

자동차 측면 충돌 안전도 개발 사례 및 동향



김 동 석*

1. 서 론

자동차 시장에서 소비자의 요구에 대한 만족과 상대적 우위의 경쟁력을 갖기 위해서는 제품의 개발 단계에서부터 기간과 비용의 절감 및 질적 향상이 필연적이다. 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 강화된 자동차 안전 법규의 제정을 통하여 안전 기준을 만족한 차량에 한하여 자국 시장의 진입을 허용하고 있다.

실제 교통사고의 유형 중 정면과 측면 충돌에 의한 승객의 상해는 전체 사고 중 대부분을 차지하고 있다. 따라서 승객의 보호를 위해 차량의 충돌 특성 및 승객의 상해치 평가와 개선은 차량 설계 초기 단계에서부터 필수적이며 이를 위해

자동차 제작사들의 노력이 집중되고 있다. 이와 관련해 제작하고자 하는 차량의 초기 설계 단계에서의 평가 수단이 요구되어 왔으며, 최근에는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 설계 기법이 주로 이용되고 있다. 이 글에서는 측면 충돌 관점에서 차체 강성을 평가하고 설계 초기에 충돌 성능을 확보하기 위하여 사용된 해석 사례를 소개하고자 한다.

2. 측면충돌 법규

측면 충돌 관련 법규는 크게 미국 법규와 유럽 법규로 구분된다. 그림 1은 미국 법규의 시험 방법에 대한 구성도를 보여준다. 미국 법규는 그림 1의 이동 대차 전면에 별집형 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 그림 2와 같은 각각

* 대우자동차 차량해석팀, 책임연구원

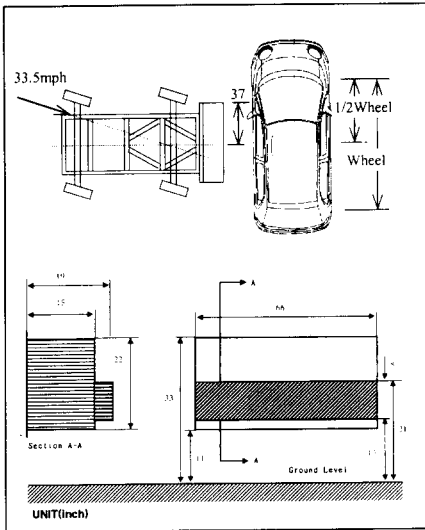


그림 1 북미 측면충돌 테스트 개략도

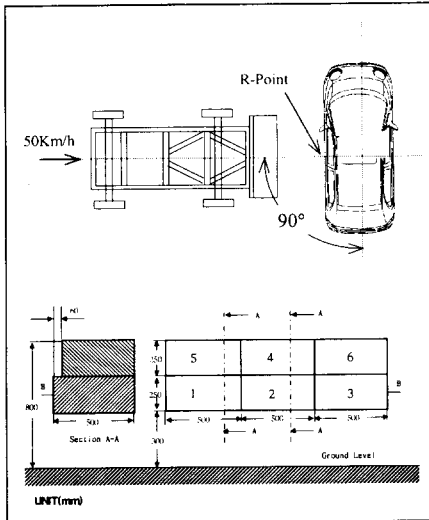


그림 2 유럽 측면충돌 테스트 개략도

의 힘-변위 관계가 정의된 6 부분으로 구성된 변형부를 갖는 이동 대차가 차체 측면에 직각으로 50KPH의 속도로 충돌 시 인체모형 (EURO-SID)의 상해치를 규정한다. 표 1은 두 법규에서 규정하고 있는 인체 모형의 상해 규제치를 보여준다.

표 1 측면충돌법규 규정 상해지수

디미상해부위	미국측면충돌 법규		유럽 측면 충돌 법규	
	규제항목	규제치	규제항목	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)	1m/s
복부	없음	없음	APF (Abdomen Peak Force)	2.5KN
골반	최대가속도	130g	PSPF (Pubic Symphysis Peak Force)	6.0KN

* 4Door-85g, 2Door-90g

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.

3. 측면충돌 개발 동향

북미나 유럽법규 모두 승객의 안전을 위해 지정된 법규라는 공통점이 있지만 위에서 보는 바와 같이 두 법규의 시험 방법이나 승객 상해치 등급에 대한 의견이 틀리기 때문에 자동차 업체들은 자동차 차체를 이원화 하는 극심한 상황까지 갈수도 있게 되었다. 현재 NHTSA에서는 이 두 법규의 조합을 위하여 노력을 하고 있으나 두 법규가 일원화 될 수 있을지는 확실치 않으며 그때까지 자동차 업계에서는 이 두 법규를 만족시키기 위해서 노력을 해야 한다.

북미 법규와 유럽 법규의 시험 방법이 다르기

때문에 그 범규에 대한 대처 방안도 달라야 한다. 지금까지 생각 해온 "측면 구조의 강성을 높이는 것과 도어에 패딩(padding)을 대는 것"이 측면 충돌에서 좋은 결과를 얻는다고 생각해 왔다. 이것은 북미 측면 충돌에 대한 대처 방안이 될 수 있지만 유럽 충돌에서는 큰 효과를 보지 못하고 있다. 이것은 TRL(Transport Research Laboratory)에서 수행한 시험들을 통해서 증명이 되었으며 유럽 측면 충돌 범규를 만족하기 위해서는 도어나 측면 구조의 강성을 높이는 것보다 도어가 충돌 시 밀려 들어 형상에 더 큰 영향이 있는 것으로 보고 되어 있다. 다시 말해서 도어가 밀려 들어오는 형상을 좌우하는 주요 요소인 센터 피러 구조의 변형 모드를 잘 유도하면 유럽 측면 범규를 대응하는 데 큰 도움이 된다는 것이다.

센터 피러 구조의 변형모드는 센터 피러 하단 쪽이 중심부분보다 상대적으로 더 많이 밀려 들어가는 '역 vertical 모드'가 가장 이상적이며, 'vertical intrusion profile'도 좋은 결과를 가져온다. 하지만 중심부분이 하단보다 많이 밀려 들어 가는 모드는 승객 상해치에 가장 나쁜 조건이 된다.

센터 피러 구조의 변형 모드는 단순히 patch를 붙이는 정도로 바꿀 수 없으며 측면 구조의 중요 부분을 변경하여야 하기 때문에 설계 초기 단계에서부터 이점을 고려하여 진행해 나가야 한다. 반면 북미 측면 충돌은 패딩등의 효과로 승객 상해치를 줄이는데 효과가 있으므로 유럽 측면 충돌에 대비한 차체 측면 구조물이 완성된 후에도 개선할 수 있는 여지가 많이 있다.

본 글에서는 설계 초기 단계에서 컴퓨터 해석을 통해 유럽범규에 대한 차체 측면 구조물의 평가와 대처 방안을 살펴 보고자 한다.

4. 측면충돌 해석용 모델의 구성

4.1 차체(Vehicle) 모델

해석모델을 구성할 때, 측면 충돌에 의한 변형이 집중되는 측면 차체구조물에 대해서는 조밀하게 요소를 구성하고 그 밖의 구조물 즉, 변형이 상대적으로 적은 부위는 크게 요소를 구성하는데 이는 컴퓨터에서 계산되는 시간을 최소화 시키기

위해서이다. 해석용 모델은 그림 3에서 보는 바와 같다.

차량의 측면충돌성능을 평가하기 위해서는 당차량에 충돌하는 대상차량이 필요한데 이때 사용되는 모의차량을 대차(MDB)라 한다. 이는 그림 2에서 나타낸 바와 같이 90°의 각도를 유지하며 50km/h의 속도를 가지고 실차에 충돌하게 되며 무게는 950Kg이다

4.2 인체 모형(Dummy) 모델

유럽 측면충돌범규에 규정된 인체모형(Dummy)은 EURO SID이며, 이는 실제로 인체의 특성을 근거로 정밀하게 제작된 측정기구이다. 컴퓨터 모의 해석에서도 실제의 인체모형의 특성을 반영하여 모델링한 모의 인체모형이 사용되는데 이는 그림 4에 나타낸 바와 같다. 실차 테스트와 컴퓨터 모의해석 모두 상해치의 평가는 이러한 인체모형으로부터

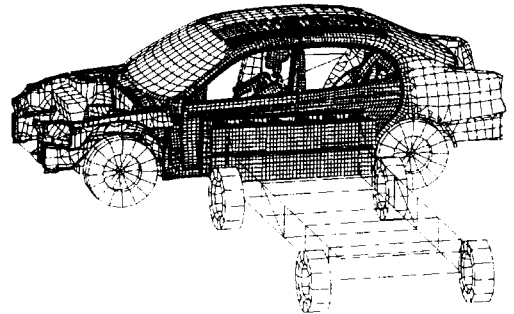


그림 3 해석용 차체 모델

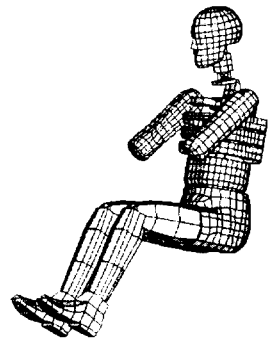


그림 4 유럽 측면충돌 해석용 인체모형

얻어진 데이터를 이용하여 계산되어지기 때문에 인체모형 모델의 정확도는 매우 중요하다.

위에 열거한 해석에 필요한 구성 요소들을 조합하여 범규에서 규정한 조건대로 계산을 수행하였다. 실차에서 실제로 충돌이 발생하는 경우 승객이 상해를 입는 시간은 충돌이 시작된 직후부터 약 80msec까지이며 따라서 본 해석에서도 80msec를 제한시간으로 정하여 계산을 수행하였으며 슈퍼컴퓨터를 기준으로 계산이 완료되는데까지는 약 20시간이 소요되었다.

5. 해석결과의 검토 및 대응방안

측면 충돌의 경우 승객이 입는 상해의 대부분은 도어와 차체 측면 구조물 중앙의 기둥 역할을 하는 센터 피러 구조가 원인이 되며, 대차로부터 차량으로 전해지는 충격이 도어를 통하여 차체 구조물의 측면 기둥을 타고 상부와 하부로 분산되므로 이를 제어하여 승객이 입는 상해를 감소시킬 수 있다.

그림 5는 대차의 충돌에 따른 차체의 변형 및 인체 모형의 거동 모습을 보여준다.

그림 6은 초기 설계 단계에서 측면 구조의 변형 모습을 section cut으로 보여 주는 것으로 센터 피러 가운데가 하단보다 상대적으로 많이 밀려들어오는 승객 상해치(rib deflection)에 나쁜 영향을 미치는 결과가 나왔다.

승객 상해치를 감소시키기 위하여 센터 필라 중심부분을 보강하고 하단 부위는 적절한 변형을 인위적으로 유도하고 승객의 늑골에 전달되는 충격력을 고르게 분산시키는 방법을 적용 하였다.

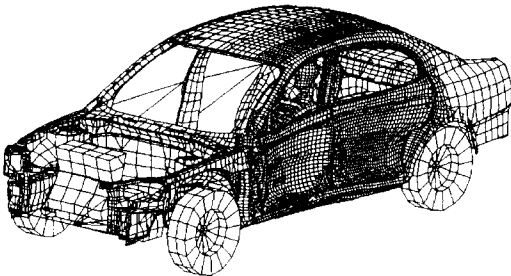


그림 5 충돌 후 차체의 변형 형상

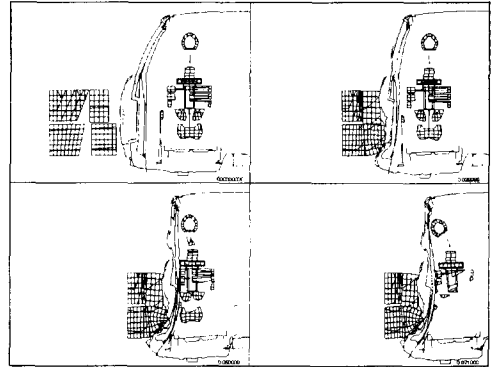


그림 6 초기 설계 vehicle의 변형 모드

이상의 개선안을 반영하여 최종적으로 얻은 측면 충돌 해석결과는 그림 7에서 보는 것과 같이 센터 피러 구조의 변형 모드가 많이 개선된 것을 볼 수 있으며 범규 대비 상당히 양호한 결과 값을 확보할 수 있었다

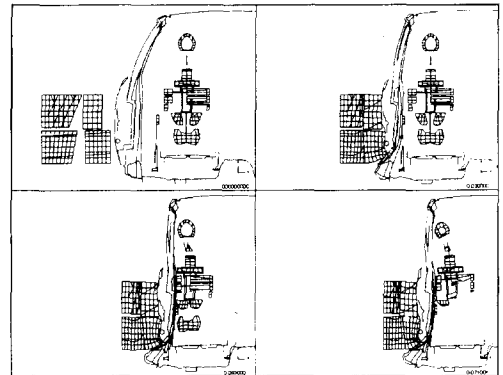


그림 7 설계 개선 후 vehicle 변형 모드

4. 맺음말

위와 같이 해석을 통해 유럽 측면충돌 시험 조건에 대해 발생하는 문제점들을 조기에 개선시킴으로써 초기의 기본 설계 개념을 차량에 적절히 반영시킬 수 있다. 이렇게 해석적 방법은 초기 설계 검증, 개발기간 단축 및 비용절감을 위한 매우 강력한 도구로 사용될 수 있음을 보여 주었다. 