

ANSYS/CFX 제품을 이용한 멀티피직스 시스템 해석

이 주 철 | ㈜태성엔스트 기술영업팀, 부장 | e-mail : j2jclee@anst.co.kr

이 글에서는 ANSYS 제품을 중심으로 여러 물리적 모델을 포함하는 멀티피직스 시스템 해석에 대하여 접근하는 방법과 관련 사례를 기술하고 간단한 예제를 통하여 해석 절차를 알아 보고자 한다.

지구상의 대부분 물리적인 현상들은 하나의 물리적인 모델에 의해서 지배되는 것이 아니라 여러 물리적인 모델들이 서로 영향을 주고 받으며 상호 밀접하게 연계되어 있다. 컴퓨터와 상용코드들의 기술이 나날이 발전함에 따라 이를 해석하는 것이 가능해졌고 ANSYS 사는 최근에 여러 메이저급 상용 소프트웨어 회사(CFX, FLUENT, ANSOFT)들을 합병함으로써 강건하고 깊이있는 물리적인 모델, 소프트웨어 다양성을 기반으로 멀티피직스 시스템 해석에 있어서 선두에 서 있다고 감히 말할 수 있다.

방법에 대하여 알아보기로 한다.

- 하나의 코드를 사용하는 방법(MFS)
- 두 개 이상의 코드를 사용하는 방법
(현재 버전에서는 ANSYS와 CFX를 이용한 해석이 지원됨, MFX)

MFX 방법은 하중전달 방법에 따라서 단방향 유체구조 연성해석(one-way fluid structure interaction), 양방향 유체구조연성해석(two-way fluid structure interaction)으로 나눌 수 있다.

멀티피직스 해석 방법

멀티피직스 해석 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

1. 직접 연성 요소를 사용한 방법

매트릭스나 하중 벡터를 커플링하여 모든 필요한 자유도(구조, 열, 전자기 등)를 해석할 수 있는 요소(coupled-field element)를 사용한다.(요소 레벨에서의 커플링)

2. 하중 전달에 의한 방법(load transfer)

ANSYS Multi-field Solver를 사용하고 하중 벡터를 커플링하여 여러 물리적인 모델들을 순차적으로 계산한다.

두 번째 멀티피직스 해석 방법인 하중 전달법은 다시 두 가지로 나눌 수 있으며 지금부터는 ANSYS와 CFX를 이용한 MFX

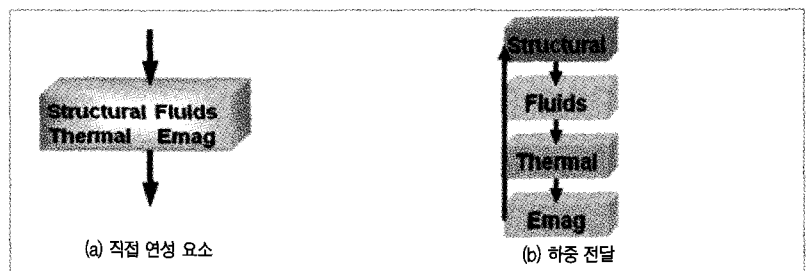


그림 1 멀티피직스 해석 방법

표 1 직접 연성 요소와 하중 전달 방법을 이용할 때 장점 비교

	장점
직접 연성 요소	<ul style="list-style-type: none"> - 사용의 용이성(하나의 요소, 모델, 결과 세트) - 비선형 문제에 대한 강건성 - 여러 물리적인 모델을 동시에 푼다. - 기하 비선형 효과를 고려할 수 있다.
하중 전달	<ul style="list-style-type: none"> - 제 3의 데이터 커플링을 위한 소프트웨어가 필요 없다. - 각각의 물리적인 모델에 대하여 독립적으로 격자를 생성할 수 있고 모델 특성에 맞는 솔버 선택 사항들을 지정할 수 있다. - 각 전문가들 사이에서 공조가 가능하다. (유동, 열, 구조 전문가 등)

단방향 유체구조연성해석은 ANSYS에서 CFX로, 또는 CFX에서 ANSYS로 한 쪽 방향으로 하중을 전달하고 양방향 유체구조연성해석은 ANSYS에서 CFX로 그리고 CFX에서 ANSYS로 하중을 서로 주고 받는다. 예를 들어 CFX에서 계산된 압력하중을 구조물 표면(유체와 구조물의 공유영역)에 적용해서 응력해석을 한 결과, 의미 있는 변위 하중이 나올 경우에는 이를 반영하여 새롭게 정의된 유동장 영역에 맞춰서 격자를 변형시켜(deforming mesh, remesh) 유동해석을 수행해야 한다. 이를 양방향 유체구조연성해석이라 한다.

서로 주고 받는 하중의 종류는 유체, 구조, 열 필드에 대하여 다음 표와 같이 정리할 수 있다.

양방향 유체구조연성해석 예

관내 유동을 예로 들어 단계별로 해석 절차에 대해 알아보고자 한다.

■ 구조 해석용 형상 모델링 및 격자 생성

해석하고자 하는 구조물에 대한 형상을 3차원(솔리드) 또는 2차원(셀)으로 모델링한 후 격자를 생성한다. 이때 유체와 하중을 주고 받을 영역은 유동해석용 모델과 일치되게 모델링하며 생성되는 격자 타입에 따라 구조해석용 소프트웨어에서 지원하는 요소가 다르게 된다.

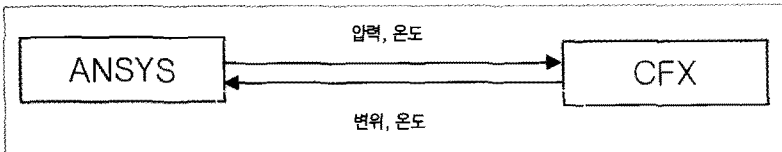


그림 2 양방향 유체구조연성해석

표 2 주고 받는 하중의 종류

해석 필드	필드 경계면에서 전달되는 하중	
	전달하는 하중	받는 하중
유동 (CFX)	표면력 표면 온도	변위 표면 온도
구조	변위	표면력, 표면 온도
열	온도, 열량 열유속	변위 열량

■ 구조물에 대한 물성치를 입력하고 경계조건을 생성한다.

필요한 물성치는 밀도, 탄성계수, 프와송비 등이고 이 문제에 대하여 사용된 경계조건은 대칭경계면에 Displacement 하중 조건, 입구와 출구단면에 고정 조건을 주었고 시간 간격과 전체 해석 시간에 대한 정보를 준다.

■ 유체-구조 공유 영역 설정

하중을 서로 주고 받을 영역을 정의한다. (Fluid Solid Interface 조건)

ANSYS Multi-field Solver는 두 개의 격자가 다르더라도 이 영역에서 자동으로 매핑된 하중값을 서로 전달해 준다.

■ 지금까지 정의된 정보들을 저장하고 구조해석에 관련된 설정을 끝낸다.

■ 유동 해석용 형상 모델링 및 격자 생성

해석하고자 하는 유체영역에 대한 형상을 3차원으로 모델링한 후 격자를 생성한다. 이때 유체와 하중을 주고 받을 영역은 구조해석용 모델과 일치되게 모델링한다.

■ 유체에 대한 물성치 입력 및 경계조건 생성

구조물과 하중을 주고 받을 영역에서 어떤 하중을 서로 주고 받을지 정의하게 되고 하중 전달에 대한 수렴성 판단을 위한 조건 및 반복 계산에 대한 정보를 입력한다.

■ 유동해석과 구조해석을 동시에 진행한다.

하중 전달에 대한 수렴이 잘 진행되고 있는지 모니터링을 해야 하며 필요에 따라서 시간 간격을 조정하거나 격자를 새로이 만들어야 할 수 있다. 양방향 유체구조연성해석을 하기 전에 각각의 피직스에 대한 설정을 하여 유동해석과 구조해석을 단독으로 수행하여 문제가 없는지 확인하는 것이 향후 발생할 수 있는 문제점들을 줄일 수 있는 좋은 방법이다.

■ 해석 후 결과를 확인한다.

위에서 열거한 내용들을 그림으로 요약하면 그림 3과 같다.

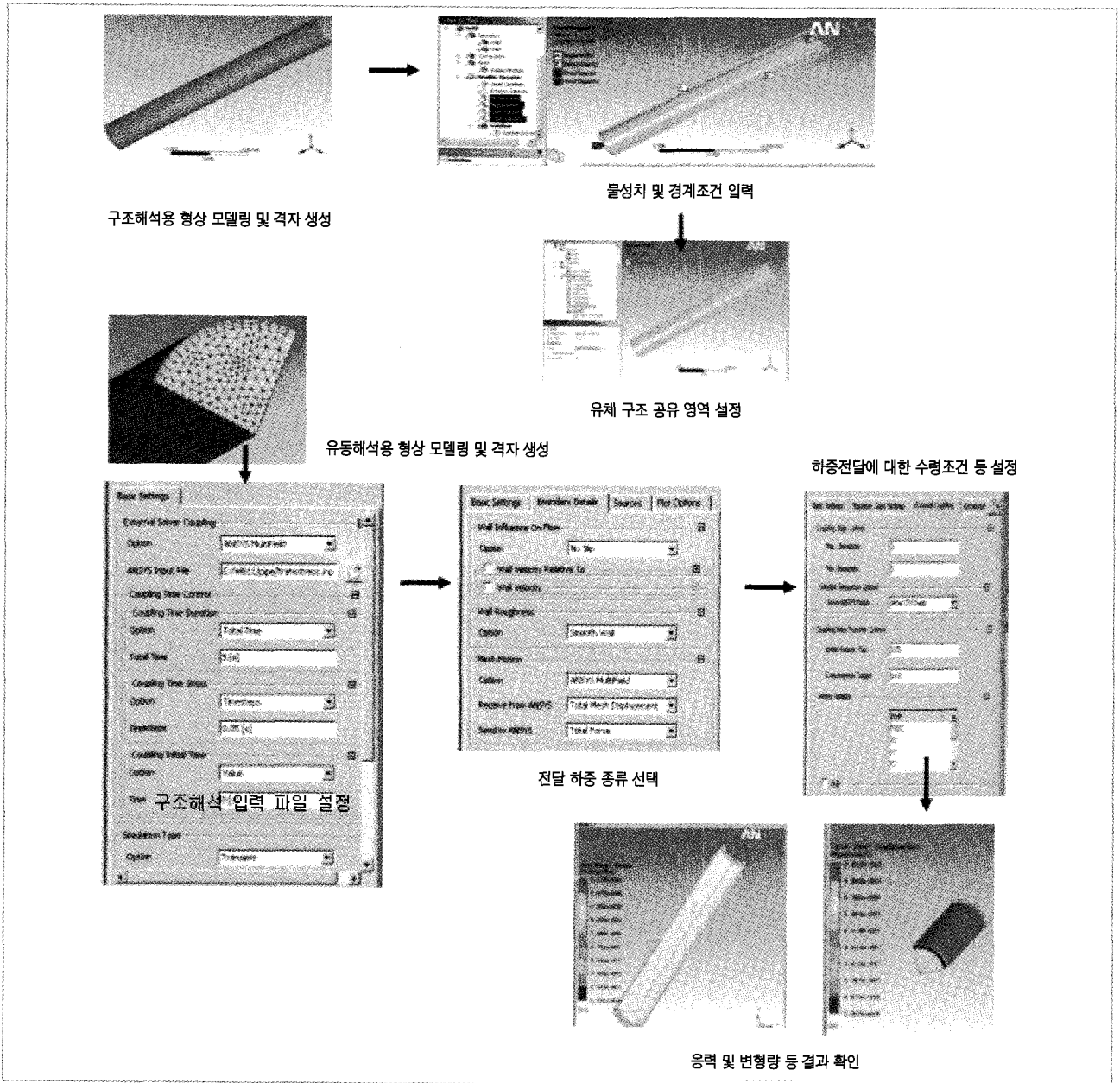


그림 3 관내 유동의 양방향 유체구조연성해석을 위한 단계별 해석 절차 정리

해석 사례

- 생의학 분야

■ 심장혈관 계통 장치들(스텐트, 밸브, 심실 보조 장치, 동맥류, 정맥 카테터, 하대정맥 필터 등)

■ 약물 운반용 펌프

대동맥류(aortic aneurysm)는 심장에서 나온 혈액을 인

체 곳곳에 운반하는 통로인 대동맥의 한 부분이 여러 원인으로 혹 모양으로 커지는 질환으로 통증이나 호흡곤란 등의 증상을 야기하고, 심할 경우 파열로 목숨을 잃게 된다. 그림 4는 입구에서 시간에 따른 속도 조건을 주고 혈관 내부 표면에서 하중을 서로 주고 받게 하면서(total force, displacement) 양방향 유체구조해석을 수행한 결과로서 응력과 wall shear를 보여 준다.

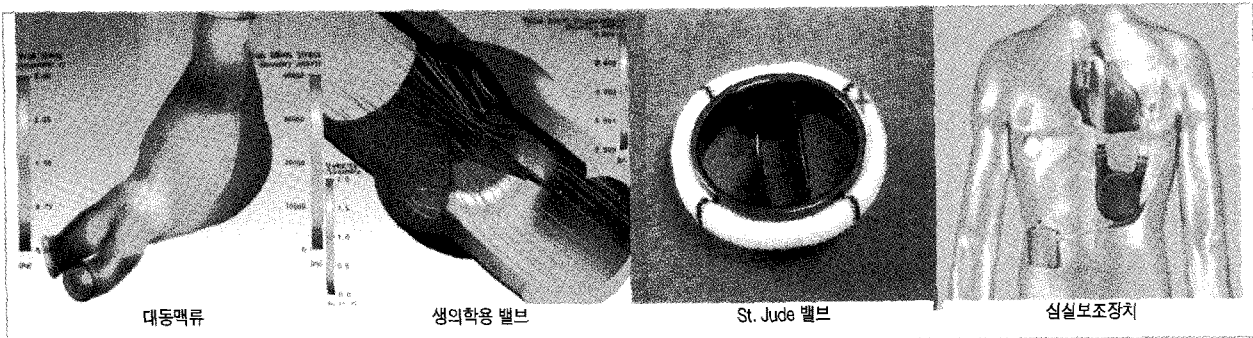


그림 4 생의학 분야에서의 해석 사례

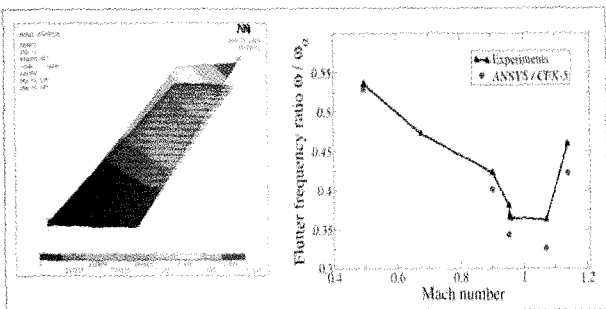


그림 5 비행기 날개의 플러터 현상에 대한 유체구조연성해석 사례

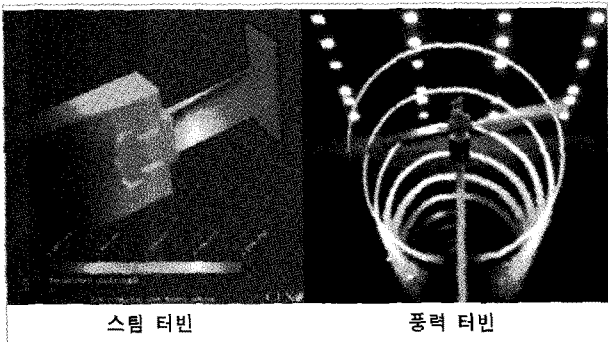


그림 6 회전 기계에서의 해석 사례

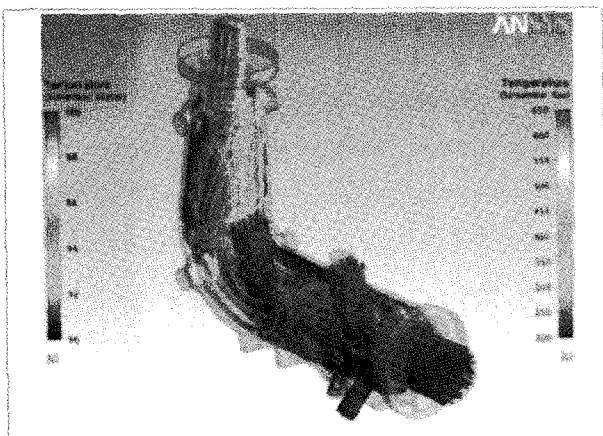


그림 7 선박용 엔진 배기가스 헤더의 해석 사례

- 유동으로 인한 진동(Flow Induced Vibration)

■ 비행기 날개 플러터 현상 등

고속으로 비행하는 비행기의 날개가 공기 흐름에서 에너지를 받아 심한 진동을 일으키는 현상을 말하며 플러터가 발생하면 진동이 급속하게 퍼져 비행기가 공중분해 되기 때문에 플러터가 발생하지 않도록 비행기의 속도를 제한한다. 그림 5는 모달 해석과 양방향 유체구조연성해석을 수행한 결과를 보여 주며 실험 결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

- 회전기기류 : 스팀 터빈, 풍력 터빈 등

스팀터빈의 경우는 Total Force뿐만 아니라 온도에 대한 하중 전달도 고려된 예이다.

- 자동차 배기 매니폴드, 선박용 엔진 배기가스 헤더

- HVAC 장비 : 열교환기 등

- 밸브, 압력 조절기 등

- 풍하중 또는 유체하중에 의한 구조물의 변형

- 전자 장비 냉각

- MEMS 장치 등

지금까지 ANSYS와 CFX 제품을 중심으로 멀티피직스 해석 방법을 분류하고 관내 유동을 예로 들어 해석 절차에 대하여 알아 보았다. 위에서 열거된 해석 사례들 외에도 주변에서 많은 적용 분야를 찾아 볼 수 있으며 ANSYS 사는 CFX 외에 다양한 종류의 소프트웨어들과의 연성해석을 지원하기 위해 개발에 매진하고 있다.