

# 자전거 대상 자동비상제동장치의 성능평가 시나리오 개발

김태우\* · 이경수\*\* · 이은덕\*\*\*

## Safety Assessment Scenarios for Cyclist AEB

Taewoo Kim\*, Kyongsu Yi\*\*, EunDok Lee\*\*\*

*Key Words* : Active safety system(능동안전 시스템), Vulnerable road users(교통약자), Autonomous emergency braking system(자동비상제동장치, Safety assessment (성능 평가)

### ABSTRACT

This paper presents safety assessment scenarios for cyclist autonomous emergency braking(AEB) system. To assess the safety performance of AEB in real traffic situation with limited number of scenarios, scenario should reflect the characteristics of real traffic collision cases. For this, statistic data of real traffic car-to-cyclist collision in Korea are analyzed. Many types of accidents are listed and categorized based on the movement of vehicle and cycle just before the collision. Then, the characteristics, main issues and limitations of each scenarios are discussed. Not only the test scenario itself but also the cost and time for the test are very important issues for the test scenarios to actually repeat the test for various systems. Also, the performance of AEB can be effected by the algorithm of AEB and the technical limitation of the sensors and hardwares. Therefore, required number of tests, possibility of dummy destruction and other technical issues are discussed for each scenarios. Based on these information, typical scenarios are selected. Also, using this information, vehicle speed range, cyclist speed and collision point are established. Proposed scenarios are verified and modified based on the vehicle test results. vehicle test was evaluated 5 times for each scenarios. Based on this results, final test scenarios are modified and proposed.

### 1. 서론

차량과 관련된 안전에 대한 관심이 점차 높아짐에 따라 운전자 보조 시스템(Driver Assistance System, DAS)을 통하여 안전을 확보하고자 하는 능동안전시스템에 대한 기대 역시 나날이 커져가고 있다. 그 대표적인 예인 자동비상제동장치는 이미 양산되어 많은 차량에 보급되고 있으며, 점차 그 대상을 확대하고자 많은 노력들이 이루어지고 있다.<sup>(1)</sup>

특히 최근에는 그 대상이 보행자 및 자전거로 확장되어 다양한 환경에서 위험에 대응할 수 있는 자동비상제동장치들이 개발, 양산되고 있다.<sup>(2)</sup> 이와 관련하여 전 세계적으로 이러한 자동비상제동장치의 성능을 평가할 수 있는 국제 기준을 만들고자 많은 노력이 이루어지고 있다.<sup>(3)</sup> 그 예로 Euro-NCAP(European new car assessment program)에서는 현재 차량 및 보행자를 대상으로 하는 자동비상제동장치의 성능평가를 실시하고 있으며,<sup>(4)</sup> 우리나라의 K-NCAP 역시 올해부터 이를 성능평가 항목에 추가하여 평가를 실시하고 있다.

또한 유럽의 여러 국가와 업체들이 참여하고 있는 컨소시엄인 "Assessment methodologies for forward looking integrated pedestrian and further extension to cyclist

\* 서울대학교 차량동역학 및 제어연구실  
\*\* 서울대학교 차량동역학 및 제어연구실, 교신저자  
\*\*\* 자동차안전연구원  
E-mail : kyi@snu.ac.kr, xodn615@snu.ac.kr

safety”, 네덜란드의 연구기관인 TNO에서 진행하고 있는 Cyclist-AEB Testing System (CATS) 등 세계적으로 많은 연구기관들이 현재 자전거 대상자동비상제동장치의 성능을 평가하기 위한 평가 시나리오와 평가 기준을 개발하고 있다.

이와 관련하여 본 연구에서는 국내의 상황을 고려한 자전거 대상 자동비상제동장치의 성능평가 시나리오를 제안하고자 하였다.

## 2. 국내 자전거 사고 대표유형 분석

### 2.1. 국내 자전거 사고 유형 도출

이번 장에서는 자전거 대상 자동비상제동장치의 성능평가 시나리오를 개발하기에 앞서 자전거 사고를 대표적으로 표현할 수 있는 사고 유형을 도출하고자 하였다. 실제 사고가 발생하는 상황에서는 차량의 거동 및 자전거의 거동뿐만 아니라 주변 도로의 형상, 구조물 등의 환경적인 요소들 역시 중요하게 작용<sup>(5)</sup>하지만 이러한 모든 상황에 대하여 평가를 수행하는 것은 불가능하기 때문에 이러한 사고들을 대표할 수 있는 사고 유형들을 도출하고, 이를 기반으로 시나리오를 개발하고자 하였다.

이를 위해 2016년에 진행된 연구<sup>(6)</sup>를 살펴보면 실제 사고가 발생할 당시의 차량 및 자전거의 거동을 단순화하고, 이들의 조합을 통해 대표적인 사고 유형들을 도출하였다. 이는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1을 살펴보면 위에서 언급한 차량의 거동 및 자전거의 거동을 포함하여 자전거가 차량 전방으로 차선을 변경하는 경우가 추가적으로 포함되어 있으며, 추가적으로 장애물로 인하여 시야확보가 불가능한 지점에서 자전거가 횡단하는 경우 역시 함께 추가되어 있는 것을 확인할 수 있다.

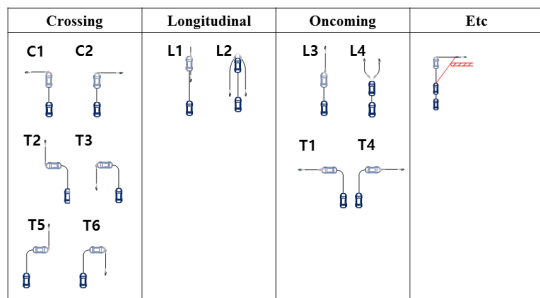


Fig. 1 Type of car-to-cyclist accident

## 2.2. 각 사고 유형 별 주요 특징 및 한계점

### 2.2.1. 전방 자전거 횡단 상황

첫 번째로 전방 자전거 횡단 상황의 경우 자전거가 차량에 장착된 전방 센서의 시야 밖에서 차량의 정면으로 접근하는 경우가 대부분이기 때문에 차량이 저속일 경우 차량의 바로 앞으로 끼어들면서 사고가 발생하는 상황에서 전방 자전거에 대한 인지능력이 주요하게 작용하며, 차량이 소속으로 주행할 경우 자전거와 차량의 상대거동으로 인하여 충돌 판단이 어려워지는 특징이 있다. 따라서 이러한 상황들에 대한 평가가 필수적이라 할 수 있다.

이러한 전방 자전거 횡단 상황 중 차량이 직진하는 상황에서 자전거가 좌측 혹은 우측에서 끼어드는 경우에 대하여 일반적인 자동비상제동장치의 인지에서는 큰 차이가 없을 것이라 판단할 수 있으므로 차량 전방 우측에서 횡단하는 시나리오 하나로 통일하여 중복성을 없애고자 하였다.

다음으로 차량이 좌회/우회전하는 상황에서 자전거가 횡단하는 상황이 있으며, 이 경우 차량과 자전거의 상대거동에 따라 자전거를 인지하는 시점에 큰 차이가 발생하게 된다. Fig. 1의 T2 및 T5의 경우 자전거가 센서의 인지범위 내에 들어오는 시점이 상대적으로 빠르지만 T3와 T6의 경우 차량이 직진하는 경우보다 더 늦은 시점에 자전거가 인지되기 시작하므로 제동을 통해 사고를 회피하기에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 일반적으로 사용하는 전방 센서의 인지 범위를 고려하여 T2와 T5만을 평가 대상 시나리오로 고려하였다.

### 2.2.2. 종방향 주행 자전거 추돌상황

다음으로 같은 방향으로 주행하고 있는 자전거를 차량이 뒤에서 추돌하는 상황을 살펴보자. 이 시나리오의 경우 자전거가 차량 전방 센서의 시야 내에서 거동하며, 다른 시나리오들에 비하여 종방향 상대속도가 작기 때문에 상대적으로 자전거를 인지하고 사고를 회피하기는 쉽지만 자전거의 횡방향 위치오차에 따라 충돌판단이 힘들어지거나 운전자가 조향을 통해 사고를 회피하고자 할 때 자동비상제동장치가 사전에 개입하여 제동하는 등의 문제가 발생하기 힘들다는 문제점이 있다.

따라서 전방 중앙에서 진행하고 있는 자전거를 대상으로 하는 시나리오와 함께 자전거가 차선의 한쪽 측면에서 주행하는 경우에 대한 평가를 실시함으로써 자동

비상제동장치의 충돌예측 성능을 평가할 필요가 있다.

### 2.2.3. 전방 접근 자전거 정면충돌상황

다음으로는 전방에서 접근하는 자전거와 차량이 정면 충돌하는 상황을 살펴보자. 이 경우 다른 시나리오에 비하여 상대속도가 크기 때문에 사고에 대응하기 힘들고, 사고가 발생할 경우 그 피해가 크다는 단점이 있다. 그러나 실제 전방 접근 자전거 정면충돌상황에 대한 평가를 실시할 경우 차량이 완전히 정지한 상황에서도 자전거가 차량에 충돌하는 속도로 인해 더미 및 차량의 파괴가 우려되며, 실제 차량이 완전히 정지하지 못하는 경우 그 피해는 더욱 커질 것으로 예상할 수 있다. 이 경우 차량 및 더미의 파괴로 인해 시험을 반복적으로 수행하는 데에 한계가 있으며, 따라서 현실적으로 평가를 수행하기에 문제가 있다. 또한 전방 센서의 시야 내에서 접근하는 자전거에 대한 인지 성능의 경우 전방 정지 타깃 혹은 중방향 주행 자전거 추돌상황 등에서 충분히 평가가 가능하다고 판단하여 정면충돌상황에 대한 평가는 평가 대상 시나리오에서 제외하였다.

## 2.3. 평가 대상 사고 유형 선정

위에서 분석한 내용을 바탕으로 자전거 대상 자동비상제동장치의 성능평가에 적용할 평가 대상 사고 유형을 아래와 같이 선정하였다.

- 1) 차량 직진 시에 전방 우측에서 횡단하는 자전거
- 2) 차량 우회전 시 전방 좌측에서 횡단하는 자전거
- 3) 차량 좌회전 시 전방 우측에서 횡단하는 자전거
- 4) 차량 전방 중앙에서 진행하고 있는 자전거
- 5) 차량 전방 우측에서 진행하고 있는 자전거

## 3. 평가 시나리오 및 시험조건 선정

### 3.1. 자전거 및 차량 속도 조건 설정

다음으로 평가 시험에서 자전거 및 차량의 속도를 설정하기 위하여 행정자치부의 자전거도로 설계 기준과 도로교통법상의 일반도로 차량 속도 제한 규정을 참고하였다.<sup>(7),(8)</sup>

행정자치부에서 발간한 자전거 이용시설 설치 및 관리 지침에 따르면 어린이 자전거 이용자의 경우 그 속도를 7~15km/h로, 일반 성인 자전거 이용자의 속도를

15~22km/h로 가정하여 사용하고 있다. 본 연구에서는 시내 주행 환경에서 이동하는 자전거를 대상으로 하고 있기 때문에 이를 대표할 수 있는 속도로 설정할 필요가 있으므로 자전거의 속도를 15km/h로 설정하였다.<sup>(7)</sup>

다음으로 도로교통법을 살펴보면 일반도로에서 차량의 제한 속도를 60km/h, 대로에서는 80km/h로 제한하고 있다.<sup>(8)</sup> 그러나 기존 연구에 따르면,<sup>(6),(9)</sup> 도로 외곽 및 교차로, 횡단보도 등에서 사고가 자주 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 때문에 대부분의 사고 상황이 60km/h 이하에서 발생할 것이라 판단할 수 있다. 이에 따라 자전거 대상 자동비상제동장치 성능평가에서는 차량의 속도를 10~60km/h 범위 내에서 각 시나리오의 특성에 맞는 속도로 설정하였다.

### 3.2. 평가대상 사고 유형 별 세부 시험조건 선정

2절에서 선정한 사고 대표 유형과 3.1절에서 설정한 자전거 및 차량의 속도를 기반으로 각 사고 유형 별 세부 시험조건을 Table 1과 같이 선정하였다.

Table 1에 언급된바와 같이 자전거 횡단상황의 경우 전방 센서의 인지 범위가 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있으며, BCN-U와 BCN-O의 경우 차량의 속도를 60km/h 까지 증가시키며 시험을 수행하기 때문에 오작동시 더미가 파괴되지 않도록 주의가 필요하다. 또한 BLD의 경우 자전거가 차량의 앞범퍼 기준 중앙과 우측(차량의 우측 끝으로부터 차폭의 20%지점) 각각에 대한 시나리오를 모두 고려하도록 하였다.

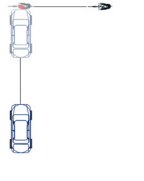
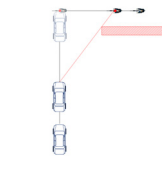
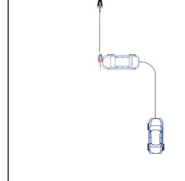
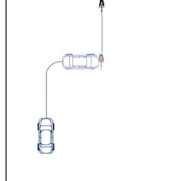
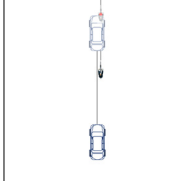
여기서 BCN-O에서 설치하는 장애물의 위치는 기존의 연구<sup>(6)</sup>를 참고하여 평가 대상 자동비상제동장치의 성능 차이에 따른 결과를 평가하기 쉽도록 설정하였다.

## 4. 자동비상제동 알고리즘

개발한 자동비상제동장치 성능평가 시나리오를 검증하기 위하여 기존에 개발된 자동비상제동 알고리즘을 이용하였다.<sup>(10)</sup> 해당 논문에서 다루고 있는 자동비상제동 알고리즘은 전방의 보행자 혹은 자전거에 대하여 위험상황을 판단하고, 운전자가 조향 혹은 제동을 기반으로 사고를 회피할 수 없다고 판단될 경우 차량을 감속하여 사고를 회피하거나 충격을 완화하는 알고리즘이다.

이를 위하여 해당 연구에서는 자차량 사시센서에서 얻을 수 있는 차속, 요각속도, 중방향 가속도정보를 기반으로 자차량의 상태를 추정하는 한편, 전방 레이더 및

Table 1 Test scenario for cyclist autonomous emergency braking system

	BCN-U	BCN-O	BCN-TL	BCF-TR	BLD
Vehicle Speed	10~60kph	20~50kph	20kph	10kph	20~60kph
Cyclist Speed	15kph	15kph	15kph	15kph	15kph
Obstruction	X	O	X	X	X
Hit Point	50%	50%	50%	50%	20, 50%
Number of Test	6	4	1	1	10
Layout					
Notes	Main challenge in crossing scenarios is field of view				Dummy platform should not conflict with vehicle
	Dummy destruction in high speed condition		-	-	

\*BCN-U : Bicycle Crossing Nearside - Unobstructed  
 \*BCN-TL : Bicycle Crossing Nearside - Turn Left  
 \*BCF-TR : Bicycle Longitudinal Driving

\*BCN-O : Bicycle Crossing Nearside - Obstructed  
 \*BCF-TR : Bicycle Crossing Farside - Turn Right

카메라를 기반으로 측정된 전방 보행자 혹은 자전거의 상대 위치 및 종방향 속도값과 추정된 자차량 상태정보를 이용하여 등속 직선운동으로 가정한 타깃의 상태정보를 추정하였다. 이렇게 추정된 정보를 기반으로 위험을 판단하기 위하여 자차량 및 타깃의 거동을 예측하였으며, 이와 함께 운전자가 제동 혹은 조향을 통해 사고를 회피하는 경우에 대해 고려하기 위하여 목표 종방향 감속도 혹은 목표 요각속도를 추정하는 1차 지연 모델을 기반으로 제동 회피 및 조향 회피 상황에서의 자차량 거동을 예측하였다. 알고리즘에 대한 자세한 설명은 해당 논문에 자세하게 설명되어 있으므로 본 논문에서는 생략하도록 하겠다.

## 5. 실차 평가

### 5.1. 실차 평가 방법

위에서 개발된 시나리오를 실차실험을 통해 검증하기 위해서는 개발된 시나리오를 반복하여 구현할 수 있어야 하며, 이를 위해서 실험차량과 자전거 더미의 거동을 연동하여 함께 제어할 수 있는 장비가 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 현재 K-NCAP 보행자 대상 자동 비상제동장치의 성능평가에서 활용하고 있는 장비와 동

일한 장비를 이용하여 시나리오를 구현하였다. 해당 장비의 구성도는 Fig. 2와 같다. 해당 장비는 차량을 제어하는 조향로봇 및 가속로봇, 차량의 위치를 측정하는 고성능 GPS, 이를 기반으로 설정한 경로를 목표 속도로 주행하도록 하는 제어 유닛과 타깃 더미, 더미를 제어하는 모터부, 그리고 차량과 더미의 거동을 연동하기 위한 wifi장비를 포함하고 있다.

실험 차량으로는 브레이크 제어 모터가 탑재된 HG 330 차량이 사용되었으며, 전방 레이더 및 카메라를 통해 자전거를 인지하고, Microautobox 환경에서 제어를 구성하였다.

### 5.2. 실차 평가 결과

이렇게 구성된 실험차를 기반으로 위에서 선정한 시나리오에 대한 실차평가를 수행한 결과는 Table 2와 같다. Table 2를 살펴보면 총 121회의 실험이 실시되었으며, 그중 6건의 충돌이 발생하였음을 확인할 수 있다.

위의 결과를 살펴보면 BCN-U-50km/h 시나리오에서 총 7회 실험 중 1회 충돌하였으며, 이는 구성된 실험 차량의 장비문제로 인하여 자동비상제동장치가 정상적으로 작동하지 않은 경우로 확인되었다.

자전거 대상 자동비상제동장치의 성능평가 시나리오 개발

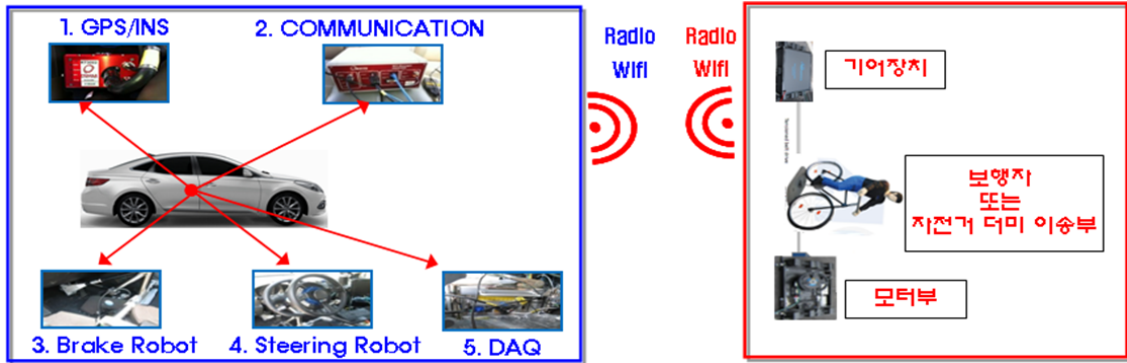


Fig. 2 Vehicle and Target dummy moving system

Table 2 Vehicle Test - Result

	BCN-U	BCN-O	BCN-TL	BCF-TR	BLD-50	BLD-20
Target Speed [kph]	15	15	15	15	15	15
Hit Point	50%	50%	50%	50%	50%	20%
(# of collision)/(# of total test)						
Vehicle Speed [km/h]	10	0/7		0/7		
	20	0/6	1/9	0/5		0/6
	30	0/5	1/7			0/7
	40	0/5	2/5			0/7
	50	1/7				0/5
	60	1/1				0/6
Collision Speed [km/h]						
Vehicle Speed [km/h]	10	-		-		
	20	-	5.6	-		-
	30	-	19.05			-
	40	-	38.75 36.94			-
	50	45.6				-
	60	40.8				-
Reduced Speed [km/h]						
Vehicle Speed [km/h]	10	-		-		
	20	-	14.4	-		-
	30	-	11			-
	40	-	1.25 3.06			-
	50	4.4				-
	60	19.2				-

다음으로 BCN-U-60km/h 시나리오의 경우 1회 실험을 실시하였을 때 자동비상제동장치가 정상적으로 작동하였지만 운전자가 조향으로 회피할 가능성으로 인해 반응시점이 늦어져 충돌이 발생하였으며, 이 경우 실제 더미와 차량 사이의 충돌속도가 40km/h로 높아서 더미에 파손이 발생하였다. 최종 시나리오에서는 60km/h 역시 반영을 하는 한편, 저속에서 충돌이 발생할 경우 시험을 중단하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

다음으로 충돌이 발생한 경우는 모두 장애물이 있는 BCN-O 시나리오였다. 그 결과를 살펴보면 실제 20km/h 및 30km/h의 경우 대부분 사고를 회피하는데 성공했지만 각각 9회, 7회의 실험 중 1회씩 충돌이 발생한 것을 확인할 수 있다. 이는 장애물로 인해 시야가 가려진 상황에서 전방에 자전거가 나타날 경우 인지 시점이 늦어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 40km/h의 경우 총 5회의 실험 중 두 번의 실험에서 모두 인지가 늦어 사고를 회피하지 못하였으며, 나머지 3번의 경우 충돌지점까지 차량을 완전히 정지시키지는 못하였지만 충분한 감속을 통해 자전거가 완전히 횡단한 뒤에 차량이 충돌지점을 지나감으로써 충돌을 회피한 것을 확인할 수 있었다. 기존 계획에서는 BCN-O-50km/h 역시 시험이 실시될 예정이었지만 제외된 것을 확인할 수 있는데, 이는 차량이 빠르게 움직이는 조건에서 충돌이 발생할 경우 더미의 파손으로 인한 비용적인 문제로 인해 해당 시험을 반복하기에 한계가 있으며, 또한 BCN-O-40km/h에서의 충돌여부 및 충돌시의 상대속도에 따라서 그 성능을 객관적으로 비교하기에 충분하다고 판단되어 평가 대상 시나리오에서 제외하였다.

다음으로 BCN-TL 및 BCN-TR의 경우 모두 충돌이 발생하지 않았지만 실제 데이터를 살펴보면 차량이

Table 3 Modified test scenario for cyclist autonomous emergency braking system

	BCN-U	BCN-O	BCN-TL	BCF-TR	BLD-50%	BLD-20%
Vehicle Speed	10~60kph	20~40kph	20kph	10kph	20~60kph	40~60kph
Cyclist Speed	15kph	15kph	15kph	15kph	15kph	15kph
Obstruction	X	O	X	X	X	X
Hit Point	50%	50%	50%	50%	50%	20%
# of Test	6	4	1	1	5	3

선회하기 전에 자전거가 시야에 들어와 인지되는 상태에서 선회하기 직전에 시야 밖으로 벗어나게 되며, 자동 비상제동장치가 작동하기 직전에 다시 인지되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 자전거가 다시 인지되는 시점에서 차량 역시 곡선주행을 하고 있기 때문에 차량 및 자전거의 거동을 모두 고려할 필요가 있다. 이에 따라 평가 대상 차량에 장착된 센서의 인지 범위와 인지 성능, 위험판단 알고리즘 등에 따른 성능평가 가능할 것으로 판단되었다.

다음으로 BLD의 경우 위에서 언급한 바와 같이 인지가 쉬운 장점이 있지만 자동비상제동장치의 충돌예측 성능에 따라 문제가 발생할 가능성이 있다. 특히 충돌 위치가 20%인 경우 전방 센서의 횡방향 위치오차에 따라 위험판단에 문제가 발생할 수 있으며, 이로 인해 작동 시점이 늦어지면 사고가 발생할 가능성 역시 존재하게 된다. 그러나 이러한 영향은 차량의 속도가 40km/h 이상으로 빠를 경우에 나타나게 되며, 실제로 차속이 20~30km/h인 경우 충돌위치가 50%인 경우와 제어 관점에서 크게 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 이에 따라 BLD-50%는 차량의 속도를 20~60km/h까지 수행하고, BLD-20%의 경우 크게 차이가 없는 저속영역을 제외한 40~60km/h까지 수행하는 것으로 세부 조건을 수정하였다.

### 5.3. 자전거 대상 성능평가 시나리오 제안

위와 같이 실차실험을 통해 보완된 최종 시나리오는 Table 3과 같다. 기존에 제안한 시나리오와는 BCN-O의 속도범위 및 BLD-20%의 속도 범위에서 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 자전거 대상 자동비상제동장치의 성능 평가를 위한 평가 시나리오를 제안하였다. 이를 위하여

본 논문에서는 기존의 연구에서 분석한 자료를 기반으로 자전거 사고 대표 유형을 선정하고, 각 사고 유형을 분석하여 평가 대상 사고 유형과 각 유형에 대한 세부 시나리오를 도출하였다. 또한 이렇게 도출된 세부 시나리오를 검증하기 위하여 실차실험을 실시하였으며, 이를 기반으로 평가 시나리오를 보완하였다.

이렇게 도출된 시나리오는 최종적으로 K-NCAP의 자전거 탑승자 대상 자동비상제동장치의 성능평가에 반영될 수 있을 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(16PTSI-C054118-08)과 2017년 BK21플러스 사업 그리고 the Institute of Advanced Machines and Design (IAMD) Seoul National University에 의하여 수행된 연구임.

## 참고문헌

- (1) 김태우, 박관우, 민경찬, 이경수, 2016, “거동예측 기반 VRU 대상 자동비상제동 알고리즘,” 대한기계학회 춘계학술대회.
- (2) Fredrikson, R., K. Fredriksson, and J. Strandroth, 2014, “Pre-crash motion and conditions of bicyclist-to-car crashes in Sweden,” International Cycling Safety Conference.
- (3) Richard Schram, Aled Williams, Michiel van Ratingen, Stephan Ryrgerg, Raimondo Sferco, 2015, “Euro NCAP’s first step to assess Autonomous Emergency braking (AEB) for Vulnerable Road Users,” Proceedings of 24th Enhanced Safety of Vehicles (ESV) conference. 2015.
- (4) Euro-NCAP, 2015, 2020 Roadmap: EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME, p. 15.

자전거 대상 자동비상제동장치의 성능평가 시나리오 개발

- (5) 김동준, 박재영, 2013, “[Theme 1] 국내 자전거 교통사고 현황과 특징,” 월간교통, pp. 6~12.
- (6) 김태우, 이경수, 민경찬, 이은덕, 2017, “자전거 탑승자 대상 자동비상제동장치의 성능평가 시나리오,” 자동차안전학회지, Vol. 9, No. 1, pp. 19~24.
- (7) 행정자치부, 도로교통부, 2016, 자전거 이용시설 설치 및 관리지침.
- (8) 경찰청, 2015, 도로교통법 2016.2.12. 시행, 19조.
- (9) 안전행정부, 2013, 자전거 교통사고행태분석을 통한 인프라 개선방안, 2013.12 발간, pp. 60~65.
- (10) T. Kim, K. Park and K. Yi, 2016, “Prediction based Advanced Emergency Braking for Vulnerable Road Users,” 13th International Symposium on Advanced Vehicle Control.