

# 자동차에 CAE적용

## 이 재 원

대우자동차 기술연구소 CAD/CAE담당 책임연구원



●1959년생  
●철삭공구의 형상최적화 및 온라인형상인식을 통한 마멸예측을 전공하였으며, 구조해석을 통한 최적설계 및 CAD/CAM연계를 통한 CIM에 관심을 가지고 있다.

## 김 민 수

대우자동차 기술연구소 CAD/CAE담당 연구원



●1964년생  
●최적설계를 전공하였으며, BEM을 이용한 형상 최적설계와 FEM을 이용한 CRASH해석에도 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리말

과거에는 복잡한 자동차 구조에 해석적 방법의 적용이 매우 힘들었기 때문에 구조물의 거동이나 성능등을 주로 실험적으로 평가하였다. 하지만, 자동차의 수명주기가 단축되고 급속하게 변하는 안정성 규제를 만족시키면서 연료소모를 줄이기 위한 중량 최소화 설계가 필요하게 되었다. 새로운 상품 개발을 위해서는 기존 제품에 대한 경험이나 성능의 실험적 데이터만으로는 신속하고 정확한 설계가 어려워 컴퓨터 시뮬레이션의 중요성이 대두되었다. 컴퓨터 시뮬레이션은 자동차 업계에서 이미 설계를 위한 필수적인 도구로서 자리잡고 있으며, 기존 제품의 설계변경이나, 새로운 제품의 설계에 활발히 적용되고 있다.

본 글에서는 자동차의 컴퓨터 시뮬레이션 분야중에서 CAE(Computer Aided Engineering) 부분에 대한 동향과 CAE적용 사례에 대해서 간략하게 언급하기로 한다.

## 2. 자동차 구조해석을 위한 기준

자동차 구조해석을 위해 고려해야할 설계 기준을 크게 대별하면 주행하중(service loading)에 대한 응답, 승객의 만족도(passenger acceptance)와 안정성등이 있다.

### 2.1 주행하중

주행하중이란 자동차의 조작과 도로의 거칠기로부터 야기되는 하중처럼 주로 15Hz이하의 낮은 주파수로 자동차에 가해지는 입력으로 이것은 서스펜션(suspension)과 프레임(frame) 및 차체구조에 동적응답을 야기시킨다. 이 경우, 자동차의 차체 및 서스펜션의 응답에 의한 영향을 고려하여 안정성 여부를 판단하게 된다.

### 2.2 승객의 만족도

승객의 만족도는, 승차감 향상과 소음감소를 위해 고려하는 사항으로, 주로 200Hz이하의 주파수(승차감의 경우 100Hz이내, 소음의 경우 200Hz이내)에서 도로의 거칠기에 의한 동적응답 CE를 평가해서 결정한다. 승차감을 좋

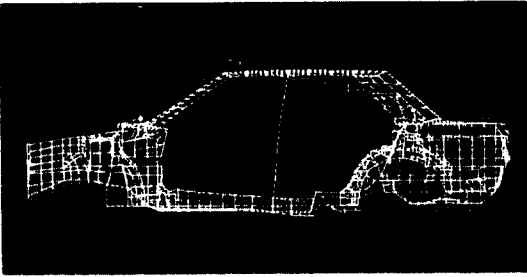


그림 1 공진주파수에서의 차체 진동모우드

게 하기 위해서는 차체의 굽힘(bending) 및 비틀림(torsion)의 전반적인 동적응답이 대칭형 또는 비대칭형 서스펜션 스프링 질량의 모우드(wheel hop과 wheel tramp)와 중첩되는 것을 최소화 시킨다. 차체의 실내소음을 줄이기 위해서는 흡음제만을 사용하기보다는 자동차 구조를 수정하는 방법이 바람직하며, 이를 위한 실험적 접근방법으로는 차체의 진동모우드의 갯수가 많아 어려움이 다르므로 해석 및 실험이 동시에 행해져야만 한다.

### 2.3 안정성

안정성이란 각 나라에서 재정한 승객안전 보호에 관한 규정으로, 승객의 상해 발생도를 줄이며 자동차로부터 승객이 추출되는 가능성을 최소화하고, 안전과 직결된 부위에 대한 충분한 강도를 보장하도록 정하고 있다. 일반적인 이러한 규정을 만족시키기 위해서는 자동차의 여러 부위(자동차 전체구조, 도어구성품, 범퍼구성품과 시트구성품)의 구조적 특성이 일정 기준치를 상회하도록 설계되어야 한다. 승객의 안전을 위하여 규정을 만족시킴과 더불어 고려되어지는 사항이 크래쉬위시니스(crash worthness)로 충돌발생시 차체구조의 비선형 Response에 따른 승객의 보호 여부를 알아보기 위한 것으로, 재질특성의 비선형 및 큰변형으로 인한 비선형을 고려해야만 한다.

## 3. 자동차 CAE의 동향

자동차 CAE의 양상은 구조물의 파손 예측

및 원인분석보다는 초기 설계단계에서의 최적화가 중요시되고 있다. 즉, 값비싼 모형차를 통한 시험을 지양하고, 해석적 방법을 도입하여 공학에서 추구하는 모든 목적(강도, 강성, 동특성, 조립성, 생산성과 경제성 등)을 충족시킬 수 있도록, 설계 변수들을 결정하는 것이다. 2장에서 언급한 구조해석의 설계기준외에도 성능을 향상시키기 위한 여러 해석이 행해지고 있으나, 여기서는 최근 대용량의 컴퓨터 출현과 더불어 가능하게 된 크래쉬와 공기역학적 해석에 관하여만 살펴 보기로 한다.

정면 충돌시 크래쉬거동을 살펴보기 위한 유한요소 모델이 그림 2에 나타나 있다. 이때 해석과 실험의 정확한 대비를 위해서는 무게중심의 위치, 질량과 질량 관성 모멘트 등의 동적 변수값을 정확하게 정의 해야만 한다. 그림 3은 충돌발생 직후의 변형 형상이고 그림 4는 실험과 해석의 비교결과이다. 이러한 크래쉬 시뮬레이션을 통해서 자동차 각 구성품의 변형 거동과 크래쉬과정에서의 각 구성품들간의 상

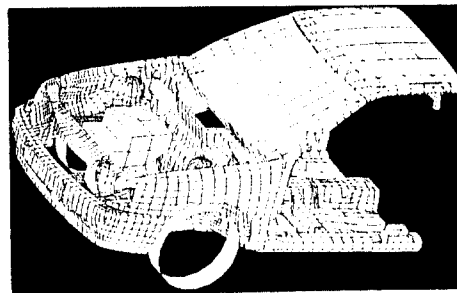


그림 2 정면충돌의 시뮬레이션을 위한 유한요소 모델

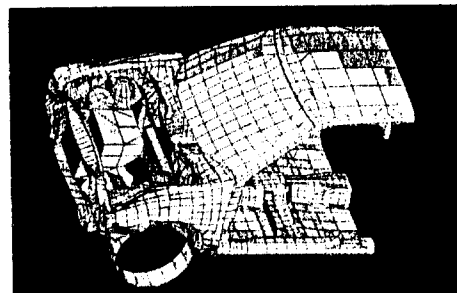


그림 3 충돌직후의 변형된 형상

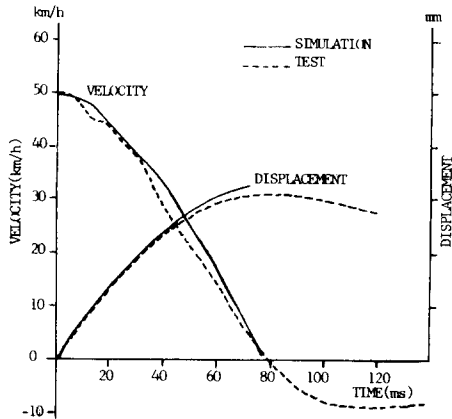


그림 4 정면충돌시 시간에 따른 속도와 변위의 실험치와 해석치의 비교

호작용에 대해서도 알 수 있다. 실제로, 정면 충돌에 따른 운동에너지의 많은 양이 측면레일 (side-rail)에서 흡수되므로 측면레일의 설계가 정면충돌을 고려한 설계에서 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다. 크래쉬 문제는 시간과 경로의 함수이기 때문에 계산시간이 많이 걸리므로, 크래쉬 시뮬레이션을 이용한 최적화는 계산능력이 탁월한 하드웨어의 출현과 더불어 가능하게 되었다.

자동차 외형의 공기역학적 특성은 연료소모, 조작특성과 고속에서의 성능등에 큰 영향을 미친다. 일반적으로 공기역학적 특성해석은 유체 유동의 기본 방정식인 Navier-Stokes 방정식에서 구할 수 있지만 현재의 컴퓨터 수준으로 이 방정식의 완전한 해를 구하기가 어렵기 때문에 두가지 근사적인 방법이 사용된다. 첫째는 패널방법 (panel method)이다. 이 방법의 결과는 실험치와 거의 일치하지만 패널요소 (panel segment)를 위해서 표면의 정확한 표현이 요구되고 또 와류(vortex)가 없는 유동으로 가정해서 하기 때문에 후미의 박리현상(separation)이 취급되지 않는 것이 단점이다. 두번째는 Navier-Stokes 방정식을 차분법을 이용해서 푸는 것이다. 이 방법은 와류 유동을 포함한 해석이 가능하지만 계산시간이 많이 소요되어 실용화 되지 못하였으나, 자동차 업계에 점차

적으로 적용되는 추세에 있다.

#### 4. CAE의 적용사례

자동차 구조 또는 구성부품에 대한 CAE의 적용사례의 몇 가지를 소개하고자 한다.

예 1) 에어컨 응축기 브라켓 (air-con compressor bracket)의 응력해석

에어콘 응축기 브라켓은 자동차 에어컨 응축기를 엔진의 외벽에 부착시키는데 사용된다. 해석의 목적은 동하중에서의 브라켓의 안정성 여부를 판단하고 재질과 형상의 변화에 따른 응력의 민감도를 구하는 것이다. 그림 5에 응력해석의 결과가 나타나 있다.

예 2) 트렁크(trunk lid) 및 아머쉴러 프레임 (armature frame)의 처짐해석

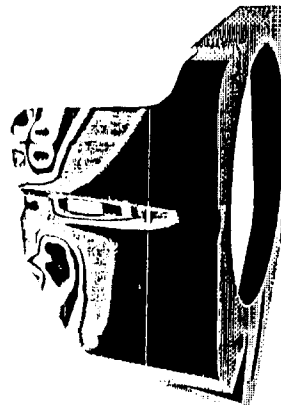


그림 5 에어컨 응축기 브라켓의 응력분포

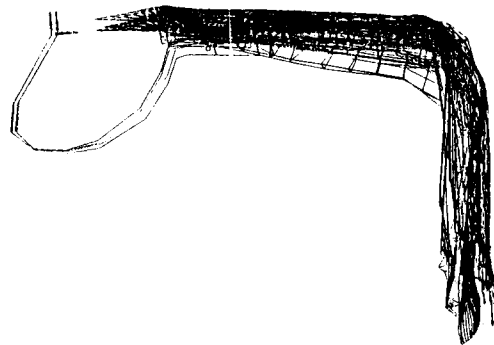


그림 6 트렁크의 변형

트럭의 재질변경에 따른 처짐량의 상대값을 시뮬레이션을 통해서 구한 결과와 모형자동차(clay model)를 지탱하는 아머츄어 프레임의 처짐량 분포가 각각 그림 6과 그림 7에 나타나 있다.

예3) 2차원 자동차 형상의 이상유동 해석

이상유체 유동해석으로 공기역학적 특성을 정확하게 파악할 수는 없지만 상대적인 결과는 빠른 시간에 비교해 볼 수 있으므로 자동차 외형의 국부적인 형상변경이나 에어 댐(air-dam)과 스포일러(spoiler)등의 부착물의 부착 위치, 환기구멍의 위치등을 결정하는 풍동실험의 횡수를 줄이는데는 효과적이다. 그림 8은 유한 요소에서의 속도와 압력계수( $C_p$ )의 분포

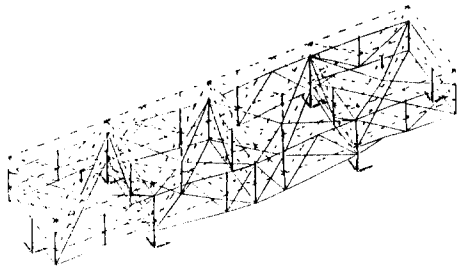


그림 7 아머츄어 프레임의 변형

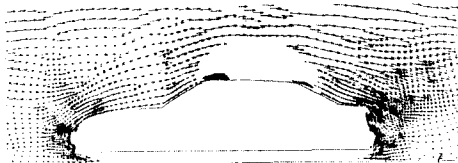


그림 8 2차원 자동차의 이상유체 유동 해석

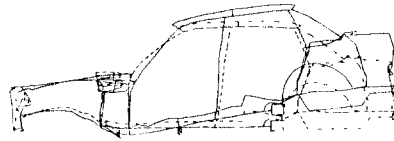


그림 9 차체의 진동해석

이다.

예4) 자동차 모델의 진동모우드해석

차체(body in white)의 진동특성을 알아보기 위한 해석으로 차체의 모든 부재들을 보기(beam)로 모델링하여 얻은 모우드형상이 그림 9에 나타나 있다. 접합계수(joint modulus)는 탄성에너지(strain energy)에 기인한 스프링 요소로 정의하였다.

## 5. 맺음말

최근 자동차 업계의 CAE방향을 하드웨어 측면에서 보면, 대용량의 계산능력을 갖춘 슈퍼 컴퓨터와 자체 계산능력을 갖춘 워크 스테이션의 활용이 점차적으로 확대 되어가고 있다. 이것을 배경으로 크래쉬 시뮬레이션, 자동차 전체 시스템의 진동 및 소음해석, 공기역학적 특성을 고려한 형상 최적화등이 행해지고 있다.

이와 같은 해석을 원활히 수행하기 위해서 고려되어야 할 사항은 우선 사용 소프트웨어 상호간의 데이터 인터페이스를 충분히 고려한 체계적인 종합 CAE시스템의 구축이고, 인공지능(artificial intelligence) 언어를 이용하여 사용이 용이한 해석 경험(knowhow)의 데이터 베이스를 구축하는 것도 바람직하다. 또한 상용 소프트웨어가 지원하지 못하는 분야에 대한 자체 프로그램의 개발도 필요한 것이다.

