

# 상용 CFD 코드의 유체-구조 연성해석

심 정 연 · 에이블맥스(주) 엔지니어링, 과장

\_e-mail : tech@ablemax.co.kr

다분야 연성해석(multi-physics)이란, 여러 물리적 모델을 포함하거나 여러 물리적 현상들이 동시에 발생하는 문제들을 시뮬레이션하는 것으로서 이 글에서는 기계 시스템에서 흔히 발생할 수 있는 유체-구조 연성해석(Fluid-Structure Interaction Analysis)의 선두주자인 ADINA-FSI를 소개하고자 한다.

## 유체-구조 연성해석이란?

ADINA의 유체-구조 연성(FSI)해석은 유체와 구조물의 상호작용을 고려하여 해석이 수행된다. 유체 혹은 구조물의 하중조건과 경계조건을 고려하여 유체의 움직임을 해석하고, 다음으로 유체가 구조물에 미치는 영향을 고려하여 구조물의 변형과 움직임을 해석한다. 이 결과가 다시 유체의 거동에 반영되는 과정을 밟는다. 유체로 인한 하중을 받는 구조물의 진동 및 파손의 원인으로서는 유체 유동의 불안정성이나 난류의 비정상 압력 변동에 의한 가진, 난류 유동에 의한 주기적 진동, 유동에 따른 구조물과의 마찰 등이 있다.

기존에는 구조, 유체, 열 등의 단일 영역에서의 시뮬레이션이 주를 이루었다. 그러나 실제 사용하거나 이용되고 있는 모델을 모사하거나 개발하기 위해서는 구조와 유체의 상호작용이나, 구조와 유체, 열의 상호작용의 계산이 요구되고 있다. ADINA-FSI는 이러한 복합적인 문제를 한 가지 프로그램을 이용하여 손쉽게 계산할 수 있는 특징이 있다.

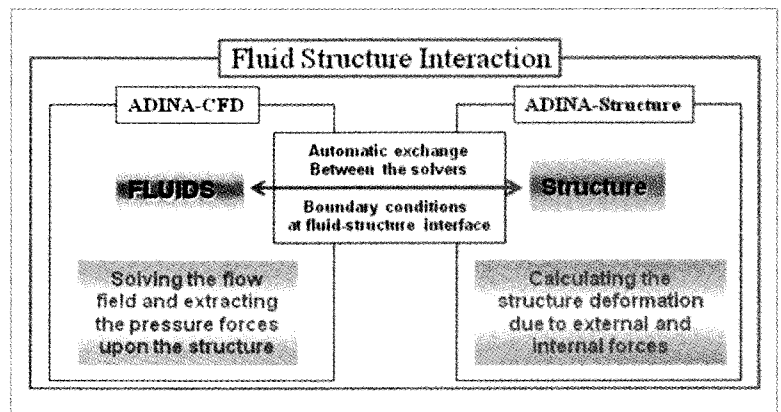


그림 1 유체-구조 경계면에서의 경계조건의 자동적인 교환

ADINA에서의 연성해석은 유체 구조 연성해석(FSI)과 열 구조 연성해석(TMC) 외에도 유체와 구조, 열을 모두 고려한 연성해석(TFSI)도 가능하다. 이러한 TFSI 는 미소 전기기계 시스템(MEMS)과 같은 미세한 전자기계 시스템에서 일어날 수 있는 현상 등도 고려할 수 있다.

## 유체-구조 연성해석이 필요한 영역

### 자동차 분야

- A. 소음 진동 분석 : 하이드롤릭 엔진 마운트(hydraulic engine mount), 수격현상(water hammer effect)
- B. 오일탱크의 슬러싱(sloshing) 문제, 연료펌프, 연료 레일(fuel rail) 해석
- C. 에어백(airbag), ABS (anti-locking brake systems)

자동차 분야의 적용사례 중 연료레일은 연료분사장치(Injector)가 열리는 순간에 발생하는 수격현상에 의해 맥동이 발생하게 되며 이 현상으로 인해 소음이 발생하게 된다. 이러한 현상에 대한 FSI 해석이 가능하다.

또한 에어백의 FSI 해석 영역을 살펴보면 다음과 같다.

짧은 시간에 작동하는 에어백의 초음속 유동에 따른 유동 특성변화(속도, 압력, 온도, 출구의 유량)가 예측 가능하며, 다 챔버(chamber) 커튼 에어백의 각 출구의 유량에 따른 에어백의 작동 성능과 안정성 등을 확인할 수 있고, 실제와 같은 커튼 에어백 해석이 가능하다.

### 산업분야

- A. 펌프, 터빈, 압축기, 팬 등
- B. 다양한 종류의 밸브
- C. Shock absorber

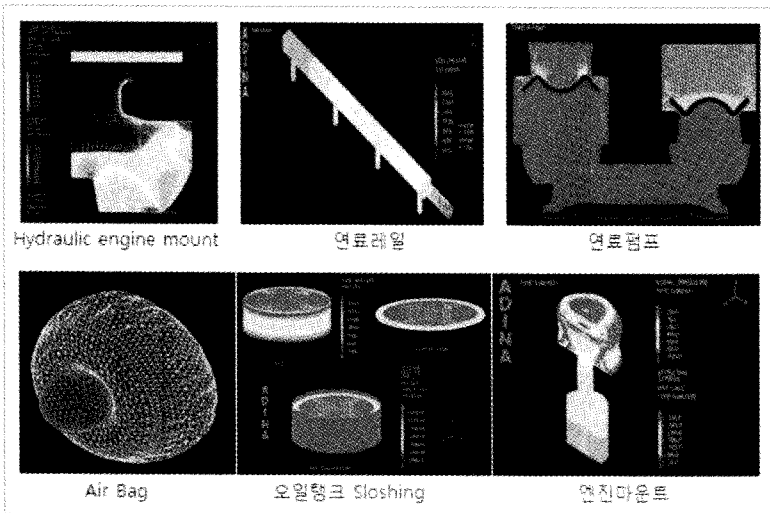


그림 2 자동차 분야에서의 FSI 해석 적용 사례

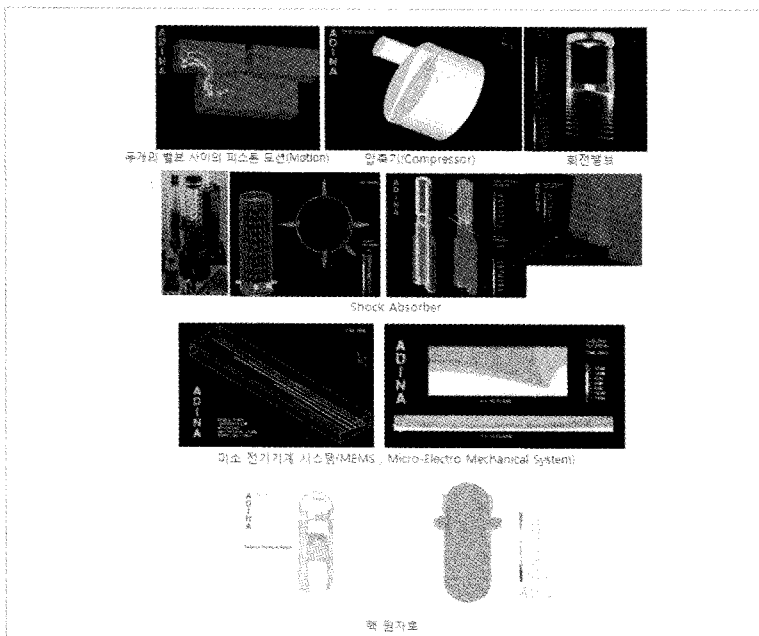
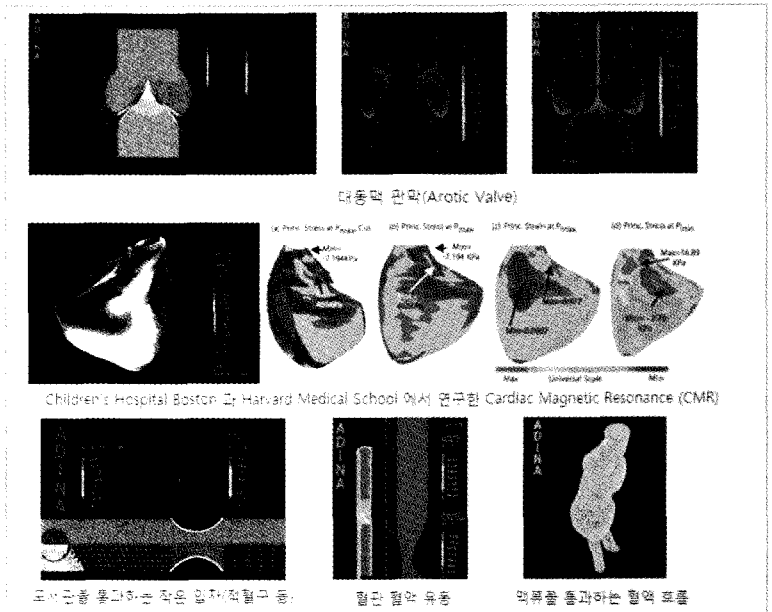


그림 3 산업 분야에서의 FSI 해석 적용 사례

D. 핵 원자로 및 미소 전기기계 시스템 등

산업분야에서는 각종 밸브들의 사용이 활성화되어 있다. 압축기 및 shock absorber 역시 밸브의 여단힘에 의해서 구조물이 받는 영향이 크기 때문에 FSI 해석을 해야 한다. Shock absorber는 오리피스(Orifices)에서 유량을 조절 방식을 취하고 있다. 오리피스의 위치, 크기 그리고 전체 단면적이 효율에 중요한 변수(parameter)로서 작용한다.

MEMS는 기계적인 부품과 전기적인 부품이 결합된 미세 전자 기계 시스템으로 작은 전기적 원리에 의해 전류를 흐르게 하거나 모터를 돌리는 등 적은 에너지로 원하는 일을 수행 하도록 크기가 1mm 이하로 육안으로는 보이지 않을 정도로 작게 디자인되어 있기 때문에 실험을 통한 정전기적 현상을 육안 또는 현미경으로 확인하기 힘들다. 이러한 미세한 정전기적 해석 모델로 전자기계 시스템에서 일어날 수 있는 현상



의공학 분야에서의 FSI 해석 적용사례

등은 ADINA-FSI(Fluid-Structure Interaction) 또는 전기로부터 발생하는 열을 고려할 경우 ADINA-TFSI(Thermal-Fluid-Structure Interaction)를 통해 분석하고 나타낼 수 있다.

의공학 분야

A. 혈류유동 및 그에 의한 혈

관의 거동 모사

B. 인공 장기 및 의료 기기의 개발

의공학 분야에서는 심장의 판막 해석이나, 혈관내의 혈액의 유동 및 혈액의 흐름에 의해 혈관에 미치는 영향 등의 해석을 ADINA-FSI로 계산할 수 있다.