

차량안전에 관한 고찰

The Consideration of the Vehicle Safety

김 승 권* 박 운 정*
S. K. Kim, W. J. Park

1. 서 론

차량의 안전성능 향상을 위해서는 사고에 대한 예방안전 장치, 사고후의 사고 확산 방지, 사고시의 안전대책 등 여러가지 조건들이 고려되어야 한다. 그외의 부가적인 것으로는 도로여건, 운전자를 포함한 운전자 주위의 환경요건이 있다.

본 고에서는 차량안전에 관한 일반적인 관련 사항을 소개하고, 추가적으로 충돌시험의 몇가지 Simulation 방법에 대하여 기술하고자 한다.

2. 차량안전에 대한 일반적인 관련 사항

차량의 안전성능 향상을 위한 여러 고려 사항들이 있으나, 본 항에서는 미국연방자동차 안전법규(FMVSS : Federal Motor Vehicle Safety Standard)를 중심으로 검토한다.

2.1 예방안전 관련 사항

사고에 의한 탑승자의 부상 및 사망자를 줄이기 위한 가장 좋은 방법은 사고를 미연에 예방하는 것이다. 이러한 차량사고를 방지하기 위한 장치로는 조종 안정성, Tire, 변속기, Brake System, 시계 및 Lamp류 등 다수가

있으며, 그에 대한 고려 사항들로서 Table 1에 Fmvss의 주요 관련 항목 및 내용을 설명했다.

2.2 사고확산 방지 및 환경 관련사항

사고에 의한 연료계통으로부터의 연료누설의 방지(정면충돌, 경사충돌, 측면충돌, 후방충돌 등의 충돌사고시) 대책 및 내장재를 난연재로 사용하는 것을 통하여, 사고후 특히 화재에 의한 사고확산을 방지할 수 있다.

환경조건으로는 운전자의 두통, 집중력부족, 피로 및 나쁜 시력 등 운전자 관련 사항들이 있으며 두통 및 집중력 부족은 주로 술, 약물 복용, 차량의 내부로 유입되는 일산화탄소가 그 원인으로 알려져 있다. 도로여건, 운전자 및 보행자의 습관, 시인성 즉 운전석으로부터 시계, 차량색깔, 차량형태, 차량크기, 정지 및 방향지시등의 표시상태 등이 차량안전과 밀접한 관계가 있다.

2.3 사고시의 안전대책

사고시의 안전대책에 대해서는 탑승자의 안전성 확보가 가장 중요한 것이다. 탑승자가 받는 상해감소를 위해서는 충돌중에 차량자체와 탑승자간의 상대속도를 최소화하는 것이 필요하며, 아울러 탑승자와 차량의 내장 부품

* 정회원, 현대자동차(주) 연구부

표 1 예방안전 관련 사항

순번	항목	내용
1.	Controls & Displays	Control 및 Display의 위치, 직면표시, 조명 등
2.	T/M Shift Lever Sequence, T/M Braking Effect etc.	올바른 T/M 변속 및 브레이크 효과, 변속순서 등
3.	W/Shield Defrost'g etc.	차량 전면유리의 처리하기 등
4.	Hydraulic Brake System	유압 및 Park'g Brake 사항
5.	Brake Hose	Brake Hose 및 Hose 끝단 연결
6.	Reflecting Surface	운전자 시계대의 머리 부품들의 표면반사
7.	Lamp, Reflective Surface	Lamp, 반사기 및 이들의 교체부품
8.	Pneumatic Tire	Tire 치수, 강도, 내구성, 고속성능 등
9.	Rearview Mirror	후시경의 성능 및 설치위치
10.	Brake Fluid	유압 Brake에 사용되는 Brake액 및 용기
11.	Accelerator Control System	Accelerator System의 성능

간의 충돌(2차 충돌: Secondary Impact)을 대비하여 차량의 내장부품을 에너지를 흡수하여 탑승자가 받는 충격을 최소화할 수 있도록 설계되어야 한다.

1차 충돌—사고차량과 장애물(다른 차량, 나무 등)간의 1차적인 충돌—에 의한 차량 자체와 탑승자간의 상대속도를 최소화하기 위해서는, 차량의 충돌 에너지 흡수특성 및 탑승자 구속장치의 최적화가 필요하다.

차량의 충돌 에너지 흡수특성은 정면충돌의 경우 모든 충돌 에너지를 가능한 차량의 전방부 Structure에서 흡수하고 승객실까지는 전달되지 않도록 해야하며, 충돌 에너지가 Lower Arm, Side Member, Sheet Metal 등에서 효과적으로 흡수되어야 한다. 아울러 전방부 Structure로부터 충격이 과폭없이 순차적으로 적크러프를 구조로 하는 것이 가장 효과적이다.

탑승자 구속장치로는 현재 가장 일반적으로 사용하는 것이 Seat Belt이며, 미국의 경우 탑승자 강제구속장치(Passive Restraint System)를 요구하므로, 2Point의 Shoulder Belt와 탑승자 허반신 보호를 위한 Knee Bolster의 조합 System, Motorized 2Point Shoulder Belt and Manual Lap Belt System,

Motorized 3Point System 등 여러 종류의 Seat Belt System이 개발되어 사용되고 있으며, 최근에는 Steering Column과 Crash Pad에 설치하는 Air Bag System의 작용이 증가하는 추세이다. 탑승자 구속장치가 Seat Belt System인 경우에는 충돌시 탑승자 운동에너지를 차량의 변위중에 Seat Belt System을 통하여 차례로 전달되는 Ride-Down Effect를 크게 함으로써 그 효과를 증대시킬 수 있다.

2차 충돌—탑승자와 차량 내장부품간의 2차적인 충돌—시의 탑승자가 받는 상해를 감소시키기 위해서, Steering Wheel & Column, 계기판 및 Crash Pad부, 뒷좌석의 탑승자 머리와 충돌 가능한 앞좌석 등받이(Seat Back) 및 Head Rest, 내부 칸막이판, Sun Visor 등의 충돌 에너지 흡수 특성이 고려되어야 한다. 이외에 충돌시 유리로 인한 부상을 감소시키기 위한 앞유리특성, Seating System 및 Seat Belt Anchorage 강도, Side Door 및 Roof 강도 등의 고려 사항이 있으며, 그 주요내용을 Table 2에 표시했다.

3. 충돌 Simulation 방법 소개

60년대 후반까지는 차량의 충돌 특성에

식하기 위한 유일한 방법은 차량과 차량간의 충돌 혹은 차량과 고정벽간의 완성차의 충돌에 의한 것이었다. 하중계, 스트레인 게이지, 인체모형, 고속카메라 등의 많은 장비들을 탑재한 완성차로써 시험하여 충돌특성을 평가하였으며 많은 비용은 물론 개발시점을 지키기 위해 어려움이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 부단히 Simulation 방법이 연구 개발되어 왔다.

충돌 Simulation은 차체의 충돌특성과 충돌시 탑승자의 거동에 관한 것으로 크게 구분할 수 있으며, 본 고에서는 각각에 대하여 간단히 설명하고자 한다.

3.1 차체 충돌특성

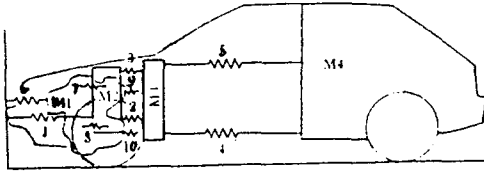
차체의 충돌특성을 예측하여 해석하는 방법으로는 수학적모델에 의한 연속계의 Simulation과 소성문제 및 동적문제를 취급하는 비선형구조해석 등이 있다. 연속계 Simulation은 입력 Data로 어느정도의 실험 결과치가 필요하고, 예측기술로서는 조금은 불완전하지만 모델링이 용이하고 계산시간이 빠르므로 Parameter검토에 적합하다.

대표적인 모델로는 “Spring-Mass Method”가 널리 사용되고 있으며 이는 Dumped Mass와 Spring Element로 차량을 모델링하여 차체의 충돌특성을 Simulation하는 것으로 그림 1은 4개의 Lumped Mass와 10개의 비선형 Spring Element로 구성된 차체의 모델이다. 그림에서 Lumped Mass는 Engine 및 Transmission (M1), Front Side Member 및 Strut Housing(M2), Cowl Top 및 Dash Panel(M3), 승객실 후반부 구조물(M4)로 구성되어 있으며, 각 비선형 Spring Element 특성은 정압축 시험에 의하여 얻은 Data(하중-변위특성)를 기본으로 하는 충돌에너지 흡수하는 부재이다.

그 외에도 최근의 Super Computer 등장과 함께 Software 발전, 계산역학의 진보 등으로 인하여 유한요소법을 이용한 차체의 해석이 가능하게 되었다. 정면충돌시의 주요에너지 흡수 부재인 Front Side Member와 차체 전체를 모델링하여 해석한 많은 자료들이 발표되고 있다. 차체 전체를 모델화하기 위해 소요되는 비용 및 시간을 절감하기 위하여 차체를 대칭이 되는 절반만 모델링하여 해석하며 또

표 2 사고시의 안전 관련 사항

순번	항 목	내 용
1.	Occupant Protection in Interior Impact	충돌시 발생하는 2차충돌로부터 승객을 보호하기 위한 여러가지 내장부품의 에너지 흡수특성에 대한 사항
2.	Head Restraint	후방 충돌시 탑승자 목부위의 부상을 줄이기 위한 Head Restraint 강도에 대한 사항
3.	Impact Protection from Steering	충돌시 운전자의 가슴, 목 및 얼굴의 부상 감소를 위한 조향장치의 에너지 흡수특성에 관한 사항
4.	Steering Control Rearward Displacement	충돌시 조향장치의 후방변위에 의한 운전자 가슴부위의 부상감소 위한 후방변위 관련 사항
5.	Glazing Materials	충돌시 유리로 인한 부상감소를 위한 유리특성 관련 사항
6.	Seating System	Seat, Seat 부착물 및 설치요건 등에 관한 사항
7.	Occupant Crash Protection	충돌시 승원보호에 대한 사항
8.	Side Door Strength	측면충돌시 Door 변형에 의한 탑승자의 부상경감 위한 Side Door의 강도 관련 사항
9.	Roof Crush Resistance	진복사고시 Roof 찌그러짐에 의한 탑승자의 부상경감 위한 Roof 강도 관련 사항



<비선형 Spring>

1. Bumper, Front Side Member 전반부
2. Front Side Member 후반부
3. Upper Member Rear
4. Floor & Side Sill
5. Door etc.
6. Radiator to Engine
7. Engine Mounting
8. Transmission Mounting
9. Engine to Dash Panel
10. Engine to Front Chassis

그림 1 차체모델 (Lumped Mass & 비선형 Spring)

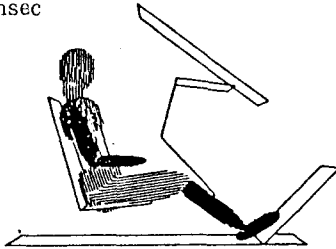
한 Frame 및 외판 등은 Shell 요소로, Side Door는 전후 방향으로 동일 강도를 가진 봉 요소로, 충돌에 의해 변형하는 부분의 요소는 비교적 작게 충돌에 직접 관여하지 않는 후반부는 크게 요소 분할하여 모델화하는 것이 일반적인 경향이다.

3. 2 탑승자 거동

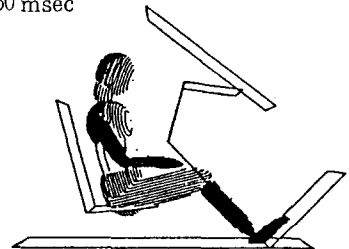
충돌시의 탑승자 거동 및 탑승자의 상해정도(탑승자 구속장치 및 탑승자와 차량 내장부품간의 2차 충돌에 의한 상해 등)를 파악하기 위하여 개발된 여러 종류의 Software - CVS, MVMA, PADS, MADYMO¹⁾등-가 있다.

Software에 따라 다소의 차이는 있으나 탑승자는 신체의 각 부분을 나타내는 Segments와 이들 Segments를 연결하는 Joints로 구성되며, 차량의 내장 부품들은 에너지 흡수능력

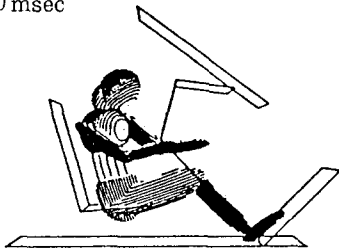
Time = 0 msec



Time = 60 msec



Time = 100 msec



Time = 120 msec

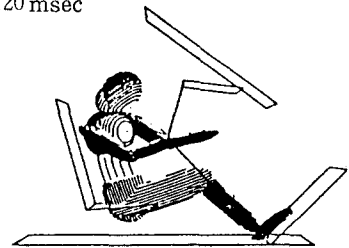


그림 2 탑승자 거동 (By CVS)

주 1) CVS (Crash Victim Simulation) : By Calspan.
 MVMA (Motor Vehicle Manufacturer Association) : By Highway Safety Research Institute of the University of Michigan.
 PADS (Passenger and Driver Simulation) : By M. G. A.
 MADYMO (Mathematical Dynamic Model) : By TNO Road Vehicle Research Institute.

주 2) HIC (Head Injury Criteria).
 CHEST Resultant Deceleration.
 Compressive Axial FEMUR Load.

(하중-변위특성)을 가진 Line Elements들로 구성되어 탑승자 Segments와 차량 내장부품간의 충돌에 의한 상해정도²⁾를 알 수 있도록 되어있다. 그림 2는 CVS Software로 Simulation 실시한 탑승자의 거동을 나타내고 있다.

4. 결 론

앞에서 살펴본 바와 같이 차량의 안전성능 향상을 위해서는 여러가지 사항들이 필수적으로 고려되어야 한다. 예방안전 및 사고확산방지대책도 중요하며, 사고라는 것은 필연적으로 발생하는 것이므로 사고시의 안전대책을 위해 차체의 충돌특성 및 탑승자 거동 Simulation 기법을 통하여 보다 저렴한 비용으로 안전한 차를 개발할 수 있도록 부단한 노력을 경주해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Masanori Hashimoto 외 1명 : Influence of Crash Characteristics on Occupant Injuries. JSAE. Vol. 41, No. 4, 1987.
2. Toshiaki Sakurai 외 3명 : Crash Analyses on Passenger Cars. JSAE. Vol. 42, No. 10, 1988.
3. Hiroyuki Ono 외 1명 : The Stiffness of Automobile Outer Panels. The 4th International Pacific Conference on Automotive Engineering. 1987. 11.
4. M. M. Kamal 외 1명 : Modern Automotive Structural Analysis. Van Nostrand Reinhold Co. pp. 316~386.
5. N. H. T. S. A. : Federal Motor Vehicle Safety Standard.