

■ 論 文 ■

에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향에 관한 연구

Effect of Air Bag and Seat Belt on Driver's Safety

유 장 석

(한양대학교 공학기술연구소 교통사고분석센터/
교통안전진단센터 부소장/박사)

장 명 순

(한양대학교 교통시스템공학과/
첨단도로연구센터 교수/소장)

목 차

- I. 연구개요
 - II. 안전장구의 기능 및 원리
 - 1. 에어백(Air Bag)
 - 2. 안전벨트(Seat Belt)
 - III. 모의충돌실험상황 모델링
 - 1. 에어백 전개특성
 - 2. 차량무게중심의 감속도 특성
 - 3. 모델링(Modeling)
 - 4. 충돌조건
 - IV. 모의충돌실험 결과분석
 - 1. 머리가속도특성
 - 2. 머리상해(HIC)특성
 - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 안전벨트, 에어백, 모의충돌실험, MADYMO, LS-DYNA

요 약

본 논문은 자동차 충돌사고시 승객보호장구인 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향을 컴퓨터 모의충돌실험을 통해 연구하였다. 에어백 전개특성은 실제 에어백 전개 단품실험을 통해, 모의충돌실험차량의 감속도 특성은 실제 차량충돌실험 결과자료를 기초로 자동차 충돌해석 전문프로그램인 LS-DYNA를 이용하여 도출하였고, 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향은 승객거동해석 전문프로그램인 MADYMO를 이용하여 연구하였다. 연구결과, 충돌 후 운전자 머리에 작용하는 1차 접촉 가속도에 대한 저감효과는 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 A상황이 가장 높고, 다음으로 B상황, C상황, D상황 순이다. 안전벨트가 운전자 머리보호에 미치는 효과는 에어백을 장착한 경우, 안전벨트를 착용한 경우가 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 최소 12.2%, 최대 32.5% 증대되고, 에어백을 장착하지 않은 경우는 안전벨트를 착용한 경우가 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 최소 14.2%, 최대 28.0% 운전자 머리보호 효과가 증대된다. 에어백이 운전자 머리보호에 미치는 효과는 안전벨트를 착용한 경우, 에어백을 장착한 경우가 에어백을 장착하지 않은 경우에 비해 최소 45.0%, 최대 59.8% 증대되고, 안전벨트를 착용하지 않은 경우에는 에어백을 장착한 경우가 에어백을 장착하지 않은 경우에 비해 최소 39.4%, 최대 66.5% 운전자 머리 보호효과가 증대된다. 특히, 에어백을 장착하고 안전벨트를 착용한 경우가 에어백을 장착하지 않고 안전벨트도 착용하지 않은 경우에 비해 최소 52.9%, 최대 70.5% 운전자 머리를 부상으로부터 보호하는 효과가 증대된다. 따라서, 충돌 후 운전자의 인명피해를 최소화하고 안전을 극대화하기 위해서는 차량에 에어백을 장착함과 동시에 안전벨트를 반드시 착용한 후 운행해야 한다. 그러나, 충돌속도가 60Km/h 이상이면 에어백을 장착하고 안전벨트를 착용하였더라도 안전장구로써 기능이 저하되어 운전자 머리를 부상으로부터 보호할 수 없으므로 안전장구가 운전자 안전을 지켜주는 최선의 방법이 아니라 보조장구라는 것을 반드시 인식하여야 할 것이다.

본 연구는 한국과학재단지정 첨단도로연구센터의 연구비지원으로 수행하였습니다.

1. 연구개요

교통사고로 인한 귀중한 생명과 재산상의 손실을 최소화하는 방법에는 교통사고발생 자체를 미연에 예방하는 방법과 사고 후 인명피해를 최소화하는 방법이 있다. 사고 후 인명피해를 최소화하기 위해 차내에 충격완화장치인 에어백 설치를 권장하고 있는가하면 안전벨트착용을 의무화하고 있다. 에어백은 차량 소유자의 선택사항이지만 선진외국의 경우 대부분 차량에 에어백을 장착하는 반면, 소득수준이 낮은 국가에서는 아직도 장착율이 매우 저조한 상태이다.

에어백과 안전벨트의 효과에 대해 Zador¹⁰⁾는 에어백을 장착하였을 경우 안전벨트만을 착용하였을 경우 보다 운전자 치사율이 28% 감소하고, Otte¹¹⁾는 안전벨트를 착용한 상태에서 35Km/h~40Km/h의 속도로 정면충돌하였을 경우 운전자 머리가 핸들과 충돌을 14.3% 감소시킬 수 있고, 전면유리 5.1%, A 필러 0.9%, 대쉬보드와의 충돌을 0.5% 감소시킬 수 있는 반면, 안전벨트를 착용하고 에어백을 장착하였을 경우는 운전자 머리의 심각한 부상을 84.2%, 경상 11% 감소시키고, 부상을 입지 않을 경우도 10.5% 증가한다. Malliaris¹²⁾는 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 경우 60%~80% 운전자 머리를 부상으로 부터 보호 효과가 증대되는 것으로 Donald¹³⁾는 에어백을 장착한 상태에서 정면충돌할 경우 안전벨트를 착용한 운전자는 안전벨트를 착용하지 않은 운전자에 비해 50% 정도 보호효과가 증대되고, Chantal¹⁴⁾은 미국과 영국의 교통사고자료를 이용하여 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 효과를 충돌속도, 운전자체중, 신장, 운전자 탑승위치로 구분하여 연구하였다. 이와 같이 에어백과 안전벨트가 운전자 머리 보호에 미치는 영향에 대해서 기존에 많은 연구가 이루어져 왔으나, 기존 연구는 주로 자동차 설계시 안전도 향상을 위해, 신차평가기 안전도를 향상을 위한 일환으로 제한적인 연구가 수행되었을 뿐 다양한 충돌상황이나 충돌속도에 따른 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향 등에 대한 연구는 수행되지 않았다.

따라서, 본 연구는 에어백 장착효과와 안전벨트 착용효과를 명확히 구분할 수 있도록 운전자가 안전벨트를 착용한 경우와 안전벨트를 착용하지 않은 경우 그리고 차량에 에어백을 장착한 경우와 에어백을 장

착하지 않은 경우 등 4가지상황으로 구분하여 충돌속도별로 에어백과 안전벨트가 운전자 머리보호에 미치는 효과를 컴퓨터 모의충돌 실험을 통해 연구하였다.

컴퓨터 모의충돌실험을 통해 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 에어백 전개특성과 차량 무게중심의 감속도 특성(Crash-Pulse) 등을 알아야 한다. 에어백 전개특성은 실제 에어백 전개 단품실험을 통해, 실험차량의 감속도 특성은 실제 승용차량을 48.3Km/h의 속도로 고정벽에 정면충돌하는 실험을 수행하여 수집한 차량의 감속도 특성과 자동차 충돌해석 전문프로그램인 LS-DYNA를 이용하여 컴퓨터 모의충돌실험을 수행하여 수집한 실험차량의 감속도 특성이 동일해질 때까지 계속해서 실험차량의 힘-변형량(F-D특성, Force-Deflection) 특성곡선을 보정하며 컴퓨터 모의충돌실험을 수행하여 도출한 후 승객거동해석 전문프로그램인 MADYMO를 이용하여 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향을 연구하였다.

II. 안전장구의 기능 및 원리

1. 에어백(Air)

에어백은 충돌사고시 운전자에 작용하는 충격을 완충시킴으로써 운전자의 신체를 부상으로 부터 보호할 수 있도록 고안된 장치이다. 따라서, 에어백이 갖추어야 할 기본조건은 다음과 같다.

첫째, 운전자의 신체가 차량내부 구조물에 충돌하기 전에 전개되어야 한다.

둘째, 에어백은 팽창과 동시에 수축되어 운전자의 전방시야를 가리지 않아야 한다.

셋째, 자동차가 일정한 속도 이상으로 충돌하고, 일정 이상의 충격력이 작용할 때만 작동되어야 한다.

넷째, 에어백을 전개시키는 기체가 화학적으로 안전하고, 불활성이어야 한다.

다섯째, 설치가 용이해야 한다.

일반적으로 에어백은 자동차가 주행 중 20Km/h 이상의 속도로 약 30°각도의 범위 내로 충돌하게 되면 센서가 충격력을 감지하여 작동한다. 충돌 후 센서가 점화장치를 동작시키기까지 걸리는 시간은 약 1/100초이다.

에어백은 차종에 따라 3~5개의 센서가 장착되어

있는데, 충격감지센서는 2~3개, 안전감지센서 1~2개 장착되어있다.

에어백이 작동하는 과정은 자동차가 충돌하면 감지센서에서 충격을 감지하여 ECU에 신호를 보내고 ECU가 탑승객을 보호할 충돌조건이라고 판단하면 인플레이터내(질소발생장치와 에어백을 잘 접어 놓아둔 용기)의 질소가스가 발생하여 에어백을 전개시키게 된다. 점화 후 인플레이터가 완전히 부풀기까지 걸리는 시간은 약 0.05초이다. 에어백을 팽창시키는 질소가스의 양은 45~60리터이고, 강한 압력으로 스티어링 커버를 뚫고 전개되어 탑승객의 신체가 차량 내부 구조물과 충돌하는 것을 방지·완충역할을 하여 1차적인 충돌에서 오는 치명적인 부상으로부터 탑승자를 보호해 주는 안전 장구이다.

에어백 설치방식에는 운전석 에어백(DAB, Driver Side Air Bag)방식, 조수석에어백(PAB, Passenger Side Air Bag)방식, 뒷좌석 에어백(RAB, Rear Side Air Bag)방식, 측면 에어백(SAB, Side Impact Air Bag)방식 등이 있다.

본 연구는 운전석 핸들 중앙에 장착하는 운전석 에어백방식이 충돌후 운전자 머리 보호효과에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

2. 안전벨트(Seat Belt)

충돌시 안전벨트를 착용하지 않고 운전자의 손이나 발로 몸을 지탱할 수 있는 충돌속도는 약 7Km/h이내이다. 따라서, 자동차를 운행할 때는 반드시 안전벨트를 착용하도록 의무화하고 있다.

도로교통안전관리공단에 의하면 안전벨트를 착용한 경우가 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 치사율이 평균 17.8% 감소한다. 특히, 운전자는 21.1%, 앞좌석 동승자는 30%감소한다.

안전벨트 착용효과에 대해 미국안전협회는 안전벨트를 착용하지 않은 승객은 안전벨트를 착용한 승객에 비해 병원에 입원할 확률은 3배, 골절상 2.7배, 의식불명 8.4배, 입원기간 2.6배 높다. 이와 같이 안전벨트는 가장 간단하면서도 승객보호에 효과가 높은 안전장구이다. 그러나, 자동차가 30mph(48.3Km/h) 이상의 속도로 정면충돌할 경우 안전벨트는 운전자 머리와 가슴부상을 방지하는데 있어서는 에어백보다 효과가 저하된다. 따라서, 자동차 충돌사고시 운전자를

부상으로부터 보호하기 위하여 안전벨트 착용을 의무화하고 차량에 에어백 설치를 권장하고 있다.

안전벨트의 또 하나의 기능은 자동차가 곡선부를 주행할 때 발생하는 원심력에 의해 운전자 자세가 흐트러지지 않는 한계는 0.3G이고 운전자의 힘으로 버틸 수 있는 한계는 0.5G이다. 반면, 자동차가 급회전하는 경우 운전자에게 작용하는 횡방향 가속도는 약 1G이다. 따라서, 차량이 급회전하는 경우 횡방향 가속도에 의해 운전자의 자세가 흐트러지는 위험상황을 예방하기 위해서는 안전벨트 착용은 필수적이다.

우리나라 차량에 장착하는 안전벨트의 종류에는 2점식과 3점식이 있으며, 안전띠의 강도는 중력가속도의 30배 관성하중에 견딜 수 있고, 안전띠부착장치의 골반부장치는 2,270Kg의 하중에 10초 이상(단, 경차는 1,820Kg, 승합자동차의 앞좌석 외는 300Kg의 하중에 0.2초 이상) 견딜 수 있어야 한다. 또한, 3점식 안전띠의 경우는 어깨부분 및 골반부분에 동시에 1,360Kg의 하중을 10초 이상(단, 경차 1,100Kg, 승합자동차 앞좌석 외의 좌석 300Kg의 하중에 0.2초) 견딜 수 있도록 자동차안전에관한규칙 제103조에 규정되어 있다.

III. 모의충돌실험상황 모델링

컴퓨터 모의충돌실험을 통해 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 효과를 연구하기 위해 에어백 전개특성, 실험차량 감속도 특성, 실험차량 모델링, 운전자 모델링, 충돌상황 모델링은 다음과 같이 수행하였다.

1. 에어백 전개특성

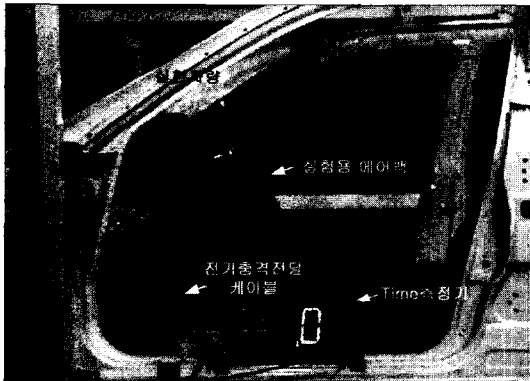
에어백 전개특성은 용량 45ℓ, 직경 630mm, 40mm의 벤트 홀(Vent Hole) 2개가 있는 기계전자식(EMSI, Electro Mechanical Sensor Integrated) 에어백을 전기충격방식으로 전개되도록 하는 에어백 전개단품실험을 통해 분석하였다. 에어백 전개 단품 실험은 <그림 1>과 같이 실험차량에 에어백을 장착한 후 전기충격을 가해 에어백을 전개시키는 방법을 선택하였다. 에어백 전개특성을 분석하기 위해 실험차량에 1/1000초까지 측정할 수 있는 시간계측장비를 장착한 후 실험을 실시하였다. 실험결과, 에어백 전개

특성은 다음과 같다.

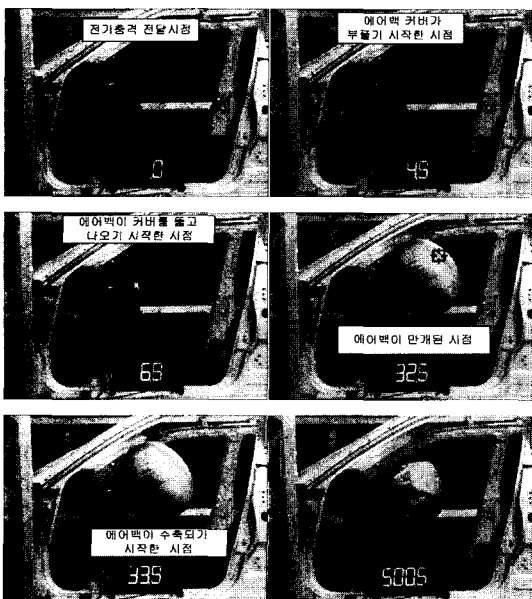
첫째, 에어백 센서에 전기충격을 가하여 전기충격력이 에어백센서에 전달된 후 에어백이 커버를 뚫고 나오기 시작할 때까지 소요된 시간은 5ms이다.

둘째, 에어백에 전기충격을 가하여 에어백이 커버를 뚫고 나와 전개되기 시작한 후 완전히 전개되기까지 소요된 시간은 33ms이다.

셋째, 에어백이 만개된 후 팽창압력이 벤트 홀을 통해 외부로 분출되기 시작한 시간은 에어백이 만개되는 시간인 33ms이후부터이다. 즉, 에어백이 만개됨과 동시에 벤트 홀을 통해 내부압력이 외부로 분출되어 수축되기 시작하였다.



〈그림 1〉 에어백 전개 실험장치

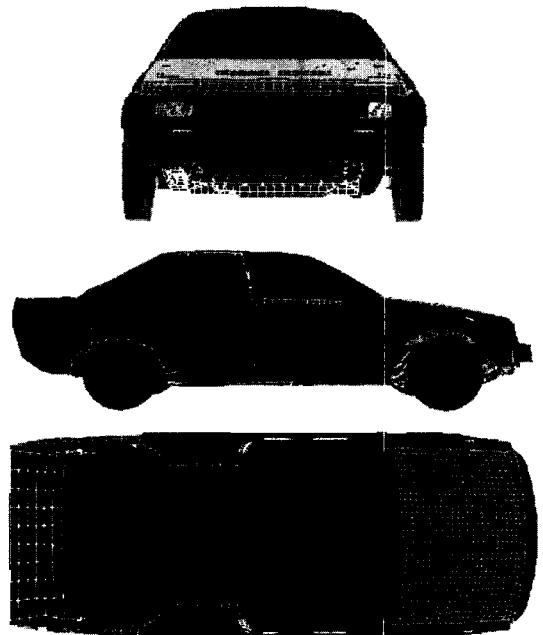


〈그림 2〉 에어백 전개 단품실험

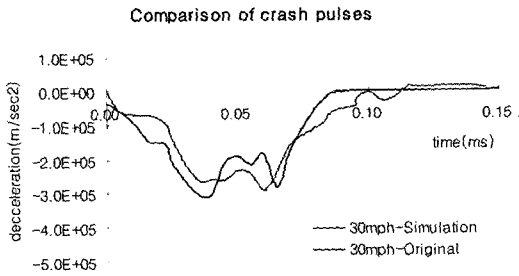
2. 차량무게중심의 감소도 특성

자동차가 주행 중 고정물체 또는 다른 차량과 정면으로 충돌할 경우 운전자의 거동특성을 컴퓨터 모의충돌실험을 통해 분석하기 위해서는 사고차량의 무게중심에 대한 차량감속도 특성(Crash Pulses)을 반드시 알아야 한다. 차량감속도 특성은 실험차량을 고정벽에 48.3Km/h(30mph)의 속도로 충돌하는 실험을 통해 수집한 실험차량의 감속도(Crash-Pulses) 특성을 기초로 컴퓨터 모의충돌실험 차량의 감속도 특성을 도출하였다. 즉, 컴퓨터 모의충돌실험차량에 대한 감속도 특성은 〈그림 3〉에서와 같이 모의충돌실험차량을 3차원으로 모델링한 후 자동차충돌해석 전문 시뮬레이션 프로그램인 LS-DYNA를 이용하여 실험 충돌실험속도와 동일한 속도로 고정벽을 충돌하는 실험을 수행한 후 실험충돌실험을 통해 수집한 차량감속도 특성과 컴퓨터 모의충돌실험결과 실험차량의 감속도 특성이 유사해질 때까지 모의충돌실험차량의 힘-변형량(F-D특성, Force-Deflection) 특성을 보정하며 계속해서 컴퓨터 모의충돌실험을 수행하여 모의충돌실험차량의 감속도 특성을 도출하였다.

컴퓨터 모의충돌실험 결과, 실험충돌실험 차량의 감속도 특성곡선과 컴퓨터 모의충돌실험차량의 감속도



〈그림 3〉 컴퓨터 모의충돌 실험차량 모델링 형상

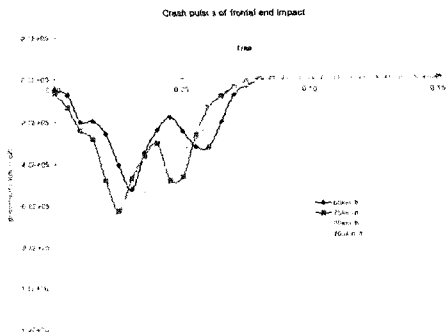


〈그림 4〉 차량감속도(Crash pulse) 특성

특성을 비교·분석하면 〈그림 4〉에서와 같이 실물 충돌실험차량의 감속도 특성곡선과 컴퓨터 모의충돌실험 차량의 감속도 특성곡선의 변화유형이 유사하게 도출되었다. 따라서, 이를 컴퓨터 모의충돌실험차량의 감속도 특성으로 설정한 후 충돌속도별 컴퓨터 모의충돌실험차량의 감속도 특성을 도출하였다.

컴퓨터 모의충돌실험을 통해 충돌속도별(60, 75, 90, 105Km/h) 실험차량의 감속도 특성을 분석한 결과 〈그림 5〉에서와 같이 충돌속도에 관계없이 충돌 후 0.03초 이내에 최대감속특성을 나타낸 반면, 충돌속도가 높을수록 최대감속시간은 짧아지고 감속도는 높아져 충돌속도 105Km/h일 때 최대 $-1.0E+06m/sec^2$ 으로 나타났다. 또한, 충돌 후 차량이 정지하는 시간은 충돌속도에 관계없이 약 0.7~0.9초이다.

컴퓨터 모의충돌실험을 통해 도출된 충돌속도별 실험차량 차량감속도 특성을 기본값으로 설정한 후 충돌속도별 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향을 운전자거동해석 전문 프로그램인 MADYMO를 이용하여 연구하였다.

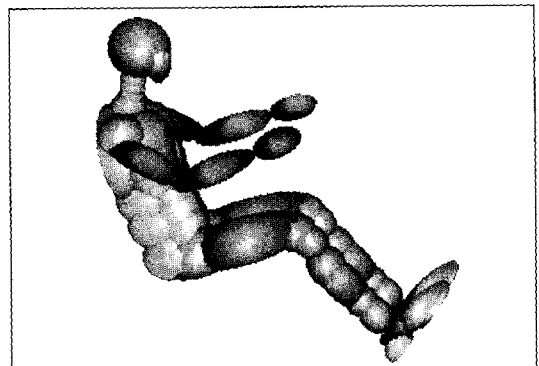


〈그림 5〉 충돌속도별 차량 감속도 특성

3. 모델링(Modeling)

1) 운전자 Dummy 모델링

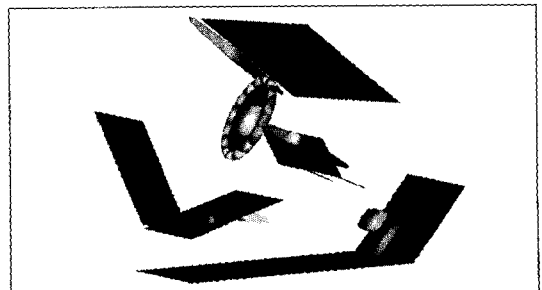
충돌 후 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 충돌실험용 운전자 모델을 모델링하여야 한다. 운전자 모델을 모델링하기 위해서는 수많은 충돌실험을 수행하여야 하므로 경제적인 제약은 물론 충돌실험을 위한 장소적인 제약 등이 내재되어 있어 현실적으로 불가능하다. 따라서, 운전자 모델에 대한 모델링은 컴퓨터 시뮬레이션 제작사에서 연구용으로 개발한 운전자 모델 중 우리나라 21세 이상 60세 미만 성인남자 백분위수 75%의 평균인 신장 173.4cm, 앉은키 93.9cm, 체중 72.4Kg의 신체특성과 가장 유사한 신장 175.3cm, 앉은키 88.4cm, 체중 78.052Kg의 〈그림 6〉과 같은 성인 남성 HYBRID III 표준 Dummy를 사용하였다.



〈그림 6〉 운전자 Dummy 모델

2) 차량 모델링

컴퓨터 모의충돌실험차량은 충돌 후 운전자가 충돌할 수 있는 차량내부구조 중 운전석을 위주로 〈그림 7〉에서와 같이 운전석 의자, 조향계(Steering Wheel),



〈그림 7〉 모의충돌실험차량 모델링

에어백(Air Bag), 안전벨트(Seat Belt), 윈드실드(Windshield), 운전석 앞 대시보드(Dash Board) 등을 3차원으로 모델링하였다.

4. 충돌조건

충돌속도별 운전자 거동특성과 차내 안전장구가 운전자 안전에 미치는 영향을 연구하기 위한 충돌상황은 주행 중 자동차가 강성형 고정벽(Barrier)을 정면으로 충돌하는 경우에 대해서만 컴퓨터 모의충돌실험을 통해 연구하였다. 차량 충돌속도는 48.3, 60, 75, 90, 105 Km/h로 구분하였으며, 에어백은 충돌당시 정상적으로 전개되는 상황에서 운전자가 안전벨트를 착용한 경우(A상황)와 안전벨트를 착용하지 않은 경우(B상황), 에어백을 장착하지 않은 상태에서 운전자가 안전벨트를 착용한 경우(C상황)와 착용하지 않은 경우(D상황)로 구분하여 충돌 후 승객보호장구가 운전자 안전에 미치는 효과에 대하여 연구하였다.

IV. 모의충돌실험 결과분석

1. 머리 가속도 변화특성

충돌 후 운전자의 가속도 특성이 가장 민감하고 가장 심각한 부상을 입는 신체부위는 머리이다. 따라서, 본 연구는 운전자 머리의 가속도특성을 충돌속도별·충돌상황별로 구분하여 연구하였다. 충돌상황은 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 A상황, 에어백을 장착하였으나 안전벨트를 착용하지 않은 B상황, 에어백을 장착하지 않은 상태에서 안전벨트를 착용한 C상황, 에어백을 장착하지 않고 안전벨트도 착용하지 않은 D상황으로 나누어 분석하였다.

연구결과, 충돌 후 운전자머리의 1차 접촉 가속도가 가장 높은 경우는 <표 1>, <그림 8>에서와 같이 에어백을 장착하지 않고 안전벨트도 착용하지 않은 D상황이고, 다음으로 운전자 머리의 가속도가 높은 경우는 에어백을 장착하지 않고 안전벨트를 착용한 C상황, 에어백을 장착하고 안전벨트를 착용하지 않은 B상황, 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 A상황 순으로 운전자 머리에 가속도가 높게 작용한다. 즉, 에어백을 장착하고 안전벨트를 착용해야 충돌 후 운전자 머리에 작용하는 가속도를 최대한으로 저감시킬 수 있다. 따라서, 사고후 운전자 머리의 가속도를 최소화하기 위해서는 차량에 에어백을 장착함과 동시에 반드시 안전벨트를 착용하고 운전해야 한다.

2. 머리상해(HIC)특성

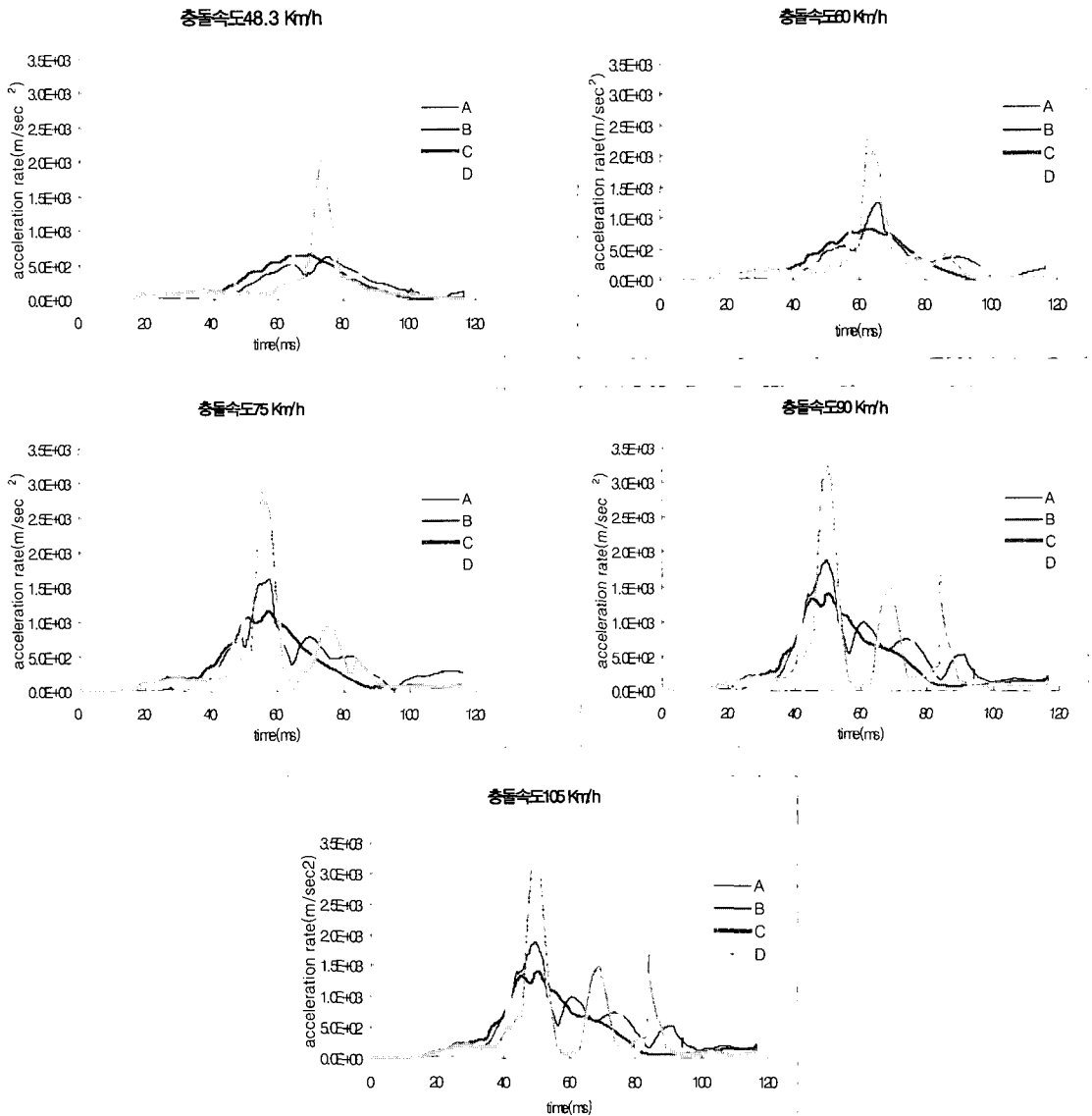
컴퓨터 모의충돌실험을 통해 충돌상황별·충돌속도별 운전자 머리에 작용하는 상해치(HIC, Head Injury Criterion)를 분석하였다. 머리상해기준(HIC)은 1932년 Guardjian에 의해 연구된 후, 1966년에 Gadd가 Guardjian의 개념을 이용하여 머리 상해치를 계산하는 모형식 Si(Severity Index)를 발표하였다. 이후 1971년에 Versace가 Guardjian의 모형식과 Gadd의 모형식을 많은 실험을 통해 머리 상해치를 계산하는 모형식(1)을 연구 발표하였다. 현재 운전자 머리 상해치를 Versace의 모형식을 이용하고 있다. 따라서, 본 연구도 Versace의 모형식을 이용하여 충돌상황별·충돌속도별 운전자 머리에 미치는 상해치(HIC)를 연구하였다.

연구결과, 운전자 머리에 작용하는 상해치가 가장 높은 경우는 <표 2>에서와 같이 에어백을 장착하지 않고 안전벨트도 착용하지 않은 D상황으로써 충돌속도가 48.3Km/h일 때 2267.9, 60Km/h일 때 3426.0, 75Km/h일 때 5874.2, 90Km/h일 때 7980.5,

<표 1> 머리 1차 최대가속도특성

구분	A		B		C		D	
	가속도	시간	가속도	시간	가속도	시간	가속도	시간
48.3Km/h	6.53E+02	69.8	1.11E+03	74.6	1.36E+03	71.5	2.09E+03	73.9
60Km/h	8.35E+02	63.0	1.53E+03	65.6	1.66E+03	63.7	2.59E+03	63.9
75Km/h	1.16E+03	57.1	1.78E+03	56.6	2.04E+03	55.0	2.89E+03	55.4
90Km/h	1.40E+03	50.5	1.97E+03	48.1	2.34E+03	49.1	3.23E+03	50.2
105Km/h	1.63E+03	40.9	2.12E+03	42.7	2.65E+03	44.3	3.51E+03	44.2

주) A : 에어백 장착+안전벨트 착용, B : 에어백 장착+안전벨트 미착용
 C : 에어백 미장착+안전벨트 착용, D : 에어백 미장착+안전벨트 미착용



〈그림 8〉 머리 가속도 변화특성

〈표 2〉 머리의 최대 상해치(HIC)

속도 \ 상황	A	B	C	D
48.3Km/h	668.1	760.9	1660.0	2267.9
60Km/h	1122.2	1593.3	2664.0	3426.0
75Km/h	2069.6	2804.1	4227.4	5874.2
90Km/h	2937.7	4350.0	5940.2	7980.5
105Km/h	4724.2	6072.7	8597.2	10019.6

105Km/h일 때 10019.6이다. 반면, 운전자 머리에 작용하는 상해치가 가장 낮은 경우는 에어백을 장착

하고 안전벨트도 착용한 경우인 A상황으로써 충돌속도가 48.3Km/h 2969.0, 90Km/h일 때 2937.7, 105Km/h일 때 4724.2이다.

$$HIC = \max \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \, dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \quad (1)$$

t_1, t_2 : 충돌 중 36/1000초 이하의 간격을 갖는 임의의 두 순간
 a : 중력가속도의 배수로 표시되는 합성가속도

〈표 3〉 머리상해 및 효과특성

구분		속도(Km/h)	48.3	60	75	90	105
안전벨트 효과	B A	상해치 차	92.8	471.1	734.5	1412.3	1348.5
		저감율(B-A/B,%)	12.2	29.6	26.2	32.5	22.2
	D C	상해치 차	607.0	762.0	1646.8	2040.3	1422.4
		저감율(D-C/D,%)	26.8	22.2	28.0	25.6	14.2
에어백 효과	C A	상해치 차	991.8	1541.8	2157.8	3002.5	3879.0
		저감율(C-A/C,%)	59.8	57.9	51.0	50.5	45.0
	D B	상해치 차	1507.0	1832.7	3070.0	3630.5	3946.7
		저감율(D-B/D,%)	66.5	53.5	52.3	45.5	39.4
안전벨트착용 및 에어백 장착시		상해차	1599.8	2303.8	3804.6	5042.8	5295.4
		저감율(D-A/D)	70.5	67.2	64.8	63.2	52.9

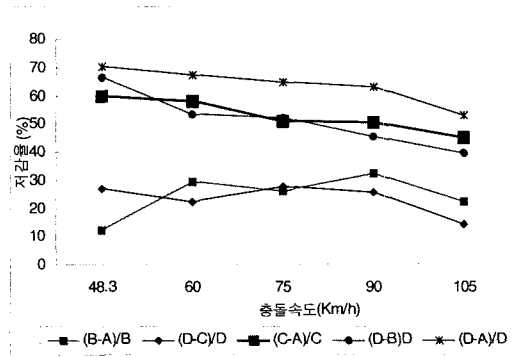
한편, 에어백장착여부와 안전벨트 착용여부에 따라 충돌시 운전자 머리보호에 미치는 효과를 연구한 결과, 안전벨트가 운전자 머리 보호에 미치는 영향은 에어백을 장착한 상태에서 안전벨트를 착용한 A상황과 안전벨트를 착용하지 않은 B상황의 경우 운전자 머리에 작용하는 상해치의 차(B상황-A상황)는 최소 12.2% (92.8, 48.3Km/h), 최대 32.5%(1412.3, 90Km/h)이다. 즉, 에어백을 장착한 상태에서 안전벨트를 착용한 경우가 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 최대 32.5% 운전자 머리보호 효과가 증대된다. 반면, 에어백을 장착하지 않은 상태에서는 안전벨트를 착용한 C상황이 안전벨트를 착용하지 않은 D상황에 비해 최소 14.2%, 최대 28.0% 운전자 머리보호 효과가 증대되는 것으로 연구결과 도출되었다.

에어백 장착여부가 운전자 머리 보호에 미치는 영향을 연구한 결과, 안전벨트를 착용한 경우 에어백 장착 여부에 따라 충돌시 운전자 머리에 작용하는 상해치의 차(C상황-A상황)는 최소 45.0%(3879.0, 105Km/h), 최대 59.8%(991.8, 48.3Km/h)이다. 즉, 안전벨트를 착용하고 에어백을 장착한 경우가 에어백을 장착하지 않은 경우에 비해 최대 59.8% 운전자 머리보호 효과가 증대된다.

한편, 안전벨트를 착용하지 않은 경우에는 에어백장착 여부에 따라 운전자 머리에 작용하는 상해치의 차(D상황-B상황)는 최소 39.4%(3946.7, 105Km/h), 최대 66.5%(1507.0, 48.3Km/h)이다. 즉, 안전벨트를 착용하지 않았더라도 차량에 에어백을 장착한 경우가 에어백을 장착하지 않은 경우에 비해 최대 66.5%

운전자 머리보호 효과가 증대된다. 또한, 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 A상황이 에어백을 장착하지 않고 안전벨트도 착용하지 않은 D상황보다 충돌시 최소 52.9%(5295.4, 105Km/h), 최대 70.5% (1599.8, 48.3Km/h) 운전자 머리를 부상으로부터 보호하는 효과가 증대된다.

이상과 같이 승객보호장구가 운전자 머리보호 효과에 미치는 영향을 연구한 결과, 안전벨트 착용여부에 따라 최소 12.2%, 최대 32.5%, 에어백 장착 여부에 따라 최소 39.4%, 최대 66.5% 운전자 머리보호 효과가 증대된다. 특히, 에어백을 장착하고 안전벨트를 착용한 경우는 에어백을 장착하지 않고 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 충돌시 운전자 머리를 부상으로 최대 70.5%의 보호 효과가 증대된다. 따라서, 충돌 후 운전자 머리의 상해를 최소화하기 위해서는 반드시 차량에 에어백을 장착함과 동시에 안전벨트를 착용하여야 한다.



〈그림 9〉 에어백과 안전벨트가 운전자 머리상해에 미치는 효과

V. 결론

자동차 충돌사고시 승객보호장구인 에어백과 안전벨트가 운전자 안전에 미치는 효과를 컴퓨터 모의충돌실험을 통해 연구하였다. 연구결과, 충돌 후 운전자 머리의 1차 접촉 가속도에 대한 저감효과는 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 A상황이고 다음으로 B 상황, C상황, D상황 순이다.

안전벨트가 운전자 머리 보호에 미치는 효과는 에어백을 장착한 상태에서 안전벨트를 착용한 경우가 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 최소 12.2% (92.8, 48.3 Km/h), 최대 32.5%(1412.3, 90Km/h) 운전자 머리보호 효과가 증대되고, 에어백을 장착하지 않은 상태에서는 안전벨트를 착용한 경우가 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 비해 최소 14.2%, 최대 28.0% 운전자 머리보호 효과가 증대된다.

에어백이 운전자 머리 보호에 미치는 효과는 안전벨트를 착용한 경우 에어백을 장착한 경우가 에어백을 장착하지 않은 경우에 비해 최소 45.0%, 최대 59.8% 운전자 머리보호 효과가 증대되고, 안전벨트를 착용하지 않은 경우는 에어백을 장착한 경우가 에어백을 장착하지 않은 경우에 비해 최소 39.4%, 최대 66.5% 운전자 머리를 부상으로부터 보호하는 효과가 증대된다. 또한, 에어백을 장착하고 안전벨트도 착용한 A 상황이 에어백을 장착하지 않고 안전벨트도 착용하지 않은 D상황보다 최소 52.9%, 최대 70.5% 운전자 머리 보호효과가 증대된다. 따라서, 충돌 후 운전자의 인명피해를 최소화하고 안전을 극대화하기 위해서는 차량에 에어백을 장착함과 동시에 반드시 안전벨트를 착용한 후 운행해야 할 것이다. 그러나, 충돌속도가 60Km/h 이상이면 에어백을 장착하고 안전벨트를 착용하였더라도 안전장구로서의 기능이 저하되어 운전자 머리를 부상으로부터 보호할 수 없다. 따라서, 에어백과 안전벨트와 같은 안전장구가 운전자 안전을 지켜주는 최선의 방법이 아니라 보조장비라는 점을 반드시 인식하여야 한다.

향후연구과제

에어백과 안전벨트가 탑승자 안전에 미치는 효과를 에어백 종류 및 설치방식, 탑승위치, 탑승자의 신체특성, 차종 등을 고려하여 연구하고 또한 상해정도를 정량

화하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 신동명·임석현(2000), "자동차실제", 형설출판사.
2. 한국자동차공학회(1996), "자동차기술핸드북", 기초이론편.
3. 도로교통안전관리공단(1985), "안전벨트 착용의 유효성에 관한 연구", 도로교통안전관리공단.
4. 도로교통안전관리공단(1985), "올바른 안전벨트 착용법", 신호등 1986년 1월호(통권 65호), 도로교통안전관리공단.
5. 김준식(1997), "에어백의 기능과 효과", 교통안전, 1997년 10월호(통권제180호), 교통안전공단.
6. 교통법률센터(1990), "자동차 안전벨트 무엇이 문제인가", 교통법률센터 2차 정기심포지움.
7. 김현영·이상근·신윤재(1998), "에어백 단품설계를 위한 전개과정과 승객거동해석", 한국자동차공학회논문집, 제6권 제2호.
8. 박인송·허승진·정태용(1999), "저속 40% 오프셋 충돌실험을 통한 차량의 손상성·수리성 및 안전성에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집, 제7권 제8호.
9. 이창민(1990), "안전측면에서 Air Bag의 효과와 전망", 자동차공학회지 Vol.12, No.5.
10. Zador, P.L and Ciccone, M. A(1993), "Automobile Driver Fatalities in Frontal Impacts : Air Bags Compared with Manual Belts", American Journal of Public Health, Vol. 83, No.5, pp.661~666.
11. D. Otte(1995), "Review of the Air Bag Effectiveness in Real Life Accidents Demands-for positioning and Optimal Deployment of Air Bag Systems", SAE 952701.
12. Malliaris, A. C, Digges, K. H, DeBlois, H. H(1995), "Evaluation of Air Bag Field Performance", SAE-Paper 950869.
13. Donald F. H(2001), "the Effects of Belt Use and Driver Characteristics on Injury Risk in Frontal Air Bag Crashes", SAE 2001-01-0155.
14. Chantal, S. P, Mínoo Shah and Trilok Desai

- and Richard Frampton(1999), "Us and UK Belted Driver Injuries with and without Air Bag Deployments-A Field Data Analysis", SAE 1999-01-0633.
15. TNO Automotive(2001). "MADYMO User's Manual", Netherlands.
 16. TNO Automotive(2001). "MADYMO Theory Manual", Netherlands.
 17. Livermore Software Technology Corporation (1999), LS-DYNA Users Manual, U.S.A.
 18. Hayashi, H(1992), Traffic Accident Investigation Engineering, Japan.
 19. Priya. P., Chou. C. C(1992). A Review of Mathematical Occupant Simulation Models, Accidental Injury Biomechanics and Prevention, U.S.A.
 20. Lars A. F & Larsgunnar. N.(1994), An Advanced Finite Element Data Base of the Hybrid III Test Dummy: Phase I model Generation and Sled Test Validation. SAE #940558.
 21. Karl, F. Z.(2000), Air Bag 2000+, 5th International Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems, Germany.
 22. Peter. L. H.(1993), Crash injury investigation and injury mechanisms in road traffic accidents, U. K.
 23. Newman, J. A(1980), "Head injury criteria in automotive crash testing", SAE 801317.

✉ 주 작 성 자 : 유장석

✉ 논문투고일 : 2002. 8. 2

논문심사일 : 2002. 9. 27 (1차)

2002. 10. 9 (2차)

2003. 3. 28 (3차)

심사판정일 : 2003. 3. 28

✉ 반론접수기한 : 2003. 8. 31

Effect of Air Bag and Seat Belt on Driver's Safety

YOO, Jang Seok · CHANG, Myungsoon

To minimize the death and injury by a collision, the installation of an air bag is recommended as a mandatory practice together with the wearing of the seat belt. By using simulated collision experiments, this research focused on the effect of an air bag and seat belt on the driver safety. The vehicle deceleration characteristics were obtained from impact experiment. LSDYNA, a software program for vehicle collision analysis, and MADYMO, a software program for driver motion after collision, were used for simulated experiment. Four cases such as air bag installed and seat belt wearing (case A), air bag installed but seat belt not wearing (case B), air bag not installed but seat belt wearing (case C), air bag not installed and seat belt not wearing (case D) were analyzed. The impact of acceleration on the injury of driver's head was analyzed by Head Injury Criterion (HIC) as well. It was found that having air bag and wearing seat belt effectively reduced driver's head injury about 52.9% to 70.5% compared with the case of having neither air bag nor wearing seat belt.

Throughput Analysis of Right Turn Shared Lane with Lane Width Change

KIM, Dong Nyong · KIM, Kyung-Hwan

This study is about throughput analysis of the shared right turn lane at signalized intersection with lane width change. It is expected that the increased width of the right turn shared lane causes to increase the volume of right turn on red (RTOR). In this study, the throughput computation is designed to take into account the lost time which is caused by the blocked right turn due to the stop of through traffic. The saturation flow rate of right turn using the rest of lane after through traffic

stops is included as well.

Results show that the different RTOR volume levels due to the various shared lane width leads to a difference in throughput. For the shared right turn lanes, throughput capacity for various lane widths is bigger than that of the KHCM as much as from 1.1 to 2.1 times.

Factor Analysis and LISREL Model Development for Landscape Estimation on The Road Cutting Slope Area

JI, Kil-Ryong · PARK, Il Dong ·
IMM, Sung-bin · KUM, Ki Jung

In South Korea, about 74% of total area is mountainous terrain. It is therefore inevitable to make tunnel or cutting slope for road construction. According to a related survey, approximately 2,400 sites of cutting slopes were found from 24 different routes of roadway which is overall 900 km long, implying 2.7 slopes per 1km of roadway on average. Even though safety matter such as the slope failure prevention would be the most important consideration for the construction of cutting slopes, landscape of sloped face is nowadays becoming another important factor due to the growing demand for the driver-friendly road environment. Various construction methods which attain this goal should therefore be considered in the design stage of the roadway.

The objective of this study is to identify important factors in landscape of sloped-cut roadway using factor analysis. For this, 10 main treatment methods of sloped-cut fact were analyzed. This study employed the LISREL (structural analysis of common variance) model in order to capture the qualitative characteristics of the slope-cut road and examine the relationship between the survey error and the variable (s). As a result, more reasonable landscape evaluation model for the road design and construction was proposed.