

자동차 측면 충돌 안전도 평가 분석

신재호* · 용기중**

Safety Evaluation of Korean New Car Assessment Program - Side Impact

Jaeho Shin*, Gee Joong Yong**

Key Words : New car assessment program(자동차 안전도 평가), Side impact(측면 충돌), Pole side impact(기둥 측면 충돌), Head injury value(머리 상해치), Thorax injury value(가슴 상해치)

ABSTRACT

The number of vehicle accidents related to the side impact has increased since 1990 in Korea, thus the side impact test has been performed as one of the major vehicle evaluations of the Korean New Car Assessment Program(KNCAP) in 2003. A total of 77 vehicles of eight different types(compact, small, semi-midsize, midsize, and large sedans and small, midsize, and large sports utility vehicles) were tested in side impact and side pole impact conditions. In this study, the head and thorax injury values(HICs and chest deflections) of the side impact tests performed between 2003 and 2013 were investigated in terms of vehicle type, test year, and test condition. The recent vehicles showed better safety performances(lower injury values) and similar injury patterns were obtained between side impact and pole side impact tests.

1. 서론

우리나라 자동차 산업의 발전으로 자동차의 성능과 안전도는 크게 향상되었지만, 자동차 1만대당 사상자는 OECD 가입국 중 최하위권에 머물고 있는 실정이다. 대부분의 선진국은 이미 1970년대부터 자동차 안전에 관한 조사 연구 및 승객 보호를 위한 다양한 안전 기준을 제정하는 등 자동차 교통사고 시 승객과 보행자의 보호를 위한 많은 노력을 기울이고 있다⁽¹⁾. 우리나라에서도 자동차 안전도 평가(NCAP, New Car Assessment Program)제도로 각종 자동차 충돌/충격 시험 등을 통하여, 국내 판매되고 있는 자동차의 안전성을 평가하고 그 결과를 공개하고 있다. 자동차 안전

도 평가는, 자동차 제작사가 보다 안전한 자동차를 생산/판매하도록 유도하며, 자동차 구매자와 운전자 등에게 보다 다양한 자동차 안전 정보를 제공하여, 도로 교통사고로 인한 재산 및 인명 피해 감소에 기여하고 있다. 전 세계적으로 도로 교통사고로 인한 사회적 손실 증대는 큰 사회 문제로 인식되고 있으며, 2011년도에 UN은 '도로 교통안전 10개년(2011-2020) 계획'을 발표하면서 교통사고 사망자 감소목표를 달성하기 위한 5대 과제를 설정하고 자동차 분야의 안전성 향상을 위해 자동차 안전도평가 제도 확산을 유도하고 있다⁽²⁾. 도로 교통사고 사망자가 많이 발생하고 있는 우리나라 역시 교통사고 사망자수의 감축과 자동차 안전성을 향상시키기 위한 자동차 안전도 평가(NCAP) 결과를 적극 홍보 및 자동차 안전 정책에 반영하고 있다^(3,4,5).

도로 교통사고 통계에서, 측면충돌사고는 정면충돌 사고 다음으로 빈번히 발생하는 사고유형으로써 미국은 1980년대 중반 이후, 유럽은 1990년대 중반 이후

* 경일대학교 기계자동차학부

** 경일대학교 기계자동차학부, 교신 저자

E-mail : jhshin@kiu.kr

측면충돌 사고유형에 대한 다양한 연구 및 안전 기준 제정에 노력을 기울이고 있다. 자동차 측면은 전면부에 비해 충돌에너지를 흡수할 수 있는 구조물 설계의 제한이 있으며, 승객과 자동차사이에 제한된 공간으로 인해서 승객의 치명적 상해가 나타날 수 있다^(6,7,8).

최근의 우리나라 도로 교통사고 현황은 2012년 기준으로 교통사고 발생 223,656건, 사망자 5,392명, 부상자 344,565명으로 보고되고 있으며, 사고유형별 교통사고 사망자 현황은 차대사람 1,997명, 차대차 2,156명, 자동차 단독 1,256명, 건널목 3명 등으로 분석되었다⁽²⁾.

또한 1990년-2012년 기간 동안 차대차 사망사고의 유형별 사망자수는 사고 100건당 정면충돌, 7.5명, 측면충돌, 1.8명, 진행 중 추돌, 1.9명, 주정차 중 추돌, 1.3명, 및 기타, 2.3명으로 나타났으며⁽⁹⁾(Fig. 1 참조), 측면충돌사고에 의한 사망자수는 정면충돌에 의한 사망자수에 이어서, 진행 중 추돌사고에 의한 사망자수와 유사한 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 우리나라 교통사고 통계분석에서 교통사고 사상자가 많이 발생하고 있는 사고 유형의 하나인 측면충돌사고 시 승객보호를 위한 우리나라 자동차 측면충돌 안전도 평가 방법 및 차종과 연도 별 시험 결과를 분석하여 우리나라 자동차 안전도 평가의 효과를 알아보았다.

2. 측면충돌 시험

2.1. 측면충돌 평가시험

측면충돌 평가시험은 측면충돌 측 운전자석에 측면충돌용 인체모형이 착석된 시험 대상차를 55 km/h, 속도의 이동 대차(일반 승용차의 전면부 형상과 기계적

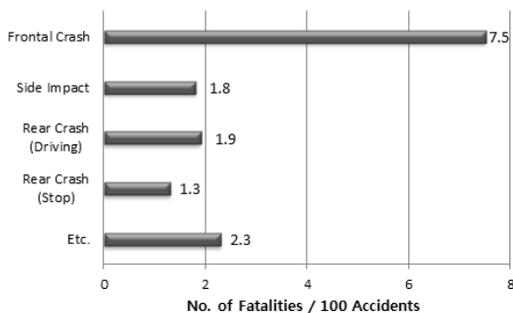


Fig. 1 Number of fatality per 100 accidents according to fatality types of vehicle to vehicle accidents from 1990 to 2012⁽⁹⁾

특성을 갖춘 측면충돌용 대차)가 정지해 있는 시험 대상차의 측면에 수직으로 충돌되는 조건이다(Fig. 2 참조). 측면충돌용 인체모형은 키 178 cm, 체중 72 kg의 EuroSID-2 인체모형이며, 머리, 흉부 등에 충돌 시 가속도 값과 변위량을 측정할 수 있는 센서가 장착되어 있다. 측면충돌시험 후의 인체 모형의 상해 측정 부위는 머리, 흉부, 흉추, 등판, 복부, 골반 등이며, 각 부위별 측정값을 근거로 4.0 점의 만점을 기준으로 총 상해 평가 점수를 산출하며, 흉추와 등판의 경우 측정값에 따라 감점될 수 있다⁽¹⁰⁾. 또한 측면충돌 시, 자동차 구조의 평가를 위해 충돌 시 문 열림 여부와 충돌 후 문 열림 용이성과 연료누출 여부에 대해 평가한다.

2.2. 기동측면충돌 평가시험

기동측면충돌 평가시험은 충돌 측 운전자석에 측면충돌용 인체모형이 착석된 시험 대상차를 29 km/h 속도로 기동 형상의 고정된 강체 구조물에 충돌시켜 측면충돌용 인체모형에서 측정된 머리의 가속도 값을 측정하여 상해등급을 평가하는 시험이다⁽⁸⁾(Fig. 3 참조). 기동측면충돌 평가시험에서는 측면충돌 평가시험에서 사용되는 EuroSID-2 인체모형을 사용하며, 측면충돌 평가시험과 동일하게, 충돌 시 문 열림 여부와 충돌 후 문 열림 용이성과 연료누출 여부에 대해 평가한다.

2.3. 측면충돌 평가대상 자동차

자동차 안전도 평가 시행 초기(2003-2005)와 2009년 이후, 측면충돌 안전도 평가가 수행된 총 41대의 자동차를 차량의 크기로 분류를 하면, 소형 승용, 준준형 승용, 중형 승용, 중형 레저 차종으로 구분되며, 각 차종별로 제조사가 다른 3대 이상의 자동차가 시험/평가되었으며, 두 시기의 차종 별 안전도 결과를 분석하였

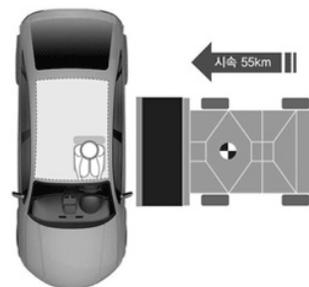


Fig. 2 Conceptual drawing of Korean NCAP side impact test⁽¹⁰⁾

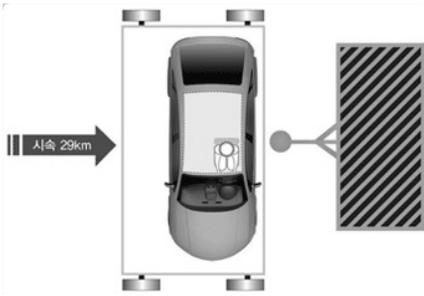


Fig. 3 Conceptual drawing of Korean NCAP pole side impact test⁽¹⁰⁾

다(Table 1 참조). 2009년 이후로는 총 13대의 경형 승용, 소형 레저, 대형 승용, 대형 레저 자동차의 측면충돌 안전도 평가가 이루어졌으며(Table 2 참조), 각각의 승객 상해치를 분석 하였다. 한편, 기둥측면충돌 안전도 평가는 2010년부터 수행되었으며, 총 8 차종(경형 승용, 소형 승용, 준중형 승용, 중형 승용, 대형 승용, 소형 레저, 중형 레저, 대형 레저)의 23대 자동차의 기둥 측면충돌 시험이 수행되었고(Table 3 참조), 본 연구에서 각각의 승객 상해치를 분석하였다.

3. 측면충돌 시험결과 및 분석

3.1. 측면충돌 평가시험 결과

측면충돌 안전도 평가가 이루어진 네 가지 차종(소형 승용, 준중형 승용, 중형 승용, 중형 레저 자동차)에 대해서 자동차 안전도 평가 시행 초기(2003-2005)와 2009년부터 나누어 평가 시기 별 평균 승객 안전도(머리 및 가슴 상해치)를 비교 하였다. Fig. 4는 2004년(자동차 안전도 평가 시행 초기)과 2010년에 각각 수행된 중형 승용 자동차의 측면충돌 시험 모습을 보여주고 있다. 측면충돌 승객 안전도의 비교에 있어서, 머리 상해치의 경우 자동차 크기가 클수록 상해치가 대체적으로 감소되는 경향을 보였으며, 2009년 이후 최근의 수행된 안전도 평가 결과에서 전 차종에 걸쳐서 머리 상해치가 감소되는(승객 안전도가 향상되는) 것으로 나타났다(Fig. 5 참조). 측면충돌 시험 후의 자동차 측면부의 변형 모습은 Fig. 6에서 보여주고 있으며, 2010년에 평가된 중형 승용 자동차의 측면 부가 2004년에 평가된 중형 승용 자동차의 측면 부에 비해 변형 형상이 양호한 것으로 나타나, 차량 측면부의 차체 강

성도가 개선된 것으로 파악되었다. 평가 시기 별 가슴 상해치의 비교에 있어서, 머리 상해치의 비교 분석과 유사하게 중형 레저 자동차를 제외한 세 차종에서 가슴 상해치의 뚜렷한 감소 경향이 나타났다. 차종에 따른 평가 시기 별 상해치의 비율은, 중형 승용차의 머리 상해치와 소형 승용 자동차의 가슴 상해치가 가장 작은 비율로 계산되어, 상해 감소율이 가장 큰 것으로 계산되었다(Table 4 참조). 2009년 이후로 실시된 경형 승용, 소형 레저, 대형 승용, 대형 레저 자동차의 측면충돌 시험결과를 토대로 소형 및 대형 레저 자동차의 승객 안전도가 우수한 것으로 파악되었으며, 대형 승용 자동차의 경우, 중형 승용 자동차 승객의 상해치보다 다소 높게 나타났다(Fig. 8 참조).

Table 1 Side impact test vehicles in 2000s-2010s

| Test Vehicles | 2000s | | 2010s | |
|---------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| | Year | No. of Vehicles | Year | No. of Vehicles |
| Small Sedan | 2003 | 4 | 2011-2012 | 3 |
| Semi Midsize | 2003-2004 | 5 | 2009-2013 | 9 |
| Midsize Sedan | 2004-2005 | 4 | 2009-2013 | 7 |
| Midsize SUV | 2004-2005 | 3 | 2010-2013 | 6 |

Table 2 Side impact test vehicles in 2009-2013

| Test Vehicles | 2010s | |
|---------------|-----------|-----------------|
| | Year | No. of Vehicles |
| Compact Sedan | 2010-2011 | 3 |
| Small SUV | 2013 | 1 |
| Large Sedan | 2009-2012 | 7 |
| Large SUV | 2012-2013 | 2 |

Table 3 Pole side impact test vehicles in 2010-2013

| Test Vehicles | 2010s | |
|---------------|-----------|-----------------|
| | Year | No. of Vehicles |
| Compact Sedan | 2012 | 1 |
| Small Sedan | 2011-2012 | 2 |
| Semi Midsize | 2010-2013 | 5 |
| Midsize Sedan | 2010-2012 | 5 |
| Large Sedan | 2010-2012 | 5 |
| Small SUV | 2013 | 1 |
| Midsize SUV | 2013 | 2 |
| Large SUV | 2012-2013 | 2 |



(a) Midsize sedan tested in 2004



(a) Midsize sedan after side impact test(2004)



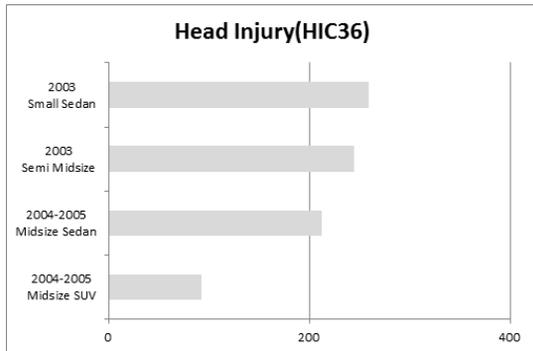
(b) Midsize sedan tested in 2010



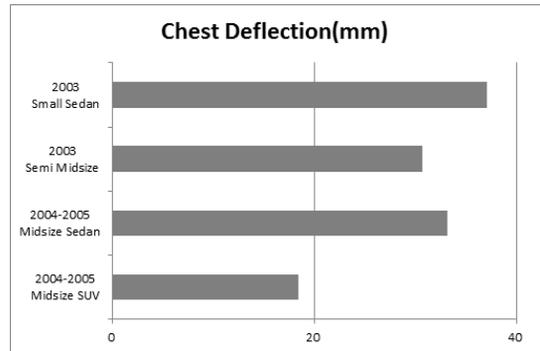
(b) Midsize sedan after side impact test(2010)

Fig. 4 Photographs of midsize sedans(2004 and 2010) during side impact tests⁽¹⁰⁾

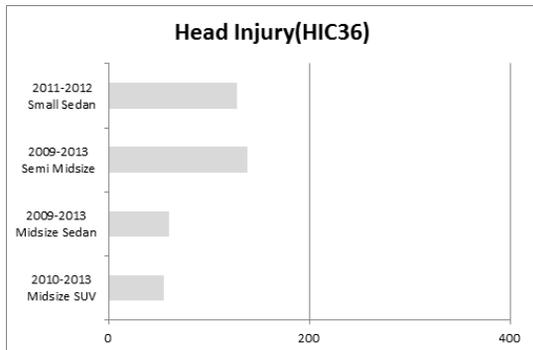
Fig. 6 Photographs of midsize sedans(2004 and 2010) after side impact tests⁽¹⁰⁾



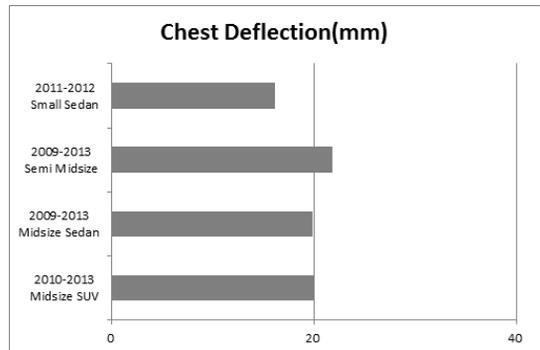
(a) Head injury values of vehicles tested in 2003-2005



(a) Thorax injury values of vehicles tested in 2003-2005



(b) Head injury values of vehicles tested in 2009-2013



(b) Thorax injury values of vehicles tested in 2009-2013

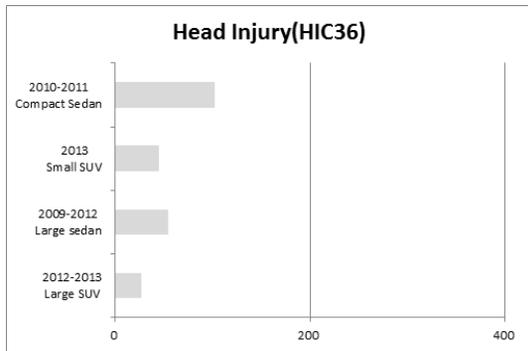
Fig. 5 Head injury values of small sedan, semi midsize sedan, midsize sedan, and midsize sports utility vehicle in side impact tests between 2000s and 2010s

Fig. 7 Thorax injury values of small sedan, semi medium sedan, medium sedan, and medium sports utility vehicle in side impact tests between 2000s and 2010s

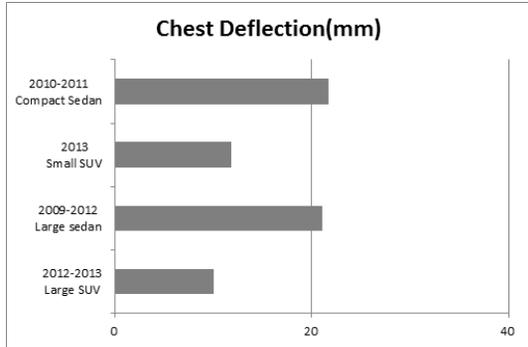
Table 4 Head and thorax injury comparison of small sedan, semi midsize sedan, midsize sedan, and midsize sports utility vehicle between 2000s and 2010s

| Test Vehicles | Years | Head Injury | Thorax Injury |
|---------------|-------------------------|-------------|---------------|
| Small Sedan | (2011-2012)/(2003) | 49 % | 43 % |
| Semi Midsize | (2009-2013)/(2003-2004) | 57 % | 71 % |
| Midsize Sedan | (2009-2013)/(2004-2005) | 28 % | 60 % |
| Midsize SUV | (2010-2013)/(2004-2005) | 60 % | 108 % |

측면 중앙부의 국부적인 변형 모습을 볼 수 있다. 측면충돌과 기둥 측면충돌 시험에서 측정된 머리와 가슴 상해치를 각 차종 별로 비교하였다. 대형 레저 자동차를 제외한 7 차종의 기둥 측면충돌 시험에서 측정된 차종 별 상해치 경향은 측면충돌 시험에서 측정된 차종 별 상해치 경향과 매우 유사하여 측면충돌 시험 결과의 상호 연관성이 큰 것으로 분석되었다(Fig. 10, 11 참조). 대형 레저 자동차의 경우 측면충돌 안전도 평가의 차종별 비교에서 타 차종보다 최소 머리 상해치가 계산되었으나, 기둥 측면충돌 안전도 평가에서는 최대의 머리 상해치가 계산되었다(Fig. 11 참조).



(a) Head injury values of vehicles tested in 2010-2013



(b) Thorax injury values of vehicles tested in 2010-2013

Fig. 8 Head and thorax injury values of compact sedan, small sports utility vehicle, large sedan, and large sports utility vehicle in side impact tests(2010-2013)

3.2. 기둥 측면충돌 평가시험 결과

2010년부터 시행된 기둥 측면충돌 안전도 평가 시험 결과 중에, 총 8 차종의 승객 상해치를 분석하였다. Fig. 9는 중형 승용 및 중형 레저 자동차의 기둥측면충돌시험 모습을 보여주고 있으며, 기둥 충돌에 의한



(a) Midsize sedan(2010) (b) Midsize SUV(2013)

Fig. 9 Photographs of midsize sedans(2004 and 2010) after pole side impact tests⁽¹⁰⁾

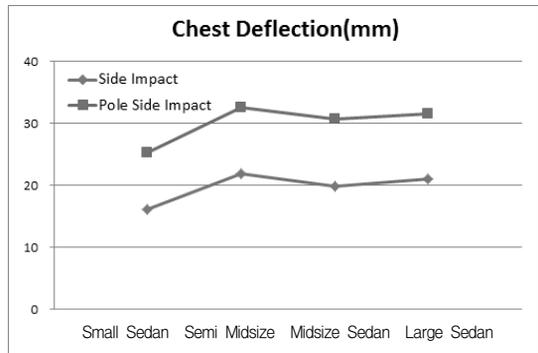
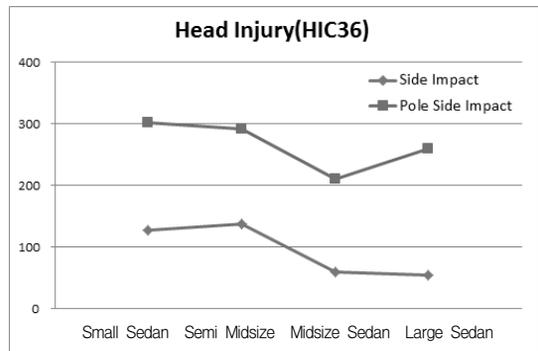


Fig. 10 Head and thorax injury values of small sedan, semi midsize sedan, midsize sedan, and large sedan in side impact and pole side impact tests(2009-2013)

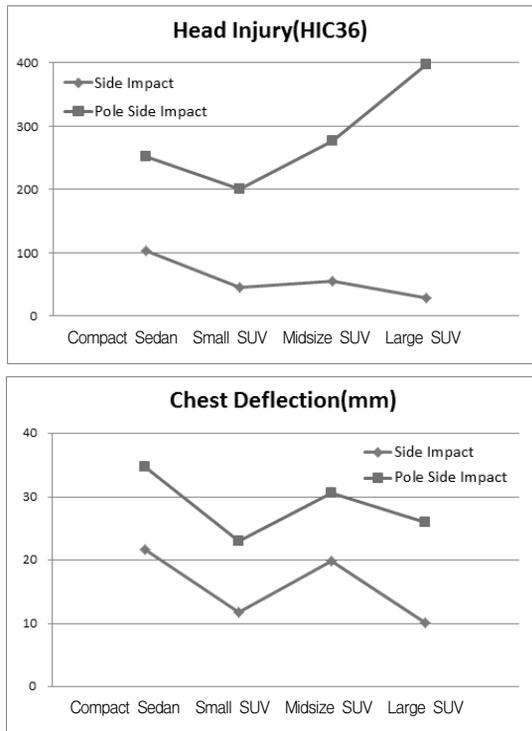


Fig. 11 Head and thorax injury values of compact sedan, small sports utility vehicle, midsize sports utility vehicle, and large sports utility vehicle in side impact and pole side impact tests in 2009-2013.

4. 결론

본 연구를 통해 측면충돌사고 시 승객보호를 위한 자동차 측면충돌 안전도 평가 방법 및 차종과 연도 별 승객 상해치를 상호 비교하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 자동차 안전도 평가 시행 초기와 최근 시행된 안전도 평가 결과의 차종 별 비교를 통해, 전반적으로 승객 상해치가 감소(자동차 안전도가 향상)된 것으로 분석되었으며, 중형 승용 자동차의 머리 상해치는 최대 72% 감소되었다.
- 2) 자동차 크기와 구조에 따른 총 8 차종의 승객 상해도 분석을 통해서 자동차의 크기가 큰 대형 자동차의, 승용 자동차 보다는 레저 자동차의, 승객 안전도가 우수한 것으로 분석되었다.
- 3) 대형 레저 자동차의 승객 상해도를 제외한 총 7 차종의 측면충돌과 기동측면충돌 승객 상해도 비교에서 차종에 따른 두 시험결과의 연관성이 매

우 높은 것으로 나타났다.

- 4) 자동차 안전도의 지속적인 향상을 위한 자동차 안전도 평가결과의 면밀하고 다양한 분석이 필요하며, 추가적으로 복부 및 하지의 상해치와 차체의 변형량, 승객 보호 장구 등에 관한 다각도의 분석이 요구된다. 자동차의 크기에 따른 승객 상해치의 비교 분석 뿐만 아니라, 자동차 총 중량과 운동량 보존법칙을 고려한 승객 상해도 연구의 필요성이 사료된다. 또한 자동차 실사고 데이터와 안전도 평가결과와의 비교 분석으로 안전도 평가의 실질적인 효과 분석 및 충돌시험방법 개선 등이 요구된다.

참고문헌

- (1) 김규현, 1995, “측면충돌시 승객보호 기준에 관한 연구”, 대한기계학회지, Vol. 35, No. 6, pp. 525-541.
- (2) 이재완, 김용원, 2014, “우리나라 자동차 안전도평가 현황 및 향후 계획”, Auto Journal, pp. 14-19.
- (3) 임재문, 김규현, 송진화, 석주식, 황덕수, 2006, “KNCAP 측면충돌시험 결과 고찰”, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, pp. 1256-1260.
- (4) 이동준, 임재문, 2011, “2010년 신차 안전도평가의 충돌안전 종합등급제 도입에 대한 분석”, 자동차안전학회지, Vol. 3, No. 1, pp. 39-44.
- (5) 이동준, 최영태, 이광원, 임재문, 2011, “2011 KNCAP 측면충돌 및 기동측면충돌 시험결과 고찰”, 자동차안전학회지, Vol. 3, No. 2, pp. 22-27.
- (6) 허훈, 김기풍, 임지호, 진영술, 한수식, 이영우, 이기수, 2001, “TRIP 강을 적용한 차체 구조물의 측면충돌 해석 및 평가”, The 10th Steel Symposium, pp. 177-186.
- (7) Kahane, Charles Jesse, 1982, “An Evaluation of Side Structure Improvements in Response to Federal Motor Vehicle Safety Standard 214”, National Highway Traffic Safety Administration.
- (8) 윤영환, 1992, “측면 충돌시 승객보호와 차체해석용 모델”, 한국자동차공학회 학술강연초록집, pp. 15-22.
- (9) 도로교통공단 교통사고 통계검색, <http://taas.koroad.or.kr>.
- (10) 자동차안전도평가 결과, <http://www.car.go.kr>.