

자동차용 Air Bag 연구 및 특허 현황

Research and Patent Status of Automotive Air-Bag System

금 영 탁* 이 승 열**
Y. T. Keum, S. Y. Lee



금 영 탁
• 1952년 10월생
• 박판성형, 구조 및 시스템 해석, 기계부품의 CAD/CAM 분야 연구
• 정회원, 한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구실, 실장



이 승 열
• 1960년 2월생
• 소성가공분야 연구
• 동부제강 기술연구소 강판연구팀, 주임연구원

1. 서 론

자동차 산업의 발달은 교통량을 급속도로 증가시켜서 일일 생활권을 확대시키는 반면에 교통사고에 의한 인명의 피해는 세계적으로 나날이 증가하는 추세에 있다. 인명 피해의 증가는 생명의 고귀함을 인식시키게 되었고, 이에 따라 개발된 승원 구속장치로는 안전벨트와 에어백이 대표적이다.

본 연구는 에어백 시스템의 개발에 관한 것이며, 에어백 시스템의 구성 및 기본원리, 사용현황, 연구 및 개발 절차, 설계시 고려사항 등을 요약하면 다음과 같다.

1.1 구성 및 기본 원리

에어백 시스템은 검지 시스템과 에어백 모듈로 되어있다. 검지 시스템은 센서, 에너지 공급장치(주 공급장치인 battery와 보조 공급장치인 backup capacity), 진단장치, 오작동 기록장치로 구성되고, 에어백 모듈은 작동기체 팽창장치, 백, 백 설치대, 백 덮개 등으로 구성된다.

에어백 시스템의 기본 작동원리는 다음과 같다.

(1)충돌 사고시 차량의 전면 또는 승원실 내의 구조물에 부착된 센서에 의하여 충격의 크기를 검지한다.

(2)센서가 설정된 감속도(센서의 threshold)를 만나면, 센서는 작동기체 팽창장치로 신호를 보낸다.

(3)센서로부터 신호를 받은 작동기체 팽창장치는 폭발되며, 폭발된 가스는 냉각충을 통과하여 백에 이른다.

(4)작동기체 팽창장치로부터 공급 받은 가스에 의해 백이 팽창한다. 백이 완전히 팽창하는 데 소요되는 시간은 약 30 ms 인 것으로 알려져 있다.

(5)충돌 후 승원은 차의 무게 중심에 대하여 전방으로 상대운동을 한다. 백이 완전히 팽창되는 순간에 승원은 백과 접촉됨으로써

승원의 운동을 구속하고, 상해도를 감소시킨다. 충돌 발생 후 승원과 백이 접촉되는 순간까지 총 소요시간은 약 40~60ms 인 것으로 발표되고 있다.

(6) 승원은 팽창된 백과 접촉된 후, 반발되고 원 위치로 복귀된다. 이때 발생하는 반발력이 작을 수록 승원의 상해도는 감소되므로 우수한 에어백 시스템이 된다.

이상과 같은 일련의 현상이 완료되는 데는 약 120ms 정도의 시간이 소요되며, 이 시간은 눈깜짝할 정도의 시간이다.

1.2 사용현황

에어백은 1952년 Assen Jordanoff 가 압축 공기식 수동 에어백을 개발한 것이 시초이고, 1967년 Eaton 사가 충돌사고시 구명장치로서 에어백을 발표한 이래 많은 발전이 있었다.

에어백 시스템의 전문생산회사는 Tally사와 Breed 사가 대표적이며, Breed 사는 순기계식 에어백 시스템 생산업체로 널리 알려져 있다. 센서 생산업체로는 Breed, Bosch, Technar, Eaton 사 등이 있다. 각 자동차 생산업체는 기개발된 에어백 시스템을 그대로 사용하거나, 기개발된 센서, 작동기체 팽창장치 등을 채용하고, 그들의 자동차 특성에 맞는 에어백 시스템을 개발하여 이용하기도 한다. GM, Mercedes Benz, Porsche, Honda 등이 그 대표적인 회사이다.

에어백이 설치된 승용차는 GM사가 '73년 Chevrolets 에 1,000 대, '74~76년 Buicks, Oldsmobiles, Cadillacs 에 10,320대 탑재하여 생산한 바 있고, '81년 Eord 사가 Tempo/Topaz 에 탑재하여 생산한 바 있다. 또한, Mercedes 사가 Benz 에 3점 벨트와 함께 단일의 전기식 센서를 부착한 SRS (Supplemental Restraint System)를 개발하여 '81년 서독에서 3,000대를 판매하고, '83년 미국에서 판매를 시작한 이래 에어백 시스템의 수요가 계속 증가하여 왔다.

에어백 시스템의 수요는 미국에서 FMVSS 208의 자동구속장치 의무부착 요건에 의해 '89. 9월부터 100% 의무부착을 요구하고 있으며, 유럽, 일본, 미국 등에서 대폭 증가한 안전벨트 강제 착용법 실시 등에 따라 급증하고 있다.

'90년 모델('89. 9/1~'91. 8/31)의 에어백 설치 차량수는 전세계 320 만대 정도인 것으로 추정되고 있다.

에어백 시스템을 도입하고 있는 자동차 회사의 현황('88년 기준)은 표 1 과 같다.

1.3 연구 및 개발 절차

일반적인 에어백 시스템의 개발절차를 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 개발할 모델에 대한 아이디어 도출
- (2) 에어백 시스템의 각 요소 개발 또는 기

표 1 에어백 장착 자동차 현황

구분 Maker	Model	Driver Airbag	Passenger Airbag
BMW	6, 7 Series	Standard	
Chrysler	Fifth Avenue, Dodge Diplomat 외 7종	"	
Ford	Tempo, Mercury, Topaz	Optional	
GM	Chevrolet, Beretta, Oldsmobile, Delta 88	"	
Mercedes	Benz 의 all model	Standard	
Honda	Acura	"	
Porche	944 Turbo, 944S, 944	"	Standard
Saab	9.000 Turbo	Optional	
Volvo	780, 760, 740 Turbo	Standard	
	740 GLE	Optional	

개발품의 선정

- (3) 시스템 각 요소의 성능 평가
- (4) 에어백 시스템의 성능 평가
 - ① 썰매 모형 시험(sled test)
 - ② 실차 탑재 시험(car test)
 - ③ 컴퓨터 시뮬레이션
- (5) 성능 평가 결과의 피이드 백
- (6) 실차 탑재 시험
- (7) 성능 평가 결과의 피이드 백
- (8) 주행시험(road test)
- (9) 현장시험(field test)
- (10) 개발완료 및 판매

1.4 설계시 고려사항

에어백 시스템의 설계시 고려해야 할 주요 사항은 다음과 같다.

- (1) 검지의 신뢰성
- (2) 팽창된 에어백과 접촉시 승원의 반발(rebound)
- (3) 정위치를 벗어난 승원의 안전성(out-of-position occupants)
- (4) 신체가 작은 승원(어린이, 작은 여자 등)의 안전성
- (5) 에어백 모듈의 외관
- (6) Steering column 및 wheel의 성능
- (7) 무릎 구속 조건
- (8) 인체에 유해한 환경조건(가스, 소음, 산소부족 등)

2. 에어백의 연구 개발

2.1 검지 시스템

검지 시스템은 에어백 시스템 중에서 가장 중요한 부분이다. 개발시 고려되어야 할 주요사항들을 항목별로 살펴보면 다음과 같다.

2.1.1 검지 시스템 개발시 고려사항

- (1) 사용할 센서의 선정~차량특성, 개발기간, 가격 등 고려
- (2) 센서의 threshold 결정
- (3) 센서의 부착 위치 및 갯수 결정
- (4) 센서의 응답특성 설정

- (5) 5" - 30 ms 조건
- (6) 부주의한 triggering 방지
- (7) 진단장치
- (8) 에너지 공급장치

2.1.2 센서의 분류 및 이용사례

센서는 크게 충돌 예지 센서와 충격 검지 센서로 분류된다.

(1) 충돌 예지 센서¹²⁾

자동차가 충돌하기 전에 충돌의 불가피성 및 충돌의 강도를 예지하는 것으로, 신호매체로서는 빛, 음파, 전자파 등이 이용되며, 개발 단계에 있는 것으로 알려지고 있으나, 에어백 시스템용으로의 실용화는 알려지지 않고 있다.

(2) 충격 검지 센서^{12),24),26),28),30)}

현재 에어백 시스템을 채택하고 있는 대부분의 자동차가 이 센서를 사용하고 있다.

센서의 개발 및 생산업체로는 주로 기계식을 생산하는 Breed와 Technar가 있고 주로 전기식을 생산하는 Bosch가 있다. 대부분의 자동차사나 에어백 시스템 생산사는 에어백이 탑재될 차량의 특성에 맞는 센서를 공급받아 시스템을 개발하는 것이 일반적이다.

① 검지 원리에 따른 분류

㉠ 기계식

현재 사용되는 센서는 Breed사가 개발한 점성댐핑식(Ford, GM 등이 사용), Techna사가 개발한 로울러마이트식(BMW, Chrysler, Honda 등이 사용) 및 바네마스 댐핑식이 있다.

장점으로는 저가이고, 전기적 기폭회로에 설치되면 센서 자신이 전기·자기 장애에 의한 오폭발을 방지하는 안전장치 역할을 한다. 단순기능으로 다목적 사용이 불가능한 것이 단점이다.

㉡ 전기식

Bosch사가 개발한 것이 대표적이며, 현재 Mercedes사의 Benz와 GM사 등에 공급되고 있다.

장점으로는 한개의 센서에서 보내어지는 신호를 전자회로에서 신호처리하는 것만으로 복수의 에어백 모듈과 긴급벨트 긴장장치를 자

유롭게 제어할 수 있는 것이고, 단점으로는 고가이고, 전기·자기장해에 의한 오폭발의 가능성을 갖고 있다는 것이다.

② 센서의 부착위치에 따른 분류

㉠ 압착영역(crush zone) 센서

차량 전면 구조물이 연성일 때 주로 사용되며, 경사 충돌이나 center pole 충돌시에도 적절히 감지된다.

㉡ 비압착 영역 센서

차량 전면 구조물이 강성일 때 주로 사용되며, 승원실의 내부 구조물에 위치한다.

③ 센서의 부착 갯수에 따른 분류

㉠ 일점 감지식

현재 사용되는 것으로는 Volvo 와 Benz에 설치된 전자식과 Breed 사가 개발한 순기계식이 있다. 가격은 저렴하나, 감지가 어렵다. 특히, 에어백 모듈에 내장되는 것은 차체 개량이 요구되고, 단기 개발이 불가능하다.

㉡ 다점 감지식

충돌 감지 측면에서 충돌 특성이 나쁜 차량일 때, 충돌조건은 엄격히 관리하고 시스템 전체의 신뢰성을 높이고자 할 때, 단기간 내에 시스템을 개발하고자 할 때 이용된다. 특히, 백의 팽창 속도를 단계별로 제어코자 할 때 이용된다.

다점 감지식의 유효성은 Ford 사의 T. G. Adams³³⁾ 등의 응답특성 실험에서 알 수 있으며, '86년형 Taurus/Sable 에서 two-location, two-calibration 이상의 다점 감지식이 적당함을 입증했다.

2.1.3 센서의 threshold

센서의 threshold란 센서가 triggering 을 지시해야 할 최소의 감속 조건을 말하는 것으로, 센서의 부착위치에 따라 달라진다. 센서가 에어백 모듈에 가깝게 부착될 수록 threshold는 낮게 설정되어야 한다.

센서의 threshold는 등가장벽 속도나, 감속도로 표시한다. Ford사 '89년형 Taurus/Sable 에는 12mph (radiator, rail, bracket 에 부착)³³⁾, GM사의 Oldsmobile 에는 14mph (bumper 부근 부착)⁴⁾으로 설정되었고, Breed 사가 개발한 일점 감지 기계식 센

서는 4g¹⁶⁾, Breed 사의 기술을 도입하여 Toyota사가 개발한 기계식 센서는 7g³⁴⁾, NHTSA의 J. Morris 에 의해 개발된 센서 (headlight 부근 부착)는 10g¹⁶⁾로 설정되었으며, Nissan의 소형 승용차에 이용되는 센서는 20g⁵⁾로 설정되었다.

2.1.4 5"-30ms 조건²⁴⁾,³³⁾

2차 충돌(승원과 승원석 전방 구조물과의 충돌)이 있기 전에 승원이 움직일 수 있는 최대 가용 전방이동 거리가 큰 중·대형 승용차에 적용되는 조건으로 에어백 팽창에 30ms 소요된다고 하면, 1차 충돌(차량 전면과 장벽의 충돌)후 승원이 5inch 만큼 전방으로 이동하기 30ms전에 센서가 triggering 되어야 승원을 적절히 보호할 수 있다는 조건이다.

최대 가용 전방이동 거리가 작은 소형 승용차에는 센서가 더 빨리 triggering 되어야 한다.

이 조건은 적용 차량의 특성에 따른 감지 시간과 작동기체 팽창장치, 백에 따른 팽창소요 시간이 다르므로 적용대상에 따라 수정될 필요가 있다.

2.1.5 진단장치

전자식 충격감지 센서를 사용할 경우에는 시스템이 정상 가동 가능상태를 유지하고 있는지 어떤지 항상 점검하는 진단/모니터링 회로가 필수적이다.

Eaton사에 의해 개발된 진단장치¹⁰⁾는 충돌 감지, 전기식 기폭장치, 가스압력, 모든 회로의 접속상태 등의 주요 특성들이 항상 점검되고, 요구되는 성능 한계를 벗어날 때는 운전자에게 알려주도록 설계되어 있다.

2.1.6 센서의 성능 평가

충격 감지 센서의 성능 평가 방법으로는 full size prototype 시험법과 축소모델 시험법이 있다.

센서 특성의 비재현성과 불안정성 때문에 full size prototype 시험에 의하여 충격 감지 센서의 설계 유효성을 입증하는 데는 힘들고, 비용이 많이 소요되므로, GM사의 T.

M. Jones⁷⁾는 축소된 물리적 모델을 이용하여 센서의 성능평가와 최적의 검지 위치를 설정하는 방법을 제시하고 있다.

2.1.7 검지 기술의 동향

검지 기술은 기계식에서 전기식으로, 다점 검지식에서 일점 검지식으로, 에어백 모듈과 센서의 분리형에서 일괄 탑재형으로 선택되고, 발전되어가고 있다.

2.2 작동기체 팽창장치^{12),26)}

작동기체 팽창장치로는 기체식, 고체식, 혼합식, 공기 흡입식으로 분류되고, 경량화 및 소형화의 목적으로는 고체식이 선택되며, 어린이의 보호성능을 높이기 위한 특수 목적으로는 공기흡입식이 사용되는 경우도 있다.¹⁴⁾

생산업체로는 Tally사(GM, Ford, Honda 등에 공급), 모오톤 사이오롤사(Benz 에 공급), 바이에른 케미사가 대표적이며, 주로 고체식을 채용한다.

2.2.1 고체식

고체의 가스발생제를 연소시켜 에어백을 팽창시키는 방법이다. 특징으로는 발생 가스가 1,000°C 이상의 고온이므로 냉각장치가 필요하며, 가스발생제의 연소시 발생하는 찌꺼기를 여과하는 필터가 요구된다.

양호한 가스발생제로서 구비조건은 무해하고 찌꺼기 발생이 적을 것, 연소 속도가 빠를 것, 환경변화에 둔감할 것, 연소 온도가 낮을 것 등이다.

2.2.2 기체식

150kg/cm² 이상의 고압용기에 질소, 아르곤 등의 불활성 가스를 저장하고 충돌사고시 순간적으로 개방하여 에어백을 팽창시키는 방식이다.

장점으로는 기체의 단순한 물리적 변화만 고려되므로 계산 및 설계가 쉽고, 화학반응을 수반하지 않으므로 성능이 안정되어 있다. 단점으로는 단열팽창에 따른 비용적이 너무 작고, 가스분출 속도가 음속이 되므로 초기의 에어백 전개력이 너무 강해서 팽창하는 에어백에 의한 승원 상해의 위험성이 있으므로 제

어 밸브에 의한 백 전개 제어가 요구된다.

2.2.3 혼합식

기체식에서 비용적 저하를 방지할 목적으로 소량의 가스 발생제를 연소시키는 고체식을 추가한 방식이다.

기체식 보다 소형화가 가능하며, 충돌의 강도에 따라 발생 가스를 증감시키는 dual mode system 이 가능하다.

2.2.4 공기 흡입식

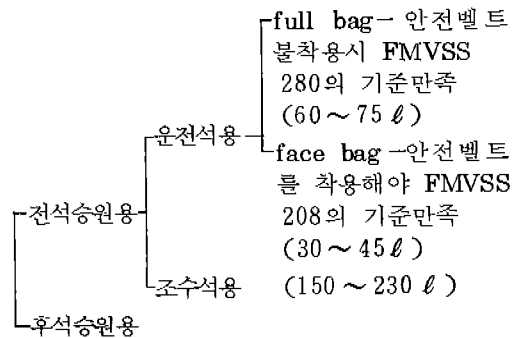
가스 발생기에서 나오는 고속의 가스 흐름으로 생기는 부압을 이용해서 차실내의 공기를 흡입하는 방식이다.

장점으로는 가스 발생기의 소형화, 에어백의 전개시 소음이 작고, 차실내압의 상승이 작으며, 서 있는 어린이의 경우에 공기흡입이 작아지므로 구속 성능 향상을 기대할 수 있다.

단점으로는 백의 내압이 대기압 보다 크게 하는 것이 제한되므로, 고속 충돌시 승원의 구속성능이 감소된다.

2.3 백(Bag)

2.3.1 백의 분류²⁶⁾



* 미국에서는 full bag 이 유효한 것으로 인식되어 있으며, 대표적인 face bag 으로는 3점 벨트와 함께 Benz 에 탑재된 SRS(Supplemental Restraint System)이다.

2.3.2 백의 재료 및 Coating

일반적으로 사용되는 백의 재료는 nylon에 neoprene 을 coating 한 것이다.

GE Silicones 사에 의해 개발된 Silicone

coating 백은 내열성이 우수하고, 장기 안정성에 따른 팽창시 유연성을 유지하나, 단가가 높은 것으로 알려져 있다.²¹⁾

2.3.3 승원의 상해 감소를 위한 백의 설계^{1),5),12)}

팽창되는 에어백에 의해 승원이 받는 압력과 승원의 반발(rebound)을 감소시키는 방법으로는 배기기구(air vent) 설치, 백 재료에 기공부여(material porosity), 또는 백의 형상 개조 등이 일반적이다.

Calspan사의 D. J. Romeo의 연구에 의하면 백이 아래에서 위로 전개되도록 달팽이처럼 감는 방법이 구속 성능을 향상시키며, Nissan Motor의 F. Abe에 의하면 백 전개를 2단계로 하여, 1단계에서 좌·우로 전개, 2단계에서 차량의 후방으로 전개시킴으로써 있는 어린이의 보호가 용이하고, 소음이 적어지는 것으로 알려져 있다.⁵⁾

2.4 성능 평가 방법

성능 평가 방법으로는 실험기구를 이용하는 방법과 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하는 방법이 있다. 시험시 사용되는 인체 모델로는 dummy (Hybrid II, Hybrid III 등), 동물, 시체, 지원자 등이 이용되며, 컴퓨터 시뮬레이션시는 dummy가 주로 이용된다.

평가 기준은 미국의 FMVSS 208 (Federal Motor Vehicle Safety Standard 208)에 의한 30mph 정면 장벽 충돌시 승원보호 요구조건으로, 현재까지 규제조건은 이것 밖에 없으므로 전세계적으로 통용되고 있다. 상해 한계치는 두부의 상해도를 HIC (Head Injury Criterion), 흉부의 상해도를 갑속도 g 의 배수, 대퇴골의 상해도를 타격력 $1b$ 로 나타내고 있다.

2.4.1 실험기구에 의한 평가

대부분의 성능 평가 방법은 FMVSS 208의 요구조건을 만족시키는지의 여부를 판단하는 것으로, 성능 평가 결과는 피이드 백되어 구성요소를 재설계하고, 재평가되어 완성품에 이른다.

현재 생산되는 에어백 탑재 승용차는 대부분 FMVSS 208의 요구조건을 만족시키지만, 소형 승용차인 경우에는 문제점이 조금 있는 것으로 알려지고 있다.

(1) 개발단계에 이용되는 시험법^{1),5),9)}

- ① 구성요소 및 시스템에 관한 정적 시험
- ② 동력학적 썰매 모형 시험(sled test) - dummy, 동물, 시체, 지원자 탑승
- ③ 장벽 충돌 시험(실제 승용차 이용) - dummy, 동물, 시체, 지원자 탑승
- ④ 구성요소나 시스템에 관한 주위 환경시험
- ⑤ 주행시험(road test) - 유경험 운전자 탑승
- ⑥ 현장시험(field test) - 무경험 운전자 탑승

(2) 성능 평가시 문제점

- ① 충돌 시험시 비재현성⁹⁾

비재현성(unrepeatability)은 dummy 조건에 따른 차이점 보다 시험시 제어될 수 없고, 결정될 수 없는 인자에 의해 차이점이 크게 발생된다.

- ② 소형 승용차의 경우¹⁸⁾

소형 승용차의 경우에 FMVSS 208의 요구조건은 만족되기 힘들다.

GM사의 H. J. Mertz에 의하면 소형 승용차에 중·대형 승용차용 에어백을 탑재할 경우 승원이 입는 상해도는 크지만, 에어백을 탑재함으로 인한 상해 감소 효과는 중·대형 승용차의 경우 보다 크다. 따라서 FMVSS 208의 요구조건은 수정될 필요가 있다고 주장한다.

- ③ 상해도 측정 방법²¹⁾

FMVSS 208의 요구조건을 만족시키기 위한 기존의 측정방법은 두부와 흉부의 가속도를 측정하는 것이므로, 접촉부위의 하중 분포는 알 수 없다.

L. Grösch는 접촉부위의 하중분포를 측정하는 방법을 제시하고 있으며, 그의 주장에 의하면 충돌시험시 안전벨트와 에어백이 동시에 설치되었을 경우의 흉부 가속도가 높으므로, 가속도에 의한 상해도 평가는 모순되며, FMVSS 208의 요구조건은 수정이 필요하다

고 한다.

2.4.2 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 평가^{3), 17), 23), 25)}

에어백 시스템 개발에 있어서 문제화되는 많은 설계변수 및 실험시 소요되는 고비용, 기구제작 등의 어려움을 줄이기 위해 수학적 시뮬레이션 모델과 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램이 '70년대 이후에 다수 개발되기 시작했다.

시뮬레이션 프로그램은 개발단계의 성능평가에 이용될 뿐만 아니라 에어백 시스템에 최적 성능을 주는 각 구성요소의 force-time, force-deflection, 기하학적 변수 등을 예측함으로써 초기 설계에 도입되기도 한다.

승원의 동력학적 모델에 이용될 수학적 시뮬레이션은 F. J. Irish, R. A. Hammond, A. I. King 등에 의해서 다수 발표되었으나, 연구 결과에 대한 정확도를 증명할 실험적연구가 수반되지 않았다. D. J. Nefske³⁾에 의해 연구된 에어백 모델은 수학적 시뮬레이션 결과와 실험결과를 비교하여, 이 모델이 실제 에어백 시스템에 이용될 수 있음을 보였다.

1980년대에 들어서면서 에어백 해석 모델용 컴퓨터 프로그램이 연구되기 시작하여, MVMA-2D, BPAC, BDRACR, VODS¹⁷⁾ 등의 모델이 개발되었으나, 이들은 모두 에어백이 변형 가능 단순형상이거나, 변형 불가능 타원체 형상으로 가정되었으며, 또한 충돌되는 승원의 운동학적 및 동력학적 표현이 단순화된 것들이었다.

1988년에 충돌되는 승원의 운동학적 및 동력학적 거동이 상세히 묘사되는 MADYMO-2D 모델²⁵⁾과 New CAL 3D 모델²³⁾이 개발되었다. 이들 모델의 백팽창 특성은 주로 열역학적인 관점에서 다루어졌다.

J. J. Nieboer 등에 의해서 개발된 MADYMO-2D 에어백 모델에서는 백을 변형불가능 타원체 또는 타원 실린더 형상으로 가정하여, bag stretch와 bag leakage가 없는 것으로 보았다. 이 모델은 운전석 에어백 시스템과 승객석 에어백 시스템 모두 시뮬레이션될 수 있는 모델이다.

개발된 CAL 3D에 에어백 팽창 시스템의 해석적 모델을 도입한 New CAD 3D 모델이 J. T. Wang, D. J. Nefske에 의하여 개발되었다. 이 모델은 bag stretch와 bag leakage를 고려하여 변형가능한 에어백 형상을 도입하였다.

New CAL 3D 모델은 운전석 에어백 시스템 시뮬레이션에 적용되는 것으로 운전자 정위치(in-position occupant)의 경우는 장벽 충돌시험 결과와 잘 맞는 경향을 보이나, 운전자 정위치 이탈(out-of-position occupant)의 경우는 백 팽창시 운전자에게 주는 백타격(bag slap)과 과도압력(transient pressure)이 적은 것으로 가정할 수 있을 때만 시뮬레이션 결과가 적용될 수 있다.

2.5 자동차의 전면 및 실내 구조를 개선^{4), 8), 24)}

전면 구조물과 실내 구조물은 자동차 모델에 따라 다르기 때문에, 각 모델마다 에어백 탑재시 승원의 구속 성능을 향상시키기 위하여 개조되어 진다.

2.5.1 전면 구조물

전면 구조물은 충돌시 에너지 흡수, 센서의 응답특성, 승원의 운동학적 및 동력학적 거동 등에 영향을 미친다.

전면 구조물은 쉽게 개조할 수 없으므로 자동차에 탑재될 에어백 시스템의 특성에 따라 자동차 모델 개발시 충돌에너지 흡수 및 센서의 응답 특성 측면을 고려하여 설계되는 경우와 전면 구조물의 특성에 따라 에어백 시스템을 개발하는 경우가 있다.

2.5.2 Steering column

운전자의 구속성능을 향상시키기 위하여 기존의 모델을 개조한다.

(1) Column structure의 보강

- ① 충돌 에너지의 흡수성 향상
- ② 에어백 탑재에 따른 증가된 강도요구 조건의 충족

(2) Column angle의 조정

에어백 모듈의 적정 위치 선정을 위해 기

존 각도 보다 하향 조정하는 것이 일반적이다.

2.5.3 Steering wheel

운전자의 전방 가시도(visibility)와 충돌 에너지 흡수측면에서 기존의 모델을 개조한다.

(1) 전방 가시도

에어백 탑재로 인하여 감소되는 전방 가시도를 유지하기 위하여 개조된다.

(2) 충돌 에너지 흡수

강성과 유연성의 적절한 균형으로 충돌 에너지를 최대한 흡수할 수 있도록 설계한다.

(3) 안정 지지대 역할

중심에서 벗어난 하중조건을 받는 에어백을 지지할 수 있도록, 즉 최적의 안정지지대 역할을 할 수 있도록 개조한다.

2.5.4 무릎 구속 장치

충돌 사고시 운전자의 대퇴골 상해 감소와 운전자의 운동학적 거동을 양호하게 유지할 수 있도록 개조되며, knee bolstar는 foam을 부착한 철판으로 제작되는 것이 일반적이다.

(1) 무릎의 미끄럼 방지→다리 구속

(2) 무릎의 충돌 에너지 흡수→대퇴골의 상해 감소

(3) 운전자의 운동학적 구속

충돌의 최종 단계에서 운전자의 하부 몸체에 반발(rebound)을 제공할 수 있도록 적정 탄성 복원력을 줌으로써 머리 및 목의 상해 감소 효과를 얻는다.

2.6 인체에 유해한 환경조건 고려^{1),8),11)}

2.6.1 소음 및 청각 손상

소음은 에어백의 팽창속도를 2단계로 제어함으로써 감소시킬 수 있다. 음의 속도와 밀도가 100mph, 150dB까지는 영구적인 청각 손상을 받지 않는 것으로 알려져 있으며, 백에 직접 충돌될 때 일시적인 청각 손상 및 찰과상은 초래될 수 있다.

2.6.2 유독성 가스 및 산소 감소

작동기체 팽창장치에 쓰이는 가스 및 가스 발생제는 인체에 미치는 유독성이 고려되어야 하며, 공기 흡입식일 경우는 산소 감소로 인하여 승원에 미치는 유해성이 고려되어야 한다.

2.7 소형 승용차용 에어백 시스템 개발^{5),14),18)}

소형 승용차용 에어백 시스템은 중·대형 승용차용 시스템에 비하여 설계 및 개발상에 어려운 점이 많은 것으로 알려지고 있다. 이에 대한 개발사례는 많지 않으며, Nissan이 개발한 '74년형 Datsun 260Z를 위한 에어백 시스템이 대표적이다.⁵⁾

2.7.1 소형 승용차용 에어백 시스템 설계 시 고려사항¹⁸⁾

(1) 충돌 특성

중·대형 승용차에 비하여 차의 중량이 가볍고, 전면 구조물이 밀집 설치되어 있으므로 감속도가 크고, 센서의 응답특성이 빠르다.

(2) 승원의 유효이동거리

차의 내부 공간이 작으므로 승원의 유효 이동 거리가 작기 때문에 백은 더 두껍고, 더 빨리 팽창되어야 한다.

(3) 상해 위험도

에어백 전개시 승원이 받는 힘이 크므로 승원의 상해 위험도가 크다.

2.7.2 승원의 상해도를 감소시키기 위한 시도

(1) Steering column 및 wheel, 무릎구속 장치 등의 개선

(2) 작동기체 팽창장치의 2단계 작동

승원의 구속성능 향상, 특히 서 있는 어린이 보호, 소음 감소, 2차 충돌시 지나친 압력 상승 방지 등에 유효한 것으로 알려져 있다.⁵⁾

(3) 공기 흡입식 작동기체 팽창 장치에 의한 백의 팽창제어

정위치를 벗어난 승원, 특히 어린이에 유효한 것으로 발표되었다.¹⁴⁾

2.7.3 소형 승용차용 에어백 시스템의 성능

FMVSS 208의 승원구속 요구조건을 만족시키기는 어렵지만, Calspan이 연구한 시스템¹⁴⁾은 요구조건을 만족시키고, Nissan에 의해 개발된 시스템⁵⁾은 대퇴골 상해도를 제외하고 요구조건을 충족시키는 결과를 얻은 것

으로 알려지고 있다.

GM사에 의하면 FMVSS 208의 요구조건은 만족되지 않을지라도, 에어백 탑재에 따른 상해 감소 효과의 크기는 소형 승용차가 중·대형 승용차보다 크다고 보고하고 있다.¹⁸⁾

3. 에어백에 관한 특허

3.1 에어백 장치의 구동회로³⁹⁾

기존 발명품은 surge 전압 발생시 구동회로가 오작동하는 경우가 있다. 기존의 구동회로에서 오작동을 방지할 목적으로 모니터 전압을 높이면, 즉 surge 전압을 받아도 너관이 작동되지 않도록 전압을 높이면 고장검출의 정도(精度)가 악화되고, 고정도 장치 설치에 따른 장치비용이 증가된다.

현재의 발명은 모니터 저항을 불필요하게 높이지 않고, 진단 전류를 크게 함으로써 요구되어지는 고장 검출의 정도(精度)를 얻고, surge 등의 noise에 견딜 수 있게 하여 오작동의 가능성을 감소시키기 위한 것이다.

현재의 발명회로는 기존의 제 1의 모니터 저항 R_A , R_B 에 제 2의 모니터 저항 R_C , R_D 를 추가하여 휘스톤 브리지를 구성함으로써 오작동의 가능성을 감소시키기 위한 것이다.

3.2 Valve Assembly for Airbag Control⁴⁰⁾

후석 승원용 에어백 시스템에 사용하기 위해 전석 뒤에 설치된 복수(3개)의 에어백을 편리하게 제어할 수 있는 밸브 어셈블리를 개발하였다.

기존의 밸브 어셈블리는 각각의 에어백에 relief valve, check valve, filter를 개별적으로 연결하였으므로 밸브 어셈블리의 치수가 커지고, 구조가 복잡해서 제조원가 상승을 초래하고, 설치방식도 제한된다.

현재 개발된 어셈블리는 relief valve와 check valve를 결합하여 하나의 unit로 구성한 것이 주된 특징이며, 구조를 단순화 시킴으로써 기존의 밸브 어셈블리의 단점을 보완하였다.

3.3 에어백용 기포의 제조방법⁴¹⁾

직물의 경사(warps)와 위사(wefts)를 모두 무연사(non twisted yarns)를 사용하여 기포를 제조하는 것이 특징이다.

원사의 소재로는 nylon 66을 사용하였으며, 기존의 연사(twisted yarns)를 사용하여 제조된 기포보다 내충격성과 coating 성이 양호하고, 제직성(製織性) 및 경사준비 cost 면에서 유리하다.

3.4 전장품의 급전회로⁴²⁾

기존의 발명품은 센서, 인플레이터의 고장 상태를 검출하는 회로와 전원과 에어백 장치의 접속상태를 검출하는 회로등을 각각 설치함으로써 배선이 복잡하고, 제조원가가 높다는 단점이 있다.

현재의 발명품은 전원과 에어백 장치간의 접속상태 검출회로를 별도로 두지 않은 것이 특징이다. 현 발명의 급전회로는 전원공급장치로서 독립된 주회로와 접속하고 있다. 보조회로에는 접속규제부재(部材)가 설치되어 있어서 주회로의 접속상태가 적당하지 않을 때는 보조회로의 접속이 규제되어 경보장치가 작동됨으로써 접속상태 확인이 가능하다. 주회로에는 제어장치가 설치되어 에어백 장치의 고장여부를 검출하여, 고장시 작동이 정지되도록 되어 있다. 센서에는 dash panel 부착 센서와 front bumper 부착센서가 있으며, 양쪽 센서가 동시에 on 되어야만 에어백이 작동되도록 설계되어 있다.

3.5 Inflatable Crash Bags⁴³⁾

측면 충돌사고시 승원을 보호하기 위한 에어백 시스템을 개발하였다.

에어백의 부착위치는 도어 내측이며, 도어 외측 표면의 변형에 의하여 에어백이 팽창을 개시하도록 설계되어 있다. 도어는 crumple zone이 아니므로 에어백의 응답속도는 매우 빨라야 한다.

작동원리는 도어의 interior skin과 outer

skin 사이에 유압유(주로 brake fluid 사용)로 채워져 있으므로, 측면 충돌시 outer skin이 변형하면 압력이 상승된 유압유는 파이프나 도관을 통하여 흘러나와 제어 밸브(slide valve)를 작동시켜 압축가스를 에어백으로 주입하여 팽창시키도록 되어 있다.

3.6 Air Bag System for Automobile⁴⁴⁾

충돌사고시 충격에너지를 최대한 흡수할 수 있도록, 충돌속도, 승원의 좌석위치, 좌석의 기울기, 승원의 자세, 승원의 크기 등을 감지하여 에어백의 위치, 팽창속도 및 팽창의 크기를 제어함으로써 승원의 상해도를 감소시키는 에어백 시스템을 개발하였다.

현재 발명된 에어백 시스템의 구성은 다음과 같다.

- (1) 센서
 - ①충돌 속도 감지 센서 ~전면 범퍼 부근에 설치
 - ②승원의 상태 감지 센서
 - 좌석의 위치 감지 센서
 - 좌석의 기울기 감지 센서
 - 승원의 크기 감지 센서
 - 안전벨트 착용여부 감지센서
- (2) 작동기체 팽창장치—복수식 (3 개)
- (3) 충격흡수백—승원 전방 구조물에 부착
- (4) 제어장치
 - ① 충돌로부터 백의 팽창이 완료되는 시점까지의 시간 제어
 - ② 충돌로부터 백의 팽창이 시작되는 시점까지의 시간 제어
 - ③ 가스 공급량 제어 (작동기체 팽창장치 → 백)
 - ④ 가스를 방출하는 통로의 수 제어 (백 → 작동기체 팽창장치)
 - ⑤ 가스압력 조절장치의 제어
 - ⑥ 백의 위치제어 ~ 차길이 방향의 위치 (전·후)와 각도위치(상·하) 제어
- (5) timing setting 장치 ~ 충돌검지 후 작동기체 팽창장치의 작동 timing setting

3.7 Malfunction Preventing Device for Airbag Module in Automobile⁴⁵⁾

기존의 오작동 방지장치(malfunction preventing device), US 4167216의 장치는 고정도를 유지할 목적으로 복잡한 구조로 된 Locking Mechanism을 감속감지기구(deceleration sensing mechanism)와 함께 설치함으로써 전체 구조가 복잡하고, 단가가 높고, 감속 감지장치의 작동 정밀도를 감소시키는 등의 단점을 갖고 있다.

현재의 발명품은 상기의 단점을 감소시키는 구조가 간단한 오작동 방지 장치이다.

현 발명품의 구성을 보면, 작동회로에 대하여 에너지 보조공급 장치가 주공급장치와 병렬로 설치되고, 보조공급장치는 resistor와 병렬로 연결되어 있다. 보조공급장치는 기체발생장치의 작동을 중립화시키는 작동기능 중립화 장치를 포함하고 있다.

현 발생의 오작동 방지장치의 주된 기능은 steering wheel로부터 에어백 모듈을 분리할 때 작동기능 중립화 장치가 자동적으로 작동되어 오작동을 방지하는 것이며, 또한, 에너지의 주공급회로가 단선일 때 보조공급 장치에 의한 에어백 시스템 작동이 가능한 것이다.

4. 결 론

선진국에서 승용차의 에어백 장착이 의무화되기 시작하면서 저렴하고 성능이 우수한 에어백의 국산화 개발이 시급하게 되었다. 에어백 장착시 대당 \$300-\$1000이 추가로 소요되므로, 전량 수입에 의존하는 대신에 저렴한 국산 에어백의 필요성이 심각하다 하겠다. 지금까지는 국내 자동차 업계에서의 에어백에 대한 관심이 높지 않으나 앞으로는 이에 대한 연구 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 에어백 개발에 있어서 중요한 기본 기술에 대한 survey가 행하여졌으며, 앞으로 산업체 등에서 제품 개발시 실질적인 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 과학기술처에서 시행한 출연연구

사업의 일환으로 실시된 연구결과 중의 일부
 분이다. 본 연구에 참여한 김용일 박사, 황요
 하 박사, 정종수 박사 그리고 최영 박사께 깊
 이 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. E.N. Kleve, Jr. and R.N. Colesby, "Special Problems and Considerations in the Development of Air Cushion Restraint Systems", Society of Automotive Engineers, Inc., 1972.
2. D.L. Schaffer, "The Air Bag Controversy: A Case of Overinflation or Underinflation?", SAE720431, 1972.
3. D.J. Nefske, "A Basic Air Bag Model", SAE720426, 1972.
4. T.N. Louckes, R.J. Slifka, T.C. Powell and S.G. Dunford, General Motors Driver Air Cushion Restraint System, SAE730605, 1973.
5. F. Abe and S. Satoh, Study on Airbag System for Nissan Small-Sized Cars, SAE740577, 1974.
6. G.R. Smith, E.C. Gulash and R.G. Baker, "Human Volunteer and Anthropomorphic Dummy Tests of General Motors Driver Air Cushion System", SAE740578, 1974.
7. T.O. Jones and W.A. Elliott, "An Introduction to Scale model Testing to Determine Air Cushion Crash Sensor Location", SAE740585, 1974.
8. H.J. Richter, II, R.L. Stalnaker and J.E. Pugh, Jr, "Otolologic Hazards of Airbag Restraint System", SAE741185, 1974.
9. J. Versace and R.J. Berton, "Determination of Restraint Effectiveness", SAE 750395, 1975.
10. M.S. Balban, "Electronic Fault Monitoring and Diagnosis in Air Bag Systems", SAE 750436, 1975.
11. AirBag의 생물학적 영향, 자동차기술, 29-7, 1975.
12. 福田成男, Air Bag, 제3편 제2장 15.4 절, 자동차공학편람, 일본 자동차기술회, 1976.
13. G.R. Smith, "Air Bag Update-Recent Crash Case Histories, SAE770155, 1977.
14. D.J. Romeo and R.M. Morgan, Small Car Aspirator, SAE770934, 1977.
15. B.D. Rabe, "Improving Vehicle Occupant Protection through Regulation and Legislation", SAE841737, 1984.
16. New Air Bags: Low Tech, Low Price, Technology Review, 1984.
17. R. Brantman and D. Breed, "Use of Computer Simulation in Evaluating Air Bag System Performance", SAE851188, 1985.
18. H.J. Mertz and J.F. Marguarot, "Small Car Air Cushion Performance Considerations", SAE851199, 1985.
19. Inflated Air Bag Claims, Automotive Industries, 1986.
20. K.Higuchi, "안전대책 기술의 동향", 자동차 기술, 41-6, 1987.
21. L. Grosch, E. Katz, L. Kassing, H. Marwitz and F. Zeidler, "New Measurement Methods to Assess the Improved Protection Potential of Air Bag Systems", SAE 870333, 1987.
22. H.J. Mertz, "Restraint Performance of the 1973-76 GM Air Cushion Restraint System", SAE880400, 1988.
23. J.T. Wang and D.J. Nefske, "A New CAL3D Air Bag Inflation Model", SAE 880654, 1988.
24. D.S. Breed and V. Castelli, "Problems in Design and Engineering of Air Bag Systems", SAE880724, 1988.
25. J.J. Nieboer, J. Wismans and E. Frateman, "Status of the MADYMO 2D Air Bag Model", SAE881729, 1988.
26. Air Bag의 현황과 장래, 자동차 기술, 42-10, 1988.
27. S. Harada, K. Miura, S. Yasunobu and Y.

- Wakabayashi, "Future Automotive Performances and Related Key Technologies",
28. K. Higuchi, H. Okuhara, "충돌 안전성의 현상과 장래", 자동차 기술, 43-1, 1989.
 - 일본자동차연구, 11-3, 1989.
 29. 이창민, "안전측면에서 Air Bag의 효과와 전망", KSAE 생산기술 및 관리, 전기 및 전자, 안전부문위원회 학술강연초록, 1990.
 30. 자동차용 Air Bag System 개요와 유효성, Kobe Steel Engineering Report, 40-2, 1990.
 31. D. Finney and R. Striker, "Using Silicones in Air Bag", Automotive Technology International 91, Sterling Pub, Int. Limi, 1990.
 32. B. Siuru, "Driving Beyond 65", Mechanical Engineering, 1990.
 33. T.G. Adams, M. Huang, R.W. Hultman, J.C. Marsh, S.E. Henson, "The Development of an Advanced Air Bag Crash Sensing System", SAE905140, 1990.
 34. C.V. Chassis, "Emerging Japanese Auto R&D", AI Publishing Co. Ltd, Japan, 1990-1991 Year Book, pp. 293-296.
 35. H. Ohmae, T. Harigae, "측면 충돌용 Dummy의 평가시험방법", 자동차 연구, 1991, pp.16~26.
 36. T. Harigae, K. Ohsaki, M. Sasaki, M. Sakurai, K. Taneda, H. Ohmae, "측면 충돌용 Dummy의 평가", 자동차 기술, 1991, pp.8~15.
 37. 한국형 자동차 '에어백' 개발, Motor Magazine, 1991, pp.274~275.
 38. 정승철, 에어백 장치개발 개요, 한국 자동차공학회 1991년도 안전, 전기 및 전자, 생산기술 및 관리, 재료, 부품부문위원회 학술강연 및 논문집, 1991, pp.59-66.
 39. 에어백 장치의 구동회로, J 60025829 A, 1985.
 40. Valve Assembly for Airbag Control, US 4491157, 1985.
 41. 에어백용 기포의 제조방법, J 01118641A, 1989.
 42. 전장품의 급전회로, J 02040876 A, 1990.
 43. Inflatable Crash Bags, GB2220620, 1988.
 44. Air Bag System for Automobile, EP-0357225A1, 1990.
 45. Malfunction Preventing Device for Airbag Module in Automobiles, EP0283188A1, 1988.
 46. Automobile Impact Sensor for Activating Passive Safety Restraint, EP0292669A1, 1988.
 47. Vehicle Collision Safety Device, EP-0199024A2, 1986.
 48. Gas-liberating Compsn. for Inflating Car Interior Airbag, DE3733176A1, 1989.
 49. Air Cushion for Steering Wheel, DE-3433941A1, 1986.