

안전시험과 충돌시험 법규 변화의 최근

이 상 규 · 대우자동차(주) 기술개발본부 수석연구원

1. 안전시험의 범위

본 안전시험 편에서는 사고 발생시 운전자 또는, 탑승자가 인위적으로 대처할 수 없는 극한 상황에서의 안전의 확보를 주된 목적으로 하는 차량의 구조 안전성, 차량 내부 부품의 정적/동적 안전성과 충격 흡수성, 차량 충돌 안전성을 평가하는 수동 안전의 개념에 속하는 항목들로서 안전시험의 평가 범위를 제한하고자 한다. 따라서 차량 주행환경 하에서 운전자가 능동적으로 대처함으로써 사고를 회피할 수 있거나 사고 발생의 가능성을 최소화할 수 있는 브레이크 시스템, 시계성, 조작성 및 차량 전조등과 같은 제반의 차량 성능에 관련된 항목은 제외하고자 한다.

그러나, 저속 충돌 사고시 차량의 손상을 최소화 함으로써 소비자의 수리비용을 최소화하기 위한 파손 수리성 평가는 안전시

험의 범위에 포함하고자 한다.

1-1. 충격/강도 시험

차량 구조 안전성의 평가 항목은 충돌 상황을 재현할 수 있는 정적 구조물 강도시험 항목으로 구성된다. 차량 전복시 천정 부위가 승객 공간으로의 과도한 침입을 예방하기 위한 천정 강도시험, 측면충돌시 옆문 부위가 승객 공간으로의 과도한 침입을 예방하기 위한 옆문 강도시험, 충돌시 좌석 및 안전띠 부착장치 가 승객을 구속할 수 있도록 하는 좌석 및 좌석 안전띠 부착 강도시험 등이 수행된다.

운전자 및 탑승자가 충돌 사고도중 차실 내장재와의 이차 충돌에 의해 상해를 입을 수 있는 상황에 대비해 충격 에너지의 흡수성을 평가하는 충격(Impact)시험 항목이 수행된다. 충격 시험의 기준 속도는 충돌 상황에서의 인체의 머리/몸통부위의 속도를

재현한 것이며, 이와 관련된 시험으로 계기판넬(Instrument Panel) 충격흡수 시험, 조향장치(Steering System) 머리/몸통모형 충격흡수 시험, 좌석등받이 충격흡수 시험, 자유운동 머리인체모형(Free Motion Headform) 충격흡수 시험등이 있다.

전술한 충격흡수 시험과 강도시험 항목을 세계 각 지역에서의 요구하는 법규별로 <표 1>에 정리하였다. 각 지역별 시험 조건과 시험 방법은 약간의 차이가 있거나 동일하며 안전성 확인이라는 본래의 목적에는 차이가 없다고 판단된다. 비고란의 동적 강도시험은 주로 모의충돌 시험기(Sled Tester)를 이용하여 관성하중을 재현함으로써 수행하는 시험을 나타낸다.

1-2. 실차 충돌시험

충돌시험은 일반 주행 상태의

〈표 1〉 지역 요구별 충격/강도 시험 분류표

시험종목	지 역				비 고
	국 내 안전기준	유 럽 ECE ¹⁾	호 주 ADR ²⁾	북 미 FMVSS ³⁾	
계기판넬 충격흡수 시험	88조	R.21.01	21.00	201	
좌석등받이 충격흡수 시험	98조	R.21.01		201	
보조손잡이 머리모형 충격흡수 시험		R.21.01		201	
햇빛가리개 머리모형 충격흡수 시험	101조	R.21.01	11.00	201	
조향장치 머리모형 충격흡수시험		R.12.03			
조향장치 (몸통모형) 충격흡수 시험	89조	R.12.03	10.01	203	
FMH 충격흡수 시험				201	
실내후사경 충격흡수 시험	108조	R.46.00		111	
팔걸이 충격시험	100조			201	
내부 격실문 걸쇠장치 강도시험	104조	R.11.00	2.00	206	정면 충돌 시험
문열림 방지장치 강도시험	111조		21.00	201	정면 충돌 시험
천정강도시험	92조			216	
앞분강도시험	104조		29.00	214	
좌석안전띠 부착장치 강도시험	103조	R.14.03	6.02	210	
좌석부착장치 강도시험	97조	R.17.04	3.02	207	정면 충돌 시험
좌석 브레이크 강도시험	97조	R.17.04	3.02	207	
좌석 접합장치 강도시험	97조	R.17.04	3.02	207	정면 충돌 시험
어린이보호용 좌석부착장치 강도시험	103조	R.14.05	34.02	225	
머리지지대 강도시험	99조	R.17.04	22.00	202	정면 충돌 시험

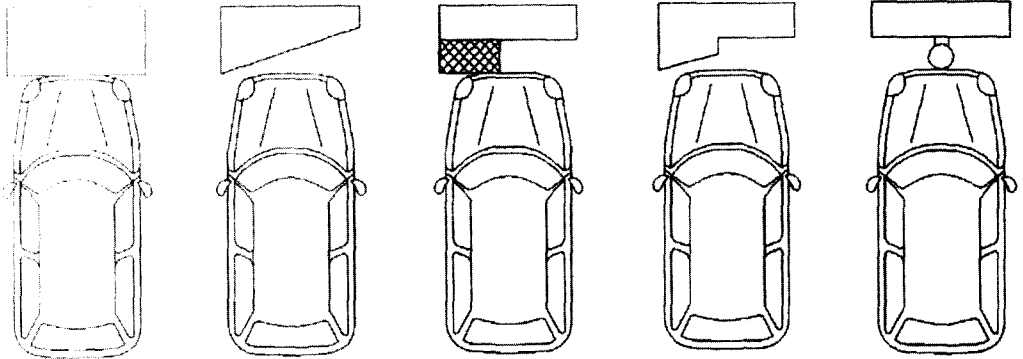
- 1) ECE: Economic Commission for Europe
- 2) ADR: Australian Design Rules
- 3) FMVSS: Federal Motor Vehicle Safety Standard

차량 사고상황을 재현하여 표준화한 것으로 차량의 충돌 안전성과 인체상해 정도를 평가하는 것을 목적으로 한다. 충돌시험은 대상 차량의 충돌 방향에 따라 크게 정면 충돌, 측면 충돌, 후면 충돌시험으로 분류한다(그림 1 참조). 정면 충돌시험은 차량의 전면부위가 고정벽(Fixed Barrier) 또는 고정된 대상물에 부딪히는 것을 재현한 것으로써

고정벽의 형상에 따라 수직벽(Perpendicular Barrier) 충돌, 경사벽(Angle) 충돌, 오프셋(Offset) 변형벽(Deformable Barrier)/고정벽 충돌, AMS(Auto Motor und Sports) 충돌, 기둥(Pole) 충돌로 세분화할 수 있다. 오프셋 충돌과 기둥 충돌의 경우에도 차량 전면부가 고정벽에 최초 부딪히는 접촉량 또는 접촉 위치에 따

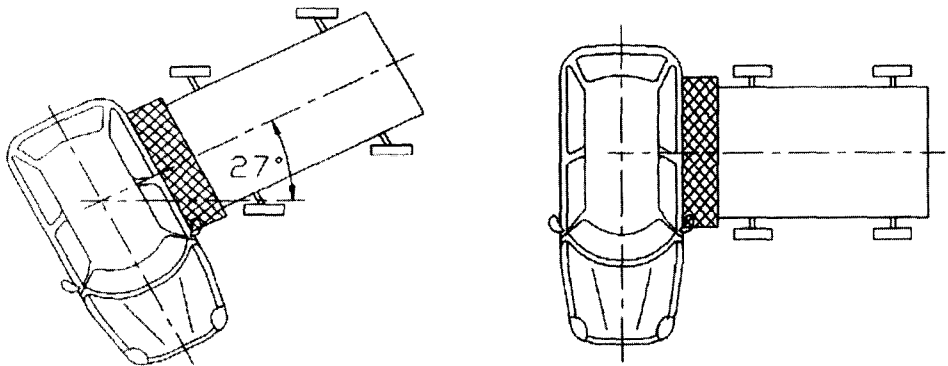
라 더욱 세분화 된다. 현재 보급화 되어 있는 시험은 수직벽, 경사벽, 오프셋 충돌 시험이며 AMS 충돌과 기둥 충돌의 경우는 주로 에어백(Airbag) 개발관련 시험에 이용된다. 측면 충돌시험은 표준화된 대차(Moving Barrier)를 끌어당겨 정지 상태의 대상 차량의 측면부에 부딪히게 하는 시험으로서, 사용하는 대차의 종류에 따

(가) 정면 충돌시험



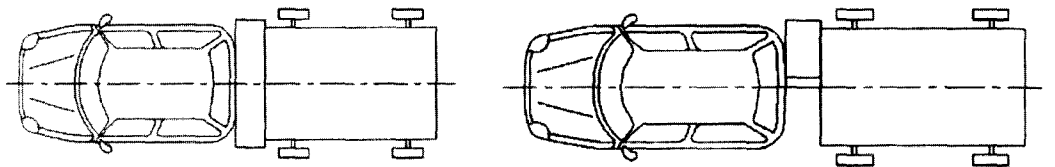
(a) 수직벽 충돌 (b) 경사벽 충돌 (c) 오프셋(변형벽, 고정벽) 충돌 (d) AMS 충돌 (e) 이동 충돌

(나) 측면 충돌시험



(a) 미국 측면 충돌 (b) 유럽 측면 충돌

(다) 후면 추돌시험



(a) 미국/ 유럽 후면 추돌 (b) 후면 RCAR 추돌

<그림 1> 실차 충돌시험의 종류

〈표 2〉 지역 요구별 실차 충돌 시험 분류표

구분	방향	지역	시험항목	번호		
법규 시험	정면	한국 (안전기준)	48.3 kph 정면 수직벽 충돌시험	102/105/91		
			48.3 kph 조향장치 후방이동량 측정 충돌시험	99		
			48.3 - 53.1kph 정면 수직벽 충돌시험	H.33/34		
		유럽 (ECE)	48.3 - 53.1kph 조향장치 후방이동량 측정 충돌시험	R.12		
			56kph 40% 움셋 변형벽 충돌시험	R.94		
			48 kph 정면 수직벽 충돌시험	69.00		
		호주 (ADR)	48 kph 조향장치 후방이동량 측정 충돌시험	10.01		
			56 kph 40% 움셋 변형벽 충돌시험	72		
			48.3 kph 정면 수직벽 충돌 시험	208/212/219/301		
		북미 (FMVSS)	48.3 kph 30도 경사벽 (왼쪽/오른쪽) 충돌시험	208/212/219/301		
			48.3 kph 조향장치 후방 이동량 측정 충돌시험	204		
			한국	32.2 kph 측면 충돌시험	102/91	
		측면	유럽	50 kph 측면 충돌시험	H.95	
				호주	50 kph 측면 충돌시험	73
				북미	32.2 kph 측면 충돌시험	208/201
후면	유럽	54 kph 측면 충돌시험	214			
		한국	46.3 kph 후면 추돌시험	91		
		55 - 36 kph 후면 추돌시험	R.32/34			
동적 전복	북미	48.3 kph 후면 추돌시험	301			
		한국	48.3 kph 동적 전복시험	102/91		
		48.3 kph 동적 전복시험	208/301			
준법규 시험	정면	유럽	55 kph 50% AMS 충돌시험	AMS		
			64 kph 40% 움셋 변형벽 충돌시험	EURO NCAP		
			60 kph 40% 움셋 변형벽 충돌시험	ADAC		
			15 kph RCAR 충돌시험	RCAR		
			호주	56 kph 정면 수직벽 충돌시험	ANCAP	
	측면	북미	64 kph 40% 움셋 변형벽 충돌시험	ANCAP		
			56 kph 정면 수직벽 충돌시험	NCAP		
			8 kph 30도 경사벽 충돌시험	IIHS		
			유럽	50 kph 측면 충돌시험	EURO NCAP	
			62 kph 측면 충돌시험	NCAP		
후면	유럽	15 kph RCAR 충돌시험	RCAR			
		8 kph 후면 기둥 충돌시험	IIHS			

라 미국, 유럽 측면 충돌시험으로 구분된다. 대차의 크기 및 무게는 미국과 유럽이 상이하며,

대차의 전면부에 장착하게 되어 있는 변형벽 (Deformable Barrier; Honeycomb Block)

의 강도 특성 역시 상이하다. 또한, 상해치 평가에 이용되는 인체 모형도 미국 측면 충돌시험은

SID를 유럽 측면 충돌시험은 EuroSID-1을 사용한다. 미국 측면 충돌시험은 두개의 인체모형을 충돌하는 쪽 앞뒤 좌석에 사용하며, 유럽은 앞 좌석에만 한 개를 사용한다.

후면 추돌시험은 측면 충돌과 마찬가지로 방법으로 표준화된 대차를 끌어당겨 정지 상태의 대상 차량의 후면부에 부딪히게 하는 시험으로서, 사용하는 대차는 측면 충돌에 사용하는 대차와도 차이가 있으며, 대차의 종류에 따라 미국, 유럽 후면 추돌시험으로 구분된다. 후면 추돌시에는 현재 법규 규정상 인체상해에 대한 평가 항목은 없으며 차량 후면부의 충돌 변형(량)의 측정과 연료 누출, 승객의 탈출 용이성 등을 확인한다. <그림 1>의 후면 RCAR(Research Committee for Automotive Repairs) 시험은 차량의 수리성을 평가하여 보험료 산정기준에 이용되는 항목중의 하나이다.

이상의 시험 외에도 대상 차량의 측면 또는 후면을 읍셋 고정벽에 충돌하는 시험과, 대차에 기둥을 장착하여 차량의 측면부위를 충돌하는 시험항목이 있다. 또한, 실제 도로 교통상황에서 발생하는 차량 사고의 보다 정확한 재현을 위하여 정면, 측면 및 후면의 모든 방향에서 대상 차량 간의 충돌(Car to Car) 시험들이 이루어지고 있다. 전술한 충돌시험 항목을 세계 각 지역에서의 요구하는 법규별로 <표 2>에 정리하였다.

준법규시험이란 잡지사/기관/단체 등에서 차량의 안전성을 평가하여 소비자에게 공개함으로써 차량선택의 기준으로 사용하게 하는 시험을 일컫는다. 이중 대표적인 것이 신차평가(NCAP : New Car Assessment Program) 시험항목으로 국내에서는 56kph 정면 수직벽 충돌시험이, 유럽(Euro NCAP)은 56kph 40% 읍셋 변형벽 충돌과 50kph 측면 충돌시험이, 호주(ANCAP)는 56kph 정면 수직벽 충돌과 56kph 40% 읍셋 변형벽 충돌시험이, 미국에서는 56kph 정면 수직벽 충돌과 62kph 측면 충돌시험이 있다.

2. 에어백 개발과 충돌 시험

만일에 있을 충돌 사고시 탑승자를 보호하기 위해 현재 개발되어 사용하는 것이 안전띠와 에어백이다. 안전띠의 착용은 충돌시 탑승자의 상해 감소에 가장 효과적인 수단으로 이차 충돌에 의해 차실 내장재에 심하게 부딪히거나 차실 밖으로의 이탈을 방지하는 역할을 한다. 에어백은 일차적인 승객 보호장치인 안전띠의 역할을 보조하는 이차적인 안전장치로, 90년대에 들어와 보편화 되어왔다.

에어백 시스템은 통상 충돌 또는 사고상황을 감지할 수 있는 감지기구(Sensor)와 이를 판단하여 에어백에 작동/비작동의 신호를 발생하게 하는 판단장치(Sensing and Diagnostic

Module), 그리고 에어백을 부풀게 하는 가스 발생장치가 포함된 에어백 본체(Inflator and Cushion)로서 구성된다. 에어백은 충돌상황에서 항상 작동하는 것으로 일반적으로 알려져 왔으나, 인체의 상해는 적으나 오히려 에어백이 작동 함으로써 더 큰 상해가 유발될 수 있을 경우도 있으며 운전을 할 수 없어 더 큰 사고가 유발될 수 있는 경우에는 작동되어서는 안된다. 이러한 상황들을 미연에 방지하고자 확인시험 항목으로 정면, 경사면 및 읍셋 중/저속 정면 충돌시험이 필요하며, 또한 실제 도로 교통환경에서 벌어질 수 있는 사고상황인 기둥 충돌, 동물 충돌을 재현하는 시험들이 포함된다. 따라서 자동차 제조사는 에어백(또는 안전띠)을 차량에 장착하기 위해 법규에서 요구하는 그 이상의 실차 충돌시험들을 수행하여 안전성을 확보한다.

또한, 다양한 탑승자의 안전성을 확보하기 위하여 법규에서 요구하는 남성 평균성인 조건만이 아니라, 큰 성인 남자와 작은 성인 여성, 유아와 어린이를 대표할 수 있는 인체모형들을 이용하여 충돌시험을 수행한다. 비정상 착석 상태의 탑승자 안전성 확보를 위하여 동적/정적 시험을 포함한 많은 시험들이 에어백 부품 제조업체 및 자동차 제조사에서 확인/검증되고 있다. 이에 대한 시험 조건 및 방법들은 SAE J1980과 ISO TR10982에 상세히 설명되어 있다. 측면 에어

〈표 3〉 정면 충돌시험에 이용되는 인체모형의 종류

구분	종류	규정
성인 남자(Male)	Hybrid III 95th %ile Adult Male	법규(Part572 Subpart E)
성인 여자(Female)	Hybrid III 50th %ile Adult Male	신법규(Part572 Subpart G)
어린이(Child)	Hybrid III 5th %ile Adult Male	신법규(Part572 Subpart N)
	Hybrid III 6 Year Old	신법규(Part572 Subpart P)
	Hybrid III 3 Year Old	신법규(Part572 Subpart R)
유아(Infant)	12 Month Infant	신법규(Part572 Subpart R)

백 개발의 경우에도 정면 탑재 에어백과 비슷한 시험으로 동일하게 확인/검증된다. 정면 탑재용 에어백 성능확인 시험에 이용되는 일반적인 인체모형의 종류를 표3에 열거하였다.

3. 최근 충돌시험 법규의 변화

현재 미국에서 2002년부터 적용 예정으로 고시된 승객 보호 관련 전방 충돌시험의 신법규(Notice of Proposed Rulemaking : 1998, Supplemental Notice of Proposed Rulemaking : 1999)의 개념은 충돌 사고시에 전방 장착 에어백(Airbag)에 의해 유발될 수도 있는 탑승자의 상해 가능성을 최소화 하면서, 또한 기존의 법규에서는 규정하지 아니한 여성 운전자, 유아 및 어린이의 상해 위험을 최소화하는 것을 목적으로 한다. 따라서 기존의 정면 충돌시험 항목 외에 유럽, 호주에서 법규화 및 신차평가에 이미 이용되는 40% 옥셋 변형벽 시험항목이 추가되며, 여성 운전자, 유아(12개월) 및 어린 아이(3세, 6

세) 등의 인체모형을 이용한 시험항목의 조합으로 이루어질 예정이다(표 3의 규정란 참조). 본 시험편에서는 실차 및 모의 충돌 시험에 국한하였으며 유아의 어린이의 인체모형을 이용하는 장적시험은 생략 하고자 한다.

승객보호관련 전방 충돌시험의 기존 법규는 전방 에어백 장착을 의무화한 상태에서 안전띠 착용/미착용의 두 가지 경우 남성 평균성인의 신체 조건에 흡사한 인체모형(50th Percentile Male)을 기준으로 실차 충돌을 통한 인체상해 적합성만을 고려하므로 법규 기준 정면, 좌우 경사면 충돌3회와 안전띠 착용/미착용의 2회의 조합인 총 6회의 실차 충돌시험이 요구되었다.

전방 에어백 장착을 의무화 함으로서 30% 정도의 치명적 상해를 막을 수 있었다고 알려져 왔지만, 전방 탑승자 위치의 유아와 비정상적 착석상태의 탑승자의 보호를 위한 저압팽창 에어백(Depowered Airbag)의 장착을 유도하기 위하여 1997년부터 안전띠 착용상태에서의 3회의 정면 충돌시험과 안전띠를

미착용 상태에서의 모의충돌시험(Sled Test) 1회를 포함하여 총 4회의 시험이 요구되는 옵션(Option) 조합이 추가되어 현재(2001년)에 이르고 있다.

새로 고시된 신법규(Supplemental Notice of Proposed Rulemaking: 1999)에 따라 대안(Alternative)의 경우 6개월 내의 남성 인체모형은 1회씩, 6개월 이후의 여성 인체모형(5th Percentile Female)과 1회씩, 6개월 이후 안전띠 착용/미착용의 2회의 정면 충돌시험과 안전띠 착용의 40% 옥셋 변형벽 충돌시험 1회를 추가함으로써 승객 보호를 강화하고자 하는 방향으로 변화되고 있다고 판단된다.

4. 인체 상해치 평가기준의 강화

신법규에서는 인체 상해치 기준이 강화될 예정이다. 예를 들면 성인 평균 남성 인체모형의 경우 첫째, 흉부 변형량의 허용치가 76 mm에서 63 mm로 축소된다. 둘째, 기존 법규에서는

〈표 4〉 여성 인체모형을 이용한 충돌시험 결과

상해치	구 분	기존Hybrid III 5th%-ile	개량 Hybrid III 5th%-ile
머리	HC15 (< 700)	213	302
	N _{ij} : N _{TE} (<1)	0.70	0.85
	N _{TF} (<1)	0.64	0.67
목	N _{CK} (<1)	0.28	0.24
	N _{CF} (<1)	0.36	0.34
가슴	가속도 (< 60 g, 3 ms)	36	38
	변형량 (< 52 mm)	30	36
무릎	왼쪽 하중 (< 6.8 kN)	1.2	1.1
	오른쪽 하중 (< 6.8 kN)	0.8	1.0

없던 목 상해치 산정구(Neck Injury Predictor)가 추가된다. 셋째, 머리 상해치(Head Injury Criteria)의 계산은 기존의 36 msec 시간구간에서 15 msec의 시간 구간으로 변경되며, 그 허용치가 1000에서 700으로 바뀔 예정이다. 신규 사용 예정인 여성, 어린이 및 유아의 인체모형의 경우에도 역시 인체 상해치 기준이 추가된다.

기존에 사용되던 여성 인체모형과 신법규에서 요구하는 개량된 인체모형의 특성 비교 평가 및 인체 상해치 변화를 확인하기 위하여 실시된 모의충돌시험의 결과는 〈표 4〉와 같다.

개량 인체모형의 경우 신법규 CFR Part 572 Subpart O에 명시되어 있으며, 기존 인체모형과 다른점은 동작시 급속과 급속

이 부딪칠 때 발생하는 이상 신호를 배제하기 위한 부품이 관절과 관절 사이에 추가로 부착되었으며, 가슴 전면 부위와 허리부 척추쪽에 가속도계를 부착할 수 있도록 형상이 변경되었다. 발의 경우에도 인체의 특성과 흡사하도록 회전각도와 압축하중에 대한 변형성이 개선되었다. 〈표 4〉의 시험조건은 전방 탑승석 위치에서 안전띠를 착용한 상태이며, 에어백은 장착하지 않았다. 인체모형의 특성 비교평가를 위하여 기존과 개량 인체모형 두 경우 모두 3회 반복 시험을 실시하였으며, 상해치 결과는 3회 시험의 평균값이다. 또한, 표4의 상해치는 신법규 규정의 여성 상해치 허용 기준을 적용하였다. 상해치는 개량 인체모형의 경우, 기존의 인체모형보다 전체적으로 약

10% 정도 증가하는 결과를 보여주고 있다.

5. 맺음말

2000년 3월경에는 현재까지 미정인 여러 충돌 시험방법의 시험 속도들이 확정될 예정이다. 그러나, 이미 고시된 충돌시험의 내용 증가와 인체 상해치 허용기준의 강화는 보다 더 안전한 차를 요구하는 소비자 의지 반영의 결과로 해석된다. 법규는 최소한의 안전보장을 요구/확인하는 절차이며, 자동차 제조사는 현재 또는 가까운 미래에 가능한 모든 기술을 집약하여 소비자에게 보답하여야 한다.

〈이상규박사 : sangglee@dwmc.co.kr〉