

# 차량용 엔진마운트 해석 전용 S/W 개발 사례

## Development of Engine Mount Analysis Software

원광민\* • 윤희욱\* • 강구태\* • 윤원석\*\* • 주서진\*\*

K. M. Won, H. W. Yoon, K. T. Kang, W. S. Yun, and S. J. Joo

Key Words: Engine mount (엔진마운트), Analysis software (해석 소프트웨어)

### ABSTRACT

To design engine mount system efficiently, lots of analysis works are conducted for the prediction of the dynamic behavior of a vehicle as varying design parameters of the engine mount system. Thus it is very important to choose an appropriate analysis software. Because one usually carries out different types of analysis based on relatively simple models, so using a specialized in-house software is more effective than using several commercial softwares. In this paper a case study is introduced to develop an analysis software to design engine mount system.

#### 1. 서론

차량용 엔진마운트 시스템의 가장 중요한 기능은 파워트레인의 무게를 지지하고, 급가감속 및 급선회 등과 같은 운전 조건에서 발생하는 파워트레인의 과도한 운동을 제어하며, 또한 파워트레인에 의한 진동이 차체로 전달되는 것을 가능한 한 절연하는 것이다. 이러한 엔진마운트 시스템의 성능은 차량 및 파워트레인의 관성 특성과 엔진마운트의 배치 형식, 형상, 위치, 그리고 강성 특성 등에 의하여 결정되어 진다.

이러한 특성들은 차량 개발 중간 단계에서는 다른 부품과의 간섭 문제와 생산 공정상의 문제 등 때문에 차량 개발 초기 단계에서 결정된 것들이 기본적으로 양산 단계에까지 이어지는 경우가 많다. 따라서 개발 초기에 이러한 특성들을 잘 설정하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 많은 부

분을 해석에 의존해야 하는 개발 초기 단계에서는 엔진마운트 특성에 의한 차량의 성능을 예측할 수 있는 효과적인 해석 소프트웨어 (S/W, Software)가 매우 중요한 위치를 차지한다고 말할 수 있다.

본 논문의 목적은 엔진마운트 시스템 설계를 위한 차량 해석 전용 S/W의 개발 사례를 소개하는 것이다. 먼저 엔진마운트 설계를 위한 차량 해석에 대해 설명하고, 이를 위한 해석 전용 S/W의 필요성에 대해 기술하였으며, 마지막으로 해석 전용 S/W를 개발하기 위한 기본 개념 및 개발 방법과 결과를 소개하였다.

#### 2. 엔진마운트 해석

엔진마운트에 의한 차량의 성능 예측을 위해서는 다양한 종류의 해석이 필요하다. 이를 해석 종류별로 크게 나누면 (준)정적해석, 모드해석, 정상

\* 현대자동차 파워트레인연구소, kmwon@hyundai-motor.com

\*\* 인피니크㈜

응답해석, 및 과도응답해석 등이다.

(준)정적해석은 파워트레인의 무게에 의한 엔진 마운트의 분담하중 및 처짐량 계산을 기본으로 하며 그 외에 급가감속, 급선회 등과 같은 급격한 운전 상태에서의 파워트레인의 거대 변위를 해석하는 것이다. 주로 엔진마운트의 위치 및 정적 강성 특성에 의해 해석 결과가 좌우된다. 엔진마운트에서 많이 사용되는 스톱퍼의 특성을 고려하기 위해서는 엔진마운트의 비선형 강성 특성도 고려되어져야 한다. 이 해석에서는 엔진마운트 설계를 위한 중요한 개념인 TRA (Torque Roll Axis) 및 탄성 주축 등의 해석도 수행한다 [1]. 모드해석은 파워트레인 진동 절연 특성에 매우 중요한 역할을 하는 파워트레인의 강체 진동 모드를 구하기 위한 것이다. 정상응답해석은 차량의 공회전시 발생하는 진동 및 정속 주행시 발생하는 진동을 예측하기 위한 해석이다. 주파수 영역에서의 해석이며 유체 봉입마운트 등을 고려하기 위해서는 엔진마운트 강성 특성의 주파수 의존성이 고려되어져야 한다. 일반적인 유한요소해석 기법이 이용된다. 과도응답해석은 파워트레인에 의한 차량의 쇼크 및 저크, 초기 시동 시 등의 과도 응답을 위한 해석이다. 시간 영역에서 운동방정식을 적분하여 결과를 얻을 수 있다.

해석을 위한 차량 모델은 개발 기간 및 개발 단계에 따라 단순한 모델에서부터 매우 복잡한 모델까지 고려 될 수 있으나, 엔진마운트 설계를 위한 해석을 위해서는 단순한 차량 모델만으로도 충분한 결과를 얻을 수 있는 경우가 많다. 또한 엔진마운트 설계와 같이 많은 종류의 해석이 필요한 경우에는 개발 기간의 단축 및 효율성 측면에서 단순한 모델을 사용하는 것이 합리적이다. 가장 단순한 모델은 파워트레인 및 엔진마운트 계를 6자유도 강체로 구성하는 것이며, 이 모델에 차량의 효과를 고려하기 위하여 차체와 타이어를 강체로 하여 포함하고 서스펜션 및 타이어 특성을 고려한 차량 강체 모델이 있다. 또한 공회전 진동 특성에

매우 중요한 역할을 하는 차체의 탄성 모드 영향을 고려하기 위해 차체 부분을 유한요소모델, 시험적 모달 모델, 주파수 응답 모델로 구성된 모델도 사용된다[2]. 주로 (준)정적해석, 모드해석 및 과도응답해석은 강체 모델을 사용하며 정상응답해석은 강체 모델 및 탄성 모델이 사용된다. 이들 모델과 해석 종류를 정리하면 표1과 같다.

표1. 차량모델 및 해석 종류

| 해석      | 차량 모델             |
|---------|-------------------|
| (준)정적해석 | 파워트레인 또는 차량 강체 모델 |
| 모드 해석   | 파워트레인 또는 차량 강체 모델 |
| 정상응답해석  | 차량 강체 또는 차량 탄성 모델 |
| 과도응답해석  | 차량 강체 모델          |

또한 이러한 해석과 더불어 엔진마운트의 위치, 장착 각도, 강성 특성에 의한 해석 결과의 민감도를 보기 위한 민감도 해석 과 이러한 특성을 설계 변수로 하였을 때 차량 성능을 최적화하기 위한 최적화 해석 등도 수행되어 진다[3,4]. 이 경우 엔진마운트의 최적화 문제의 특성상 자주 발생하는 국부최소화 문제도 극복하기 위한 방안이 종종 필요하다.

### 3. 엔진마운트 해석 전용 S/W 개발 필요성

위 절에서 언급한 것과 같이 엔진마운트 설계를 위한 해석의 특징은 (1) 해석종류가 (준)정적해석, 모드해석, 정상응답해석, 및 과도응답해석 등으로 다양하며, (2) 반면에 해석시 사용되는 모델은 상대적으로 단순하고, (3) 일반적인 응답 해석 외에 민감도 및 최적화 해석도 매우 중요하다는 것이다.

만약 해석을 위해 일반적인 상용 S/W를 사용한다면 (준)정적해석과 과도응답해석을 위한 다물체동역학 해석 S/W, 모드해석 및 정상응답해석을 위한 유한요소해석 S/W, 그리고 효과적인 민감도

및 최적화 해석 수행을 위한 최적화 S/W가 필요하다. 그러나 이 경우 숙련된 해석 인원이 필요하며, 상용 S/W를 사용하므로 해석 비용이 증가하고, 여러 S/W를 사용하므로 해석 기간이 길어지는 단점 등이 있다. 특히 상용 S/W는 복잡한 모델을 대상으로 하는 전문화된 해석 영역에서 효과가 크며 엔진마운트 해석의 경우와 같이 단순한 모델에 대한 다양한 해석이 필요한 경우에는 불리하다. 따라서 상용 S/W 사용시의 문제점을 극복하기 위해서는 엔진마운트 해석을 위한 전문화된 S/W의 개발이 필요하다.

#### 4. 엔진마운트 해석 전용 S/W 개발

##### 4.1 개발 방향

3절에서 언급한 상용 S/W 사용시의 단점을 극복하고, 효과적인 엔진마운트 해석 전용 S/W 개발을 위한 다음과 같은 두 가지 개발 방향을 설정하였다.

- (1) 단순한 모델에 대한 다양한 해석이 가능해야 하며,
- (2) 설계자 등 해석 전문가가 아니어도 사용할 수 있는 환경이어야 한다

(1)의 목적을 위해서는 기존에 부분적인 해석을 위해 사용되던 프로그램 들을 정리하고 필요한 해석에 대해서는 추가적인 개발을 수행하였으며, (2)의 목적을 위해서는 효과적인 GUI (Graphic User Interface) 환경을 구축하여 해석 모델 구축 및 해석 결과 분석의 편의성을 극대화하였다. 특히 전용 S/W의 전문성 및 효율성을 기하기 위하여 해석 프로그램은 해석 전문가가 GUI 프로그램은 GUI 전문가 일을 분담하여 개발하였다. 두 프로그램의 입출력 관계를 구조적으로 정의하여 서로 유기적으로 프로그램이 수행되도록 하였다. 두 프로그램 공히 기본적으로 MATLAB 상에서 구현하여 개발

환경을 일치하여 프로그램의 통일성을 고려하였다. 그림1은 해석프로그램과 GUI프로그램의 전체적인 구성을 보여준다.

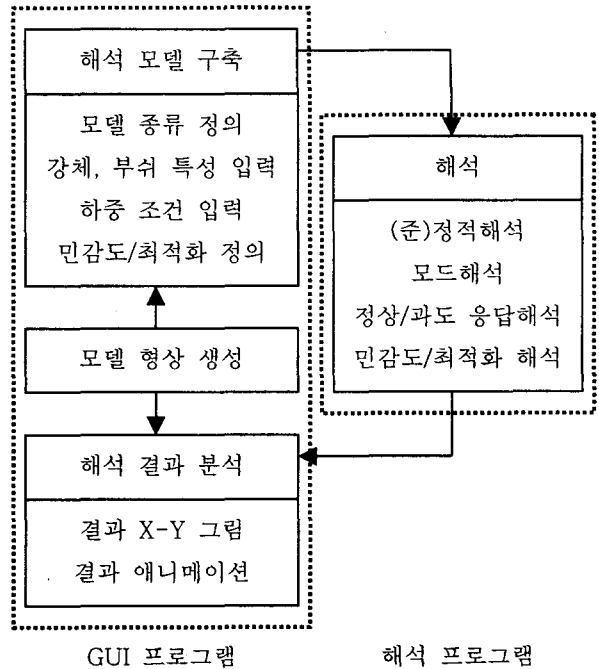


그림 1. 해석 전용 S/W 구성도

##### 4.2 해석 프로그램

해석은 위 절에서 설명한 (준)정적해석, 모드해석, 정상응답해석, 및 과도응답해석이 모두 수행 가능하도록 하였다. 또한 파워트레인 강체모델, 차량 강체모델, 그리고 차체의 탄성을 고려한 차량 탄성 모델이 모두 사용될 수 있도록 하였다. 차량 탄성 모델은 파워트레인을 강체 모델로 차체를 주파수 응답함수 모델로 구성하고 두 모델을 부분구조합성법을 이용하여 차량 탄성 모델을 구성하는 방법을 이용하였다[3]. 엔진마운트, 서스펜션, 타이어 등은 비선형성 또는 주파수 의존성을 갖는 부쉬로 모델하였다. 또한 각 설계 변수에 대한 민감도 해석이 가능하도록 하였고, 엔진마운트 위치, 장착 각도, 강성 특성을 설계 변수로 하고 파워트레인의 모드 특성 또는 정상상태 응답 특성을 목적 함수

로 하는 최적화 기능도 구현하였다.

### 4.3 GUI 프로그램

GUI 프로그램은 해석 계산을 위한 전처리 및 후처리 (Pre and post processor) 를 담당한다. 한 개의 파일에 여러 개의 모델 및 해석 결과를 동시에 저장할 수 있게 하여 잦은 설계 변경과 시행 오차 등에 의해 발생할 수 있는 여러 유사한 모델을 한 파일 안에서 관리 가능하도록 하였다.

모든 강체와 부위의 특성은 차량을 대변하는 3차원 그림 상의 해당하는 부분을 마우스로 선택하면 입력창이 생성되어 특성 입력이 가능하도록 하였다. 또한 그림상으로 강체의 위치, 엔진마운트 위치, 장차 각도 등이 확인 가능하게 하여 입력 오류를 최소화 하였다. 각 해석을 위한 하중 조건, 민감도 해석을 위한 변수 설정, 최적화 해석을 위한 설계 변수와 목적함수의 설정 등이 모두 입력창 안에서 설정 가능하게 하였다. 또한 해석 입력 및 해석 결과의 애니메이션 등에 이용할 형상을 생성할 수 있는 프로그램도 구축하였다. 그림 2은 모델의 형상 생성 예를 그림 3은 모델 구성을 위한 초기 입력 화면 예를 보여주고 있다.

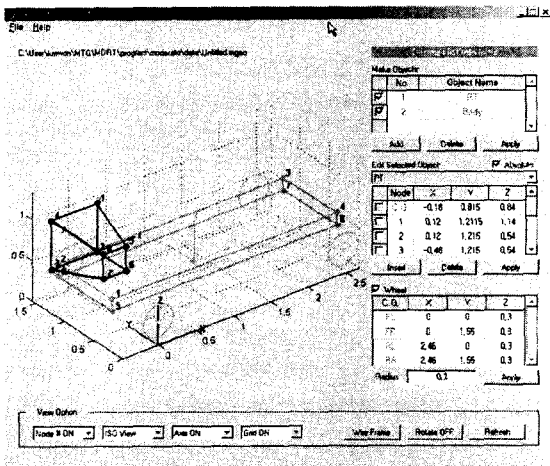


Figure 2. Geometry generation window

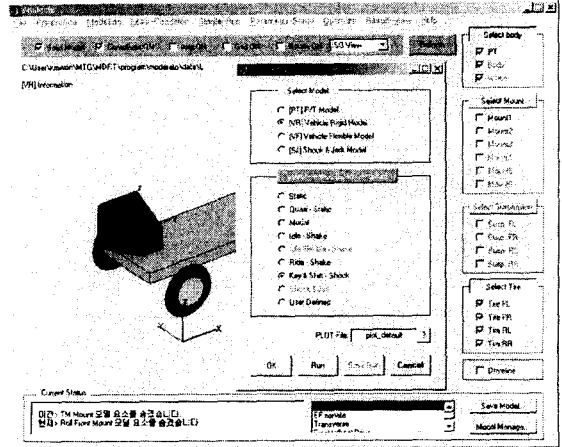


Figure 3. Modeling window

해석 결과는 그림으로 확인 가능하게 하였고, 여러 해석에 대한 결과도 동시에 그릴 수 있는 기능을 갖추었다. 또한 해석 결과를 외부로 출력하거나 (Export) 외부 파일로부터 입력 (Import) 할 수 있게 하였다. 그림4은 해석 결과의 예이다.

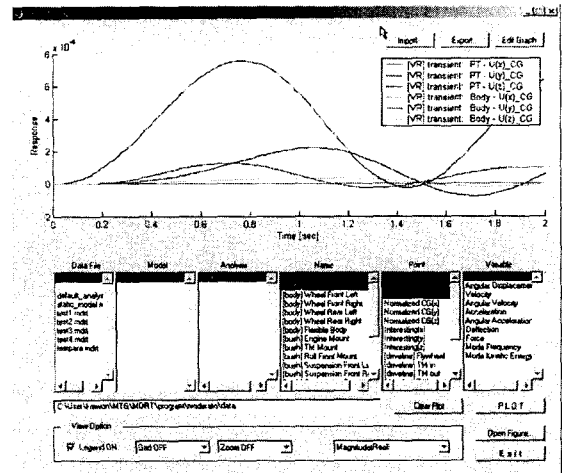


Figure 4. Result graph window

또한 해석결과를 변형 형상으로 보여 줄 수 있게 하였다. 변형 형상은 애니메이션, 중첩된 변형 형상, 최대 형상 등으로 표현 가능하다. 정적 처짐, 모드 형상, 특정 주파수에서의 정상 상태 응답, 시

간 영역에서의 과도 응답 등을 관찰할 수 있다. 그림5은 차량의 모드 강제 모드 형상을 증첩된 변형 형상으로 보여준 예이다.

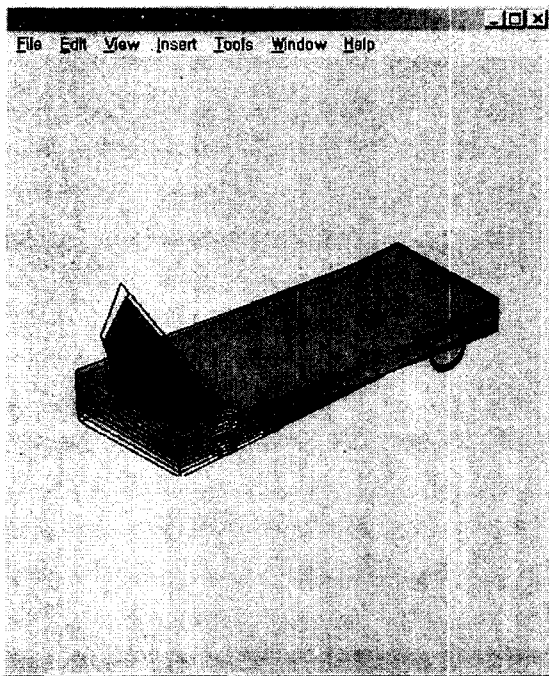


Figure 5. Result animation window

## 5. 결론

본 논문에서는 엔진마운트 해석을 위한 전용 S/W 개발 사례를 소개하였다. 이를 정리하면,

- (1) 엔진마운트 설계를 위한 해석 특성 상 단순한 모델에 대한 많은 종류의 해석이 가능한 S/W를 개발하였다.
- (2) 해석 프로그램은 해석 전문가가, GUI 프로그램은 GUI 전문가가 개발하여 S/W의 전문성과 효율성을 추구하였다.
- (3) 따라서 해석 전문가가 아니더라도 엔진마운트 설계를 위한 해석이 가능한 S/W를 개발하였다.

## 참고 문헌

- (1) 원광민 등, 2000, “엔진마운트 설계를 위한 PT 기본 진동 이론”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.
- (2) K. M. Won and etc, 2000, “Engine Mount Design Using Simplified FRF Model for Idle Shake”, ISATA conference.
- (3) 원광민, 강구태, 2001, “차량 파워트레인계의 강제고유진동수 민감도”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.
- (4) 강구태, 원광민, 2001, “차량 엔진마운트 최적 설계”, 대한기계학회 춘계학술대회논문집C.