살펴보면, 충돌속도는 평균 39.9 km/h, 속도변화

Table 6 Vehicle velocity distribution in head-on collisions (Left Turn vs. Straight)

Car	Value	Ave.	50%ile	70%ile	80%ile	90%ile
Straight	Speed	39.9	38.0	50.0	54.5	65.9
	ΔV	23.3	21.7	28.7	32.9	40.2
	EES	22.3	19.7	28.3	33.9	37.3
	Decel.	3.1	2.5	4.1	6.5	7.6
Left Turn	Speed	21.1	21.7	27.0	30.0	34.5
	ΔV	24.1	21.5	28.1	35.7	43.0
	EES	23.8	21.9	28.6	34.9	42.1
	Decel.	2.5	2.1	4.0	4.6	7.1

ΔV는 23.3 km/h, EES는 22.3 km/h으로 나타났다. 또한, 직진 차량의 충돌 직전 평균 감속도는 3.1 m/s<sup>2</sup> 수준으로 발생하였다. 동일 사고유형에서 좌회전 차량의 충돌속도, ΔV, EES, 감속도를 각각 살펴보면, 충돌속도는 평균 21.1 km/h, 속도변화 ΔV는 24.1 km/h, EES는 23.8 km/h, 충돌 직전 평균 감속도는 2.5 m/s<sup>2</sup> 수준으로 발생하였다.

### 3.4. 중앙선 침범 차량 - 직진 차량 간 사고분석

#### 3.4.1. 사고환경 및 사고원인 분석

중앙선 침범 차량과의 정면충돌사고 32건의 사고환경을 살펴보면, 제한속도 80 km/h인 시외 보조간선도로 13건(40.6%), 제한속도 60 km/h인 시내 집산도로 11건(34.4%) 순으로 나타났으며 노면 종류는 모두 아스팔트 도로에서 발생하였다. 또한, 사고 장소의 기상상태와 주변밝기를 살펴보면, 맑음 상태 사고가 27건(84.4%)으로 대부분을 차지하였고 주간 사고가 23건(71.9%)으로 전방 시계가 좋지 못한 일출/일몰 및 야간 시간대 사고는 상대적으로 빈도가 낮게 나타났다.

사고 조사 내용과 적용 과실비율로 본 주요 사고원인은 대부분 중앙선침범(26건, 81.3%)으로 졸음 내지 기기조작 등에 의한 전방주시 태만 등으로 추정된다.

#### 3.4.2. 충돌 각도와 충돌 속도 분석

중앙선 침범 중 정상 직진 차량과의 정면충돌사고의 충돌 각도를 분석한 결과, 정상 직진차량이 중앙선침범 차량과 충돌한 각도는 평균 351°(중위값 349°)이며, 그 반대로 중앙선 침범 차량의 충돌 각도는 평균 9°(중위값 11°)

Table 7 Vehicle velocity distribution in head-on collisions (Left Turn vs. Straight)

Car	Value	Ave.	50%ile	70%ile	80%ile	90%ile
Straight	Speed	31.5	28.0	45.5	52.5	58.5
	ΔV	26.0	23.4	34.8	43.7	53.1
	EES	28.0	25.7	34.9	41.5	50.6
	Decel.	3.3	2.6	4.2	6.9	7.9
Oncoming	Speed	42.4	42.0	50.0	56.0	66.0
	ΔV	30.0	26.3	37.7	44.7	56.7
	EES	28.2	26.3	35.1	41.5	51.6
	Decel.	2.8	2.3	4.8	6.0	7.2

으로 나타났다. 즉, 직진 차량과 좌회전 차량과의 정중앙 주행 방향을 직선으로 보면 양 차량의 사잇각은 약 10°이다.

Table 7과 같이 중앙선 침범 차량과 직진 차량과의 정면 충돌사고에서 정상 직진 차량의 충돌속도, 속도변화(ΔV), 에너지등가속도(EES, Energy Equivalent Speed), 감속도를 각각 살펴보면, 충돌속도는 평균 31.5 km/h, 속도변화 ΔV는 26.0 km/h, EES는 28 km/h로 나타났다. 사고 당시 평균 감속도는 3.3 m/s<sup>2</sup> 수준이었다. 중앙선 침범 차량의 충돌속도는 평균 42.4km/h, 속도변화 ΔV는 30.0 km/h, EES는 28.2 km/h, 충돌 직진 평균 감속도는 2.8 m/s<sup>2</sup> 수준으로 정상 직진 차량에 비해 속도는 높고 감속도는 낮은 것으로 나타났다.

#### 4. 정면충돌 다빈도 및 신규 시나리오(안)

##### 4.1. 선행 연구결과 비교

##### 4.1.1. OSCCAR 프로젝트 결과

EU에서 수행된 OSCCAR(Future Occupant Safety for Crashes in CARs) 프로젝트는 현재 발생하는 사고유형 중 자율차가 주행하는 미래에는 어떤 유형이 남아있을지(Future remaining accidents)를 예측하는 연구이다. IGLAD, GIDAS 등 교통사고 In-Depth DB를 통해 사고유형별 발생 빈/심도를 분석한 후, 자율주행기능 반영 시 사고유형별 감소 여부를 추정함과 동시에 탑승자 착석상태별 상해 발생에 대한 잠재적 위험성을 예측하였다. 향후 예상되는 자율주행 기능 및 성능을 반영하였을 때 감소가 될 수 있는 사고유형을 소거하여 잔여 사고유형을 도출하는 프로세스

로 진행하였는데, 최종 5개 Case가 향후 자율차에서도 발생할 수 있는 잔여 사고유형 시나리오(Remaining accident scenarios)라는 결과를 다음과 같이 제시하였다. ① 교차로에서 좌회전하는 대향차량을 회피하면서 정면충돌, ② 조수석 방향(Far-side)에서 측면충돌, ③ 인접차로에서 갑자기 끼어든(Cut-in) 선행차량을 후미추돌, ④ 중앙선을 침범하여 추월 중인 대향차량과 정면충돌, ⑤ 보행자들을 보고 급정지한 선행차량을 추돌한 사고 등이다.

##### 4.1.2. OSCCAR 시나리오와 비교

Table 8에서 보는바와 같이 자체적으로 심층분석한 다빈도 정면충돌사고 중 ‘직진차량 대 맞은편 좌회전차량 간 정면충돌사고’와 일치하는 OSCCAR 시나리오는 ①유형으로 세부조건을 비교해 보면, 우선 충돌속도는 OSCCAR에서 50 km/h로 주행 중 감속해 40 km/h로 충돌하였고, 자체 분석결과에서는 평균 44.9 km/h(중위 42.5 km/h)로 주행 중 평균 39.9 km/h(중위 38.0 km/h)로 충돌한 것으로 나와 두 결과 간 유사한 충돌속도 수준을 보였다. 충돌각도의 경우, OSCCAR에서는 정확한 각도 없이 단순히 대각선(Oblique)으로만 제시한 반면, 본 분석결과에서는 평균/중위값 모두 320°로 제시하였으며 감속도의 경우, OSCCAR 결과에서는 충돌 전 AEBS가 작동한 상황을 가정하여 9.8 m/s<sup>2</sup>로 나온 것에 비해 실제 사고에서는 평균 3.1 m/s<sup>2</sup>(중위 2.5 m/s<sup>2</sup>)으로 분석되었다.

두 번째 빈도가 높은 ‘중앙선 침범 차량 대 정상 직진차

Table 8 Comparing accident types with OSCCAR scenarios (Left Turn vs. Straight)

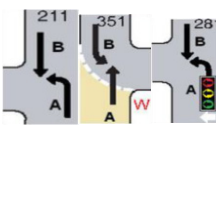
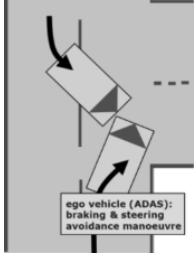
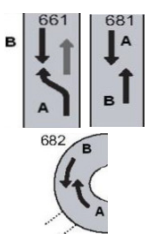
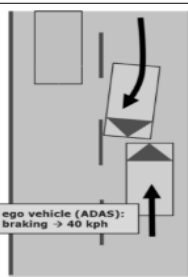
Class.	New Analysis	OSCCAR
Type no	211, 281, 351	① Type
Accident Type		
Speed	Driving: 44.9 km/h Accident: 39.9 km/h	Driving: 50 km/h Accident: 40 km/h
Angle	Driver-Side 320°	None
Decel.	ave. 3.1 m/s <sup>2</sup>	9.8 m/s <sup>2</sup> (with AEBS)

Table 9 Comparing accident types with OSCCAR scenarios (Lane-Violating vs. Straight)

Class.	New Analysis	OSCCAR
Type no	661, 681, 682	④ Type
Accident Type		
Speed	Ave. 31.5 km/h	40 km/h
Angle	Driver-Side 350°	None
Overlap	Driver-Side 25%	None
Decel.	Ave. 3.3 m/s <sup>2</sup>	None

량 간 정면충돌사고'는 Table 9와 같이 OSCCAR 연구 결과의 ④유형과 유사하며 이를 서로 비교해 보면, 충돌속도의 경우, OSCCAR 40 km/h에 비해 본 연구결과에서는 평균 31.5 km/h(중위 28.0 km/h)로 OSCCAR 결과 대비 분석결과의 충돌속도가 낮게 나타났다. 충돌각도의 경우, OSCCAR에서는 정확한 각도를 제시하지 않았으며, 본 분석결과에서는 평균 351°(중위 349°)로 나왔으며, 충돌부위 겹침량(옵셋량)의 경우, OSCCAR에서는 단순히 'Partial Offset'로만 표기한 반면, 자체 분석결과, 전체 사고차량의 21.9%가 '운전석 앞 25% 옵셋'으로 충돌하여 가장 높은 빈도를 보였다. 감속도의 경우, OSCCAR에서는 값을 제시하지 않았으나, 본 분석결과에서는 평균 3.3 m/s<sup>2</sup>(중위 2.6 m/s<sup>2</sup>)으로 조사되었다.

#### 4.2. 정면충돌 신규 시나리오(안)

##### 4.2.1. 운전석 방향 대각정면충돌 안전성 평가(안)

정면충돌사고에서 가장 높은 빈도의 사고 유형인 '직진차량 대 맞은편 좌회전차량 간 정면충돌사고'에 있어서 직진차량을 자율차(피해차량)로 정하여 신규로 제안하는 운전석 방향 대각정면충돌 안전성 평가는 다음과 같이 정의하였다. 본 신규 시험 시나리오는 정지된 피평가차량을 시험 대차(1,500 kg)가 이동하여 충격하는 시험방식으로 Fig. 1(a)와 같이 시속 56 km의 속도로 평가대상 차량의 좌측 전면부에 겹침량 30% 및 대각 40°로 충돌하는 조건이다.

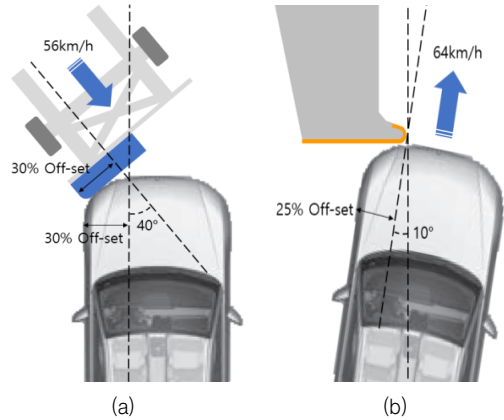


Fig. 1 Proposed scenarios for ADS frontal collision testing ((a) Oblique offset frontal collision, (b) Slightly oblique small overlap frontal collision)

시험속도는 심층분석 결과를 참조하여 양 차량 충돌 속도 및 각도의 중위값을 고려하여 직진차량이 정지상태인 경우에서의 동등한 합속도를 계산, 56.4 km/h ≈ 56.0 km/h로 설정하였다.

##### 4.2.2. 국소정면충돌 안전성 평가(안)

정면충돌사고 중 2번째로 많은 유형인 '중앙선 침범 등으로 인한 직진차량 간 정면충돌사고'에 대해 새로 제안하는 국소정면충돌 안전성 평가는 다음과 같다. 피평가차량을 고정벽에 충돌시키는 시험방식을 채택하였으며, Fig. 1(b)와 같이 충돌속도 64 km/h, 평가대상 차량의 좌측 전면부 25% 옵셋, 10° 대각으로 충돌하는 조건이다. 본 평가(안)은 현재 IIHS가 실시하는 Driver-side Small Overlap Frontal Test와 유사하나 실제 사고에서 가장 빈번한 충돌 각도를 반영하여 IIHS와 같이 완전 일직선의 0°가 아닌 10° 정도 경사를 주는 부분에서 일부 차이점이 있다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 자동차보험회사 접수 자동차사고를 대상으로 IGLAD와 동일한 데이터베이스를 구축하여 정면충돌시험 시나리오를 제시하였다. 이를 위해 사고 영상, 현장 및 차량 파손 사진, 탑승자의 상해 정보 등을 수집하고 PC-Crash를 활용한 사고재현 시뮬레이션을 수행하였다.

이를 통해 얻은 150건이 정면충돌 심층분석 데이터를 활용해 EU에서 수행한 자율주행 충돌시나리오 개발 프로

젝트인 OSCCAR에서 IGLAD, GIDAS 등으로부터 다빈도 사고유형을 도출하는 것과 같이 국내 중상 발생 사고를 대상으로 다빈도 사고유형을 도출한 결과, ① 좌회전 중 직진차량과의 정면충돌, ② 중앙선 침범 차량과의 정면충돌 등 2건의 정면충돌시험 시나리오를 제시하였다. 이는 OSCCAR 결과보고서에서 제시한 정면충돌 시나리오 1번과 4번과 비교해보면, 사고 유형이나 충돌속도는 거의 유사하였으나 감속도 및 경사각 등 제시되지 않은 충돌시험 세부 조건을 심층분석 결과로부터 산출할 수 있었다.

다만, 본 연구는 일반자동차 간 정면충돌사고의 빈도 및 심도를 토대로 한 심층 사고분석 결과를 기반으로 도출한 것으로 향후 자율주행차의 사고 회피/저감 기능(장치) 및 성능을 예상 반영할 경우, 본 연구에서 분석한 사고유형에서 잔존할 수 있는 사고 건이 다를 수 있으므로 추후 이를 고려한 연구 수행이 필요하다고 판단된다. 그러나, 자율주행차가 가해가 아닌 피해 차량인 경우 중앙선침범이나 신호위반 등의 비자율주행차가 혼재된 환경에서 현재의 사고유형이 크게 달라지진 않을 것으로 예상할 수 있다. 또한, 자율주행차 탑승자의 자세가 현 자동차들보다 자유로울 경우, 현재의 에어백 및 안전벨트 기술로 탑승자를 동일하게 구속할 수 없으므로 비정형 자세와 본 연구에서 제시된 정면충돌시나리오를 연계하는 등의 후속 연구가 필요하다는 입장을 견지한다.

본 연구에서 제시한 정면충돌 심층분석 결과 및 신규 시나리오는 앞서 언급한 자율주행차의 충돌안전성을 높이기 위한 신규 안전장치 개발, 시험평가 등 연구에 활용될 수 있는 정보를 제공하며 자율주행차뿐만 아니라 일반자동차의 탑승자 안전도 향상을 위한 연구에도 도움이 될 수 있다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부/교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(과제번호 22AMDP-C160637-02).

## 참고문헌

- (1) Brian Silvestro, "Mercedes-benz Gets Approval to Sell Level 3 Self-Driving Cars in California," ROAD&TRACK, Jun 9, 2023, [www.roadandtrack.com/news/a44139131/mercedes-benz-selling-level-3-self-driving-cars-california](http://www.roadandtrack.com/news/a44139131/mercedes-benz-selling-level-3-self-driving-cars-california)
- (2) Trisha Thadani and Jeremy B.Merrill, California just opened the floodgates for self-driving cars, The washington post., August 10, 2023, [www.washingtonpost.com/technology/2023/08/10/san-francisco-robotaxi-approved-waymo-cruise](http://www.washingtonpost.com/technology/2023/08/10/san-francisco-robotaxi-approved-waymo-cruise)
- (3) 권주영, 주다영, 2018, "완전 자율주행 자동차의 실내공간 설계를 위한 문헌연구 기반의 실내행위 분석 및 유형화," 한국HCI학회, 2018, Vol. 13, No. 2, pp. 5~20.
- (4) OSSCAR Report, 2018, "Accident data analysis – remaining accidents and crash configurations of automated vehicles in mixed traffic," Document No. 1.1.
- (5) OSSCAR Report, 2018, "Test Case Matrix and selecting Demonstrator Test Cases," Document, No. 2.1
- (6) Future Occupant Safety for Crashes in CARs (OSCCAR), [www.osccarproject.eu](http://www.osccarproject.eu)
- (7) IGLAD, Codebook – Member Year 2019(Phase III), 2019.