

# ADAMS

이 정 한 · 한국MSC소프트웨어, 대리

\_e-mail : maxkally@naver.com

이 글에서는 다물체 동역학 해석 프로그램인 ADAMS의 개발 배경 및 특성, 그리고 응용분야에 대한 내용과 ADAMS의 강점 중의 하나인 다양한 산업별 모듈에 대해서 간략히 소개한다.

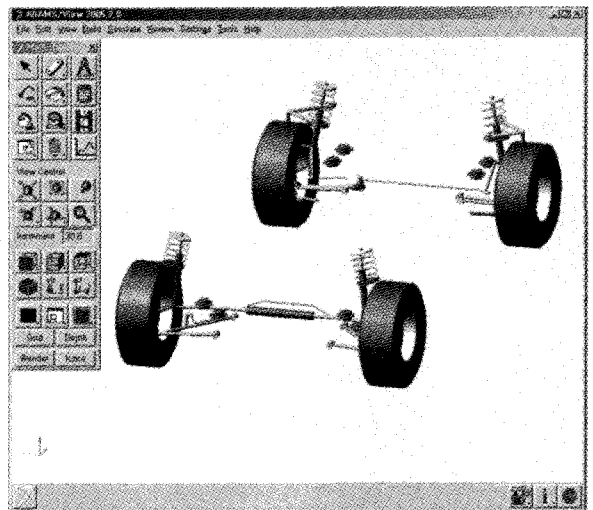
**다**물체 동역학 해석 프로그램은 다른 해석 프로그램에 비해 그 역사가 비교적 짧다. 따라서 다른 분야에 비해 그 저변이 많이 확대되어 있지 않다. 그러나 최근에는 공학적 목표가 system level의 해석으로 변모해감에 따라 그 필요성이 높아지고 있다. 특히 로봇이나 자동차와 같은 system 동역학 해석을 필요로 하는 산업이 각광받는 지금의 상황에서 동역학 해석의 필요성은 더욱 높아지고 있다.

다물체 동역학은 Lagrange Equation을 바탕으로 운동방정식을 구성하여 시간적분을 통해 물체의 위치, 속도, 가속도, 그리

고 joint에서 발생하는 reaction force를 계산한다. 다물체 해석의 열쇠는 자동화된 운동방정식의 구성방법이며 효율적인 미분대수방정식의 적분을 통해 빠른 시간 안에 복잡한 system을 해석하는 것이다.

지금까지 개발된 다물

체 동역학 해석 프로그램(상용)로는 ADAMS, DADS, Recur-



ADAMS View 인터페이스

Dyn, Simpack 등이 있으며, 기타 Carsim이나 Vempire(철도 차량), AutoDyna7 등과 같이 학교에서 개발되거나 특정 산업 전용으로 개발된 프로그램들이 있다.

## Introduction to ADAMS

현재까지 개발된 다양한 동역학 해석 프로그램 중 국내에서 가장 많은 사용자 층을 확보하고 있는 프로그램은 바로 ADAMS이다. ADAMS는 Automatic Dynamic Analysis of Mechanical system의 약자로서 기계 system의 동역학 해석을 수행하는 프로그램이라는 의미를 가지고 있다. ADAMS Solver는 1977년 University of Michigan에서 개발된 다물체 동역학 해석 프로그램으로서 Euler Angle Method를 사용하여 운동방정식을 구성하며, 비슷한 시기에 개발된 DADS는 Euler Parameter Method를 이용해 운동방정식을 구성한다. 두 software는 개발된 후 각각의 장점을 바탕으로 CAE 시장에서 경쟁적으로 발전해 나가지만, 1990년대 들어서면서 multi-body dynamics software시장은 ADAMS로 기울게 된다. 또한 1990년대 중반에 개발된 ADAMS View는 ADAMS 전용 pre-post processor로서, 사

용자 편의를 중시한 GUI 환경을 제공함에 따라 다물체 동역학시장에서 ADAMS의 지위를 더욱 확고하게 만들었다. 현재는 자동차를 포함하여 철도차량 및 항공 분야의 많은 사용자층을 확보하고 있으며, 지금도 계속 그 수요가 증가하고 있다. .

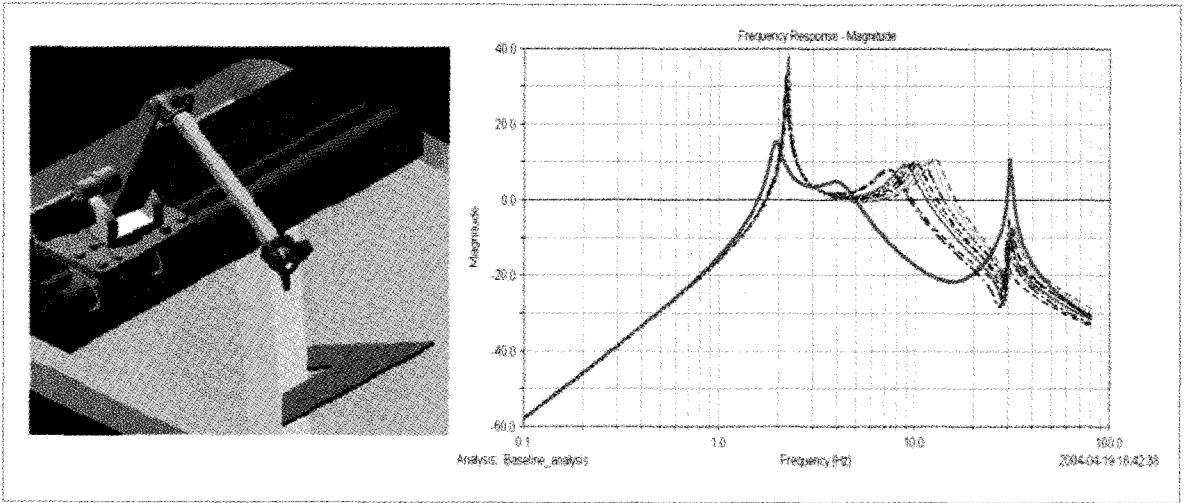
DADS가 사용하는 Euler Parameter Method는 Euler Parameter라는 4개의 변수를 두어 회전 각속도를 구하기 때문에 angular singularity가 없는 반면, 추가적인 parameter로 인해 equation의 개수가 증가하는 단점을 가지고 있다. 또 Euler parameter로 인해 constraint equation 구성에 많은 수학적 지식을 필요로 하게 된다. 반면, ADAMS는 다물체 해석을 위해 운동방정식을 구성하는 과정에서 euler Angle Method를 사용한다. 이 방법은 두 가지 장점을 가지고 있는데, 그 첫 번째는 equation의 크기에 따른 해석 속도의 향상이며, 두 번째는 constraint equation 구성 방법의 자율성이다.

DADS가 가진 장점이 프로그램의 강건성과 정확성이라면, ADAMS가 가진 장점은 다양성과 효율성이며, 시간이 흐름에 따라 시장은 후자를 선택하게 된 것이다.

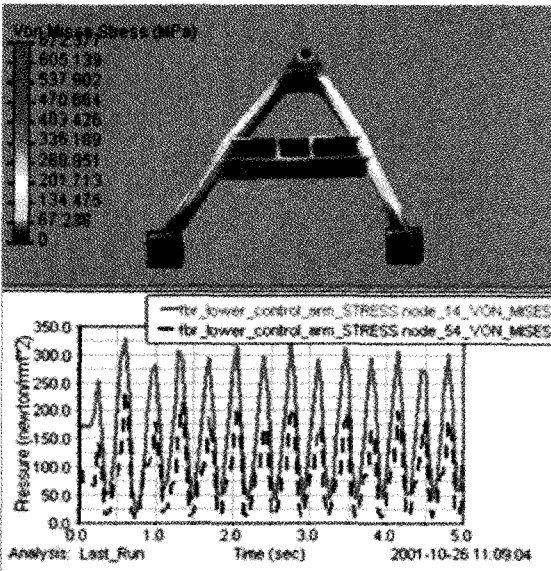
ADAMS는 ADAMS view라는 독립적 pre-post program을 가지고 있다. 이 pre-post

program은 ADAMS Solver를 위해서 개발된 전용 프로그램으로서, 다물체 모델링의 기법을 한 단계 올려 놓는 획기적인 pre-post program이다. 기존의 text based modeling 방법을 GUI 환경에서 구현함과 동시에 text modeling의 편의성을 그대로 유지한 command language base의 prepost 프로그램이다. 또한 ADAMS View가 사용하고 있는 database의 구조는 다물체 동역학 object를 tree 구조로 배열하여 사용자의 필요에 따라 모델을 쉽게 변경할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 훌륭한 database 구조는 ADAMS Car와 같은 industry specific product를 개발할 수 있는 좋은 환경을 제공한다.

ADAMS Colver는 다양한 해석 solution을 제공하고 있다. ADAMS Vibration, Durability, Control 등은 단순히 system의 거동을 관찰하는 데 그치지 않고 다양한 해석적 solution을 제공한다. 이 중에서 ADAMS Vibration은 system modal 해석 코드이다. 이 모듈은 단순히 시간 영역에서 다물체 system을 해석하는 것이 아닌 주파수 영역에서 해석을 수행할 수 있도록 해준다. 즉, 운동방정식을 구성한 상태에서 RHS (Right Hand Side)에 frequency input을 입력하여 matrix 연산을 통해 system 응



ADAMS Vibration 모듈을 이용한 모드 해석



Durability를 이용한 stress 해석

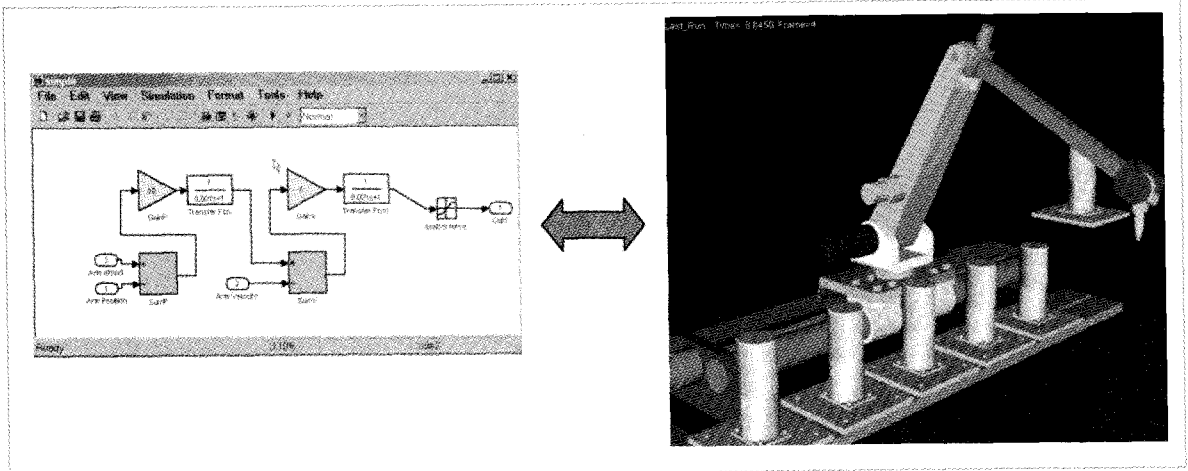
답을 구하는 것이다. 따라서 이 해석을 통해 forced vibration 영역을 해석할 수 있는 것이다. 이러한 해석방법은 이미 유한요소 해석 프로그램에서 지원하고 있는 해석 분야이지만, ADAMS

에서는 system의 다양한 거동 상태에 따른 주파수 응답 특성을 구할 수 있다. 예를 들어 로봇 암의 동작에서 팔을 펼쳤을 때와 오므렸을 때의 modal 특성은 분명 다르다. ADAMS는 이 modal 특성을 단 한 번의 해석으로 모두 구해낼 수 있는

장점을 가지고 있다.

ADAMS durability는 modal stress를 이용해 stress 이력을 구해내는 모듈이다. 이는 ADAMS flex의 이용하는 것으로서 다물체 계에서 탄성체에 발생

하는 stress를 구할 수 있다. ADAMS에서 계산한 stress 값은 유한요소 해석 프로그램에서의 modal transient 해석 방법과 동일한 계산결과를 나타내며, 가진 system에 대한 stress-strain 해석에서 매우 좋은 결과를 보여준다. Modal displacement는 단순히 stress-strain 값을 이용한 강도해석에만 사용하는 것이 아니라 fatigue 프로그램을 통한 내구해석에 이용할 수 있다. ADAMS Durability는 fatigue 해석을 수행할 수는 없지만, MSC.Fatigue나 FE.Fatigue 프로그램에서 사용 가능한 탄성체에 대한 변형이력 데이터를 출력하여 준다. 이러한 modal fatigue 기법은 static fatigue 해석과 비교하여 자동차와 같은 진동형태의 하중을 받는 부품에 대해 좋은 결과를 나타낸

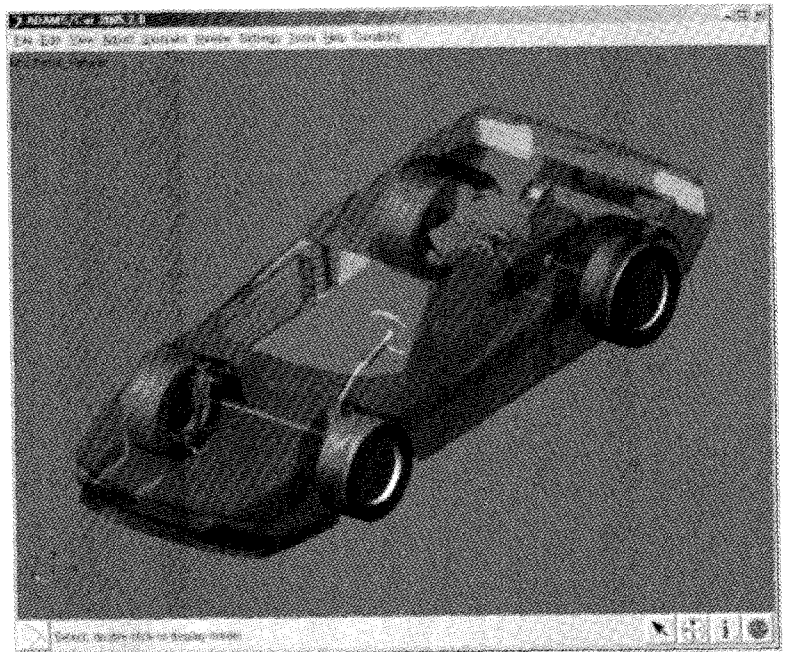


ADAMS Control 모듈을 이용한 제어시스템 연동해석

다. MSC.Nastran을 이용하는 modal stress method가 modal fatigue 해석 방법 중 하나이다.

최근 가장 많은 주목을 받고 있는 모듈이 바로 ADAMS Control이다. ADAMS Control은 MATLAB과 연동 해석을 통한 제어 시스템 설계에 사용할 수 있는 모듈로서, ADAMS와 MATLAB 간의 co-simulation 또는 evaluation-simulation 등을 수행할 수 있다.

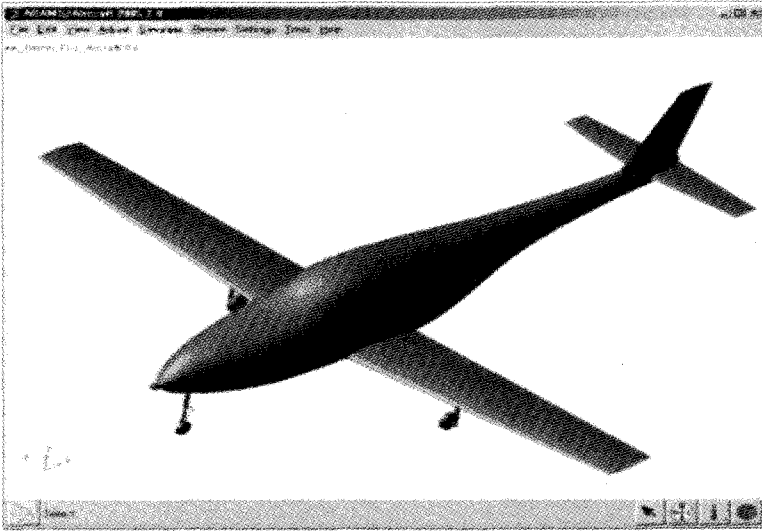
제어 시스템 설계에 있어 system의 운동방정식은 매우 중요한 인자 중의 하나이다. 기존 제어설계자들은 linear 운동방정식을 이용해 근사적으로 system을 모델링하여 control simulation을 수행하였다. 그러나 이러한 방법은 system의 상태가 바뀌어 감에 따라 변화하는 다양한 환경을 고려할 수 없는 단점을 가지고 있다. 특히 로봇과 같이



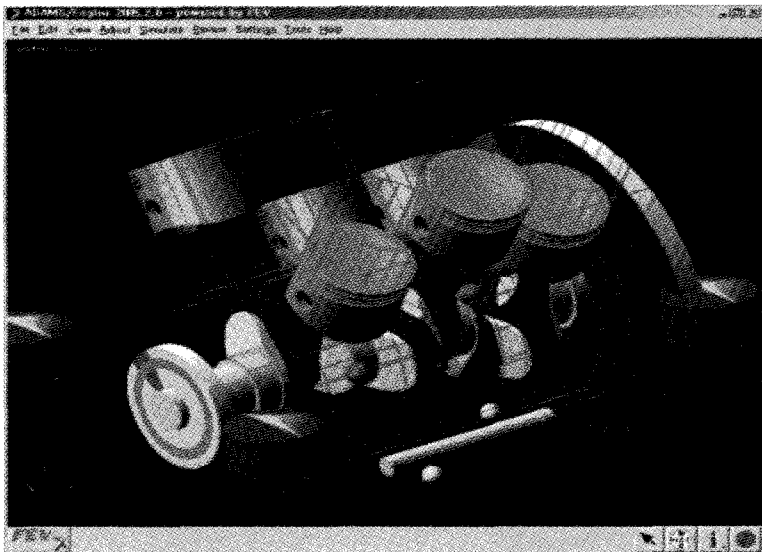
ADAMS Car 모듈

system의 상태가 다양하게 변화하는 경우는 더욱 중요한 문제가 된다. ADAMS를 이용한 다물체 동역학 모델은 이러한 문제를 해결하는 좋은 방법을 제공한다. 연

동 해석의 방법은 제어 system의 입력 parameter를 ADAMS Solver Variable로 입력하고, ADAMS 해석에 의해 출력되는 다양한 결과들을 MATLAB의



ADAMS Aircraft 모듈



ADAMS Engine 모듈

control logic으로 입력하는 방법을 통해, physical system과 유사한 환경에서 제어 시스템을 해석할 수 있다. Virtual product development의 환경을 구현할 수 있는 것이다.

## ADAMS Industry Product

ADAMS Solver는 general dynamic software로서 모델링 하는 system에 따라 다양한 해

석을 수행할 수 있다. 그러나 각 산업 분야에 따라 특화된 해석 환경을 요구하는 경우가 많다. 자동차나 철도 차량 또는 항공 산업과 같은 특수한 해석 환경이 바로 그 예이다.

동역학 해석을 가장 많이 사용하는 분야는 자동차이다. 차량의 ride & handling에 대한 해석을 빼고 동역학 해석을 이야기하기는 힘들다. 그만큼 사용 빈도가 높고 개발한 동역학적 technique이 자동차에 치중되어 있다고 해도 과언이 아니다. ADAMS에서는 이러한 자동차 해석을 위해 다양한 special module을 제공한다. 그 중 가장 많이 알려진 것이 ADAMS Car이다. ADAMS Car는 차량해석 전용 prepost processor를 제공하는 모듈로서 template base의 모델 구조를 가지고 있다. 이는 각 subsystem을 개별적으로 모델링하고, 각기 서로 다른 부품이 포함된 다양한 subsystem의 조합에 의해 full vehicle model을 구성할 수 있도록 함으로써, 차량 모델링에 소요되는 시간을 줄일 수 있고, parameterize된 모델링 기법을 통한 design parameter study를 용이하게 수행할 수 있도록 해준다.

철도 차량의 경우 rail의 contact solution이 가장 복잡한 해석 환경에 해당한다. ADAMS Rail은 ADAMS Car의 template base modeling 환

경과 rail contact solution을 제공한다. ADAMS Rail을 통해 대차에 대한 parameter study 위주의 주행 특성을 해석할 수 있으며, ADAMS Vibration이나 Control을 이용한 복잡한 simulation이 가능하다. Rail의 contact 환경은 ADAMS Solver가 제공하는 일반적인 geometry contact와는 차이점을 가지고 있다. 보다 빠르고 정확한 해석을 위해 Kalker Theory와 Fastsim Algorithm을 이용해 해석한다.

항공산업에서 다물체 동역학이 사용되는 가장 중요한 부분은 바로 landing gear이다. 이 landing gear는 비행기를 구성하는 작은 일부이지만 그 중요성에 대해서는 설명이 필요하지 않다. ADAMS Aircraft는 바로 landing gear를 모델링하고 해석하는 모듈이다. Landing gear의 구성은 자동차의 suspension과 유사한 형태이지만, 주행 환경에 대한 차이점이 분명히 존재한다. ADAMS Aircraft는 이러한 항공기의 landing gear 모델링을 수행할 수 있는 환경과 다양한 항공기 주행(taxi mode) simulation 기능을 제공한다.

마지막으로 소개할 모듈은 ADAMS engine이다. ADAMS Engine은 BMW, AUDI, POR

SCHE, 그리고 engine 전문 consulting 업체인 FEV와 함께 consortium을 통해 만들어졌다. 따라서 ADAMS Engine은 engine의 해석에 필요한 다양한 object를 실험적 경험식에 의한 functional한 모델로 표현한다. 이는 Engine 모델링 기법에 많은 기술적 노하우가 가미되어 있음을 뜻한다. Engine 모듈에는 hydro bearing이나 flexible-spring 그리고 chain이나 belt와 같은 특수한 해석 모델을 구성할 수 있는 template build 기능을 제공한다. 특히 belt나 chain은 geometry contact과 beam formulation을 이용하여 매우 구체적으로 모델링이 가능하다. ADAMS View에서 engine에 대한 detail한 모델링을 시도한다면 그 작업 시간만 수개월이 소요될 것이다. 그러나 ADAMS Engine과 같은 자동화된 환경에서 수행한다면, 매우 빠르고 효율적이며 정확한 solution을 구할 수 있다.

## 맺음말

ADAMS를 이용한 해석 분야는 매우 다양하다. 자동차와 철도 차량, 항공기와 같은 기본적인 동적 system과 항공 우주 및 로봇과 같은 첨단 과학분야에 이르기까지 그 범위가 매우 넓다. 최근

에 핫 이슈로 떠오르고 있는 로봇 공학의 경우 ADAMS를 이용한 solution에 대해 매우 큰 기대를 모으고 있다. 2족 보행과 같은 매우 복잡하고 정밀한 control system을 설계할 때 ADAMS와 같은 해석적 방법을 이용하지 않는다면, physical test machine 제작에만 수개월이 소요되어 매우 비효율적인 개발 process를 거치게 될 것이다. 또한 우주 공간과 같은 무중력 상황에 대한 system 거동을 해석하려고 한다면, ADAMS와 같은 다물체 동역학 소프트웨어가 최적의 solution을 제공해 줄 수 있을 것이다.

실제로 많은 공학적 문제들이 동역학적 해결 방법을 필요로 한다. 그러나 다양한 해석 필요성에 비해 process적인 solution이 많이 개발되어 있지 않은 점이 다물체 동역학의 저변 확대에 대한 큰 걸림돌로 작용하고 있다. 따라서 다물체 동역학 분야의 발전을 위해서는 다양한 분야에 대한 동역학적 해석 시도가 반드시 필요하다. 지금까지 개발된 많은 solver theory를 바탕으로 보다 다양한 해석 solution을 만들기 위해서는 엔지니어와 학자들의 많은 연구와 노력이 필요할 것이다.