

## 해석으로 이윤을 극대화하라!

1960년대에 개발된 유한요소해석기법은 컴퓨터에 의존하는 가장 오래된 설계지원 기술중 하나이다. 하지만 회사에서 유한요소해석을 가장 많이 사용해 온 우주항공이나 자동차 분야 엔지니어 들조차 아직까지 해석기술의 잠재력이 최대한 발휘되고 있지는 못한 실정이라고 지적한다. 사실상, 솔리드 모델링을 하는 설계자와 해석을 하는 설계자는 워낙 별개로 움직이기 때문에 몇몇 분석가는 유한요소해석이 설계지원 기술이 아직 되지 못한다고 분류하고 있다.

유한요소법을 이용하면 응력, 변위, 진동모드, 온도, 열확산, 그리고 전기 및 전자장의 분석까지 수행할 수 있다. 유한요소법은 워낙 일반적인 모델이라 유사한 수학식으로 표현되는 거의 모든 물리적 현상을 이를 통해 해석할 수 있다. 유한요소해석에서는 대상 구조물을 수많은 요소로 나누고 각 요소별 작용하는 하중을 자동화된 기법으로 적용한다. 아주 유사한 방법으로 계산유체동역학(Computational Fluid Dynamics; CFD)에서는 구조물에 작용하는 유체의 힘을 계산한다.

유한요소해석 소프트웨어를 개발했거나 사용하는 엔지니어와 CAD 툴을 사용하는 엔지니어 사이의 큰 갭의 원인은 주로 지나온 역사에 기인한다. CAD 소프트웨어가 컴퓨터를 이용한 제도에서 출발한 반면, 유한요소해석은 처음부터 3차원 모델을 기초로 시작하였다. 2차원 CAD 도면이나 wire-frame 기반의 3차원 도면도 해석전문가들에게는 전혀 도움이 되지 못했다. CAD 소프트웨어를 개발한 회사에서도 CAD 프로그램의 매출을 늘리는데 도움이 안되는 해석 툴의 개발에는 매우 인색했다. 이와 마찬가지로 해석 툴 개발의 선구자격인 MSC Software나 Ansys에서도 당사의 주요 고객들이 제도의 자동화나 NC 밀링머신의 툴 패스를 만들기 위한 surface-modelling 소프트웨어의 개발에 관심이 있을 것이라 생각하지 않았다.

이렇듯 소원했던 관계는 1990년대 Parametric

Technology의 Pro/Engineer가 등장하여 고급화된 제품 개발자로부터 각광을 받으면서 변화가 일기 시작했다. 엔지니어들은 명확한 3-D 모델링 툴을 이용해 설계를 수행하였으며, 이들 모델은 설계후 해석 엔지니어들에게 직접 이용될 수 있었다. 도면은 CAD 시스템이 제공하는 최종 결과물이 아니라 3차원 형상에서부터 추출하는 형태로 제공되었다.

물론 아직까지도 대부분의 해석 엔지니어들은 Patran과 같은 유한요소해석 전용 모델러를 구입하고 교육받아 사용한다. 단지 몇몇의 엔지니어들만이 해석을 위해 3차원 CAD 솔리드 모델러의 도입을 추진하고 있다.

### ◎ 비효율적인 프로세스

현재 대부분의 해석 엔지니어에 의해 적용되고 있는 프로세스는 너무 시간이 많이 걸리고 비용이 많이 든다. 일반적으로 3차원 제품 모델은 CAD 소프트웨어를 이용해 솔리드 또는 와이어프레임과 서피스를 결합한 형태로 작성한다. 해석전문가들은 이들 모델의 geometry를 표준포맷(IGES 또는 STEP)으로 전환하여 유한요소해석 프로그램으로 읽어들이는 것이다. 이러한 절차에서는 geometry 정보만을 이용한다. 해석전문가들은 일반 CAD 소프트웨어에서는 거의 지원되는 치수기반의 피처나 피처가공툴 등을 이용할 수 없다.

일단 geometry 정보를 읽어 들이면, 해석전문가들은 대부분 불필요한 상세모델을 제거하는 수정작업을 진행한다. 이 프로세스는 상당히 불편한 서피스 편집 툴을 사용해야 하기 때문에 아주 피곤한 작업이 된다. Geometry에 대한 수정작업이 완료되면, 유한요소해석 소프트웨어를 이용하여 자동 또는 반자동의 방법으로 유한요소망을 작성할 수 있다. 자동유한요소생성 프로그램은 사면체요소(tetrahedral elements)를 적용할 경우에는 매우 유용하다. 반면 일반적으로 많이 쓰이는 육면체 요소 작성에는 비효율적인 편이다. 육면체 요소로 구성하는 경우에는

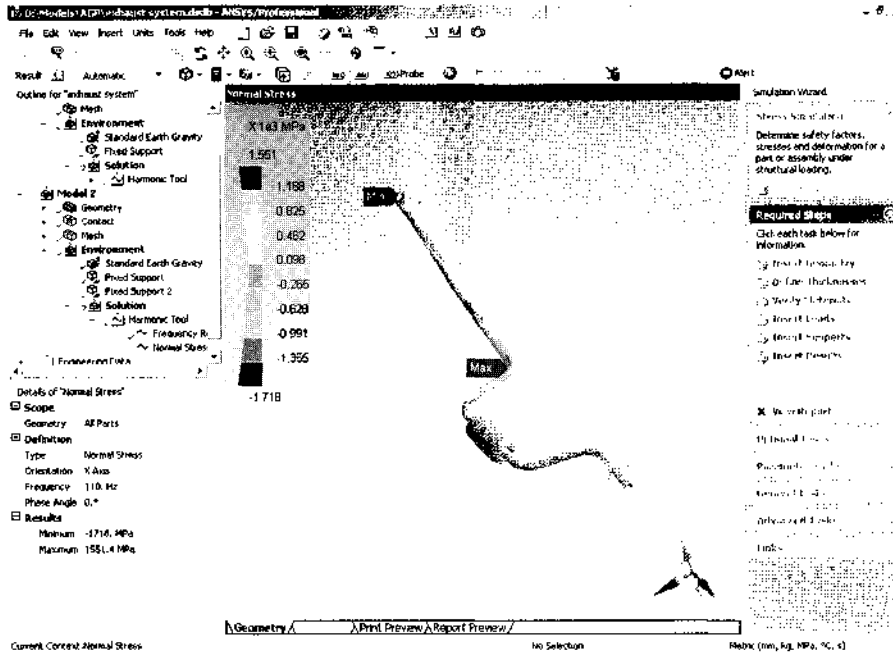


그림 1. Ansys Workbench를 이용하여 Autodesk Inventor에서 작성한 모델을 해석하는 작업화면

해석전문가의 전문적인 편집작업이 요구된다.

사면체 요소로 자동요소망을 작성하는 경우에도 CAD geometry 상에 최전표면이나 아주 작은 면이 있는 경우 시간이 지체될 수 있다. 이러한 경우, 해석전문가가 문제를 찾아 수동으로 geometry를 수정하여 유한요소모델을 완성해야 한다.

모델링이 완료되면 해석전문가들은 하중 및 경계조건을 입력하고, 재료물성을 입력한 후 해석작업을 수행한다. 가장 진보된 해석기술을 적용하는 경우에도, 응력집중부위 또는 heat flux 발생부위에 대한 유한요소망 크기의 타당성 검증에 대해 최소한 두 번은 해석을 수행해야 한다. 만약 해석결과에 따라 설계변경이 필요하다고 판단되면, 해석전문가들은 설계자들과 노트, 스케치, 전화 또는 회의를 통해 이를 제품설계에 반영해야 한다.

설계변경이 이루어진 후에는 해석전문가들이 이를 검증하기 위한 2차 해석을 수행한다. 이를 위해 전통적인 해석툴을 사용하는 해석전문가들은 앞서 언급한 전체 프로세스 - geometry를 읽어들이고, 에러를 수정하고, 유한요소망을 다시 작성하고, 하중과 경계조건을 다시 설정하고 해석을 수행하는 끔

찍한 과정 -를 다시 반복 수행해야 한다.

이런 절차를 다 거치는 경우, 해석전문가들이 필요로 하는 시간은 너무 길어서 실제 제품설계에 해석결과가 반영되지 않을 수 있다. 만약 설계자가 해석과정중에 있는 모델에 대해 설계 변경을 하는 경우, 전통적인 해석소프트웨어를 사용하는 해석전문가들은 그간 수행한 작업을 몽땅버리고 처음부터 다시 변경된 모델에 대해서 작업을 시작해야 한다 (그림 2).

해석전문가들이 결과를 보다 빠르게 재출할 수 있다면, 해석결과에 따른 기능적인 결점을 수정작업이 비교적 쉬운 설계 초기단계에 제거할 수 있다. 예를 들어, 기계구조물에 발생하는 응력집중이나 원치 않는 진동모드들은 비싼 버팀대를 부착함으로써 해결한다. 만약 이런 문제들이 제작된 설계 초기에 발견되었다면 주 구조물의 형상을 약간 변경함으로써 문제해결은 물론 재료와 조립비용을 절감할 수 있었을 것이다.

#### ◎ 통합 툴 세트

해석 프로세스의 경비를 절감하고 또한 보다 유

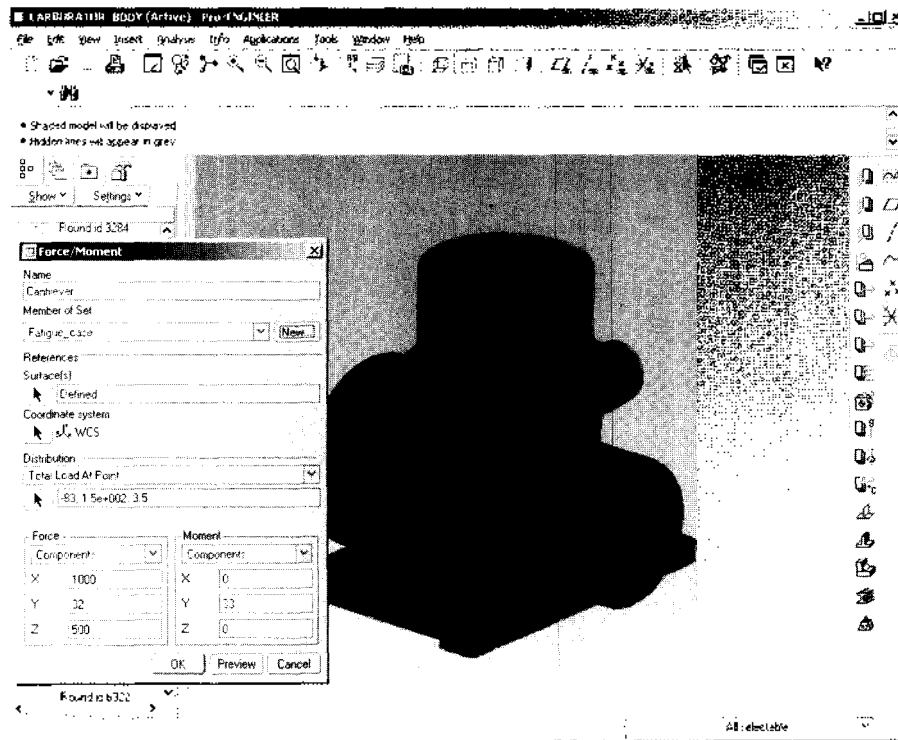


그림 2. Pro/Mechanica Structure와 Pro/Engineer를 통합하여 사용하는 작업화면

용하게 하려면, 해석전문가와 설계자들이 동일한 geometry 모델을 이용해야 한다. 설계자가 설계변경을 하는 경우에도, 해석전문가들은 geometry 읽어들이기, 유한요소망 만들기, 하중 및 경계조건 설정 등의 소모성 작업을 다시 하지 않아야 한다. 이는 유한요소모델이 3차원 CAD 모델과 상호연계되어 있을 때에만 가능하다. 이는 마치 2차원 도면이 3차원 CAD 모델에 연계되어 있는 것과 같은 방식으로 CAD 모델이 바뀌면 도면도 자동으로 바뀌는 방식이다.

많은 소프트웨어 제품들이 최근 이러한 통합기능을 선보이고 있다. 이러한 제품군들은 일반적으로 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 Ansys Workbench Environment 이다. 이것은 Ansys에서 판매하는 유한요소해석 프로그램을 위한 독립적인 유한요소 모델 작성 소프트웨어이다. Workbench를 이용하면 해석전문가들은 그래픽 환경하에서 유한요소망을 작성하고, 재료물성을 입력하고, 하중과 경계조건을 설정한 후, 유한요소해석을 적용할 수 있다. 해석이

완료되면, Workbench를 이용하여 응력, 변위, 온도 등의 모든 해석변수들을 컬러로 화면상에서 확인할 수 있다. Ansys Workbench가 다른 독립적 해석 프로그램과 차별화된 점은 9개의 주요 CAD 시스템으로부터 geometry를 직접 읽어들이는 것이다. 즉, CAD 모델에 변경이 발생해도 바로 이를 업데이트할 수 있다. 몇가지 제한들은 있지만, 유한요소망, 하중 및 경계조건은 변경된 CAD geometry에 따라 재조정되며, 따라서 해석전문가는 설계변경시에도 빠르게 해석을 재수행할 수 있다 (그림 3).

Ansys Workbench Environment는 DesignSpace로부터 발전된 형태라고 할 수 있다. DesignSpace가 선형해석과 모드해석으로 제한된 반면, Ansys Workbench는 비선형해석, 충돌해석, CFD, 다물체 동역학 뿐 아니라 열전달, 유체동역학 및 구조해석을 동시에 수행하는 Ansys의 7가지 솔버를 모두 적용할 수 있다.

Ansys만이 이러한 통합기능을 제공하는 것은 아

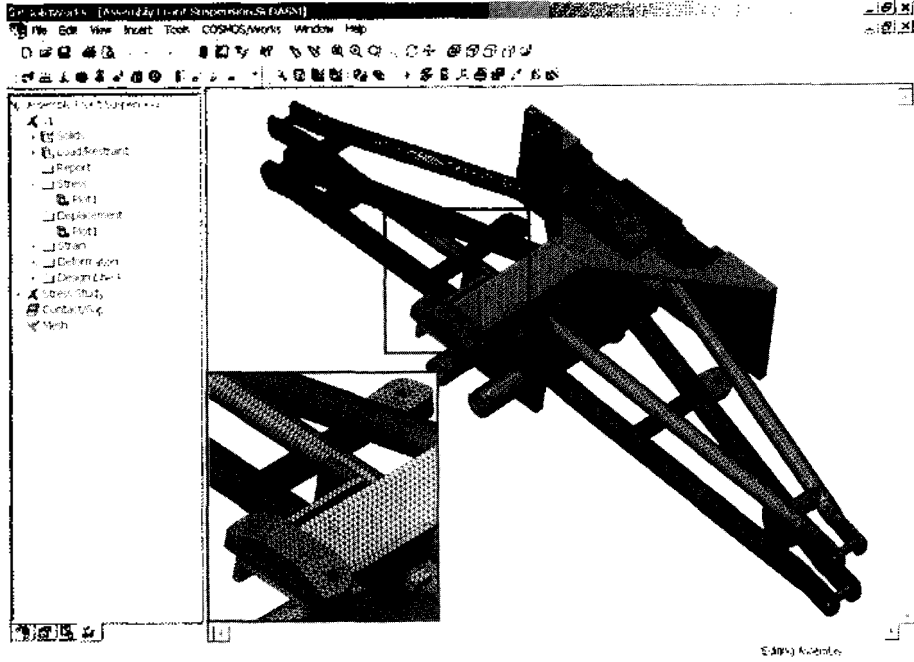


그림 3. SolidWorks에 장착된 CosmosWorks 2003을 이용하여 해석하는 작업 화면

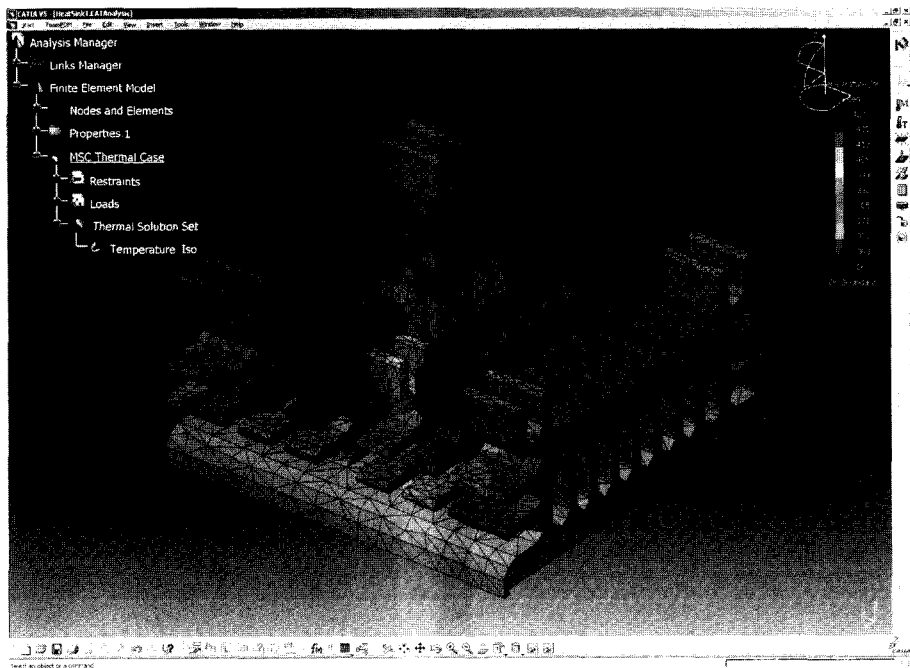


그림 4. CATIA version 5에 장착된 Visual Nastran 5i를 사용하여 작업하는 화면

니다. Blue Ridge Numerics에서 제공하는 CF 연계를 통해 유체동역학적 해석을 통합된 방법으로 Design은 Pro/Engineer나 다른 CAD 시스템과의 가능하게 한다(그림 4).

### ◎ 빌트인(Built-in) 해석 코드

유한요소모델링 소프트웨어가 CAD 시스템에 장착되는 경우 보다 높은 수준의 통합기능을 제공한다. 이러한 방식의 사례로는 Parametric Technology의 Pro/Mechanica Structure(Pro/Engineer 전용), SolidWorks의 CosmosWorks, MSC Software의 Visual Nastran V5i(CATIA version 5 전용), Dassault System의 CATIA-Analysis(CATIA version 5 전용) 및 CD-Adapco의 StarWorks(SolidWorks 전용) 등이 있다.

이러한 응용 프로그램들은 CAD 시스템의 UI에 메뉴를 추가함으로써, 사용자가 재료물성입력, 하중 및 경계조건 설정, 유한요소망 작성, 해석 등을 수행할 수 있게 하고 해석결과는 CAD 모델에 덧입혀 표시되도록 구성되어 있다. 이 경우 해석전문가도 모든 CAD 기능을 사용할 수 있기 때문에 형상변경, 피치수정, 어셈블리에서의 부품교체, 환경 설정 등 향후 해석작업에서 필요로 하는 일들을 손쉽게 진행할 수 있다.

빌트인 해석 프로그램들은 해석정보를 CAD 모델에 저장한다. 즉, 하중과 경계조건은 대부분의 CAD 시스템에서 채택하고 있는 트리방식 feature 표시에 포함되어 도시된다. 따라서 CAD 모델이 설계자와 해석전문가 사이를 오가는 중에도 이러한 엔지니어링 정보들은 함께 움직인다.

물론 우리가 기대하고 있는 완전한 통합은 아직 요원하다. 예를 들어 CAD 시스템에서 각각의 부품에 대한 재료를 입력한 경우에도, 해석시 이를 다시 입력하도록 설정한 경우가 대부분이다. 또한 CAD 모델에서 정의된 어셈블리 정보도 해석시 재설정해야 하는 경우가 대부분이다.

### ◎ 좋은점과 나쁜점

Mechanica나 CosmoWorks 같은 빌트인 해석 툴들은 해석전문가와 설계자들간의 연계를 매우 원활하게 한다. 이들은 같은 툴을 사용하기 때문에 설계변경을 쉽게 취할 수 있다. 빌트인 해석 시스템들은 몇 개 안되는 메뉴와 기능만 마스터하면 쉽게 해석을 수행할 수 있다. 뷰변경과 같은 기초 기능들은 CAD 시스템이나 유한요소모델링 시스템에 공히 적용된다.

빌트인 해석툴의 단점은 이들이 좀 느슨하게 연

계된 시스템에 비해 유연성이 부족하다는 점이다. 예를 들어 Ansys WorkBench의 경우, Ansys사에서 제공하는 모든 해석 프로그램을 적용할 수 있다. 반면 빌트인 해석툴인 MSC Software의 Visual Nastran V5i는 선형해석문제와 사면체요소만을 적용할 수 있다(2003년 비선형 해석솔버 Marc 연계 예정).

빌트인 소프트웨어는 특정 CAD 시스템에만 적용할 수 있고, 제작에 많은 비용과 시간이 소요된다는 문제로 인해 아직 활발히 확산되지는 못하고 있다. 반면 Ansys Workbench 방식의 통합은 해석툴 제작업체와 CAD 시스템 제작업체간의 상호 이해를 도모한다는 측면에서 업계에서 활발하게 진행되고 있다.

### ◎ 어떻게 할 것인가

만약 CAD 시스템에서 수정한 모델이 해석시 바로 반영될 수만 있다면, 앞서 언급한 두 종류의 시스템중 어느 것을 사용하더라도 큰 차이는 없다. 만약 현재 해석전문가가 CAD 모델로부터 geometry를 뽑아 해석모델을 다시 작성하고 있는 상황이라면 통합된 시스템의 도입을 심각하게 고려하는 것이 좋다.

대부분의 대기업들은 전용 해석코드를 사용하고 있어 이를 하루아침에 바꿀 수는 없다. 그렇다고 해서 해석 툴을 업그레이드 하는 방법을 다양하게 검토하지 말아야 할 이유는 없다. 즉, 기존 CAD 시스템과 호환이 이루어진다고 해서 선형 및 동역학해석, 열전달해석, 몇가지 비선형 및 유체해석만이 가능한 수준낮은 해석툴을 계속 사용할 이유는 없기 때문이다.

안정된 조직에서 해석 프로세스를 개선하는데 가장 큰 장애물은 기술적 문제가 아니라 관리상의 문제다. 설계자나 해석전문가 어느 누구도 새로운 소프트웨어의 사용을 원치않는다. 요즘처럼 복잡한 새로운 제품을 평가하는 일은 많은 시간과 비용을 요구한다. 예산을 관장하는 높은 관리자들은 새로운 소프트웨어의 평가나 교육에 많은 비용을 쓰고 싶어하지 않는다.

보다 효율적인 해석에 의한 비용절감은 막대하다. 해석전문가들은 고임금의 고급기술자들이다. 이들이 데이터전환, 모델수정 그리고 해석모델에 대한 재설

정 작업 등 불필요한 반복작업에 소모하는 시간을 줄일 수 있다면 새로운 소프트웨어의 도입은 가능하다. 해석전문가들이 이런 쓸데없는 작업으로부터 벗어나 원래 그들의 역할인 설계 개선 작업에 참여할 수 있다면 궁극적으로 제품테스트, 생산, 제품보증클레임 등에 소요되는 막대한 비용을 크게 절감할 수 있다.

엔지니어와 관리자의 입장에서 새로운 소프트웨어의 효율성을 확인하는 가장 좋은 방법은 소프트웨어 공급자로부터 데모를 보는 것이다. 새로운 소프트웨어를 도입하는 경우에도 이에 따른 절차개선,

적합한 교육프로그램, 그리고 조직의 변화가 뒤따르지 않는다면 결코 성공을 확신할 수 없을 것이다.

---

본 기사는 성균관대학교 최재봉 편집위원이 "CAD/CAMNet"에서 발췌하였으며 출판사인 CAD/CAM Publishing, Inc.의 연락처는 다음과 같다.

- \* Tel: +1-858-488-0533
- \* Fax: +1-858-488-6052
- \* E-mail: [circulation@cadcamnet.com](mailto:circulation@cadcamnet.com)
- \* Web site: <http://www.cadcamnet.com>