

〈논 문〉 SAE NO. 97370078

승객 상해치 감소를 위한 측면 에어백의 역할

Role of Side Impact Airbag in Order to Reduce Passenger Injury Value

김 동 석*, 이 명 식**
D. S. Kim, M. S. Lee

ABSTRACT

In order to reduce passenger injuries in side collisions, car makers are developing a side impact airbag system while Volvo has already adopted. This study examines dummy injury reduction effect of a side airbag system using full car side impact simulation according to FMVSS 214 test procedure. The simulation result without side airbag shows a good correlation with test data. The folded airbag simulation is carried out to check main design factors. Through the simulation with side airbag module integrated in the seat frame, it is found that the side airbag system provides a substantially enhanced protection for car occupants in side collisions.

주요기술용어 : Side Impact Airbag(측면 충돌 에어백), Side Impact Simulation(측면 충돌 해석), FMVSS214(미국연방자동차안전규격214)

1. 서 론

자동차가 대중화됨에 따라 소비자의 요구도 다양화되고 있다. 특히 자동차 사고에 따른 사망과 후유 장애로 인한 사회적 개인적 비용이 증대됨에 따라 이를 감소시킬 수 있는 안전도가 강화된 차체 개발이 자동차 제작사들의 연구 초점이 되고 있다. 또한 각 국가에서는 강

화된 자동차 안전 법규의 제정을 통하여 안전 기준을 만족한 차량에 한하여 자국 시장의 진입을 허용하고 있다. 이와 같은 노력에 의하여 정면 충돌에 대비한 차체 설계 및 안전 보호 장구 설계 기술은 많은 진보가 이루어 졌으며 벨트뿐만 아니라 정면 충돌 에어백의 장착이 의무화 되어가고 있다. 비록 정면 충돌에 의한 사고가 교통 사고에 있어 여전히 높은 비율을 차지하고 있지만 급속한 도시화에 따른 교통 환경의 변화에 따라 측면 충돌에 의한 사고의 비율이 점차 증가하고 있다.

* 정회원, 대우자동차 차량해석팀

** 대우자동차 차량해석팀

미국 도로 교통 안전국의 통계¹⁾에 의하면 1978년부터 1987년까지 10년간 전체 교통 사고 사망자의 30.6%가 측면 충돌에 의한 것이며 1982년부터 1987년 사이에 발생한 중상 이상의 사고, 즉 약식 상해 등급(Abbreviated injury scale, AIS) 3~5인 부상자의 35.6%가 측면충돌에 의한 것이다. 이러한 사고의 심각성에도 불구하고 측면 충돌에 대비한 안전 보호 장구 등에 대한 설계 기술의 개발은 정면 충돌과 비교하여 소홀히 취급되어 왔다. 측면 충돌에 대비하여 주로 쓰이고 있는 방법은 도어 충돌 빔(Door impact beam)을 이용하여 충격 에너지를 흡수하는 것과 패딩 재료를 도어 트림 내부에 부착하여 충돌 시 승객의 골반 및 가슴 부위의 충격 에너지를 흡수시켜 승객의 상해치를 낮추어 주는 것이다.²⁻⁴⁾ 이에 비하여 볼보 자동차에 의해 적용된 운전석 의자에 장착하는 측면 충돌 에어백 시스템⁵⁾은 측면 충돌 시 승객의 부상을 보다 효과적으로 감소시킬 수 있음을 보였다. 미국 연방 자동차 안전 규격(Federal motor vehicle safety standard, FMVSS) 214, 측면 충돌 안전 법규에 따른 시험 결과 측면 충돌 에어백은 흉부 상해 지수(Thoracic trauma index, TTI)를 25% 감소 시켜 주었으며 유럽 연방 안전 규격에서 규정한 점성 기준(Viscous criterion, VC)를 50% 이상 감소시킨다. 따라서 현재 많은 자동차 회사들이 에어백 부품 회사들과 함께 측면 충돌 에어백 시스템을 차량에 적용하기 위하여 연구를 진행하고 있다.

측면 충돌 에어백의 개발을 위해서는 실차 충돌 시험 및 활차 시험(Sled test)이 필수적이다. 비록 가속도 센서 방식의 충돌 감지 시스템을 적용한 측면 충돌 에어백의 개발을 위한 공개된 시험 절차는 없지만 주로 미국 연방 자동차 안전 규격 및 유럽 자동차 안전 규격에 규정된 측면 충돌 인증 시험 방법을 기준으로 이동 대차(Moving deformable barrier, MDB) 속도를 증감하여 시험 절차를 구성한다. 정면 충돌의 경우 승객 상해는 충돌 부위와 떨어진 승차 공간에서 승객과 내장재 간의 2차 충돌에 의해 발생하기 때문에 활차 시험(Sled test)을

이용하여 실차 시험에서와 유사한 승객 거동 해석 결과를 얻을 수 있다. 이에 반하여 측면 충돌 시에는 이동 대차가 직접 승차 공간에 부딪히는 1차 충돌에 의해 승객 상해가 발생하기 때문에 활차 시험에 의해 실차 시험에서 얻어진 결과를 재현하는데 상당한 어려움이 따른다. 따라서, 측면 충돌 에어백의 개발을 위한 설계 변수 값을 결정하기 위한 시험은 값비싼 실차 충돌 시험을 요구한다.

이러한 이유로 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 측면 충돌 해석 방법은 경제적으로 많은 기술 자료를 얻어 낼 수 있는 도구로 인식되어 많은 연구가 진행되어 왔다.^{6,7)} 그런데 에어백 해석을 위한 에어백 접기, 접촉 정의의 누출 가스 모델링 및 가스 발생기 모델링에서는 다소 경험적인 매개 변수의 사용이 요구된다.⁸⁾

이 글에서는 대표적인 상업용 동적 구조 해석 프로그램 중 하나인 PAM-CRASH⁹⁾을 이용하여 미국 연방 자동차 안전 규격에서 규정한 측면 충돌 시험 절차를 기준으로 측면 충돌 해석을 수행하고 이 결과를 시험치와 비교하여 해석 모델의 정밀도를 검증하고 이 모델을 바탕으로 측면충돌 에어백을 포함한 해석을 통하여 에어백의 승객 상해치 감소 효과 및 에어백 설계시 고려사항에 대하여 검토하고자 한다.

2. 측면 충돌 법규 및 규제치

80년대 말부터 측면 충돌 시 차량이 만족해야 하는 안전 법규의 제정에 대한 논의가 활발히 제기되어 미국은 1990년 측면 충돌 관련 법규인 FMVSS(Federal motor vehicle safety standard) 214를 개정하여 이동 대차를 이용한 동적 측면 충돌 시험 절차를 공표하고 1993년 9월부터 시행에 들어가 1996년 9월 이후에는 미국 내 판매되는 모든 차량에 이 법규를 적용하고 있으며 유럽에서도 1998년 9월 적용 예정인 측면 충돌 관련 법규가 공표되었다.^{10,11)}

즉, 측면 충돌 관련 법규는 크게 미국 법규와 유럽 법규로 구분된다. Fig.1은 미국 법규의 시험 방법에 대한 구성도를 보여준다. 미국 법

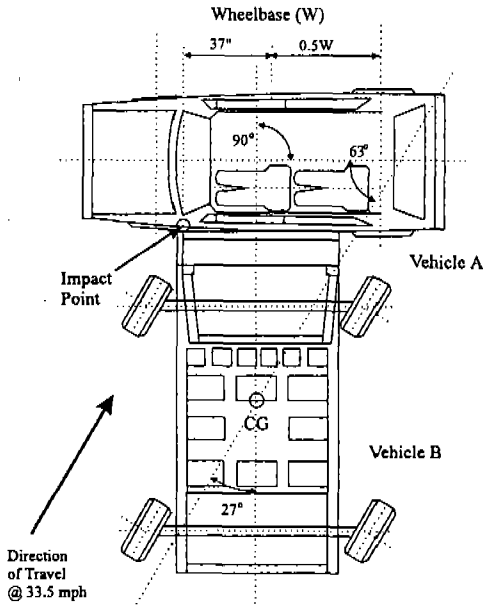


Fig.1 Configuration of Side Impact Test According to FMVSS 214

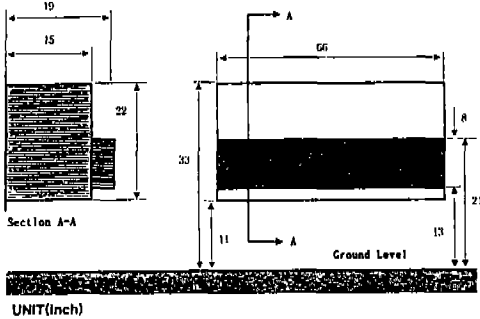


Fig.2 FMVSS214 Side Impact Deformable Barrier Face

규는 Fig.1의 이동 대차 전면에 Fig.2와 같은 벌집형 알루미늄 재질의 변형부를 갖는 이동 대차가 27° 경사로 33.5MPH의 속도로 차체의 측면에 충돌 시 인체 모형(US-SID)의 상해치를 규정한다. 이에 비하여 유럽 법규는 Fig.3과 같은 각각의 힘-변위 관계가 정의된 6 부분으로 구성된 변형부를 갖는 이동 대차가 차체 측면에 직각으로 50KM/H의 속도로 충돌 시 인체 모형(EURO-SID)의 상해치를 규정한다. 표 1은

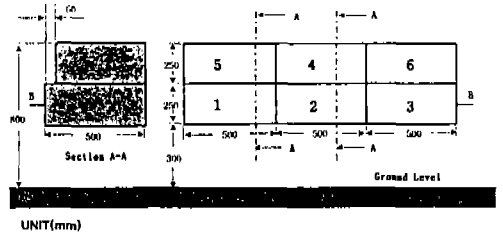


Fig.3 ECE Regulation 95 Deformable Barrier Face

Table 1 Occupant Injury Criteria in Side Impact Test

더미 상해 부위	미국 측면 충돌 법규		유럽 측면 충돌 법규	
	규제 항목	규제치	규제 항목	규제치
두부	없음	없음	HPC (Head performance criteria)	1000
흉부 I	TTI (Thoracic trauma index)	85g / 90g	변위	42mm
흉부 II	없음	없음	VC _{max} (Viscous criteria)	1 m/s
복부	없음	없음	APF (Abdominal peak force)	2.5kN
골반	최대가속도	130g	PSFP (Pubic symphysis peak force)	6.0kN

두 법규에서 규정하고 있는 인체 모형의 상해 규제치를 보여준다. 규제치를 살펴보면 미국 법규가 가속도에 기초한 인체 상해 등급을 규정하고 있는데 반하여 유럽 법규는 속도 및 변위에 기초한 인체 상해 등급을 규정하고 있음을 알 수 있다.

비록 이 두 법규가 모두 차량 개발 시 고려되지만 본 논문에서는 에어백 장착 시 승객의 상해치 감소 효과를 검증하기 위하여 미국 연방 자동차 안전 규격 214에서 규정한 시험 절차에 따라 에어백 장착 전 후의 승객 상해치 변화를 해석을 통해 비교한다.

3. 측면 충돌 에어백의 필요성

측면 충돌은 급격한 도시화와 차량 증가로 사고 빈도가 증가하고 있으며 사고 시 중상 이상 사상자의 비율이 높다. 이러한 원인은 측면 충돌은 정면 충돌과 달리 승객이 직접 변형 부위에 부딪쳐 부상을 당하기 때문이다. 따라서 측면 충돌로부터 승객의 상해치를 감소시키기 위한 수단으로는 주로 도어 충돌 빔을 적용하여 충돌 시 도어의 내부 변형을 감소시켜 주거나 패딩 재료를 도어 트림 내부에 부착하여 승객이 도어에 부딪칠 때 충격을 감소 시켜주는 방법이 사용되어 왔다. 하지만 안전에 대한 소비자의 관심의 증대와 각국의 차량 안전 법규의 강화에 대응하기 위해서는 위와 같은 수동적 방법으로는 한계가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 불보는 제일 먼저 측면 충돌 에어백 시스템을 자사 차량에 장착하였다. 불보는 미국 연방 자동차 안전 규격 214에서 규정한 측면 충돌 시험 절차에 따른 시험을 통하여 의자 장착형 측면 에어백이 승객의 가슴 상해치를 약 25% 감소시킴을 보여주었다. 이는 약식 상해 등급을 1 또는 2 정도 감소시킬 수 있으며 이는 중상 이상의 사상자를 크게 감소시킬 수 있음을 의미한다.

이처럼 측면 충돌 에어백의 승객 상해치 감소 효과가 입증됨에 따라 많은 자동차 회사들이 새로 개발하고 있는 차량에 측면 충돌 에어백을 장착하기 위한 개발 계획을 수행하고 있다.

4. 측면 충돌 에어백의 개발 동향

일반적으로 측면 충돌 에어백은 9 리터에서 15 리터의 부피를 가지며 주로 의자의 측면에 부착되어진다. Fig.4는 의자 측면에 부착된 흉부 상해 보호용 측면 충돌 에어백을 보여 준다. 측면 충돌 시 승객의 상해는 주로 승객의 흉부에서 발생한다. 이러한 이유로 측면 충돌을 규정한 미국 연방 자동차 안전 규격 214에서도 승객의 흉부 상해치(Thoracic trauma index,

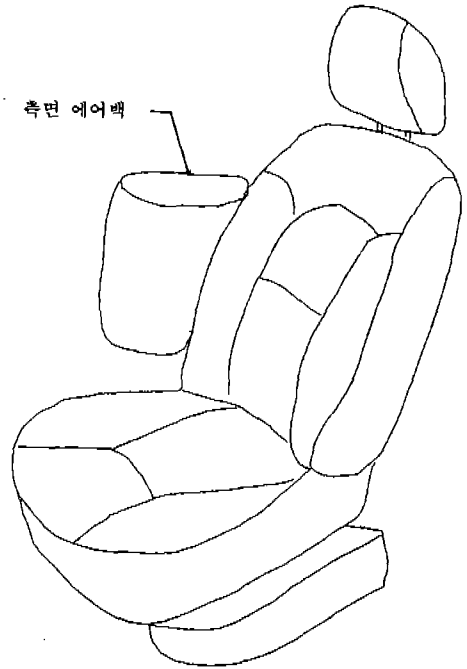


Fig.4 Seat Mounted Side Impact Airbag for Thorax Protection

TTI)를 규제하고 있다. 따라서, 측면 충돌 에어백은 주로 흉부 상해를 보호하도록 설계되어 지나 머리까지 보호할 수 있도록 변형된 형태도 개발되고 있다.

최초로 측면 충돌 에어백을 장착한 불보 자동차에서는 측면 충돌 에어백 시스템의 센서로 기계식 충격 센서를 사용하였으나 최근 개발되고 있는 측면 에어백 시스템의 센서의 형태로는 충돌시 도어 내부 압력 변화를 감지하는 압력 센서 방식과 측면 부재의 가속도 변화를 감지하는 가속도 센서 방식이 있으나 정면 충돌 에어백 시스템의 충돌 감지 알고리즘의 기술을 응용한 가속도 센서를 이용한 충돌 감지 시스템이 주로 사용된다.

측면 충돌 에어백을 팽창시키기 위한 가스 발생기로는 화약 발화식과 가스 저장식 및 혼합식이 있다. 정면 충돌 에어백의 가스 발생기가 주로 화약식인데 반하여 측면 충돌 에어백에서는 에어백 용적이 작기 때문에 가스 충전 속도는 다소 늦으나 재 사용성과 안전성이 높

은 가스 저장식이 선호되고 있다.

5. 측면 충돌 에어백의 해석

측면 충돌 에어백의 해석을 위해서는 먼저 에어백 직물의 기계적 성질, 에어백 팽창 시 가스 누출량을 지배하는 직물의 가스 투과율, 가스 발생기의 가스 발생량 그리고 에어백의 팽창시 에어백이 제자리에 위치하도록 유도해주는 에어백 커버의 기계적 성질 등의 데이터와 함께 사용된 가스의 기체 상수 및 온도 등을 알아야 한다. 에어백이 팽창하는 도중에 가스 발생기로부터 에어백 안으로 가스의 유입량을 측정하기는 매우 어렵다. 따라서 일반적으로 부피가 일정한 가스통에 가스발생기를 연결하여 측정한 압력 선도와 단열 과정으로 가정된 이상 기체 상태 방정식으로부터 가스 유량을 측정한다. Fig.5는 가스 발생기의 가스 발생량 측정을 위한 탱크 시험 구성도를 보여준다.

가스 발생기로부터 압력용기로의 유량(The rate of mass flowing, \dot{m}_T)은 다음과 같이 구할 수 있다. 관계 영역내의 온도와 압력이 균일하고 가스가 이상 기체라고 가정하면 기체 상태 방정식은 다음과 같이 쓸 수 있다.¹²⁾

$$P_T V_T = m_T R T_T \quad (1)$$

durly P^T, V^T, m^T, T^T는 각각 압력 용기내

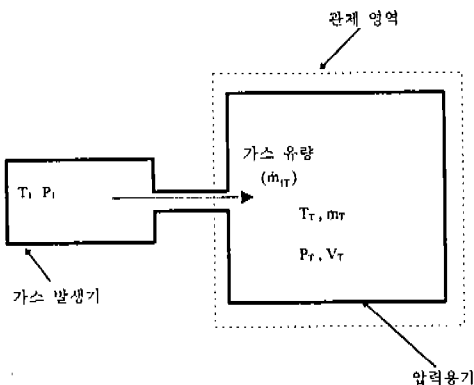


Fig.5 Schematic of Inflator-Tank System

가스의 압력, 체적, 질량, 온도를 나타내며 R은 기체 상수를 나타낸다. 단열 과정으로 가정하고 에너지 보존 법칙을 적용하면 다음과 같은 관계식을 얻는다.

$$\frac{d}{dt}(m_T C_v T_T) = C_p T_1 \dot{m}_T \quad (2)$$

여기서 C_v와 C_p는 각각 일정 체적과 압력에서의 가스의 비열(The specific heat of the gas)을 나타낸다. 따라서 식 (1)을 식 (2)에 대입하면 가스 발생기로부터 압력 용기로의 유량을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\dot{m}_T = P_T \frac{V_T}{R k T_1} \quad (3)$$

이 식에서 k는 비열비를 나타내며 가스 발생기로부터 압력 용기로의 유량은 압력 용기 시험을 통하여 용기내의 압력-시간 선도 및 가스 발생기의 온도-시간 선도를 측정하면 구할 수 있음을 보여준다. 이 식은 화약식 가스 발생기 뿐만 아니라 혼합형 및 저장식 가스 발생기에도 가스 조성에 대한 변화만 고려해준다면 모두 적용될 수 있다.¹³⁾

위 식은 많은 가정에도 불구하고 에어백 팽창의 전체적 거동을 잘 표현해주기 때문에 에어백 해석 시 가스발생기의 수학적 모델로 대부분의 상업용 해석 프로그램에서 사용하고 있다. 따라서 이 글에서도 혼합형 가스 발생기를 이 모델을 사용하여 해석하였다. 압력 용기 시험을 통하여 압력-시간 선도를 구하였으며 가스 발생기의 온도는 전 과정을 통하여 일정한 것으로 가정하고 평균값을 사용하였다.

에어백 설계시 고려되어야 하는 설계 변수를 조사하기 위하여 9 리터 용량의 측면에어백의 팽창 과정에 대한 해석을 수행하였다. 가스 발생기는 알곤 가스가 충전된 혼합형 가스 발생기로 가정하였다. 대부분의 측면 충돌 에어백은 에어백이 접혀진 형태로 백 커버 안에 충전되어 있으며 팽창 시 커버 전면 부가 개방되

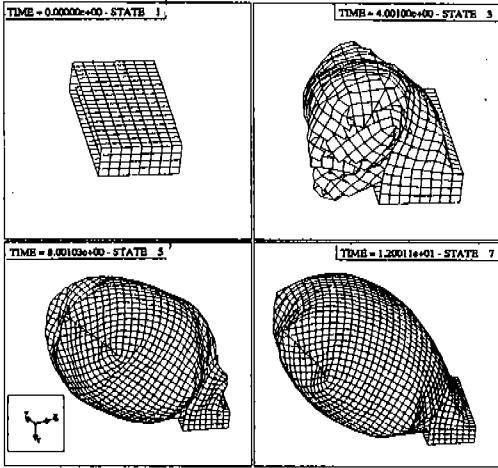


Fig.6 Inflation Step of a Folded Side Airbag

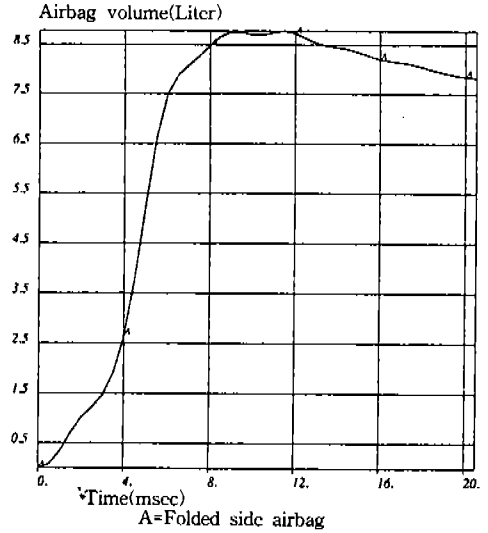


Fig.8 Volume Variation of Airbag on Inflation Step

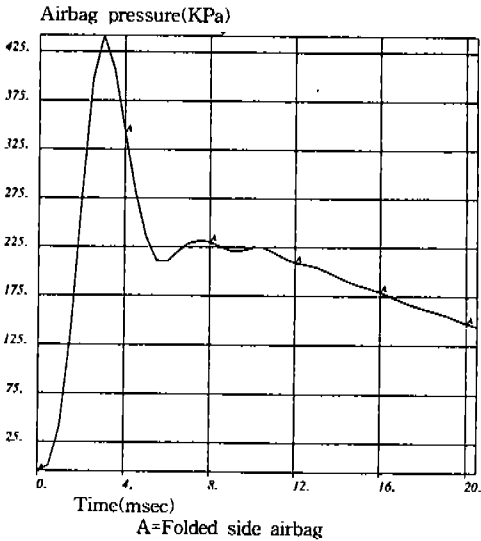


Fig.7 Pressure Variation of Airbag on Inflation Step

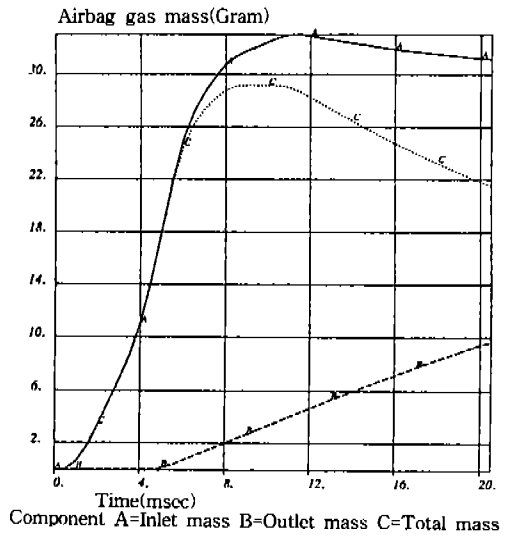


Fig.9 Mass Flow Rate of Airbag on Inflation Step

면서 승객의 가슴 부위에 위치하게 된다. Fig.6은 접혀진 측면 에어백이 가스의 충진에 따라 팽창되면서 펼쳐지는 과정을 보여준다. Fig.7과 Fig.8은 각각 에어백 내부의 압력과 부피의 변화를 보여준다. 에어백은 가스 발생기 개방 후 약 10msec 후에 완전히 팽창하여 일정 기간 일정 압력과 부피를 유지한다. Fig.9는 에어백

을 관계 영역으로 볼 때 유입되는 가스량과 유출되는 가스량 및 이로 인한 에어백 내부 가스량의 변화를 보여준다. 여기서, 에어백 내부로의 가스 유입은 가스 발생기로부터 공급되며 가스 유출은 에어백 직물 조직의 통기 구멍을 통하여 이루어진다.

해석을 통하여 원하는 성능의 측면 에어백의

설계를 위해서는 에어백 내의 가스 압력에 영향을 주는 유입 가스량을 결정하는 가스 발생기 종류와 유출 가스량을 결정하는 백 재질의 선정이 가장 중요한 설계 인자로 예측되었다. 왜냐하면 에어백 내부 압력이 더미가 에어백과 부딪칠 때 상해치를 결정해주는 가장 결정적인 요인이기 때문이다. 또한 에어백이 원하는 방향으로 펼쳐지게 하는 데에는 백 커버의 역할이 중요하였다. Fig.6에서의 에어백 전개 과정을 보면 백 커버가 백 전개를 안내하고 있음을 볼 수 있다. 백의 강성이 너무 약하면 백이 후방으로 전개되며 너무 강하면 백의 전개가 어렵게된다. 따라서 백 커버의 강성은 백 전개를 용이하게 하면서 전방으로 전개되도록 조절되어야 한다.

6. 실차 측면 충돌 해석

측면 충돌 에어백의 개발을 위해서는 실차 충돌 시험 및 활차 시험(Sled test)이 필수적이다. 아직 가속도 센서 방식의 측면 충돌 에어백의 개발을 위한 공개된 시험 절차는 없지만 주로 미국 연방 자동차 안전 규격 및 유럽 자동차 안전 규격에 규정된 측면 충돌 인종 시험 방법을 기준으로 이동 대차(MDB) 속도를 증감하여 시험 절차를 구성한다. 정면 충돌의 경우 승객 상해는 충돌 부위와 떨어진 승차 공간에서 승객과 내장재 간의 2차 충돌에 의해 발생하기 때문에 활차시험(Sled test)을 이용하여 실차 시험에서의 유사한 승객 거동 해석 결과를 얻을 수 있다. 이에 반하여 측면 충돌 시에는 승객 상해가 이동 대차가 직접 승차 공간에 부딪치는 1차 충돌에 의해 발생하기 때문에 활차 시험에 의해 실차 시험에서 얻어진 결과를 재현하는데 상당한 어려움이 발생한다.

이러한 이유로 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 측면 충돌 해석 방법은 경제적으로 많은 기술 자료를 얻어 낼 수 있는 도구로 인식되어 많은 연구가 진행되어 왔다. 하지만 측면 충돌 해석을 위해서는 미국 및 유럽 관련 법규에 규정된 인체 모형(Dummy) 및 이동 대차(Moving deformable

barrier, MDB)의 해석 모델이 개발되어야 하며 도어에 부착되는 패딩(padding)의 모델링 시 재료의 구성 방식식 선정에 유의하여야 한다. 일반적으로 패딩으로는 우레탄 폼이나 발포 폴리프로필렌이 사용된다. 본 연구에 이용된 차량의 도어 패딩은 15배 발포 폴리프로필렌이며 이 폼 재료를 모델링하기 위하여 폼 재료의 대변형과 히스테리시스(Hysteresis)를 고려할 수 있도록 모델링된 PAM-CRASH[®]에서 제공하는 재료 번호 21을 사용하였다.

Fig.10은 미국 연방 자동차 안전 법규 214에서 규정한 측면 충돌 시험 절차에 따른 실차 충돌 해석을 위한 해석 모델을 보여준다. 해석 모델의 신뢰성을 검증하기 위하여 해석 결과를 시험 결과와 비교하였다. Fig.11은 이동 대차 중심, 우측 B-필라 하단 및 운전석 도어 중심에의 Y-방향 속도의 시간에 대한 변화를 보여준다. 해석 결과는 시험 값에 비교하여 평균적으로 약 5% 범위 안에서 잘 일치함을 볼 수 있다. 운전석 더미에 대한 상해치 비교에서도 해석 결과는 골반 가속도의 경우 약 30% 작은 값을 주었으나 흉부 상해치의 경우에는 약 4% 작은 근소한 값의 차이를 보여주었다.

측면 충돌 시 측면 충돌 에어백의 승객 상해치 감소 효과를 보기 위하여 에어백 용적이 약

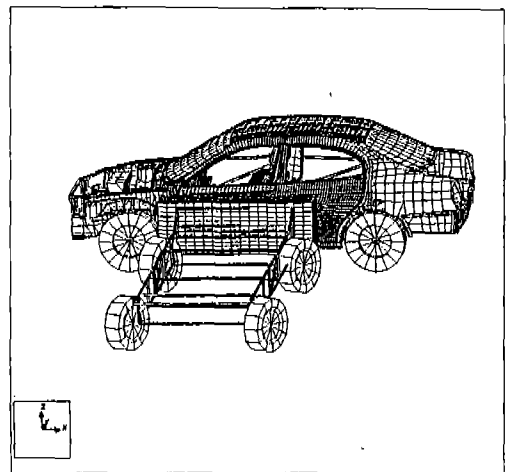


Fig.10 Finite Element Model for Side Impact Simulation

13리터인 의자 장착형 측면 에어백을 모델링하여 실차 충돌 해석을 수행하였다. 이 에어백의 모델링은 수치적 안정성 및 모델링의 용이성 면에서 초기에 Fig.12와 같이 펼쳐진 형태의 에어백 모델을 사용하였다. 측면 에어백이 없는 경우에 운전석 더미는 이동 대차가 충돌 후 20 msec 부근에서 도어 트림과 부딪친다. 따라

서 에어백이 팽창하는 시간(10msec)을 고려하면 가스 발생기의 개방은 적어도 5msec 이전에 이루어져야 한다. 그래서 여기에서도 가스 발생기는 5msec에 개방되었다. Fig.12와 13은 측면 에어백을 장착한 경우에 0msec와 30msec에서 운전석 더미와 측면 에어백의 변형 모습을 보여 준다. 그리고 Fig.14와 15는 측면 에어백이 없는 경우와 장착된 경우에 대하여 운전석 더미의 골반 가속도 및 흉부 상해치를 규정하는 상, 하부 흉골 가속도 및 하부 척추 가속도를 보여준다. 에어백 장착 시 약 12msec에서 상, 하부 흉골 가속도의 초기 최대값이 발생하며 미 장착 시 28msec 근방에서 발생하는 최대값은 약 8msec 정도 연기되어 나타나며 그 값의 크기도 약 50% 감소하였다. 따라서, 에어백 장착 시 흉부 상해치를 계산하는데 쓰이는 상, 하 흉골 가속도의 최대값은 흉부가 초기 에어백과 접촉하는 12msec에서 발생하며 이 값이 흉부 상해치를 결정하는데 쓰이게 된다. 그리고 하부 척추 가속도 값의 크기도 에어백 사용 시 약 27% 감소됨을 알 수 있다. 그리고 에어백 장착 시 골반 가속도의 크기는 약 15% 증가되었다. 하지만 미 장착 시 그 값의 크기가 규제치 보다 충분히 작기 때문에 이 증가량은 상해 정도를 크게 높이지 않는다.

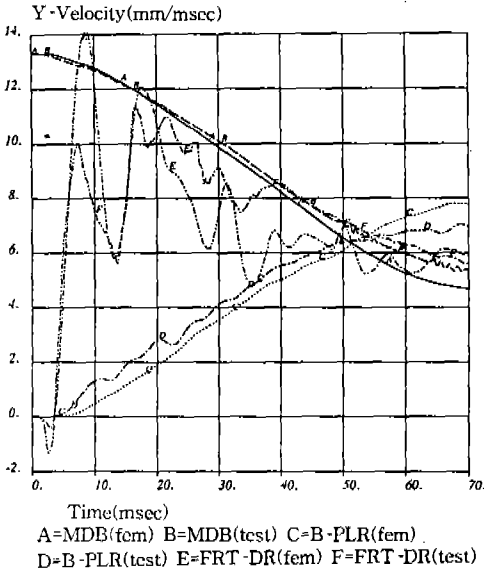


Fig.11 Lateral Velocity of Side Structure in Analysis and Test

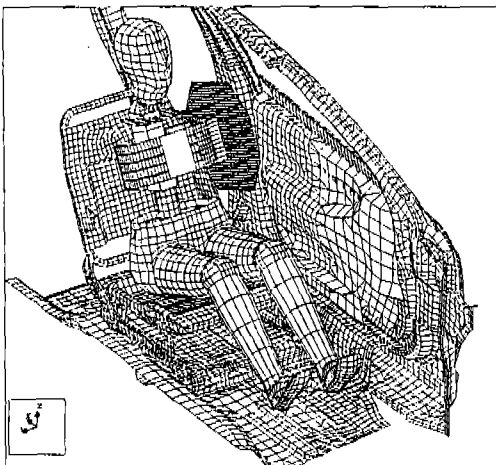


Fig.12 Airbag and Dummy Configuration at 0 msec

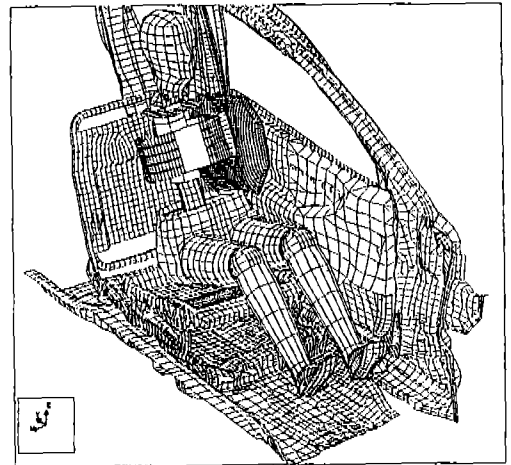


Fig.13 Side Airbag Deformation Mode at 30 msec

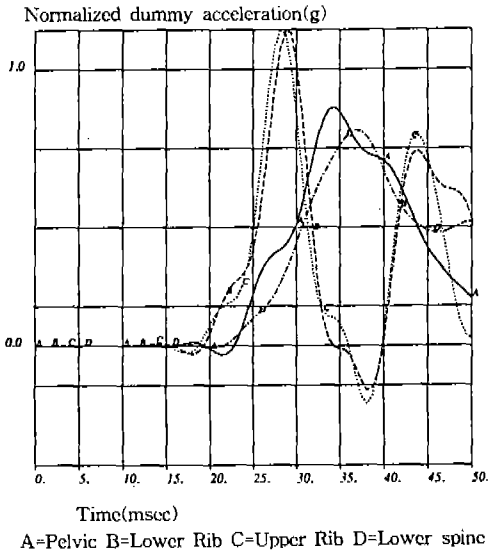


Fig.14 Occupant Injury Value without Airbag

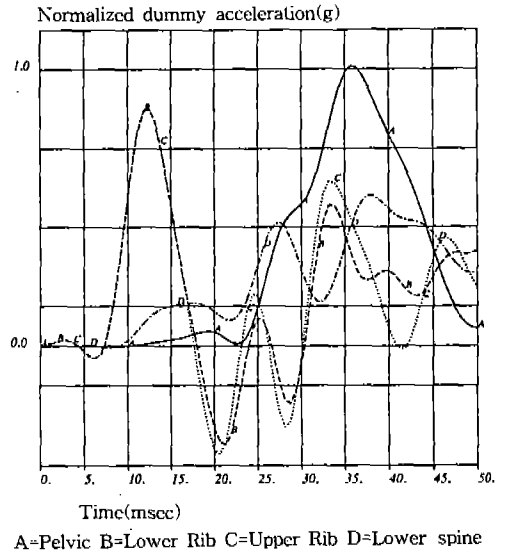


Fig.15 Occupant Injury Value with Airbag

결론적으로 측면 에어백의 장착은 골반 가속도의 값은 약 15% 증가시켰으나 흉부 상해치는 약 29% 감소시켜 주었다. 측면 에어백 장착 시 얻어지는 이러한 흉부 상해치의 감소 효과는 매우 중요한 의미를 갖는다. 측면 충돌 시 대부분의 치명적인 부상이 흉부 부상에서 발생함을 고려 할 때 흉부 상해치를 29% 정도 감소시킨다는 것은 사고 시 승객을 치명적인 부상으로부터 보호할 수 있다는 것을 의미한다. 이는 볼보 자동차에서 수행한 시험에 의해 얻어진 흉부 상해치 감소를 25%와 비교해 볼 때 매우 타당해 보인다.

7. 결 론

측면 충돌 시 측면 에어백 장착에 따른 승객 상해치 감소 효과를 보기 위하여 먼저 에어백 해석과 실차 충돌 해석을 각각 수행하여 해석 모델을 검증하고 이를 이용하여 측면 에어백이 포함된 실차 충돌 해석을 수행하였다.

에어백 해석은 설계 시 고려해야 할 설계 인자를 검토하기 위하여 백 케이스에 접해진 상

태에서 펼쳐지는 과정에 대한 해석을 수행하였다. 그리고 실차 충돌 해석 모델을 검증하기 위하여 미국 연방 자동차 안전 규격 214에서 규정한 측면 충돌 시험 절차에 따른 해석을 수행하고 이 결과를 충돌 시험 결과와 비교하였다. 해석 결과는 시험값과 비교하여 이동 대차 중심, 우측 B-필라 하단 및 운전석 도어 중심에서의 Y-방향 속도의 경우 평균적으로 약 5% 차이를 보였으며 운전석 더미의 상해치는 골반 가속도의 경우 약 30%, 흉부 상해치의 경우 약 4% 차이를 보여주었다.

이와 같이 검증된 실차 해석 모델을 바탕으로 측면 충돌 시 측면 에어백 장착에 따른 승객 상해치 감소 효과를 보기 위하여 13리터 용량의 의자 장착형 측면 에어백을 모델을 추가하여 실차 충돌 해석을 수행하였다. 해석 결과 측면 에어백은 운전석 더미의 흉부 상해치를 약 29% 감소시켜 주었다. 이러한 결과로부터 측면 충돌 에어백이 측면 충돌 시 승객의 상해치를 감소시켜 주는 효과적인 안전 보호 장치임을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. NHTSA ; Federal Motor Vehicle Safety Standards ; "Side Impact Protection", 49 CFR Part 571, Docket No. 88-06, Notice 8, 1994.
2. Y. C. Deng, "Design Consideration for Occupant Protection in Side Impact-A Modeling Approach", SAE Paper No. 881713, 1988.
3. Y. C. Deng, "The Importance of the Test Method in Determining the Effects of Door Padding in Side Impact", SAE Paper No. 892429, 1989.
4. J. N. Kianithra, G. C. Rains and T. J. Trella, "Strategies for Passenger Car Designs to Improve Occupant Protection in Real World Side Crashes", SAE Paper No. 930482, 1993.
5. B. Lundell, M. Edvardsson, L. Johansson, J. Korner and S. Pilhall, "SIPSBAG-The Seat-Mounted Side Impact Airbag System", SAE Paper No. 950878, 1995.
6. T. J. Trella, R. R. Samaha and E. J. Smith, "The Use of Advanced Analytical Techniques in Side Impact Crashworthiness Research", 15th Int. Tech. Conf. on the Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 96-S6-O-10, 1996.
7. K. Izumi, A. Okamoto, M. oshikawa and H. Ishigure, "Computer Analysis for Side Impact Occupant Protection", 15th Int. Tech. conf. on the Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 96-S6-O-8, 1996.
8. 임재문, 박경진, "자동차 충돌 시 에어백의 거동 해석의 경향", 한국자동차공학회지, 제17권, 제2호, 1995.
9. PAM-CRASH user's manuals, 1995.
10. R. Bergmann, C. Bremer, X. Wang and A. Enblen, "Requirements of comprehensive Side Protection and Their Effects on Car Development", 15th Int. Tech. conf. on the Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 96-S6-W-16, 1996.
11. K. Seyer and B. Fildes, "Working Towards a harmonized Dynamic side Impact Standard an Australian Perspective", 15th Int. Tech. conf. on the Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 96-S6-O-5, 1996.
12. J. T. Wang and D. J. Nefske, "A New CAL3D Airbag Inflation Model", SAE Paper No. 880654, 1988.
13. B. Hussey and L. M. Rink, "Predictive Techniques for Airbag Inflator Exit Properties", SAE Paper No. 950344, 1995.