

구조 및 동역학 부분 국산 소프트웨어 소개

· 이 병 채 | 한국과학기술원 기계공학부, 교수
e-mail : bclee@mail.kaist.ac.kr

이 글에서는 국내에서 개발되어 상용화에 성공한 CAE 소프트웨어들 중 구조, 동역학 및 진동 분야의 소프트웨어들을 소개하고자 한다.

구조해석 분야

공학 분야에서는 이미 오래 전부터 컴퓨터를 이용한 수치 해석 기법이 실험과 병행되면서 중요한 연구 수단으로 자리잡아왔다. 기계 관련 분야에서는 '70년대 이후로 유한요소법을 비롯한 각종 해석 기법을 이용한 소프트웨어들이 상용화되어 연구활동은 물론, 산업현장의 기계제품을 만드는 과정에까지 널리 활용되고 있다.

구조해석 분야로 관심을 국한시켜 놓고 보더라도 기계, 항공, 건축, 토목, 조선 등 전통적으로 해석이 많이 쓰였던 분야에서 선형·비선형 변위 및 응력 해석, 열전달 및 열응력 해석, 구조 소음·진동 및 동적 하중 해석, 유체-구조 해석을 위한 소프트웨어들이 무수히 많이 개발되어 왔고,

이들 중 다수가 상용화되었다. 대표적인 예를 들어도 NASTRAN, ANSYS, ABAQUS, ADINA, ALGOR, BEASY, COSMOS, MARC, LS-DYNA, AUTO-DYN, PAR CRASH, NISA, SAP2000, LUSAS, FEMB, STAR-CD, FLUENT 등 헤아리기 힘들 정도로 다양한 제품이 상용화되어 현장에서 활용되고 있으며, 최근에는 CATIA, PRO/E 등의 대형 CAD 소프트웨어들도 CAE 해석 기능을 갖추어 통합 설계 시스템을 구축하고 있다.

국내에서는 수치 해석 기법에 대한 연구가 진행되어온 기간에 비해 상용화된 소프트웨어가 미미하여 국내 CAE 시장은 거의 외국산 소프트웨어들이 점령하고 있는 실정이다. 따라서 이 글에서는 국내에서 개발되어 상용화에 성공한 CAE 소프트웨어들 중에

구조분야에 포함되는 소프트웨어들을 자세히 소개하고자 한다.

범용 유한요소해석 소프트웨어 VisualFEA

VisualFEA는 독창적인 사용자 인터페이스를 기반으로 강력한 모델링과 분석 능력이 돋보이는 유한요소해석 소프트웨어이다. 또한 사용자 교육을 위한 기능들이 매우 뛰어나 현재 유한 요소법 교재로 많이 활용되고 있다.<그림 1>

전처리 기능

VisualFEA의 전처리 기능에는 물성치 및 여러가지 조건부여 기능을 가지고 있으며, 곡선 및 곡면 생성 및 수정, 교차 그리고 곡선의 filleting 등의 기하학적 모델링 기능과 평면 및 곡면의 자동 메시 및 매핑과 스융에 의한 요소

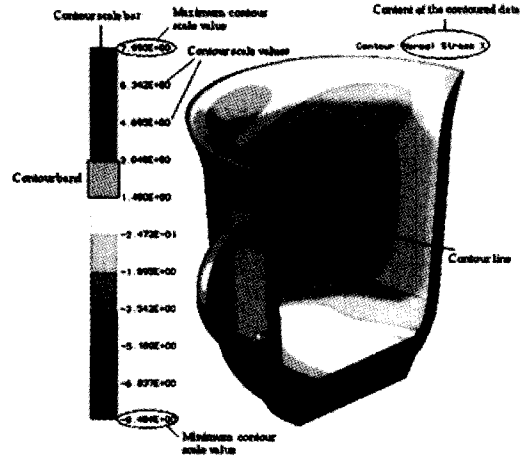
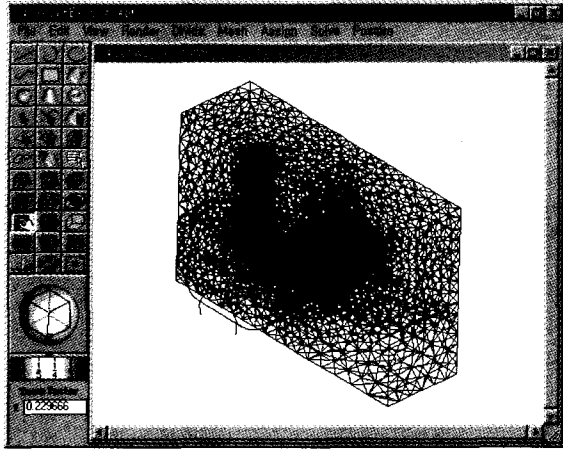


그림 1 VisualFEA 해석 예

망 생성, 솔리드의 auto-tetrahedronization 등과 요소망의 복제 이동, 회전, 반사(mirroring), 투영(projection) 등 모델링 작업에 편리한 기능들이 다양하게 포함되어 있으며, 최근 추가된 요소망의 교차 및 연산 기능은 이 소프트웨어만이 지니고 있는 기능이다.

해석 기능

VisualFEA의 해석 기능은 정적 선형해석, 비선형해석, 동적 해석, 적응적 해석, 시공단계별 해석 등 광범위한 구조 해석 능력을 지니고 있으며, 정류·부정류의 열전달 해석, 정류·부정류의 침투류 해석 기능이 있다. 또한 구조 해석과 열전달 해석, 또는 구조 해석과 침투류 해석을 연동해서 해석할 수도 있다. 더욱이 이러한 모든 해석 기능들이 단일화된 해석 과정을 통해서 간편하게 처리된다.

후처리 기능

VisualFEA의 후처리 기능에는 최신의 컴퓨터 그래픽스 기법을 활용하여 등고선, 등가면, 그래프 등의 스칼라 데이터를 표현해 주며 평면 및 입체적으로 벡터를 표시, 변형 형상 결과의 애니메이션 등의 다양한 데이터 가시화 능력을 지니고 있으며, 모델을 자유자재로 절단하는 기능 등 여타의 소프트웨어에서 보기 드문 탁월한 가시화 기능을 지니고 있다.

교육적 기능

VisualFEA의 교육적인 기능은 유한요소해석 과정의 그래픽 시뮬레이션을 통해서 이론적인 개념을 시각적으로 표현하고, 체험할 수 있도록 하는 독특한 기능으로서 유한요소법을 강의하거나 또는 학습하는 사람들에게 큰 도움을 줄 수 있다.

기타 보조적인 기능

모델의 회전, 이동, 확대 및 축소가 자유자재로 가능하고 view

port 설정 시계변환 저장 및 복구를 할 수 있으며, 모델의 mask 설정이 가능하다. 또한 모델을 표현하는 데 있어서 와이어 프레임, 셰이딩, transparency shading, exploded view, perspective, depth cued 등의 여러가지 형태로 rendering이 가능하며, DXF 형식의 데이터 import 기능과 사용자 정의 데이터 import 기능 등의 외부 데이터 인터페이스를 가지고 있다.

범용 유한요소해석 소프트웨어 STRA-D

범용 유한요소해석 프로그램인 STRA-D는 CAD 데이터로부터 형상 정보를 받아 해석모델을 만들고 공학 시스템의 물리적 거동을 계산하여 엔지니어에게 제공하는 시뮬레이션 프로그램으로 해석 모델을 쉽게 만들 수 있는 전처리(mesh), 해석모델을 받아 계산을 수행하는 해석기(solver), 해석된 결과를 그림으

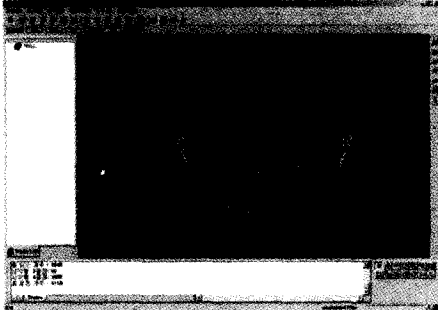


그림 2 STRA-D/MESH 모델

로 확인할 수 있게 해주는 후처리기(view)로 구성되어 있으며, 기존의 외국 프로그램과 비교하여 프로그램이 간결하며 크기가 작으면서도 좋은 성능을 보이고 있다. 2002년 말에 출시되는 새로운 버전에서는 전·후 처리기능이 통합된 범용 전·후처리기를 새롭게 선보일 예정이다. STRA-D 사용에 있어서 가장 큰 장점은 가까운 곳에 개발자가 있어서 해석이나 모델링시 불편한 점이나 어려운 점을 빠른 시간 내에 해결할 수 있다는 것이다.<그림 2, 3>

StraD/Mesh

전처리기 모듈로 CAD 시스템을 통해 만들어진 기하학적 형상 데이터를 IGES 파일을 읽어들이고 형상정의 기능과 해석을 위한 제한 조건, 물성치 입력 및 접촉면 정의 등의 기능, 기하학적 형상을 기초로 한 자동, 반자동 유한요소 격자 생성 기능, 해석 프로그램을 위한 유한 요소 모델 data export 등의 기능을 갖추고 있다. 또한 사용자가 편리하게 모델링 할 수 있도록 GUI로

구성되어 있으며, 모델 트리를 통해 각종 조건들과 재질, 물성 모델을 선정하여 모델링을 보다 간편하게 해주며, 모델의 생성 후 요소 품질 체크를 통해 해석의 정확성을 높여줄 수 있도록 해준다.

StraD/View

후처리기 모듈로 해석기로부터 나온 결과를 사용자에게 알기 쉽게 보여주는 것으로 변위와 응력 contour 그리고 고유모드 응답 결과의 plot 기능을 갖추고 있으며, 그래픽으로 표현된 모델과 해석 결과를 동시에 자유롭게(빠른 속도로) 회전 시키거나 이동, 확대 및 축소 등의 조작을 할 수 있다. 또한 변형 형상결과 등의 animation이 가능하고 특정 시간 및 위치에서의 plot이 가능하다.

StraD/Solver

PC/Windows 기반의 범용 선형유한해석 프로그램으로 변위 및 응력 해석, 고유치 해석, 주파수 및 과도 응답해석 등의 다양한 해석이 가능하며, 대형문제에 적합한 블록 스파스 해석기를 적용

하여 해석 속도가 빠르다. 또한 해석치의 신뢰성이 기존 상용화된 제품들과 비교해도 손색이 없을 정도로 좋으며, 최신 요소를 이용하여 보다 정확한 해석이 가능하다. 그리고 NASTRAN 입·출력 형식을 지원하고 있으며, 자체 요소도 개발하여 사용하고 있다.

건축·토목 구조해석 및 설계 소프트웨어 MIDAS

MIDAS는 건축·토목 구조 해석 소프트웨어로서 국내에서 개발되어 상용화된 공학용 소프트웨어 중에 가장 오랜 역사를 가지고 있으며, 산업현장에서도 가장 널리 사용되고 있다. MIDAS는 국내 사용자들에게 매우 익숙하고 편리한 사용자 환경을 제공하는 한편 해석기능도 다양하게 지원하고 있으며, 전·후처리기인 MESH의 후속 버전은 CAD 엔진을 탑재한 범용 전/후처리기로 개발되어 2003년경 출시될 예정이다.<그림 4>

MIDAS/GENw

GENw은 GENERAL structure design system for windows로

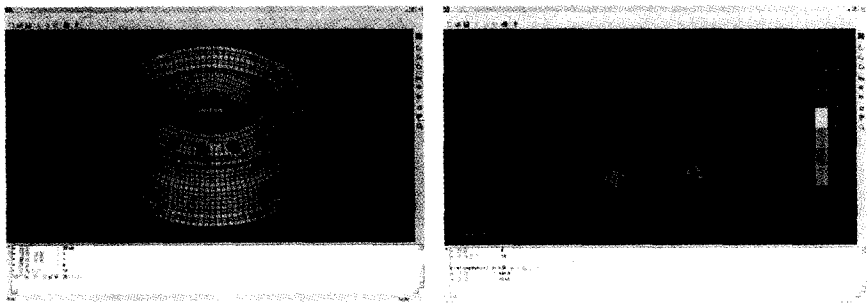


그림 3 STRA-D 해석 예

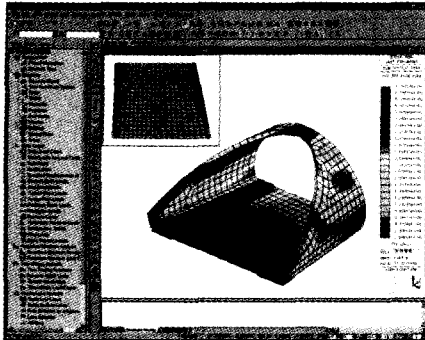


그림 4 MIDAS 해석 예

토목, 건축 및 기계 분야에서의 원도 기반의 범용 구조해석 및 최적 설계용 통합시스템으로서 정교하게 설계된 직관적인 User Interface와 Computer Graphics 기술을 이용한 사용자 중심의 입출력 기능은 복잡한 대형 구조물의 모델링과 해석에서도 탁월한 편의성과 생산성을 제공한다. 모델링 측면에서는, 새로운 개념의 CAD 형식 모델링 기법을 자체 개발하여 보다 높은 모델링 효율성을 도모하였으며, Works Tree, Structure Wizard 기능 등과 같은 강력한 모델링 지원 기능을 탑재하고 있다. 해석 기능의 경우 Multi-Frontal Solver 탑재로 해석속도가 혁신적으로 빠르다. 기존의 Finite Element Library에 Cable, Hook, Gap 등 비선형 요소를 추가하고 최신의 구조해석 이론을 접목하여 더욱 정확하고 실질적인 결과의 산출이 가능하다. 대변형(large displacement)을 고려하는 기하비선형 및 재료와 경계비선형 해석기능, 동적경계비선형 해석기능, 변위 기반의 보유내력설계(performance design)가 가능하도록 하는

pushover 해석기능도 포함되었다. 또한, 구조재료의 시간 의존적 특성(강도의 발현, 크리프, 건조수축)을 반영하여 고층 건축물의 수직부재에 발생하는 처짐량

을 구할 수 있는 시공 단계별 해석기능이 수행된다.

MIDAS/MESH

유한요소해석을 위한 모델링과 요소망 생성의 전처리 작업을 쉽고 편리하게 처리할 수 있는 “관형 유한요소 자동생성 프로그램”으로

“finite element MESH generator”의 약자이며, 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 다중 윈도 프레임 방식의 편리한 작업환경

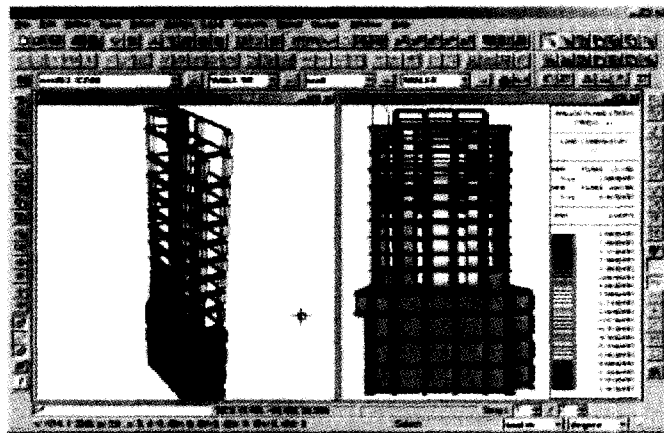
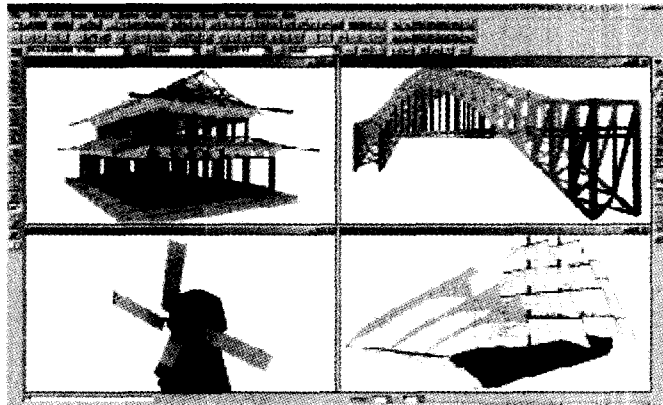


그림 5 neoMAX-3D 해석 예

- 기본형상 기반의 매개변수식 모델링 방식
- 복잡한 기하학적 연산의 자동 수행
- 전용 알고리즘을 사용한 완전 자동 요소망 생성
- 다양한 요소망 조작 기능 및 요소망 수준 평가
- 다양한 형식의 요소망 파일 출력 지원

범용 구조해석 및 설계 소프트웨어 neoMAX-3D

neoMAX-3D는 범용 구조해석 소프트웨어로 통합시스템의 기본요구 사항인 전처리, 구조해석, 후처리, 부재설계, 구조계산서, 물량산출 등의 일련의 작업을 하나의 프로그램으로 완벽하게 구현하고 있으며, 건축·토목 분야에서 많이 활용되고 있다.<그림 5>

전처리기능

프로젝트를 열기 전에 미리보기와 간단한 기초 데이터로 검색이 용이하다. 사용자에게 편리한 단위 선택 및 사용자 정의 좌표계 기능을 제공하고 다양한 template에서 작업이 가능하다. Block이라는 새로운 개념의 도입으로 보다 강력한 편집 기능을 제공하고 있으며, 12가지 형태의 다양한 단면 입력이 가능하며 단면의 할당과 그룹 지정 등의 편리한 요소 생성 기능이 포함되어 있다.

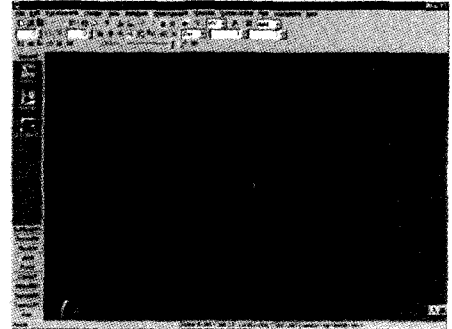


그림 6 RecurDyn 모델

해석기능

1절점 스포링요소, 트리스요소, 보요소, 평면응력 및 변형 요소, 판요소, 축대칭 요소 3D solid 요소, fluid 요소 등이 사용 가능하며, 선형 정적해석, 영향선 해석, 차량 이동하중 해석, 지점 침하 해석, 열응력, 고유치, 동적 해석 등 다양한 형태의 해석이 가능하다. 또한 재료, 기하, 경계 비선형 해석이 가능하다.

후처리

모든 후처리는 하중 조건별, 하중 조합별 출력이 가능하다. 변형형상 결과를 볼 수 있으며, 변형형상 결과의 동영상 기능을 지니고 있다. 그리고 지정한 그룹 또는 단면, 요소/절점 번호별 최대 부재력 및 최대 반력을 찾을 수 있다. 또 요소/절점별 하중 조합 후처리 상세 대화 상자를 제공하여 분석의 효율성을 높여준다.

구조 동역학 해석 소프트웨어 RecurDyn

RecurDyn은 국내에서 상용화된 구조 동역학 해석 소프트웨어로 이미 일본에서 호평 받은바 있

고, 미국과 중국에도 공급되어 많은 사용자를 확보하고 있다.

주요 특징으로는, 다른 대부분의 프로그램이 절대좌표계를 사용한 데 반해 상대좌표계를 사용한 최초의 상용프로그램으로 월등한 해석능력을 가지고 단시간 내에 해석결과를 산출한다는 점과 surface to surface를 비롯한 다양한 contact를 정의할 수 있는 library를 제공하고 쉽게 사용이 가능하다는 점, 동역학 분야에서 해석 접근이 어려운 track, chain, belt 분야와 paper feeding 문제 등을 쉽게 모델링하고 빠른 시간 내에 결과를 얻을 수 있는 Toolkit 제공 등을 들 수 있다.<그림 6>

RecurDyn

상대 좌표계를 사용한 Solver로 High Speed와 Stiff Problem에 강하며, Simulation 속도가 빨라 특정모델에 real-time simulation이 가능하고, 3차원 surface contact element를 갖고 있는 차세대 프로그램이다. RecurDyn Product에는 model의 해석을 수행하는 Solver, 전후처리기인 Modeler, 탭크, 전차 등의 해석

에 사용되는 HM-Track, 건설장비와 농기계 등의 해석을 위한 LM-Track, 차량의 Suspension 해석 및 Full-Vehicle Test 해석 수행을 위한 Auto, Tire의 실험을 위한 tire, 철도차량 해석을 위한 train, chain 모델을 자세히 정의하는 Chain, 풀리와 벨트 정의를 위한 Belt, Flexible Body의 정의를 위한 Flex, 고유치 해석 결과에 대한 애니메이션 기능을 가진 Linear, MTT2D, MATLAB 과 연계하여 구동할 수 있는 Control이 있다.

구조 진동 해석 소프트웨어 SVS

SVS(Structural Vibration Simulation)는 3차원 FEM-BEM CAE 패키지이다.

모델링을 위해서 SVS는 외부에서 제작한 3차원 *.dxf 파일을 읽어 사면체(tetrahedral) 솔리드 요소, 플레이트 요소로 자동 메시 분할을 수행하며, 3차원 레이저 스캐너로 수집된 3차원 공간 점 좌표 노드 데이터를 읽어 들여 사면체 및 육면체(hexahedral) 솔리드 요소, 플레이트 요소로 자동 메시 분할을 수행한다. 메시 생성은 자동화되어 있으며, 메시는 디폴트로 육면체 솔리드를 주로 하고 있으며, 옵션 별로 사면체 솔리드, 사각형 플레이트, 삼각형 플레이트 요소가 자동 생성되도록 하였다. 요소는 Quadratic를 기본으로 하며, 옵션에 따라 Linear 한 노드 할당도 가능하다. 전처리 기능은 GUI 방식으로 수

행되며, Open-GL을 주요그래픽 라이브러리로 사용한다. 등방성, 정방성, 이방성의 재질을 부여할 수 있고 다양한 경계 조건 입력이 가능하고 최적 요소 및 노드 자동 재정렬 기능이 있으며, BEM을 위한 구조체 내·외부 3차원 공간 영역 자동메시 기능을 가지고 있다. 후처리의 경우 Direct-3D를 주요 그래픽 라이브러리로 사용하며 모든 변위를 고속 동화상으로 볼 수 있으며, 그림 저장 기능을 가지고 있다. SVS는 3차원 압전체, 탄성체, 자왜체 구조 해석이 가능하고 정적, 동적, 주파수, 모드, 과도응답해석 등의 다양한 해석 기능을 가지고 있다. FEM, BEM, FE-BEM 해석이 가능하고 FEM->BEM으로 구조 진동에 따른 3차원 공간 상의 압력 분포 계산, 3차원 공간 상의 압력 분포로부터 3차원 구조체 진동 변위와 표면 압력 계산이 가능하다. 이밖에, 데이터를 ASCII 코드로 저장하며, 물리적 RAM에 의해 데이터 입출력 및 고속 행렬 방정식을 처리한다.

기타 소프트웨어

이밖에 주조 공정 해석이 가능한 Z-Cast, 판재성형 전문 소프트웨어인 Z-Stamp, 사출성형 전용 소프트웨어 CAPA 등이 개발되었고 상용화 되었으며, 또한 상용화를 목표로 준비 중인 소프트웨어들이 있다. 이와 같이 국내에서 개발되어 구조해석에 사용되고 있는 소프트웨어들은 각 세부 분야별로 1~2개에 그치고 있어 그

수가 많지는 않다. 하지만 개발된 소프트웨어들은 해석 성능과 사용자 편의성 측면에서 외국 소프트웨어들에 비해 뒤지지 않고 있으며 가격이 대체로 낮아 상당한 수준의 경쟁력을 갖춘 것으로 보인다.

각 소프트웨어별 개발사 및 연락처

1. VisualFEA

개발 : 인튜이션 소프트웨어 (www.intuitivefem.com, www.visualfea.com)

공급 : 에메랄드 소프트웨어 (www.sngsoft.com), 시엔이십일(www.civilnet21.com)

2. STRA-D

개발 : 에프이에이소프트 (feasoft.com, consult@feasoft.com)

공급 : 예원엔지니어링(www.yewon.co.kr, support@yewon.co.kr)

국내 총판 : 아이피에스인터네셔널(www.ips-i.co.kr, jhlee@ips-i.co.kr) - 해외 총판

3. MIDAS

개발/공급 : 마이다스아이티 (www.midasit.com)

4. neoMAX

개발/공급 : 한과박 소프트웨어 (www.hnpsoft.com, park@hnpsoft.com)

5. RecurDyn

개발/공급 : Function Bay, Inc.(www.recurdyn.com)

6. SVS

개발/공급 : ssjarng@mail.chosun.ac.kr