

측면충돌시 승객보호 기준에 관한 연구

김 규 현

Study of Safety Regulation for Occupant Protection in Side Impacts

Gyu-Hyun Kim



● 김규현 (자동차성능시험연구소)
● 1958년생
● 기계공학을 전공하였으며, 자동차
충돌시 승객보호를 위한 설계 및 평
가 법규제정 등에 관심을 가지고 있
다.

1. 머리말

자동차 산업기술의 발달로 자동차의 성능은 크게 향상되었으나 교통사고로 인한 인명 및 재산 피해가 늘어남에 따라 1970년대 초 미국 등 선진국은 자동차 안전에 관한 조사 연구 및 안전 기준을 제정하는 등 충돌사고시 승객보호를 위한 많은 노력을 기울여 왔다.

실제 교통사고에서 측면충돌사고는 정면충돌사고 다음으로 많이 발생하는 사고유형으로 미국의 경우 그 동안 정면충돌에 대한 집중적인 연구 및 안전법규의 제정으로 교통사고에 의한 인명피해가 점점 줄어드는데 비하여 측면충돌에 의한 인명피해는 상대적으로 증가하여 왔다.

그래서 미국은 1980년대 중반 측면충돌에 대한 연구 및 기준제정을 본격적으로 시작하여 승용자동차의 경우 실차시험에 의한 측면충돌시 승객보호 기준을 이미 시행하고 있는

며, 유럽은 1995년 10월부터 시행예정으로서 있다. 국내에서도 측면충돌사고에 의해 많은 인명 및 재산피해가 발생하고 있지만 1994년 1월부터 시행하고 있는 국내 자동차 안전기준에는 실차시험에 의한 측면충돌시 승객보호관련 기준은 없다.

본 연구는 미국과 유럽에서 각각 제정한 실차시험에 의한 측면충돌시 승객보호 기준에 대한 성능요건, 기준설정 배경, 시험법, 사용되는 인체모형 등을 연구하고, 국내의 측면충돌 사고율, 사고유형별 인명 및 재산 피해 등을 분석해 보았으며, 자동차 사고의 조사 내용 및 항목을 알아 보았다.

2. 배경설명

실차충돌시험에 의한 측면충돌시 승객보호를 위한 기준을 제정한 국가는 미국과 유럽 연합인데 미국은 1990년 10월에 법규를 확정하여 1993년 9월 1일부터 단계적으로 시행하고 있으며, 유럽연합은 1994년 3월에 상정된

법규를 일부 수정사항과 함께 승인하였다.

2.1 미국

미연방 도로교통안전국(NHTSA¹⁾)의 측면 충돌 보호요건은 FMVSS²⁾ No. 214 "Side Impact Protection"에 명시되어 있다. 이 기준은 두 가지의 요건을 규정하고 있는데, 첫 번째는 승용차와 LTV'S(차량총중량 10,000 Lbs 이하의 트럭, 버스 및 다목적차량)에 적용하는 준정적 측면문 강도요건이고, 두 번째는 승용차에 적용하는 동적 요건이다.^(1,2)

준정적 측면문 강도요건은 측면충돌시 차량의 측면구조물이 승객주공간으로 밀치고 들어오는 정도를 감소시킴으로써 승객의 상해를 완화하기 위한 것으로, 측면문은 피스톤 압축실린더에 의해 문의 외측면에 가해지는 압축력을 견뎌야 한다.

이 기준은 승용차의 경우 1973년 1월 1일부터 시행되고 있으며, 1991년 1월 14일에 LTV'S 차종으로 확대적용하는 기준이 확정되어 1993년 9월 1일부터 단계적으로 적용되고 있다.

1973년 1월 1일 이 기준이 공포된 이후로 자동차 제작자들은 일반적으로 측면문을 금속버팀대로 보강함으로써 이 기준을 만족하는 방법을 선택해 왔는데, 실제 충돌사고 데이터에서 NHTSA가 분석한 바로는 측면문을 튼튼하게 하는 것이 차량단독 측면충돌(single car side impact)시 매우 효과적임을 보여주었다.

1982년 11월 NHTSA가 발표한 연구논문 "FMVSS 214에 대응한 측면구조 개선에 대한 평가"[DOT HS 806-314]는 이 기준의 결과로 일년에 480명의 생명을 구하고 입원치료하는 사람이 9,500명 줄었다고 평가하였다.

이 연구는 또한 차량단독충돌 사망자수는 14% 감소한 반면에, 다중차량충돌시 사망자수 감소에는 거의 영향을 주지 않는다는 것을 발견했다.

측면충돌사고의 결과로 계속되는 많은 사망자 및 부상자 때문에 이 기준을 개선하는 연구프로그램을 1970년대 후반에 시작하여, 처음에는 흉부보호에 초점을 맞추었는데, 흉부와 측면 내장재간의 접촉이 중상 및 사망의 주요 원인이었기 때문이다.

NHTSA는 측면충돌 보호문제에 대한 적절한 방안을 구하려는 연구를 지속하였는데, 이것은 시험절차, 측면충돌 인체모형, 상해 기준, 실제사고에서 발생하는 충돌특성을 포함하는 것이었으며, 이 연구를 근거로 1988년 1월 27일 상해를 입을 수 있는 대표적인 측면충돌사고인 두 차량간의 측면충돌을 재현하는 시험법을 사용함으로써 그 기준을 개선하는 법안 공고를 발표하였다.

그리고 승용차에 적용하는 동적 요건을 1990년 10월 30일에 확정하여 추가시켰는데, 이 요건은 실차충돌시험시 측면충돌인체모형(SID³⁾)에서 측정된 가속도값으로써 탑승객의 흉부 및 골반 구역에 대한 보호를 하여야 한다는 것이었다.

실차 측면충돌시험은 시험차량(표적차량)이 다른 차량을 재현한 중량 1,360 Kg의 MDB⁴⁾에 의해 측면에 충돌되는 것으로 하였다.

MDB는 27도의 각도를 유지하면서 33.5 mph의 속도로 시험차량의 측면으로 이동하는데 이 시험방법은 15 mph의 속도로 진행하는 자동차의 측면에 30 mph의 속도로 움직이는 자동차가 수직으로 충돌하는 실제 도로상의 측면충돌사고를 재현하기 위해 선택된 방법이다.

이 동적시험은 측면충돌 인체모형을 시험

1) National Highway Traffic Safety Administration
2) Federal Motor Vehicle Safety Standards

3) Side Impact Dummy
4) Moving Deformable Barrier

자동차의 충돌측 앞좌석 및 뒷좌석에 착석시 키고 흉부 및 골반에 설치한 가속도계로부터 가속도를 측정하여 규정된 상해기준에 만족하는지를 평가하는 실차충돌 시험법이다.

2.2 유럽연합

유럽의 측면충돌 시험법은 EEVC⁵⁾가 GRSP⁶⁾에 제안하였는데 ECE Regulation 48인 이 법규를 GRSP는 승인하였으며, 유럽연합내의 상위기관인 Working Party 29는 1994년 3월에 약간의 수정사항과 함께 ECE R.48을 승인하였다.

이 수정 사항은 Viscous Criterion($V \times C_{max}$)을 적용하는데 2년간의 유예기간을 준다는 것과 측면충돌이동벽(MDB)의 지면과의 간격을 300 mm에서 260 mm로 낮춘다는 내용이었다.

1995년 10월부터 시행예정인 유럽 측면충돌법은 정지되어 있는 자동차의 측면을 이동벽이 충돌하는 실차시험에 의한 것이며, 이동벽의 전면 변형부분은 범퍼를 포함한 유럽 승용차의 평균 충돌 압착부분을 대표하는 것이다.

3. 성능요건

미국과 유럽에서 각각 제정한 실차 시험에 의한 측면충돌시 승객보호 성능에 대한 요건은 아래 표 1과 같다.⁽³⁾

4. 기준설정 배경

측면충돌시 승객보호에 관한 연구를 먼저 시작한 미국의 경우 자동차의 사고분석, 상해기준, 충돌속도 및 충돌점, 인체모형의 선택, 측면충돌 이동벽 규격설정 배경은 다음

과 같다.

4.1 자동차의 사고분석

NHTSA는 1978년부터 1987년까지 10년간 FARS⁷⁾자료에서 측면충돌사고와 연관된 승용차 탑승객의 사망 및 상해 경향을 분석하였는데, 매년 평균 8,000 명의 사망자와 24,000 명 이상의 중상자가 발생하였으며, 이것은 모든 승용자동차 탑승객 사망자의 30%, 중상자의 34%에 해당되는 것이었다.

4.1.1 사망자

NHTSA는 10년 동안의 사망사고 통계자료에서 측면충돌 사망사고시 가장 빈발하는 사고를 확인한 결과, 모든 측면충돌 사망자수의 67%가 차량과 차량간의 측면충돌로 인한 것임을 알 수 있었으며, 유형별로 분석해보면 표 2와 같았다.

NHTSA는 또한 측면충돌사고시 상해를 입는 인체부위를 결정하기 위하여 통계자료를 검토하였는데, FARS 자료는 인체상해부위나 상해접촉점들에 대한 정보가 없기 때문에 1979년~1987년 NASS⁸⁾와 1977년~1979년 NCSS⁹⁾ 자료를 분석한 결과, 사망사고발생 자동차의 가장 심한 손상은 좌측 또는 우측 변형으로 나타났다. 탑승객의 이탈을 포함한 모든 측면충돌사고에서 인체부위별 사망률은 표 3과 같이 분석되었다.

상기 분석에서 두부상해가 측면충돌 사망의 가장 유력한 원인이지만 NHTSA는 측면충돌 승객보호기준에는 두부를 보호하는 방안보다는 흉부와 골반부위의 보호대책을 개발하는데 초점을 맞추었으며, 두부보호에 대하여는 1988년 8월 Federal Register[43 FR31712]에 발표한 바와 같이 별도의 법규 제정을 추진하기로 하였다.

5) European Experimental Vehicle Committee
6) United Nation's group of experts on passive safety

7) Fatal Accident Reporting System
8) National Accident Sampling System
9) National Crash Severity Study

표 1 미국과 유럽의 측면충돌 승객보호 성능요건

구 분	FMVSS No. 214	ECE R.48
두 부	—	○ 두부성능기준(HPC)값이 1,000 이하 단, 두부의 접촉이 없을때 HPC값은 측정하지 않으며 두부 비접촉으로 기 록
홍 부	○ 흉부상해치 TTI(d) · 4도어형 승용차 : 85 g's 이하 · 2도어형 승용차 : 90 g's 이하 $TTI(d) = 1/2(G_R + G_{LS})$ 단, G_R 은 상부 또는 하부 갈비뼈 부착 가 속도계의 최대가속도값중 큰 것이며, G_{LS} 는 척추하부 부착 가속도계의 최대 가속 도값임.	○ 갈비뼈변형기준(RDC)값이 42 mm 이하 ○ 연성조직기준(VI)값이 1.0 m/sec 이하 단, 유예기간을 2년간 적용하며 측정값 은 보고서에 기록
골 반	○ 골반 측면 최대 가속도값이 130 g's 이 하	○ 치골유착 최대힘(PSPF)이 6 KN 이하
복 부	—	○ 복부최대힘(APF)이 내부힘 2.5 KN 이 하
문열림	○ MDB에 의해 충돌되는 충돌측 문은 차체로부터 완전히 분리되지 않을 것 ○ MDB에 의해 직접 충돌되지 않는 문 (Rear Hatchback 또는 Tailgate 포 합)은 아래 요건을 따른다. · 문은 걸쇠장치가 걸린상태에서 풀리 지 않을 것 · 문걸쇠장치는 Strike로부터 분리되지 않아야 하며, 문경첩장치는 상호간 또는 차체부착장치로부터 분리되지 않을 것 · 문걸쇠장치와 경첩장치는 그 부착장 치가 분리되지 않을 것	○ 시험중 차의 문이 열리지 않을것 ○ 충돌후 연장 등의 도구를 사용하지 않 고 다음 사항이 가능해야 한다. · 승객의 탈출을 위하여 충분한 수의 문을 열 수 있을 것 · 보호장치로부터 인체모형을 해제할 수 있을 것 · 차량으로부터 인체모형을 옮길 수 있을 것
기 타	—	○ 실내장치 또는 부품은 날카로운 돌출 물이나 톱니모양의 모서리같이 상해 위험을 현저하게 증가시키는 방향으로 분리되지 않을 것 ○ 충돌후 연료공급장치로부터 연료누출 량이 분당 30 g 이하일 것

측면충돌 동적 요건은 이탈이나 전복됨이 없이 평면상에 측면충돌하는 것을 재현한 것으로 측면접촉에 의한 흉부 및 복부상해는 이러한 유형의 측면충돌사고에서 빈발하는 상해부위이다. 측면충돌 사망자의 약 26%가 새로운 동적

표 2 측면충돌 사망사고의 유형분석

측면충돌사고 유형	비율(%)	비고
차량 대 차량 충돌	67	
기동 충돌	18	기동, 풋달, 소화전, 나무 등
기타 고정물체 충돌	10	표석, 배수도랑, 적재물, 다리난간, 보호레일 등
기타	5	

주) 자료 : 1978년~1987년 FARS

표 3 측면충돌 사고의 인체부위별 사망률

구분	두부	흉부	목/척추	복부	기타
비율(%)	45	29	11	9	6

성능 요건과 연관이 있으며, 이 비율은 측면 내장재 및 하드웨어/팔걸이와 접촉하는 흉부 또는 복부가 가장 심한 상해를 입은 경우이다.

동적 요건중에서 충돌시험 동안 시험차의 모든 문이 닫힌상태를 유지하여야 한다는 요건은 실제충돌사고에서 탑승객의 이탈 가능성을 감소시킴으로써 이탈로 인한 두부 및 다른 부위의 상해를 감소시키기 위한 것이다.

4.1.2 부상자

NHTSA는 1982년부터 1987년까지 NASS 통계자료로부터 비사망 측면충돌사고에서 부상자수를 검토하였는데, 차체변형 위치와 생존한 탑승객의 최대 AIS(abbreviated injury scale) 정도에 대한 평균 부상자수를 평가한 결과는 다음과 같았다.

- (1) 모든 충돌사고에서 AIS 3~5 상해를 입은 사람은 매년 약 68,800 명이었다.
- (2) 측면충돌사고의 경우 AIS 3~5 상해를 입은 사람은 24,400 명으로 35.6%로 분석되었는데 이 비율은 동기간 6년 동안 측면충돌 사망자비율 31.6%보다 조금 높았다.

- (3) 측면내장재와 측면 하드웨어/팔걸이의 충격에 의한 최대 AIS 3~5 상해를 입은 사람의 비율은 자동차의 충돌측 가까이에 착석한 앞좌석 승객은 53%, 충돌측 가까이에 착석한 뒷좌석 승객은 68%였다.

4.2 상해기준 설정

4.2.1 흉부

측면충돌시 흉부의 상해 가능성에 접근하기 위하여 NHTSA는 흉부외상지수 TTI(thoracic trauma index)라는 새로운 상해 측정법을 개발하였다.

TTI는 나이나 무게가 다른 사람의 상해 가능성을 예측하는데 사용되는 공식으로서, 흉부척추 하부와 상부/하부 갈비뼈 가속도(상부 또는 하부 응답가속도값중 큰 것 사용)의 평균과 각 시험체의 나이와 무게를 사용하였다.

TTI는 10년 동안 수행되었던 84구의 사체 실험에서 얻은 시험데이터를 근거로 개발되고 평가되었는데, 이들 시험결과를 기준제정을 위한 가장 많은 생체역학적 데이터를 제공하였다.

이들 시험은 그림 1과 같이 갈비뼈와 갈비뼈에 의해 보호받는 내부장기를 포함한 흉부에서의 상해발생이 충격에 의한 측면갈비뼈 골조와 흉부척추 하부에서 얻어지는 측면 최대가속도의 평균과 매우 연관이 있음을 보여주었다.

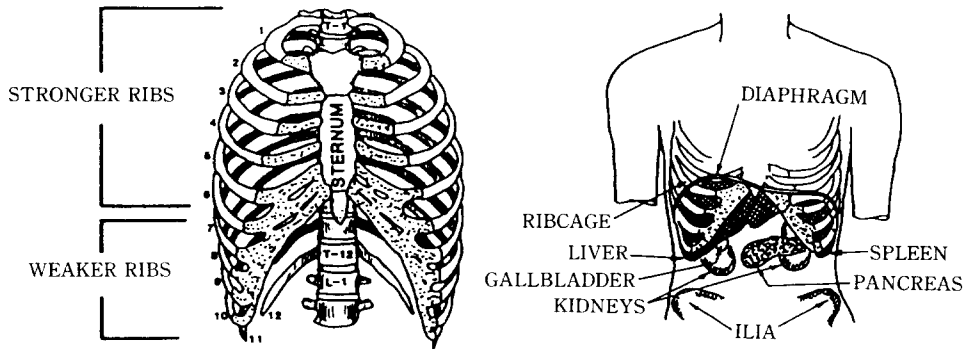


그림 1 인체흉골 및 복부의 구조

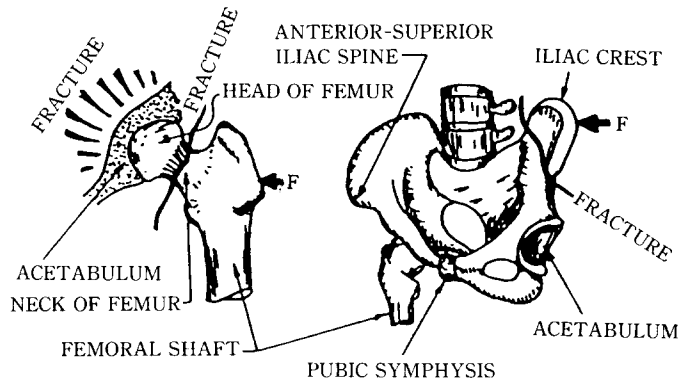


그림 2 인체골반의 구조

4.2.2 골반

측면충돌시 골반상해를 감소시키기 위하여 상기에서 언급한 84구의 사체 충격시험에서 골반의 가속도 측정데이터를 검토한 결과로부터 NHTSA는 사체의 골반에서 측정한 상이한 가속도 정도에 따른 골반골절의 가능성에 대한 평가기준을 개발하였다. (그림 2 참조)

이것은 NHTSA는 흉부상해값을 감소시키기 위하여 측면충돌시 힘의 진로를 골반쪽으로 전환하는 경우가 발생할 수 있으며, 골반상해기준은 골반에 대한 부수적인 악화를 방지하기 위하여 제안된 것이다.

4.3 측면충돌 속도, 각도 및 충돌점

NHTSA는 측면충돌시험에 사용되는 적절

한 충돌속도와 충돌점을 설정하기 위하여 NCSS 데이터를 연구한 결과 다음과 같은 결정을 내렸다.

1) 측면충돌 사고의 속도

구 분	충돌하는 차의 속도	충돌되는 차의 속도
중 간 속 도	26 mph	13 mph
중상 또는 사망사고들의 중 간 속 도	35 mph	17.5 mph

2) 충돌하는 차와 충돌되는 차의 중방향을 사이의 각도

가장 빈번한 충돌은 90도

상기 사고데이터 분석과 중상사고의 시작 속도에 대한 판단을 근거로 30 mph/15 mph 속도를 가장 타당한 속도배합으로 결정하였

는데, 이 속도배합은 심각한 흉부상해 발달의 속도며, 이 속도조건을 위해 설계된 대책들이 측면충돌에서 우연히 일어날 수 있는 충돌속도의 대부분의 범위에 걸쳐 흉부상해 가능성을 감소시키는데 효과적인 것 같다고 결론지었다. 충돌되는 차와 충돌하는 차 모두 움직이고 첫접촉이 충돌되는 차의 규정된 위치에서 이루어져야 한다는 시험수행상의 잠재적인 어려움을 고려하여 충돌하는 자동차만 움직이는 시험법을 고안하였다.

Vector해석으로 충돌속도와 충돌각도를 결합하였고, 15 mph로 달리는 자동차의 측면에 30 mph의 속도로 움직이는 자동차가 수직으로 충돌하는 역학을 고려하여 MDB가 27도 각도로 충돌되는 자동차의 측면을 33.5 mph의 속도로 충돌하는 것으로 결정하였다.

4.4 인체모형의 선택

측면충돌 법규제정의 한 부분으로서 NHTSA는 미국인 체형에 적합하게 개발된 SID 외에 선택하여 사용할 수 있는 인체모형으로 EuroSID-1과 BioSID를 고려하고 있다.

EuroSID-1 인체모형은 EEVC의 후원 아래 European Research Organization에 의해 개발되었고 BioSID 인체모형은 SAE와 협동으로 GM에서 개발하였다.

EuroSID-1의 장점중의 한 가지는 흉부변위와 속도를 측정할 수 있어 $TTI(d)$ 외에도 Viscous Injury Criterion($V \times C$)를 측정할 수 있다는 것이다.

ISO¹⁰⁾규정 생체충실도¹¹⁾(biofidelity) 범위에 적합하도록 설계된 BioSID는 갈비뼈 변형량 측정으로 $V \times C$ 를 산출할 수 있으며, 상해기준 $TTI(d)$ 에 대하여도 SID와 동등한 것으로 평가되었다.

NHTSA는 BioSID와 EuroSID-1이 $TTI(d)$ 외에 추가로 $V \times C$ 또는 다른 압축상해기준을 측정할 수 있다는 점에서 SID보다 우수한 잠재적 장점이 있다고 평가하고 있으며, 향후 개발이 완료되면 선택가능한 인체모형으로 제안을 추진중이나 아직 결정하지 못하고 있다.

4.5 측면충돌 이동벽⁴⁾

4.5.1 무게

NHTSA는 이동벽의 무게를 측면 충돌사고에서 충돌하는 자동차의 범위에 포함될 것으로 예상되는 자동차의 무게를 대표하는 것으로 정하였다.

중상 또는 사망을 초래하는 다중 자동차사고에서 승용자동차와 모든 트럭을 충돌하는 차량으로 하였으며, 1986년도 승용자동차의 중간 공차중량 3,127 lbs와 경트럭의 3,813 lbs로부터 이동벽의 무게를 3,423 lbs로 산출하였다.

1990년에 하향조정하여 이동벽의 무게를 3,000 lbs로 결정하였는데, 이것은 자동차 무게 2,700 lbs와 탑승객 및 화물무게 300 lbs를 합한 것이다.

4.5.2 형상 및 칫수

이동벽의 크기는 1979년도 모델 자동차로부터 설정하였는데, 범퍼의 최소 및 최대 높이는 1979년 2도어세단의 판매중량 중간 높이로 하였다.

다른 칫수는 1979년도에 가장 많이 판매된 승용자동차인 Ford Fairmont 등 4개 자동차의 판매중량 칫수를 기본으로 하였다.

4.5.3 강도(Stiffness)

이동벽은 1981년 Chevrolet Citation이 60

10) International Standards Organization

재현하는 것

11) 시험인체모형이 어떤 충격에서 인체응답특성을

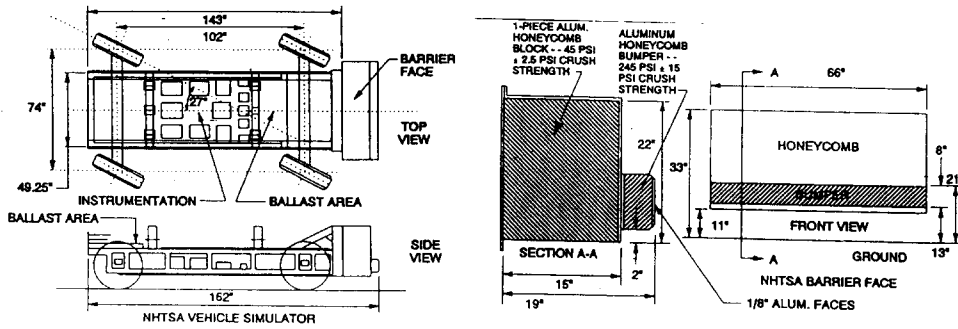


그림 3 미국형 MDB의 구조 및 규격

도 각도로 다른 자동차의 측면에 충돌하는 강도와 찌그러지는 특성을 갖도록 설계되었으며, 이들 특성은 두 개의 알루미늄 Honeycomb Block에 의해 조정된다.

이들 Block은 90도 각도 충돌에서 평균강도가 1인치 변형당 약 10,000 lbs인데, 이 값은 승용자동차의 경우 상한선에 해당되나 측면충돌하는 자동차의 큰 비중을 차지하는 경트럭은 이 강도와 비슷하다. (그림 3 참조)

의 법규 내용은 다음과 같다.

5.1 FMVSS No. 214 Dynamic Side Impact Protection

5.1.1 적용 차종 승용자동차

5.1.2 적용 시기

다음 두 가지 방법중 한 가지를 제작자가 선택하여 적용한다.

5. 법규요약

측면충돌시 승객보호에 관한 미국과 유럽

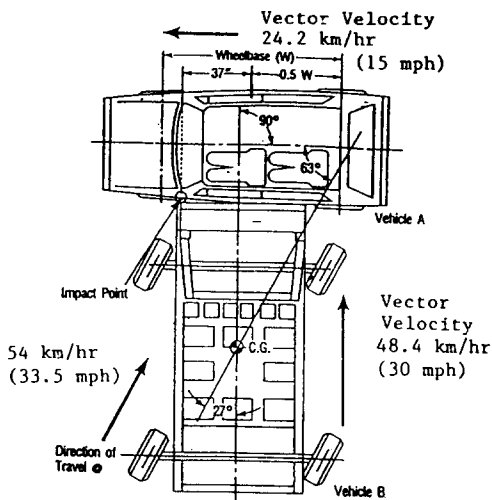


그림 4 실차측면 충돌 시험방법(미국)

	방법 #1(%)	방법 #2(%)
1993년 9월 1일	10	0
1994년 9월 1일	25	100
1995년 9월 1일	40	100
1996년 9월 1일	100	100

* 총중량 8,500 lbs 이하, 공차중량 5,500 lbs 이하의 다목적차량(MPVs), 트럭 및 버스에 대한 동적 시험요건 적용을 위한 법규제정이 추진중에 있으며, 1996년 9월 1일부터 단계적으로 적용예정이다.

5.1.3 시험방법

(1) 그림 4와 같이 시험자동차를 정지된 상태로 두고 측면충돌이동벽을 시험차량의 중심선과 63도의 각도를 유지하면서 33.5 mph의 속도로 이동시키는데, 충돌시 이동벽의 길이 방향 중심선은 시험자동차의 길이방향 중심선에 수직으로 부딪혀야 한다. (5,6)

(2) 시험자동차의 충돌측에 교정시험방법

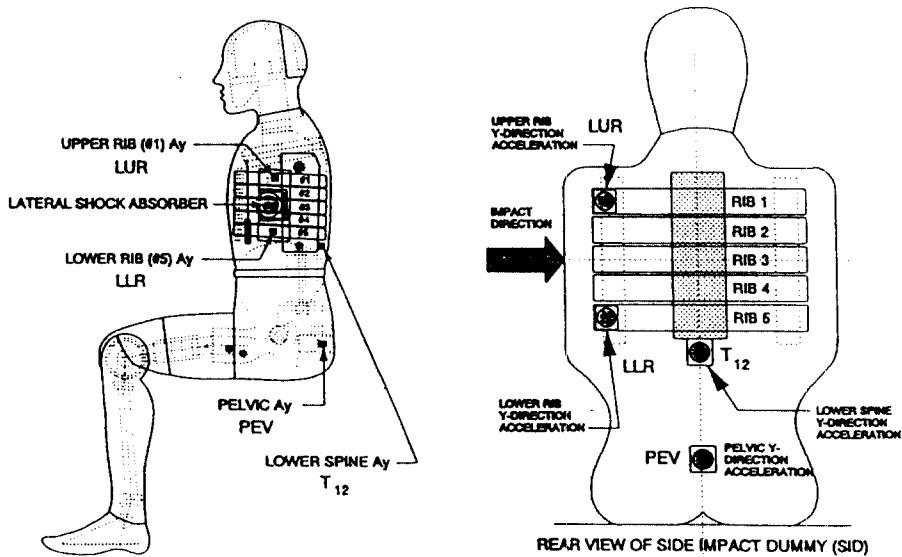


그림 5 SID의 계측점

에 의해 교정한 인체모형을 자동차의 앞좌석과 그 뒷좌석에 착석시키는데, 인체모형에는 성능요건에 규정된 가속도값을 측정하기 위하여 그림 5와 같이 가속도계를 설치한다.⁽⁷⁾

- 충돌측 상부 갈비뼈(LUR or RUR) 가속도(Y-방향)
- 충돌측 하부 갈비뼈(LLR or RLR) 가속도(Y-방향)
- 하부척추(T₁₂) 가속도(Y-방향)
- 골반부(PEV) 가속도(Y-방향)

5.2 ECE R.48 The Protection of the Occupants in the Event of a Lateral Collision

5.2.1 적용 차종

공차중량에 100 Kg을 더한 기준중량상태에서 가장 낮은 좌석위치에서의 R-Point가 지면으로부터 700 mm 이하인 M1 및 N1 범주의 자동차

5.2.2 적용 시기

1995년 10월 1일 예정

5.2.3 시험방법

(1) 그림 6과 같이 무게 950 kg의 MDB가 50 Kph의 속도로 정지되어 있는 자동차의 길이 방향축에 수직으로 충돌하는 MDB의 중심은 자동차의 R-Point와 일치시킨다.

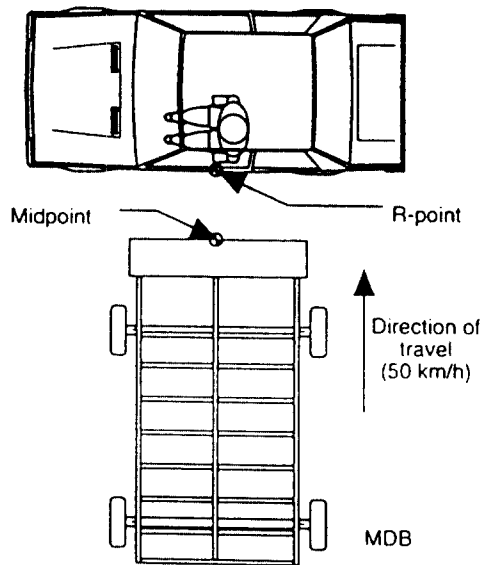


그림 6 실차 측면충돌시험 방법(유럽)

표 4 EuroSID-1의 계측부위

계측부위	계 측 대 이 타	방 향	비 고
두 부	무계중심점 가속도	(Ax, Ay, Az)	3축 가속도계
흉 부	상부척추 가속도	(Ax, Ay, Az)	3축 가속도계
	하부척추 측면가속도	(Ay)	단축 가속도계
	갈비뼈 변형량	(Dy)	Linear Pot. (갈비뼈 3개)
복 부	갈비뼈 측면가속도	(Ay)	단축 가속도계 (갈비뼈 3개)
	하 중	-	3축 Load Cell
골 반	측면치골 유착하중	-	Load Cell
	골반가속도	(Ax, Ay, Az)	3축 가속도계
계		20	

(2) 시험자동차의 충돌측에 교정 시험방법에 의해 교정한 인체모형을 자동차의 앞좌석과 그 뒷좌석에 착석시키는데, 인체모형에는 성능요건에 규정된 가속도값을 측정하기 위하여 표 4와 같이 가속도계, 변위계 및 하중계를 설치하여 총 20채널을 계측한다. (그림 7 참조)

6. 측면충돌 인체모형

인체유사 시험장치인 충돌인체모형은 시험연구의 도구로서 사용되기 전에 많은 가이드라인(guideline)을 만족하여야 한다. 측면충돌 인체모형을 개발하기 위한 양적인 가이드라인으로서 생체충실도, 반복성, 재생산성, 측정능력 및 교정방법이 개발되고 질적인 특성으로서 감응성, 조작성 및 내구성에 대한 개발이 필요한데, 더욱 중요한 것은 그 인체모형이 자동차 안전 평가에 적합한가 하는 것이다.

현재 실차 측면충돌시험에 사용하기 위하여 개발된 시험용 인체모형은 아래 세 가지 종류가 있다.

- SID(side impact dummy)
- BioSID(biofidelic side impact dummy)
- EuroSID-1(european side impact dummy)

6.1 SID

SID를 개발하기 위하여 NHTSA는 측면충돌에서 상해위험을 측정하는데 적절한 인간 대용물인 시험 인체모형을 개발하려고 하였다.

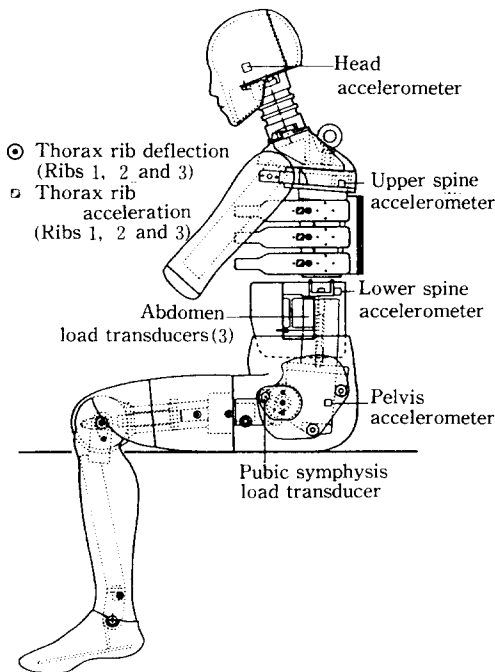


그림 7 EuroSID-1의 계측부위

NHTSA는 특정 충돌상황에서의 인체상해 위험이 SID로부터 얻어진 응답측정으로 결정될 수 있을 것인지와 이들 특정한 응답이 인체반응의 생체충실도를 나타낼 수 있을 것인지를 고려하였다.

사체실험을 근거로 측면충돌에서 상해 위험성을 측정하기 위한 두 가지 실험 경험에 의한 기준을 개발하였는데 이것이 TTI(d)와 골반 가속도이다.

NHTSA는 g 's값으로 측정되는 갈비뼈와 골반의 최대 가속도를 사용하여 계산되는 TTI(d)가 실제 충돌사고에서 사람이 경험하는 흉부상해의 차등 정도의 가능성을 예측하고 마찬가지로 골반가속도는 골반 골절의 가능성을 예측한다고 믿었다.

이 두 가지 상해기준은 측면충돌에서 모든 형태의 상해, 예를 들어 두부상해나 어떤 복부상해의 형태를 나타내지는 않는다. SID는 몇 가지를 제외하고는 FMVSS No. 208에 사용되는 기존 Part 572B 시험 인체모형과 많은 부분에서 동일한데 흉부와 골반은 측방향 충격에서 인체와 유사한 가속도 반응을 얻기 위하여 새로 설계되었다.

NHTSA는 SID의 개발과 시험에 있어서 분리된 신체의 팔과 어깨 구조의 존재는 시험결과에 상당한 반응차이를 초래한다고 판단하였으며, 관절이 있는 팔과 어깨의 사용은 시험인체모형의 구조에서 불필요한 기계적 복잡함을 더할 뿐이라고 생각하였다. 이러한 기본 개념으로 개발된 SID는 1988년 1월에 제안되고 1990년 10월에 법규로 발표되었다.

6.2 EuroSID-1

유럽형 측면충돌 인체모형인 EuroSID-1은 시제품인 EuroSID를 보완하여 생산체제를 갖춘 제품으로서 1989년에 규격화되었다.

이 인체모형의 규격은 측면충돌 인체모형을 개발하기 위한 EEVC working group (EEVE-WG9)과 협력하여 TRL(영국), INRET(프랑스), APR(프랑스), BAST(독일) 및 TNO(네덜란드)에 의해 개발되었다.

시제품인 EuroSID와 비교하여 볼 때 주요 변경부위는 골반설계이며, 장골날개(ilic wing)의 재질이 알루미늄에서 플라스틱으로 변경됨에 따른 것이다.

50% 성인남자를 대표하며 무게는 72 kg이고 팔 하부가 없다. 좌측 충격에서 우측 충격으로 쉽게 전환할 수 있다.⁽⁸⁻¹⁰⁾

6.3 BioSID

미국과 유럽에서 각각 개발된 SID와 시제품인 EuroSID는 측면충돌 법규시험용 인체모형으로 제안되었는데, APR,¹²⁾ UMTRI,¹³⁾ 하이델베르크 대학 등에서 실시한 사체 실험 결과를 근거로 국제표준기구(ISO/TC22/SC12/WG5)가 종합하여 제안하였던 측면충돌용 인체모형의 생체충실도 평가실험방법(ISO/DP/9790-1~6)에 따라 1987~1988년에 걸쳐 프랑스, 일본, 네덜란드, 미국의 각 연구기관에서 평가한 결과, 두 인체모형 모두 측면충돌보호용으로 사용되기에 측면충돌 생체충실도 반응이 충분치 못하다는 결론을 지었다.

이 결론에 따라 SAE Human Biomechanics and Simulation Standards Committee의 Mechanical Human Simulation Subcommittee는 1988년 10월에 하부조직으로 Dummy Task Force를 설립하였으며, SID, EuroSID 또는 Hybrid III를 개조하여 ISO/DP 9790-1~6의 성능요건을 만족하는 보다 근접한 인체모형을 개발하는 것을 목표로 몇 가지의 설계개념을 검토한 결과, Hybrid III의 기본 구조를 기초로 흉부, 어깨부, 복부,

12) Association of Peugeot/Renault

Research Institute

13) University of Michigan Transportation

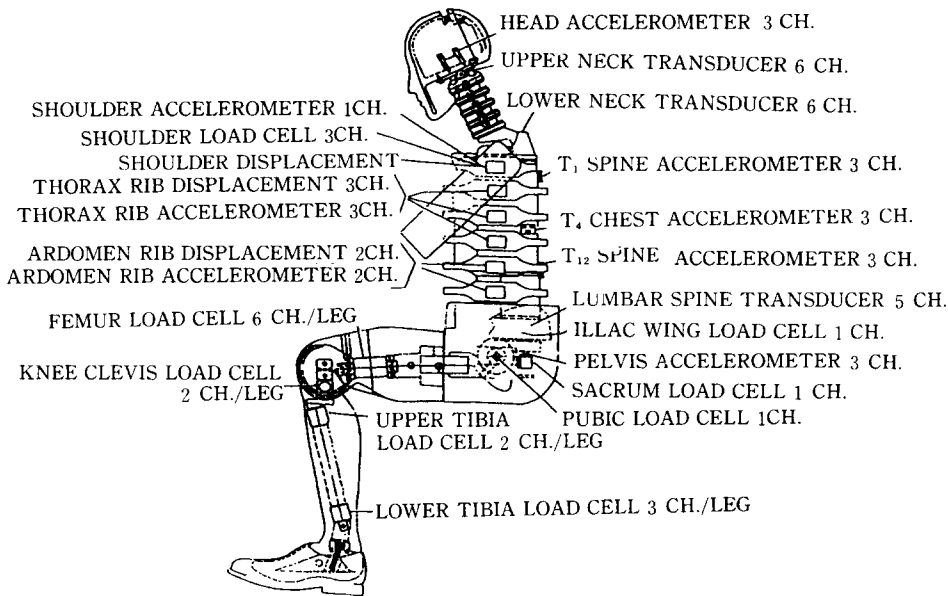


그림 8 BioSID의 계측부위

골반부를 새로 개발하기로 결정하였다.

Side Impact Dummy Task Force가 실시했던 시제품 인체모형 BioSID의 평가시험 결과는 상기 ISO의 요건에 대하여 양호한 생체충실도를 나타내었는데, 두부, 목, 어깨, 흉부 및 복부는 우수한 생체충실도 반응을 보여주었으며, 팔과 골반 반응은 양호하게 나타났다. (11~14)(그림 8 참조)

7. 우리나라의 측면충돌 사고자료 분석

우리나라의 지난 10 년간(1983년~1993년)

교통사고의 평균 증가율을 분석해보면 발생건수는 4.4%, 사망자는 4.3%, 부상자는 8.3%의 증가율을 보이고 있다. (21~23)

1993년도 사고유형별 교통사고 통계에 의하면 차량 대 차량에 의한 충돌사고 사망자는 전체 교통사고 사망자의 38.0%에 해당되며, 그 중에서 차량 대 차량의 측면충돌 사망자는 10.2%이며, 부상자는 17.2%로 나타났다.

이것은 미국의 경우 표 2에서와 같이 전체 측면충돌 사망자중에서, 기동 및 기타 고정물체와의 측면충돌 사망률이 28%인 것과 비

표 5 우리나라의 전체 교통사고

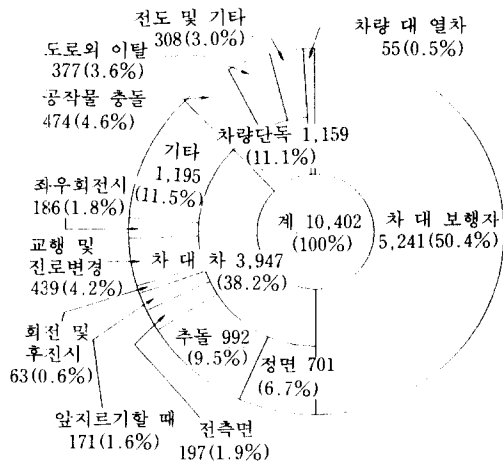
구 분	발생건수		사망자		부상자		자동차	
	(건)	지수	(명)	지수	(명)	지수	(대)	지수
'93년	260,921	701	10,402	339	337,679	788	6,274,008	4,890
10년 평균증가율	4.4		4.3		8.3		23.1	

주) · 지수는 1970년을 100으로 함.
 · 평균증가율의 10년은 '83년부터 '93년까지를 말함.
 · 교통사고분석(경찰청, 1993년 통계)

표 6 우리나라의 사고유형별 교통사고 통계

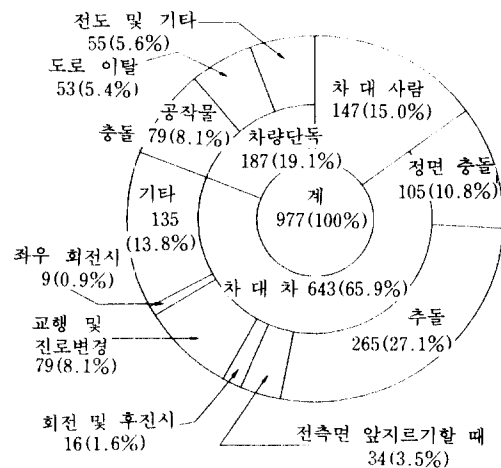
구 분		발생건수 (구성비)	사망자 (구성비)	부상자 (구성비)	재산피해(백만원) (구성비)
차량 대 차 량	정 면	6,118 (2.3%)	701 (6.8%)	11,280 (3.3%)	19,478 (5.6%)
	측 면	39,011 (15%)	1,059 (10.2%)	58,111 (17.2%)	96,558 (27.7%)
	추 돌	47,716 (18.3%)	992 (9.5%)	72,618 (21.5%)	113,527 (32.6%)
	기 타	40,742 (15.6%)	1,195 (11.5%)	60,505 (17.9%)	84,375 (24.2%)
	소 계	133,587 (51.2%)	3,947 (38.0%)	202,514 (59.9%)	313,937 (90.1%)
차량 대 보행자		117,431 (45%)	5,241 (50.4%)	119,900 (35.5%)	9,680 (2.8%)
차 량 단 독		9,798 (3.8%)	1,159 (11.1%)	15,133 (4.5%)	24,423 (7.0%)
차 량 대 열 차		105 (0.0%)	55 (0.5%)	132 (0.0%)	156 (0.0%)
총 계		260,921 (100%)	10,402 (100%)	337,679 (100%)	348,197 (100%)

자료 : 교통사고분석(경찰청 1993년 통계)



주) 자료 : 교통사고 분석(경찰청, 1993년 통계)

그림 9 교통사고 사망자 유형분석



주) 자료 : 도로교통 안전백서 (경찰청, 1993)

그림 10 고속도로 교통사고 사망자 유형분석

교하여 볼 때, 우리나라의 차량단독 사망률 11.1%에는 측면충돌에 의한 사망자도 다수 포함되어 있을 것으로 예상되나 정확한 사고율은 알 수 없다.

표 6에 나타난 차량 대 차량에 의한 측면 충돌사고와 차량단독사고에서의 사망자에 대하여 사고 유형별로 분석하여 보면 표 7과

같다.

측면충돌사고는 자동차의 정면을 12시 방향으로 봤을 때 우측면은 2시에서 4시 방향, 좌측면은 8시에서 10시 방향으로 충돌되는 경우를 가리킨다.

그러나 우리나라 교통사고 분석자료는 이러한 충돌방향에 의한 사망률 등을 분석할

표 7 우리나라의 측면 및 차량단독사고 사망자 유형분석

구	분	발생건수 (구성비)	사망자 (구성비)	부상자 (구성비)	재산피해(백만원) (구성비)
측면충돌 (차량대차량)	전 측면	7,902 (20.3%)	197 (18.6%)	11,874 (20.4%)	19,899 (20.6%)
	앞지르기할때	3,025 (7.8%)	171 (16.2%)	4,800 (8.3%)	6,309 (6.5%)
	후진시	740 (1.9%)	10 (0.9%)	923 (1.6%)	2,608 (2.7%)
	진로변경시	4,686 (12.0%)	66 (6.2%)	6,507 (11.2%)	16,607 (17.2%)
	교행시	9,250 (23.7%)	373 (35.2%)	14,917 (25.7%)	22,050 (22.8%)
	회전시	2,880 (7.4%)	53 (5.0%)	4,139 (7.1%)	6,076 (6.2%)
	좌회전시	7,526 (19.3%)	131 (12.4%)	10,825 (18.6%)	16,918 (17.5%)
	우회전시	3,002 (7.7%)	58 (5.5%)	4,126 (7.1%)	6,091 (6.3%)
	계	39,011 (100%)	1,059 (100%)	58,111 (100%)	96,558 (100%)
차량단독	공작물 충돌	3,330 (34%)	474 (40.9%)	5,132 (33.9%)	16,158 (66.1%)
	도로외 이탈	2,127 (21.7%)	377 (32.5)	3,772 (24.9%)	2,457 (10.1%)
	전도 및 기타	4,431 (44.3%)	308 (26.6%)	6,229 (41.2)	5,808 (23.8%)
	계	9,798 (100%)	1,159 (100%)	15,133 (100%)	24,423 (100%)

주) 자료 : 교통사고분석(경찰청, 1993년 통계)

표 8 전체 차량에 대한 승용자동차의 사고비교

	발생 건수	사 망 자	부 상 자	재산피해(백만원)
전체 차량	260,921	10,402	337,679	348,196
승용자동차	141,276 (54.1%)	4,306 (41.4%)	181,805 (53.8%)	172,082 (49.4%)

주) 자료 : 교통사고분석(경찰청, 1993년 통계)

수 없다. 차량단독사고에서 공작물 충돌사고는 전주, 표지, 분리대, 안정성, 방책, 가옥 담장, 교각, 적재물 등과의 충돌로 세분할 수 있는데 이 중에서 전주와의 충돌이 118건 (10.2%)로 가장 빈번하였다. (그림 9, 10 참조)

차량사고에 대한 승용차의 사고통계는 표 8과 같다. 승용자동차의 측면충돌 사고율은 국내 교통사고 자료에는 분석되어 있지 않음

므로 알 수가 없으나 승용자동차의 사고율이 전체 차량사고의 절반 정도인 점을 감안할 때 측면충돌시 승객보호에 대한 기준연구는 승용자동차에 대하여 집중적으로 추진되어야 될 것으로 사료된다.

8. 자동차 사고조사의 내용 및 해석

자동차사고 조사 및 해석의 목적은 자동차

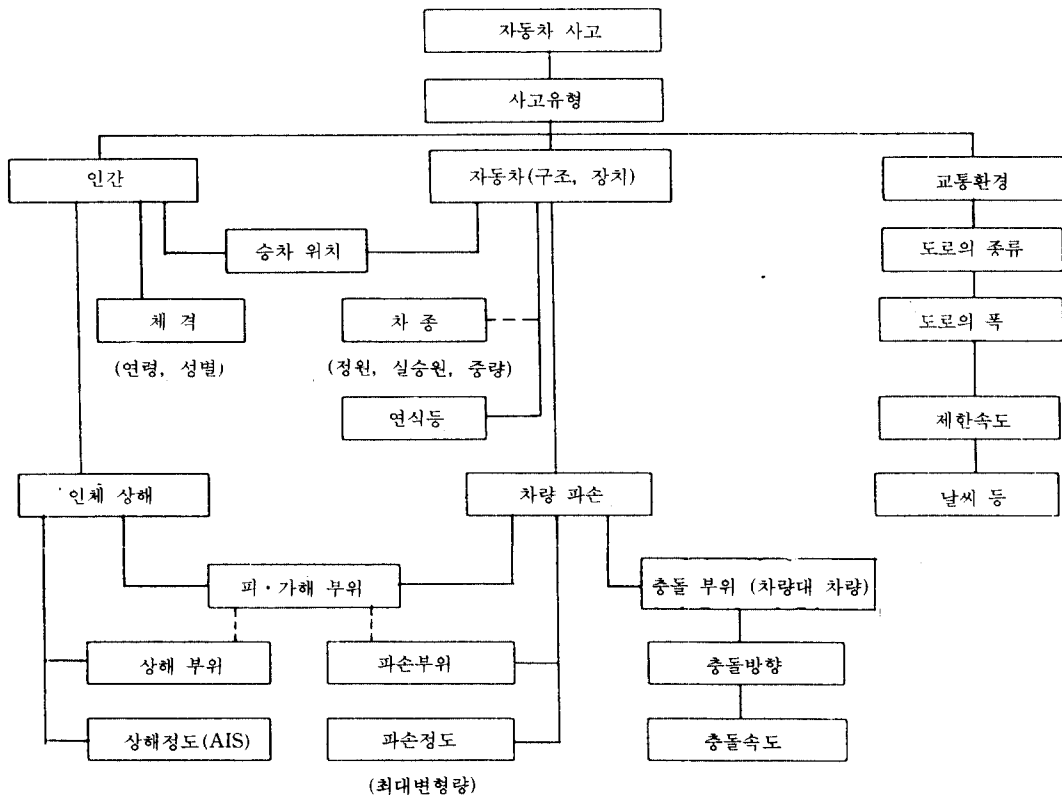


그림 11 자동차사고의 주요 조사내용 및 항목

의 구조 장치와 인체상해치와의 관계를 연구하여 밝히기 위한 것으로, 자동차사고의 실태를 파악하기 위한 상세한 조사를 수행하여 자동차 안전기준의 제정이나 이미 시행하고 있는 안전기준의 효과를 확인하는 데 있다.

그림 11은 상세 사고조사 항목을 도식적으로 나타낸 것으로 자동차의 구조 장치의 파손상황, 인체의 가해부위와 상해부위의 관계 조사 및 사고발생시의 교통환경에 대하여 항목 및 상호관계를 세부적으로 표시한 것이다.⁽¹⁵⁾

국내에서는 아직 이러한 상세조사가 제대로 이루어지지 않아 기본적인 사고분석 데이터가 부족한 실정이며, 자동차 안전기준 제정 및 연구에 많은 어려움이 있다.

해당 기관에서는 사고조사 방법을 선진화하고 사고자료를 분석하여 데이터베이스화한다면 자동차 안전도 향상에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

9. 맺음말

지금까지 미국과 유럽의 실차 충돌시험에 의한 측면충돌시 승객보호 기준을 제정하게 된 배경, 기준 설정방법, 시험법, 시험인체 모형 등에 대하여 살펴보았다.

우리나라가 충돌 충격시험 등 자동차 안전기준을 제정하기 위하여 연구를 시작한 것은 1980년대 말이며, 미국과 유럽에서도 실차 충돌시험에 의한 측면충돌시 승객보호기준을 제정하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 시점이었던 관계로 국내 안전기준을 제정할 때 이 기준을 중점적으로 검토하지 않았다.

앞에서 살펴본 바와 같이 측면충돌에 의한 부상 및 사망자가 많은 비율을 차지하고 있는 점을 감안할 때 국내에서도 승용자동차에 대한 측면충돌사고시 승객보호를 위한 기준 및 안전대책에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

이러한 연구를 수행하기 위하여 기초자료

로써 자동차 사고에 대한 상세조사 및 사고분석이 이루어져야 하나 아직 미흡한 실정이다.

향후 과제로 국내에서 발생하는 측면충돌 사고유형과 미국이나 유럽에서의 사고유형을 비교분석하여 보고 미국과 유럽에서 각각 추진하고 있는 이 승객보호 기준이 국내 측면충돌사고에 의한 사망자와 부상자를 감소시키는 데 도움이 될 수 있는지를 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- (1) "Federal Motor Vehicle Safety Standards: Side Impact Protection," RIN: 2127-AB86, [Docket No. 88-06, Notice 8], 49CFR Part 571, pp. 45722~45732.
- (2) "Federal Motor Vehicle Safety Standards: Side Impact Protection-Light Trucks, Buses and Multipurpose Passenger Vehicles," RIN: 2127-AE49, [Docket No. 88-06, Notice 23], 49CFR Part 571, pp. 30756~30761.
- (3) Draft Regulation, 1994, "Uniform Provisions Concerning The Approval of Vehicles with Regard To The Protection of The Occupants in The Event of A Lateral Collision," in Economic and Social Council, TRANS/WP.29/396, United Nations, May, pp. 6~7.
- (4) "Side Impact Protection: Moving Deformable Barrier," RIN: 2127-AB86, [Docket No. 88-06, Notice 9], 49CFR Part 572, pp. 45770~45776.
- (5) Laboratory Test Procedure for FMVSS No. 214, 1991, "Side Impact Protection-Passenger Cars," U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration, TP-214D-01, August, pp. 26~35.

- (6) Miller, P. M. and Miller II, P. M., "Evaluation Methodologies for Automobile Side Impact Development," *SAE Paper* 930483.
- (7) "Anthropomorphic Test Dummy : Side Impact Protection," RIN : 2127-AA48, [Docket No. 88-07, Notice 3], 49CFR Part 572, pp. 45757~45766.
- (8) "Specification of the EEVC Side Impact Dummy EUROSID-1," 1990, European Experimental Vehicles Committee, April, pp. 2~9.
- (9) "EuroSID-1 Assembly and Certification Procedures," 1994, TNO Crash-Safety Research Center, January, pp. 1~2.
- (10) Beusenbergh, M. C., Janssen, E. G. and Schreuder, J. J. H., 1994, "Five Years Experience of Using EUROSID-1 in Sled and Car Tests," Paper no. 94 S6 O 09, 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Munich, Germany, May, pp. 2~6.
- (11) Beebe, Michael S., 1990, "What is Biosid?," *SAE Paper* 900377, International Congress and Exposition, Detroit, MI, February, pp. 5~6.
- (12) Campbell, K. L., Wasko, Ronald J. and Henson, S. E., "Analysis of Side Impact Test Data Comparing SID and BIOSID," *SAE Paper* 902319, pp. 185~189.
- (13) "User's Manual For The BIOSID," 1990, Society of Automotive Engineers Dummy Testing Equipment Subcommittee, September, pp. 2~25.
- (14) Takeshi HARIGAE and Haruo OHMAE, 1990, "Biofidelic Side Impact Dummy," September, pp. 19~24.
- (15) Masahiro ITOH, Koshiro ONO and Yasuhiko IRIE, 1989, "In-Depth Study of Motor Vehicle Accidents," October, pp. 38~40.
- (16) "교통사고통계," 경찰청, 1993년.
- (17) "도로교통안전백서," 경찰청, 1993년 10월.
- (18) "교통사고분석," 경찰청, 1994년 6월.

