

도로 선형에 따른 사각지역 감시장치 평가에 관한 연구

이흥국* · 박환서* · 장경진* · 유승민**

A Study on the Assessment of Blind Spot Detection for Road Alignment

Hongguk Lee*, Hwanseo Park*, Kyungjin Chang*, Songmin Yoo**

Key Words : Blind spot detection(사각지역감시장치), Road alignment(도로선형), Road curvature(도로곡률), Advanced driver assistance system(첨단 운전 지원 시스템), recognition error(오인식)

ABSTRACT

Recently, in order to reduce traffic accident related fatalities, increasing number of studies are conducted regarding the vehicle safety enhancement devices. But very few studies about test procedures and requirements for vehicle safety systems are being carried out. Since BSD, as one of the most important safety features, is installed on a new vehicle, its performance test method has to be evaluated. Independent factors irrelevant to the device types including collision position, vehicle speed and closing speed are used to calculate test distance away from the current vehicle. Effect of roadway geometry as radius of curvature is introduced to propose possible misjudgement of following vehicle as adjacent one. The study results would be utilized to enhance the test procedure of BSD performance.

1. 서론

최근 기존의 시트벨트, 에어백과 같이 사고 발생 후 탑승자를 보호하는 수동안전시스템(Passive Safety System)에서 벗어나 사고 발생 전 단계에서 운전자의 운전부하를 감소시키는 지원 장치, 운전자에게 경고 또는 액츄에이터 작동을 통하여 사고를 예방하고, 그리고 충돌 회피 또는 완화를 통하여 사고 발생 시 운전자 상해 경감을 위한 능동안전시스템(Active Safety System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

첨단 안전 자동차(Advance Safety Vehicle)에 장착되어 안전운전을 지원하는 장치들을 첨단 운전 지원 시스템 (ADAS, Advanced Driver Assistant System)이라 하며, 대표적인 장치에는 적응 순항 제어장치

(ACC, Adaptive Cruise Control), 자동 비상 제동 장치(AEBS, Automatic Emergency Braking System), 차선 이탈 경고장치(LDWS, Lane Departure Warning System), 차선 유지 지원 장치(LKAS, Lane Keeping Assistance System), 추돌 감응형 머리지지대(AHR, Active Head Restraint), 조명 가변형 전조등(AFLS, Adaptive Front Lighting System), 사각지역 감시 장치(BSD, Blind Spot Detection) 등이 있다.

사고 예방, 사고 시 인적, 물적 피해의 감소를 목적으로 하는 첨단 운전 지원 시스템을 적용한 차량 비율이 증가하고 있으며, 소비자의 첨단 운전 지원 시스템에 대한 관심 또한 증가하고 있는 추세이다. 그리고 첨단 운전 지원 시스템 중에서 사고감소 효과가 큰 기술들은 범규화가 논의 되고 있는 실정이다.

첨단 운전 지원 시스템의 하나인 사각지역 감시 장치는 차선 변경 시 사고를 예방하여 안전도 향상에 효과가 크고, 미국 소비자 설문결과에서 높은 기대치를

* 경희대학교 기계공학과 대학원

** 경희대학교 기계공학과

E-mail : hongyi@khu.ac.kr

보이고 있다. 현재 시판되는 고급차량에 적용되고 있으며 적용 차량의 범위도 점차 확대 될 것이다. 따라서 국내 도로 조건에 따른 평가방법연구에 대한 검토가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 ISO 상의 직선도로 시험 조건에 따른 실험거리 및 선행차량을 지나쳐가는 시간을 알아보 고자 한다. 곡선부에서는 Fig. 1과 같이 도로 곡률반경에 따라서 상대차량이 자신의 차선을 정상적으로 운행하고 있으나 사각 지역 감시 장치의 감지범위 안에 차량이 위치하여 오감지가 발생할 가능성이 있으므로 감지범위에 따른 영향을 검토 하고자 한다.

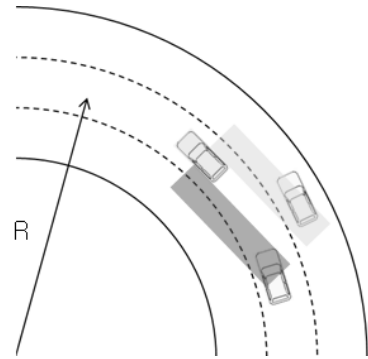


Fig. 1 Recognition error in roadway radius of curvature

2. 사각지역 감시 장치

사각지역 감시 장치는 첨단 운전 지원 시스템중의 하나이다. 사각지역 감시 장치는 Fig. 2에서 보는바와 같이 사각지역에 위치한 상대차량 및 접근 차량에 대한 정보를 제공하여 운전자의 편의성을 높이는 편의 장치이다. 그리고 운전자가 차선변경 의도를 가지고 있을 때 사각지역에 있는 차량 및 오토바이 등을 인지하지 못하고 차선을 변경함으로써 발생하는 사고를 미연에 방지하기 위한 안전장치이다.

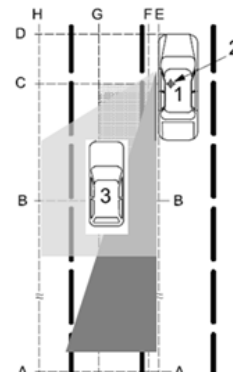


Fig. 2 Blind spot zone

2.1 사각지역 감시 장치 구조

사각지역 감시 장치의 구조는 Fig. 3와 같이 감지부, 위험 판단부, 경고부로 구성되어 있다. 센서를 이용하여 차량을 감지하고 차량속도와 감지된 차량의 모니터링 정보를 이용하여 위험 여부를 판단하고 위험시 여러 가지 방식의 경고 장치를 통하여 운전자에게 경고 한다.

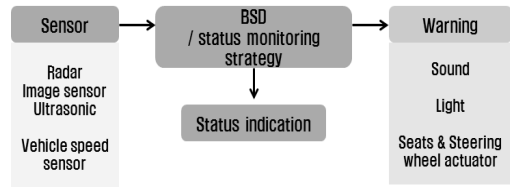


Fig. 3 Blind spot detection systems

사각지역의 물체를 확인하는 방식에는 사이드 미러의 구면 변경 또는 보조 미러를 이용하여 사각지역을 확인하는 방식 및 대형차량에 이용되는 초음파, 광학식 모니터링 시스템 그리고 광학필름을 이용한 방식 등 여러 가지가 있다. 그 중에서 사각지역 감시 장치의 센서로는 광학식과 레이더 방식이 주로 사용된다. 레이더를 이용하는 장치는 LCDAS(Lane change decision aid systems), RPC(Rear pre crash system) 등 여러 기능이 사각지역 감시 장치와 통합되는 추세이다.



Fig. 4 Warning signal device

사각지역에 상대차량이 위치하면 운전자에게 시각, 청각, 촉각을 통해 경고를 전달한다. 경고등은 보통 Fig. 4와 같이 사이드미러에 경고 표시되거나 차량 A

필라 내부에 설치되어 있다. 이외에 대쉬 보드의 경고등, 경고음, 핸들 및 시트진동을 이용하여 경고하기도 한다.

2.2 사각지역 감시 장치 감지범위

감지범위는 사용되는 센서의 방식에 따라 다르지만 ISO 17387:2008에서 정의된 감지범위를 기준으로 설정하였다.

ISO의 감지범위는 Fig. 5와 같이 adjacent zones과 rear zones으로 구성되어 있다. 1번은 사각지역 감시 장치가 부착된 차량이고 3번은 상대차량이다. adjacent zones과 rear zones의 차이는 영역 내에 상대차량이 진입할 때 경고 발생 여부로 구분된다. Fig. 5에서 adjacent zones에 상대차량이 위치하게 되면 반드시 경고를 발생시켜야 하는 영역이다. rear zones은 상대 차량이 위치하여도 사각지역 감시 장치에 따라 경고를 발생 하거나 또는 경고 발생을 하지 않을 수도 있다.

Fig. 5의 1번 차량 운전석에 표시된 2번은 감지범위 설정의 기준으로 95% eyellipse의 위치가 되며 이를 기준 위치로 감지 범위를 설정한다.

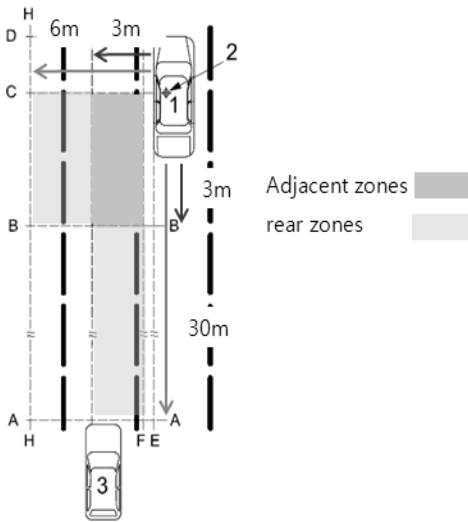


Fig. 5 Coverage zone of blind spot detection

Table 1 Design speed of road

도로의 구분		설계속도 (km/h)
도시지역	도시 고속도로	100
	주간선도로	80
	보조간선도로	60
	집산도로	50
	국지도로	40

Table 2 Design speed and lane width

도로의 구분		차로의 최소 폭(m)			
		지방지역	도시지역	소형차도로	
고속도로		3.50	3.50	3.25	
일반 도로	설계 속도	80이상	3.50	3.25	3.25
		70이상	3.25	3.25	3.00
		60이상	3.25	3.00	3.00
		60미만	3.00	3.00	3.00

3. 도로선형

3.1 도로의 설계기준

도로의 설계기준은 도로구조설계의 가장 기본이 되는 사항이며, 주요 설계기준으로는 도로구분, 설계속도, 기하구조 요소로서 평면곡선반경, 종단경사, 편경사, 시거, 종단곡선 변화 비율 등이 있으며, 횡단요소로 차도, 중앙분리대, 길 어깨 등이 있다.

도로의 선형 설계는 도로의 골격에 해당하며 기하학적 선이 평면적이면 평면선형, 종단적이면 종단선형 그리고 두 개가 조합된 3차원적인 선의 형상은 입체선형이라 한다.

도로의 평면선형은 주행의 안전성, 연속성을 주안점으로 하며 설계 속도에 따라 자동차가 주행하는데 무리가 없도록 직선, 원곡선, 완화곡선으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 사각지역 감시 장치의 감지범위가 도로의 기하학적 요소에 따른 영향을 알아보기 위해 기하구조 중 평면선형 요소만 고려하였다.

3.2 도로의 설계속도

설계속도는 도로의 기하구조를 결정하는데 기본이 되는 요소로 곡선반경, 편경사 및 시거와 관련이 있다. 차로 폭 및, 길 어깨 폭등 설계속도와 주행속도에 의해 결정된다. 설계속도는 Table 1의 도로의 구분에 따

Table 3 Roadway radius of curvature classification

Type	Maximum vehicle closing speed (m/s)	Minimum roadway radius of curvature (m)
A	10	125
B	15	250
C	20	500

라 기준 속도로 선정한다. 차로 폭은 도로의 설계속도 및 지역에 따라 Table 2의 값으로 한다.

4. 실험방법

4.1 인자선정

도로 선정은 ISO 17387상의 시험 속도가 72 km/h 이기 때문에 도로 설계속도 60 km/h 이상으로 선정한다. 차로 폭은 설계속도 기준으로 Table 2에서 가장 작은 3.0m으로 한다.

도로 선형은 평면선형 요소 중 직선도로와 곡선도로를 선정하였다. 곡선부의 도로 곡률은 ISO 17387상에는 Table 3과 같이 상대차량의 접근속도에 따라 세 가지 형태로 구분 하였다. 국내 도로의 설계속도에 따른 최소평면곡선 반경은 설계속도 60 km/h일 때 130 m이다. 이외에 도로의 구간에 따라며 다른 설계기준을 적용한다. 인터체인지 구간은 본선 설계속도 60 km/h 일 때 250 m이며, 70 km/h일 때 350 m이다. 유출로의 경우 설계속도 70 km/h 일 때 140 m이고, 60 km/h인 경우 110 m이다.

국내 도로의 기준이 ISO 17387과 큰 차이가 없으므로 도로 곡률은 125 m, 250 m, 500 m로 선정한다.

차량은 쏘렌토 이며, 차량제원은 Fig. 6와 같다.

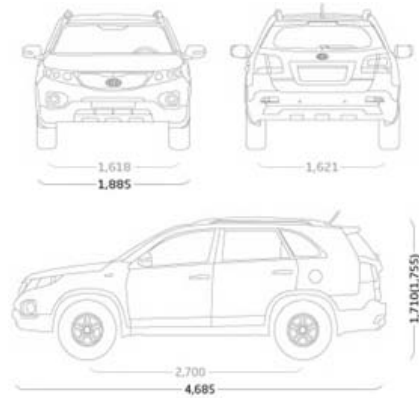


Fig. 6 Specification of vehicle

Table 4 Vehicle speed and collision position

Vehicle speed (m/s)	Closing speed (m/s)	Collision position (m)
20	1~3	230~630
21	1~3	240~660
22	1~3	250~690
23	1~3	260~720
24	1~3	270~750
25	1~3	280~780
26	1~3	290~810
27	1~3	300~840
28	1~3	310~870

5. 실험결과

5.1 직선도로

ISO 17387상에서 분류한 접근차량 속도에 따른 유형(Table 2)의 접근속도 기준으로 충돌까지 걸리는 시간(TTC, Time to collision)은 Fig. 7과 같다.

사각지역 감시 장치의 경고 시험에서 차량의 초기 위치는 선행차량 후방 30m이다. 두 대의 차량이 최저 초기속도 20 m/s 로 주행한다. 30 m 지점 이후에 후방에서 접근하는 차량이 1~3 m/s 의 상대속도로 접근하게 된다. 두 개의 차량이 충돌하는 지점까지의 거리 값은 Table 4와 같다.

초기 시험 속도까지의 가속구간을 제외하면 사각지역 감시 장치 시험에서 직선 구간 필요거리는 최소 230~870m가 필요한 것을 알 수 있다.

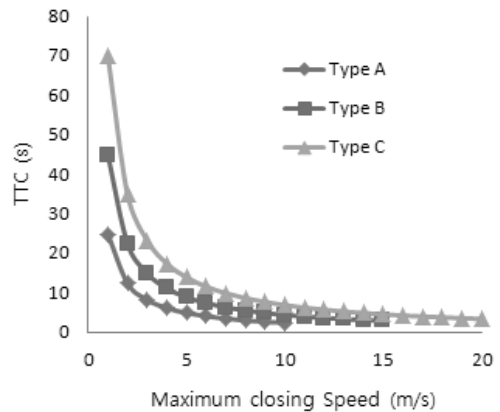


Fig. 7 TTC and closing speed

5.2 곡선 도로의 영향

곡선 도로의 곡률반경에 따른 오감지 발생 가능 영역은 사각지역 감시 장치의 감지범위를 토대로 종 방

향과 횡 방향에 따라 구분할 수 있다.

오감지 발생 가능 영역은 Fig.1 과 같이 1번 차량이 주행하는 차로의 곡선부와 사각지역 감시 장치의 감지 영역이 교차되는 면적 값으로 계산한다.

사각지역 감시 장치의 종 방향 감지범위의 거리 값이 증가함에 따라서 오감지 영역의 비율은 차량 좌측 감지영역의 경우, Fig. 8에서 보는 바와 같이 10m 이후에서 급격하게 증가하게 되는 것을 알 수 있다. 우측의 경우에는 Fig. 9에 나타난 것과 같이 종 방향 거리 15m 이후에 급격하게 증가하게 된다.

도로의 기하학적 방향과 관련하여 Fig. 8, 9의 결과를 토대로 도로의 진행 방향이 좌로 굽은 도로의 오감지 발생 가능 영역은 차량 좌측 부분에서 오감지로 인한 경고 발생할 가능성이 큰 것을 알 수 있다. 우측으로 굽은 도로는 반대의 결과가 나타날 것을 알 수 있다.

차량 좌, 우측에서 공통적으로 차량 감지 범위의 종 방향 거리 값이 어느 정도 지나면 급격하게 오감지 영역이 증가한다. 이를 통해 곡선 도로의 곡률 반경 값에 따른 사각지역 감시 장치의 종 방향 감지범위의 한계 값을 설정할 수 있을 것이다.

횡 방향에서는 사각지역 감시 장치의 횡 방향 감지 범위의 거리 값이 증가함에 따라서, 오감지 영역의 비율은 차량 좌측 감지영역의 경우 Fig. 10에서 보는 바와 같이 3.0m 이후에서 매우 급격하게 증가한다. 그리고 우측의 경우에는 Fig. 11에서 오감지 발생 가능성이 없다가 우측 횡 방향 거리 3.0m에서 차량 좌측과 같은 비율로 급격하게 증가하게 된다.

이러한 결과는 차로 폭 3.0m 이후에서는 2개 차로 옆 차량이 진행하는 위치에 횡 방향 감지범위가 설정되어 있기 때문에 나타나는 결과이다.

횡 방향 좌측과 우측을 비교하면 좌측은 거리 1m에서 5% 정도의 오감지 영역 비율 값을 갖고 3.0m까지 감소하다 이후에는 우측과 동일한 경향을 보인다. 횡 방향 좌측 부분에서 나타나는 초기 오감지 가능성은 도로의 진행방향이 좌로 굽은 도로이기 때문에 나타나는 결과이다.

사각지역 감시 장치의 횡 방향 감지범위를 큰 값으로 설정하게 되면 잦은 오경고가 발생할 수 도 있다는 것을 알 수 있다.

사각지역 감시 장치의 동일한 감지 범위에서 곡선 도로의 곡률반경이 증가하면 오감지 발생 가능 영역은 감소하며, 곡률반경 값이 감소하면 오감지 발생 가능 영역은 증가하게 된다.

Table 5는 곡선 도로의 곡률반경에 따른 오감지 발생 가능 영역이 증가하기 시작하는 지점에서의 한계거리 및 그 위치에 차량이 위치하였을 때의 선행차량과 상대차량의 차간거리 값을 나타내고 있다.

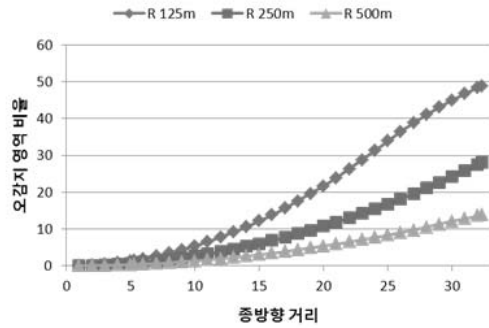


Fig. 8 Longitudinal recognition error zone rate of left side

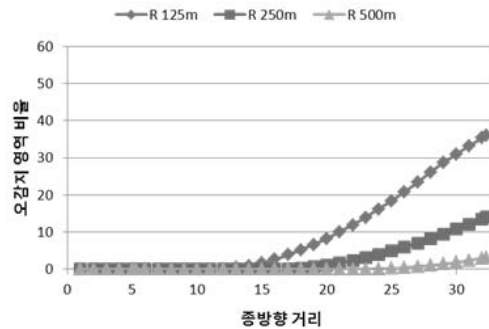


Fig. 9 Longitudinal recognition error zone rate of right side

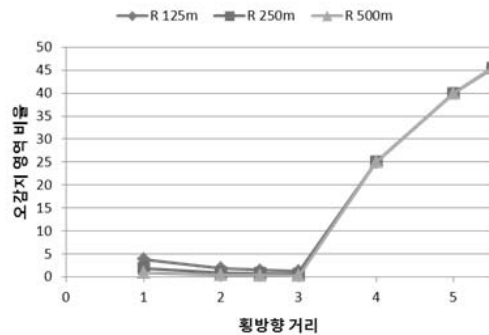


Fig. 10 Lateral recognition error zone rate of left side

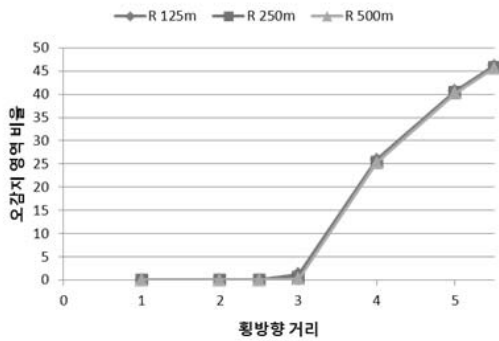


Fig. 11 Lateral recognition error zone rate of right side

Table 5 Curvature of the road and the normal recognize limitations

units (m)	roadway radius		
	R125	R250	R500
Vehicle distance	4.43	9.05	15.58
Normal recognition threshold distance	8.82	13.47	20.03

6. 결론

본 연구에서는 센서의 종류에 따른 환경변수를 제외하고 ISO 17387:2008 의 시험조건과 국내도로 조건에 대한 검토를 통하여 BSD센서 감지범위와 도로기하조건에 따른 영향을 파악하여, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 사각지역 감시 장치의 시험 평가에 영향을 미칠 수 있는 도로 선형과 관련 인자들을 살펴보고, 이를 이용하여 평면선형 설계 요소 중 직선부와 곡선부에서의 평가 요소를 분석하였다.
- 2) 직선도로에서 접근속도를 기준으로 충돌까지의 걸리는 시간을 살펴보고 사각지역 감시 장치 시험에서 직선 구간 필요 거리를 계산하였다.
- 3) 사각지역 감시 장치의 감지범위와 도로 곡선부의 곡률반경에 따른 오감지 발생 가능 범위의 경향을 살펴보았다.

- 4) 곡률 반경 값에 따른 사각지역 감시 장치의 종방향 감지범위의 한계 값을 통하여 오감지 발생 가능성이 적은 감지범위를 설정 할 수 있으며, 이는 사각지역 감시 장치의 오경보를 감소시켜 장치의 효용성을 높일 수 있을 것이다.
- 5) 사각지역 감시 장치 성능평가에 적합한 곡선도로의 곡률반경 선정의 근거를 마련하였으며, 곡선부에서 오인식 가능성이 존재하므로 곡률 크기에 따른 오경보 발생 여부를 사각지역 감시 장치 성능평가 항목으로 제안하고자 한다.

후 기

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원의 연구비지원(11PTSI-C054118-03)으로 수행된 연구임.

참고문헌

- (1) Jochen. Teizer and Ben S. Allread,, 2010, "Automating the blind spot measurement of construction equipment," Automation in Construction, Vol. 19, pp. 491~501.
- (2) S. J. Choi, 2010, "Test Procedures of Lane Departure Warning System for Passenger Car - Road and Ambient Conditions and Test Procedures", Auto Journal, Vol. 32, No. 6, pp. 27~33.
- (3) 한국도로공사, 2009, "도로설계요령".
- (4) M. K. Kim, S. h. Son, "A Study on Test and Evaluation Method of LDW/BSO," KSAE Annual Conference.
- (5) ISO 17361 Intelligent transport systems - Lane departure warning systems - Performance requirements and test procedures, 2007.
- (6) ISO 17387 Intelligent transport systems - Lane change decision aid systems (LCDAS) - Performance requirements and test procedures, 2008.