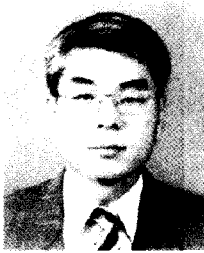


에어백의 효용성과 신뢰도

Evaluation of Airbag Effectiveness and Reliability by the Frontal Sled Test

윤영한 / Young Han Youn
한국기술교육대학교 교수
Korea University of Technology



홍승준 / Seung Jun Hong
삼성화재부설 교통안전문화연구소
Samsung Traffic Safety Research Institute



1. 에어백 평가시험의 배경

전 세계적으로 도로에서 발생하는 교통사고로 인해 매년 1백만명 이상의 사망자와 약 3천8백만명의 부상자가 발생하고 있다. 특히 이들 부상자중 약 5백만명은 중상에 해당되는 상해를 입으며 도로에서 발생하는 사고로 인한 사상자 수는 연령 15세에서 44세 사이의 사망과 부상 원인 중 첫번째 항목을 차지하여 자동차 사고로 인한 재산적, 사회적 손실이 각 국별로 큰 사회적 문제로 커가고 있는 실정이다.

각국에서는 사고를 사전에 방지하고 또한 사고시에도 피해를 최소화하기 위하여 법으로 자동차에 대한 안전 규정을 제정하여 제작사로 하여금 안전을 위한 최선의 노력을 기울이도록 유도하고 있다. 특히 미국이 주도로 하여 안전벨트, 에어백 등의 의무화는 많은 효과를 보여주고 있다.

그러나 이러한 안전법규상의 시험 등은 시험의 한계

성 즉 대표성, 제현성의 제한적인 문제로 인해 성인남자를 대표하는 50%tile Hybrid Dummy에 초점이 맞추어져 이의 인체의 유사상을 개발하는데 주력하였다고 해도 과언은 아니다. 그러므로 자동차 제작자들은 정해진 법규라는 틀 속에서 차량의 안전성을 향상시키기 위해 주력하였으므로 실제 도로상에서 발생하는 사고시에 그 피해를 줄이는데는 실험실과 같은 비율로 효과를 보지 못했다는 비판이 있다.

특히 여성운전자의 증가는 사회적인 추세이므로 50%tile 성인남자 Dummy로 개발된 차량에 여성 운전자의 안전성에 대한 연구가 최근 미국을 중심으로 진행되어 그 결과 남성과 비교시 큰 상해 가능성이 있다는 결과를 발표하고 있다.

미국의 NHTSA가 성인남자와 체구가 작은 여성 Dummy를 사용하여 법규시험 속도인 35mph (56kph)의 충돌속도로 서로 다른 차량을 이용하여 총 10회의 실험을 실시하였다. 특히 에어백의 폭발력에

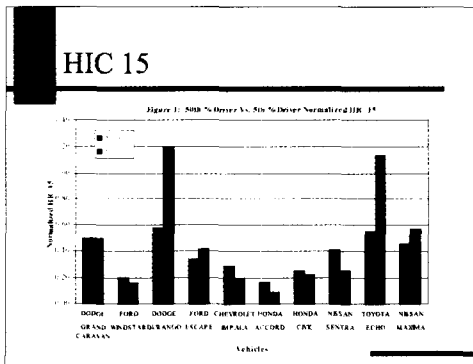
대한 영향 또한 검토하기 위하여 Dual Stage 및 Single Stage 형태의 에어백을 동시에 검토하였다.

아래의 그림에서 보는바와 같이 50%tile 더미와 5%tile 더미 사이에는 HIC가 크게 차이가 남을 알 수 있다. 특히, Single Stage 형태의 에어백에서는 에어백의 폭발력이 상대적으로 강하여서 머리의 상해치가 높게 나타난다. 50%tile과 비교시 Single Stage 에어백에서는 HIC가 크게는 2배정도 나타남을 알 수 있다.

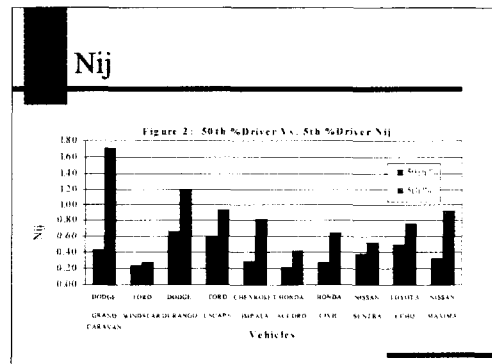
이는 대부분의 교통사고시 치명적인 상해를 입는 부위가 머리가 가장 많다는 통계를 볼 때, 안전을 이유로 구매한 에어백이 여성 운전자에게는 남성 운전자보다는 큰 효과를 발휘하지 못하고 있다.

고 하여도 치명적인 후유증이 복합적으로 발생할 가능성이 체구가 작은 여성 운전자인 5%tile 더미에서는 나타나고 있다.

한편, 상해지수 중에서 또 하나 중요한 인자인 가슴 가속도값은 50%tile 이나 5%tile 더미에서나 크게 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 일반적으로 에어백이 머리를 잘 보호하여 HIC값이 낮게 나타나면 가슴가속도가 높게 나타나는 상관관계를 가지고 있는 특성상 여성 운전자 및 탑승자의 HIC가 NHTSA의 실험에서 높게 나타났기에 그 원인이 있다고 본다. 또한 가슴은 주로 시트벨트가 일차적으로 보호 구속하여 주기 때문에 에어백의 영향은 이차적이라고 본다.



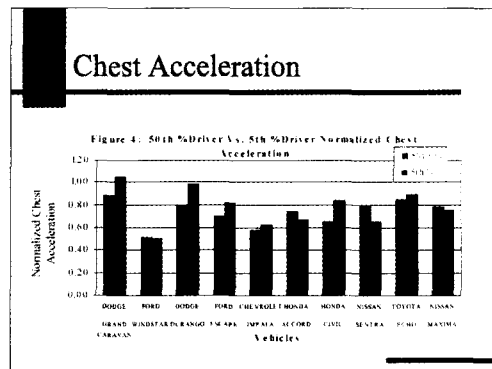
〈그림 1〉 50%와 5%의 표준화된 NHTSA HIC



〈그림 2〉 50%와 5%의 NHTSA Nij값

그러나 무엇보다도 여성 운전자에게 치명적으로 불리한 조건은 남성 운전자에 비해 상대적으로 목상해 지수가 높게 나타난다는 점이다. NHTSA에서 규정하고 있는 Nij에 대한 기준은 1.0으로 Nij가 1.0을 넘으면 목상해로 인해 사망할 확률이 높다는 의미이므로 남성 운전자의 경우 최대 0.65정도인데 반해 여성 운전자의 경우는 최대 1.6으로 나타나며 10개 차종 중 2개 차종이 1.0을 초과하고 있다.

또한 10개 차종 중 8개 차종인 80% 이상이 Nij 지수가 0.5를 넘는 실정이므로 비록 사망은 하지 않는다



〈그림 3〉 50%와 5%의 가슴 표준화된 NHTSA 가속도값

이에 자동차사도 Smart Airbag을 개발 중이고 미국의 새로운 FMVSS208에서는 다양한 승객, 충돌시나리오로 포괄적인 의미에서 인명을 보호하기 하기하여 법규가 개정되었다.

특히 에어백의 장착은 신차평가(NCAP)이라는 제도가 도입되므로 인해 국내에서도 거의 기본사양으로 채택되어 의무화 되고 있는 추세이다. 즉 법규를 만족하느냐는 강제적인 법규적 규제가 아닌 시장 경쟁의 유인책으로 자동차의 안전도를 상대적으로 평가하여 공표하는 제도이므로 충돌에 우수하고 탑승자의 안전을 향상시키기 위해 제작사는 노력을 기울이고 있다.

그러나 일반국민은 일부 제작사의 과대 홍보와 에어백에 대한 이해부족으로 모든 사고로부터 에어백 하나만 자신을 지켜줄 것으로 과신하는 풍토도 일부 있다.

본 연구의 목적은 Sled를 이용하여 정면충돌시 승객보호장구에 대한 다양한 시험조건으로 시험하여 에어백의 효과 및 그 신뢰도를 평가하였다. 특히 Airbag에 초점을 맞추어서 안전벨트와 연계하여 Airbag의 효과 및 여성 운전자 및 탑승자의 영향을 평가하였다.

2. 보호장구의 평가시험 종류

본 에어백 관련 시험은 Sled시험법을 이용하여 국내의 중형 차종을 표본 차종으로 선택하여 신차평가와 같은 충돌속도 35mph(56kph)로 충돌할 때 보호장구에 대한 효과를 승객(운전자, 조수석 승객)의 상해치를 평가하였다. 본 실험에서는 승객보호를 위해 필수적인 Airbag, Seatbelt의 효과를 분석하기 위하여 실험의 종류를 선정하였다.

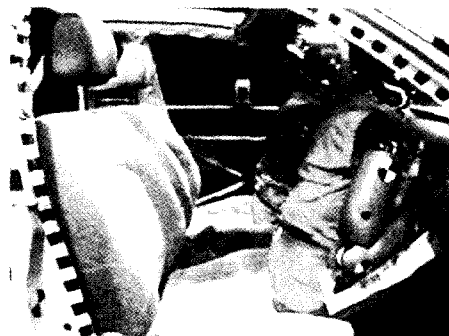
1. 아무런 승객보호 장구가 없을 시의 영향
2. Airbag만 사용시 영향
3. Airbag과 Seatbelt를 사용시 영향
4. 성인남자와 여성 승객에 미치는 효과
5. 여성승객의 좌석 위치에 따른 영향

〈표 1〉 Airbag 평가를 위한 시험조건

Driver Side		Passenger Side	
Dummy	Safety Devices	Dummy	Safety Devices
50th	N/A	50th	N/A
50th	WLR Belt	50th	WLR Belt
50th	P/T Belt	50th	P/T Belt
50th	Airbag	50th	Airbag
50th	Airbag+P/T	50th	All
5th	Airbag+P/T	5th	All
5th	Airbag+P/T (Frt. Position)	5th	Airbag+P/T (Frt. Position)

3. 에어백에 대한 Sled 시험결과

아무런 보호장구가 없는 경우는 아래 〈그림 4〉과 같이 Dummy는 전면의 운전대와 유리창에 머리가 부딪치는 현상이 발생되었다.



〈그림 4〉 보호장구가 없는 경우 50% Dummy의 거동

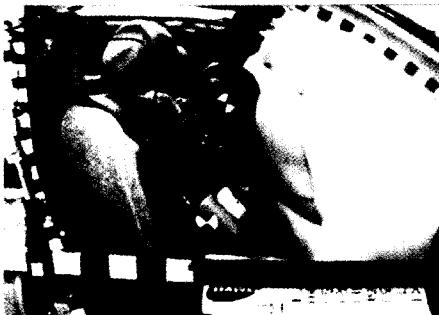
또한 좌석의 정상상태에서 50% 성인남자와 5% 성인 여자 Dummy의 초기 에어백 접촉 거동은 아래의 〈그림 5〉과 같다.



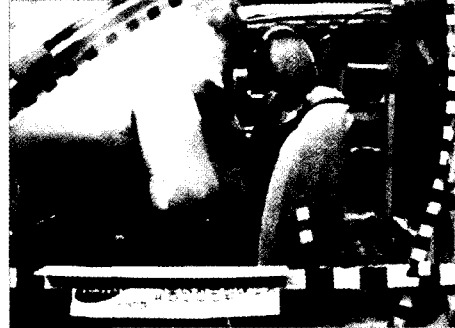
〈그림 5〉 에어백+P/T조건에서 50%과 5% Dummy의 초기 에어백 접촉 거동



〈그림 6〉 전방 위치에서 5% 여성 Dummy의 초기 에어백 접촉 거동



〈그림 7〉 정상 위치에서 5% 여성 Dummy의 초기 에어백 접촉 거동



〈그림 8〉 전방 위치에서 5% 여성 Dummy의 Submarining 거동

50%남자는 충분히 에어백이 전개후 접촉하나 5% 여성은 에어백이 불충분하게 전개된 상태에서 초기 접촉하고 있다.

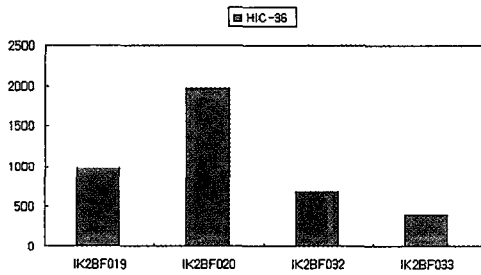
5%여성의 좌석위치에 따른 시험에서는 특히 좌석 트랙의 최 전방에 위치한 경우는 충분히 에어백이 전개 이전에 접촉이 되고 있다.

〈그림 8〉과 같이 5%여성은 에어백과 접촉후 체구가 작은 관계로 몸체가 시트벨트 밑으로 빠지는 서브마린(Submarining) 현상이 심하게 발생하고 있다. 이러한 현상은 정상좌석에서도 유사하게 발생하고 있다.

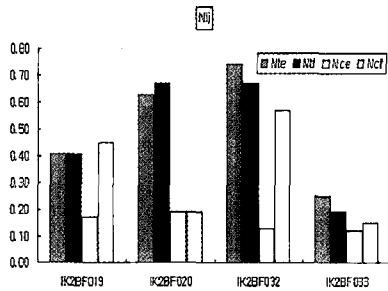
4. 에어백에 대한 Sled 결과 분석

운전자의 경우는 모든 시험결과는 규정치로 정하고 있는 HIC 1000보다는 낮은 값이다. 그러나 에어백과 pre-tensioner가 부착된 안전벨트를 사용시 WLR 형식의 벨트를 사용하는 경우보다 HIC가 약 3배정도 낮게 나타났으며 에어백만 사용하는 경우보다는 2배정도 낮게 나타났다.

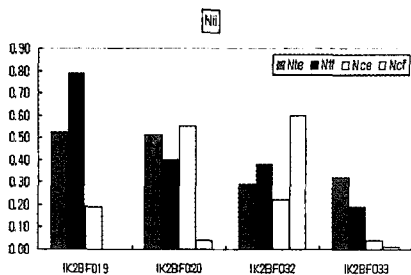
탑승자의 경우 Pre-tensioner의 안전벨트의 경우 HIC가 최대 1973으로 HIC 1000을 크게 상회하여 약 두배오 탑승자가 최종적으로 대시모드에 머리를 부딪쳤다. 그 충격으로 인해 탑승자의 HIC가 크게 높아



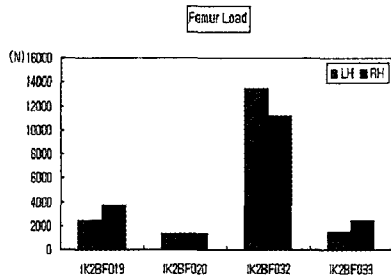
〈그림 9〉 보호 장구에 따른 탑승자 HIC



〈그림 10〉 보호장구에 따른 운전자 Nij



〈그림 11〉 보호장구에 따른 탑승자 Nij



〈그림 12〉 보호장구에 따른 운전자 Femur 하중

졌다.

가슴을 보호해주는 기능은 에어백보다는 안전벨트가 그 기여도가 크을 수 있다. 운전자의 경우 에어백만 사용한 경우는 Chest의 가속도값이 안전벨트를 사용한 경우와는 달리 2배 가까이 크게 나타났다. 운전자는 그 특성상 운전대(Steering Wheel)과 근접하게 위치하여 충돌시 운전대에 의한 가슴의 상해 가능성이 높는데 이를 안전벨트가 보호해 주지 못함으로 인해 운전자의 경우 가슴 상해치가 높게 나타났다. 탑승자의 경우도 유사하게 안전벨트가 없는 경우는 가슴을 초기에 충분히 구속하여 주지 못하여서 비록 운전자와는 달리 대시보드와 승객이 직접 부딪치는 않지만 에어백의 전개로 인해 탑승자에게 전달되는 충격량이 커서 Chest 가속도가 크게 나타났다.

최근 교통사고에서 주요 이슈가 되고 있는 부분이 목 상해 보호에 대한 것이다. 목 상해는 주로 저속의 후방충돌에서 많이 발생하지만 에어백으로 인해 머리와 가슴부위의 서로 다른 거동이 발생하면 이로 인해 두 부분의 연결인 목에 치명적인 상해를 입게 된다. Sled 시험의 결과 운전자와 탑승자 모두 에어백과 안전벨트가 잘 조화를 이루면 Nij를 0.3 이하로 낮출 수 있으나 안전벨트만 사용하거나 에어백만 사용할 경우 최대 0.79로 약 2배 이상 높은 값이 나타날 수 있다. Nij에 대한 기준은 1.0이다.

Femur 하중의 경우 안전벨트가 없는 경우는 운전자 및 탑승자의 운동거동이 그 특성상 전방으로 크게 이동하여 Femur에 걸리는 하중이 크게 나타난다. 운전자의 경우 Femur를 전혀 보호해 주지 못하여 기준치인 2,250lb (1,012kgf)를 상회하고 있다. 안전벨트만 있는 경우는 크게 문제되지 않아 에어백과 안전벨트가 같이 있는 경우와 크게 차이가 나지 않는다. 마찬가지로 탑승자의 경우도 안전벨트가 없이 에어백만 승객을 보호해주는 관계로 Femur는 전혀 보호해주고 있지 않다.

5. 에어백의 효용 및 신뢰도

시속 56km로 달리던 차량이 고정벽에 충돌하는 미국, 일본, 한국에서 공인된 신차평가(NCAP) 시험법을 Sled 시험기법으로 재현하여 국산의 중형차를 시험평가 차량으로 선정하여 탑승자를 보호하는 장구인 에어백, 안전벨트에 대한 효과를 단계별로 조합·시험하여 인체의 상해도를 종합하여 평가였다.

또한 실험에는 성인 남자를 대표하는 인체모형인 Hybrid III 50%tile(172cm, 78kg) 과 체격이 작은 성인여성의 인체모형인 Hybrid III 5%tile (150cm, 49kg) 두 종류를 사용하여 상해치를 측정하였다.

국내의 안전법규는 성인남성의 인체모형을 기준으로 제정되어 있으나 본 실험에서는 최근 여성운전자의 증가 추세에 맞추어 에어백이 체격이 작은 여성에 미치는 영향도 함께 평가하였다.

■ 에어백을 과신하여 안전벨트를 착용하지 않은 상태에서 충돌사고가 난 경우, 운전자 및 조수석 탑승자 모두는 가슴, 목, 대퇴부에 중상이상의 치명적인 상해를 입을 수도 있다.

■ 에어백은 안전벨트와 사용시 가장 효과적이며 남성 운전자의 경우 머리와 가슴의 중상가능성으로 정의되는 종합상해등급은 9.9%로 별 5개의 최우수 수준이며 여성운전자의 경우 또한 13.5%로 별 4개로 우수하게 운전자를 보호하고 있다.

■ 또한, 조수석 탑승자의 경우도 우수하여 남성 탑승자는 10.5%로 별 5개에 가까운 별 4개의 수준이며 여성 탑승자는 12.1%로 별 4개의 뛰어난 보호 기능을 보여주고 있다.

■ 그러나 에어백만 사용 할 때는 운전자는 중상가능성이 85.6%로 별 1개로 최악의 상황이며 특히 에어백에 의한 가슴 압박으로 즉시 사망하는 것으로 추정되며 탑승자는 별 3개로 중상가능성이 30.2%로 크게 증가한 것으로 나타났다. 무엇보다도 탑승자는 안전벨트가 없는 관계로 관성력에 의해 전방으로 이동하여 머리는 에어백과 충돌 후 앞 유리창에 부딪혀 앞 유

리창이 깨어지면서 목이 크게 찢혀지는 현상이 나타났다. 이때 목 상해지수는 에어백과 안전벨트가 있는 차량 대비 2배 이상으로 중상이상의 상해를 입는 것으로 평가되었다.

■ 한편 무릎도 대시보드와 충돌하며 받는 충격량도 크게 증가하여 운전자와 탑승자 무릎 뼈의 파손과 골반부의 큰 손상으로 영구 장애로 이어지거나 사망 추정이 가능한 치명적인 상해를 입는 것으로 나타났다.

유사하게, 보호 장구가 전혀 없는 경우도 마찬가지로 운전자와 탑승자는 앞 유리창에 머리를 심하게 부딪치며 특히 탑승자의 목 상해지수는 2.04로 즉시 사망하는 것으로 추정된다.

■ 안전벨트만을 사용할 경우 비록 에어백과 같이 사용한 경우보다는 보호능력이 뛰어나지 못하지만 운전자 및 탑승자 모두 별 3개의 수준으로 에어백만 사용한 경우보다 우수한 보호성능을 보여주고 있다.

무릎 충격량은 법규의 약 40% 이하 수준이며 운전자의 목 상해지수는 0.45로 대체로 양호하나 탑승자는 0.79로 중상을 입는 것으로 나타났다.

■ 체구가 작은 여성 운전자와 탑승자에 대한 시험 결과 국내에서 사용되는 에어백이 Depower형이므로 에어백의 작동으로 인한 팽창력이 승객에게는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 즉 여성 운전자 및 탑승자가 좌석을 중간위치에서 최대한 앞당겨 앉은 상태에서도 머리 및 가슴 상해등급은 유사하지만, 앞으로 착석할 때는 목 상해지수 및 무릎상해는 증가되는 것으로 나타났다. 정상적인 위치에 착석하는 경우는 무릎에는 전혀 문제가 없지만 앞으로 땀겨 앉을시 경상의 부상은 예상된다.

■ 또한, 비록 팽창력이 약화된 에어백을 사용하였지만 앞으로 앞당겨 앉은 여성 운전자 및 탑승자는 얼굴에 심한 찰과상이 예상된다. 그 이유는 에어백이 최대의 효과를 얻기 위해서는 충분히 팽창한 후 승객을 보호하도록 설계가 되어있는데 앞당겨 앉게 되면 팽창하면서 얼굴에 부딪히기 때문이다.

〈운영한 교수 : yhyoun@kut.ac.kr〉