

전산구조 프로그램 길라잡이

Fundamental Guideline for Engineering Computer Applications



공 정 식*



김 태 훈**

*고려대학교 건축사회환경공학과 조교수
**대우건설 기술연구원 토목연구팀 선임연구원

1. 머리말

1946년 2월 15일 현 컴퓨터의 proto type이라 할 수 있는, 1만 7840여개의 진공관으로 구성된 길이 30m, 중량 28톤, 42평 건물 크기의 ENIAC이 국방성의 지원을 받아 미 펜실베이니아 대학에서 존 모클리와 프레스터 에커트 교수 팀에 의해 개발된 이후 약 60년에 걸쳐, 전기식 전산 장치는 하드웨어와 소프트웨어 측면에서 눈부실 만한 성장을 거듭해왔다. 한때 하드웨어와 소프트웨어의 독립된 정의 및 구분이 초보자를 위한 컴퓨터 입문 시작이었던 시절도 있었으나, 컴퓨터 공학의 발전 과정을 살펴 볼 때 하드웨어와 소프트웨어는 불가분의 관계를 맺고 있어 상호 발전에 직간접적인 영향을 미쳐왔으며, 여기에 사회적 needs가 더해져 다양한 변화를 보여 왔다.

1990년대 이후 IT 및 network 기술은 다양한 솔루션 및 콘텐츠로 구분될 수 있는 새로운 형태의 패러다임을 구성하였으며, 워크스테이션 형태의 컴퓨터 환경과는 판이하게 다른 인터넷 기반의 생활 문화를 창조하였고, 이러한 새로운 문화는 전산구조 공학 분야에도 커다란 영향을 미치고 있다. 이러한 새로운 패러다임의 일환으로 컴퓨터 하드웨어와 네트워크 소프트웨어 기술은 따로 구분지어 생각할 수 없을 만큼 통합된 시스템으로 변화해 가고 있는 양상을 보이고 있으며, 이러한 기술의 발전과 변화로 인하여 이미 하드웨어와 소프트웨어의 영역의 정확한 구분이 모호해 지고 있는 실정이다.

이렇듯 변화된 하드웨어와 소프트웨어는 새로운 사회적

needs를 창출하였으며, 역으로 사회적 needs는 끊임 없는 하드웨어와 소프트웨어의 변화를 요구하는 demand를 구성하여 이에 부합하지 못하는 하드웨어와 소프트웨어는 시장에서 쇠퇴하기도 한다. 한때 컴퓨터 시장의 큰 규모를 차지했던 UNIX 기반 워크스테이션들의 생산은 이제 매우 축소 되었으며, DOS와 같은 OS는 GUI 기반 OS로 변화하였고 한때 촉망 받던 수많은 소프트웨어가 개발된 지 얼마 되지 않아 시장에서 사라지기도 한다.

이러한 변화 및 진보의 과정이 가속화 되면서 사회적 demand는 비단 하드웨어나 소프트웨어에 국한되는 것이 아니라 최종사용자 자신에게도 해당 문제가 되어 끊임없이 컴퓨터 관련 지식을 업데이트 하지 않을 수 없는 단계에 이르렀으며, 단순한 기능 뿐 아니라 사회적 기술적 변화에 보다 신속히 대처하는 소프트웨어를 선호하게 되었다. 하지만 기술의 발달과 함께 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 시장은 그 규모가 매우 방대해지고 성능 또한 다변화 하고 있어 최적의 선택이란 매우 어려운 문제가 아닐 수 없다. 전산구조공학 관련 소프트웨어만을 고려하더라도 매우 다양한 구분이 가능하며, 구조해석 및 설계 분야에서도 수많은 프로그램들이 개발되어 사용되어지고 있다.

본 특집기사는 전산구조와 관련된 주요 소프트웨어의 성능 및 특징을 분야별로 소개함으로써 현재 전산 관련 기술 수준에 대한 개괄적 이해도를 높이고 사용자의 환경 및 목적에 적합한 소프트웨어를 선택하는데 도움을 주고자 하는 취지로 기획되었다.

본 기사의 목적상 특정 소프트웨어의 상세한 기술 보다는 다

양한 소프트웨어의 분류 및 정보 제공에 초점을 두고 기사가 기획 작성 되었으며, 다음과 같은 5개의 기획 기사로 구성되었다.

- 제1기사: 전산구조 프로그램 길라잡이
- 제2기사: 어려운 전산구조해석을 쉽게 더 쉽게 (Pre- and Post- 관련 프로그램)
- 제3기사: 비(非) 상용 구조해석 프로그램
- 제4기사: 특수목적 소프트웨어 소개
- 제5기사: 공학계산용 프로그래밍언어

본 기사(제1기사)는 「전산구조 프로그램 길라잡이」라는 제목의 총괄기사로 주변에서 많이 접하는 전산 구조 관련 프로그램을 특성에 따라 대분류하고 간단한 프로그램의 소개와 함께 webpage 등의 기본 정보를 다루고 있다. 제1기사는 개괄적인 소개와 분류를 목적으로 하였기 때문에 분야별 상세 기사인 제2,3,4,5 기사에 비하면 기초적인 내용을 담고 있으나 정보의 불충분 등의 이유로 해당 기사에서 취급하기 힘든 프로그램들에 대해서도 기초 내용을 위주로 가급적 많이 포함되도록 하였다.

제2기사는 pre- 및 post- 관련 프로그램들의 소개로 범

용 프로그램에 부속된 프로그램과 더불어 독립형태의 (stand-alone) 프로그램 소개를 위주로 하며, 주요 기능 및 특성과 타 프로그램과의 호환성을 위주로 기사가 작성되었다. 제3기사는 open source, shareware, freeware 등의 비(非) 상용 구조해석 프로그램 및 관련 홈페이지 소개를 하며, 주요 프로그램의 기능 및 특성을 소개 한다. 제4기사는 다양한 종류의 특수 목적 프로그램의 소개를 위주로 작성되었다. 이러한 프로그램들은 구조물의 계획, 설계, 시공, 사용 및 유지관리 등 생애주기 전 과정에서 발생하는 다양한 경우에 대한 분석에 매우 요긴하게 쓰일 수 있다.

제5기사는 공학계산용 프로그래밍언어에 대한 소개로 이루어져 있다. 제 5기사에서는 각각의 프로그래밍언어를 간략히 소개하고, 각각의 특징을 비교함으로써, 공학적 문제에 당면한 독자가 주어진 작업환경에서 어떤 프로그래밍언어를 선택하여 사용하는 것이 가장 적합한지에 대한 개략적인 가이드라인을 제공하고자 하였다.

구조해석 및 설계에 많이 사용되는 ABAQUS, DIANA, MIDAS 등과 같은 대형 범용 프로그램은 비교적 잘 알려

표 1 2006년 9월 현재 전산구조 공학회지에 게재된 소프트웨어 기사 목록

연도	권 호	제 목	저 자
2005	제18권 제4호	MIDAS 프로그램의 비선형 동적해석 소개	최원호 김종민
	제18권 제3호	범용 병렬 구조해석 프로그램, IPSAP	김승조 박시형
	제18권 제2호	범용 선형 및 비선형 유한요소 해석 프로그램 ABAQUS 소개	이영환
		순서도가 계측 자동화용 프로그램으로 발전	이승하
제18권 제1호	범용 비선형 구조해석 프로그램 LS-DYNA	정우식	
	LS-DYNA의 기능과 활용	고병식	
2004	제17권 제4호	3D Finite Element Analysis in Civil Structural Engineering DIANA	정우성
	제17권 제3호	아비바(AVEVA)의 엔지니어링 IT 솔루션 소개	박은주
	제17권 제2호	3차원 객체 모델 기반의 차세대 토폴로지 엔지니어링 솔루션	김해진
	제17권 제1호	PC 기반 고성능 객체지향 구조해석 소프트웨어 FASTA	정성남 조진연
2003	제16권 제4호	범용 구조해석용 ANSYS 소개	심진욱
	제16권 제3호	셀 구조물의 충돌해석 및 과도동적 거동해석을 위한 병렬유한요소코드 GT-PARADYN	하재선
	제16권 제2호	FAINE 개발방법론 소개	정동균 정찬석
	제16권 제1호	절삭 전용 해석 프로그램 AdvantEdge	이강우
2002	제15권 제4호	SAP Version 8과 해석범위	조윤성
	제15권 제2호	BIONIX -의료영상을 이용한 3차원 가상화와 유한요소 모델링-	유용석
	제15권 제1호	피로내구해석 전용 프로그램 - MSC.Fatigue	이종규
2001	제14권 제4호	MIDAS/CIVIL의 소개	이형우
	제14권 제3호	AUTODYN Interactive Nonlinear Dynamic Analysis Code	이강우
		사진으로부터 실제 치수를 측정해내고 3D로 모델링하는 소프트웨어 Photo 모델러	박찬홍
	제14권 제2호	CATIA ANALYSIS SOLUTION 범용유한요소해석 프로그램	김성일 이재경
제14권 제1호	COSMOS/DesignSTAR	이강우	
2000	제13권 제4호	True Grid : Structured/Unstructured mesh를 생성할 수 있는 요소 생성 전용프로그램	오경훈
		전산 재료역학 프로그램 비주얼 솔리드메크(visual SolidMech)	이상순
	제13권 제3호	NISA 범용유한요소해석 프로그램 - EMRC USA Product -	하태홍
	제13권 제2호	FelixCADTM소개 - FCAD Korea, Inc	김용주
제13권 제1호	MIDAS Family Program 토목·건축분야 구조해석 및 최적설계 통합시스템	이상수	
1999	제12권 제4호	neoMAX-3D/2D 범용 구조물 2/3 차원 해석 및 설계 프로그램	박세욱
	제12권 제3호	CCIA(시아)사 소개(SCientific Application grop)	김택완
	제12권 제2호	RoboBAT사 소개 (FEA S/W ROBOT97)	이준환
	제12권 제1호	SACS - 강 구조물의 구조해석을 위한 범용 해석 소프트웨어	장지태

표 2 2006년 9월 현재 전산구조 공학회지에 게재된 소프트웨어 홈페이지 소개 기사

연도	권 호	제 목	저 자
2005	제18권 제4호	수치계산 프로그램 홈페이지 소개	남상혁
	제18권 제3호	TNO & TNO DIANA 홈페이지 소개	남상혁
2004	제17권 제4호	FEM 프로그램 생성 소프트웨어 FEPG 홈페이지 소개	남상혁
	제17권 제3호	범용 유한요소해석 프로그램 홈페이지 소개	남상혁
2001	제14권 제1호	상용 구조해석 프로그램들의 Potal 사이트 소개	황윤국

저 있을 뿐 아니라 해당 홈페이지 등을 통하여 비교적 자세한 정보를 얻을 수 있으므로 본 기획 기사에서는 자세히 언급하지 않고 기초 분류 및 기본 정보만을 본 기사(제1기사)에서 제공하도록 하였다.

또한 과거 전산구조공학회지에 전산 관련 프로그램에 대한 기사가 지속적으로 게재되었으므로(표 1 참고) 이들 프로그램에 대한 세부 내용은 전산구조공학회지를 참고할 수 있을 것이며, 이와 유사한 경우로, 표 2에는 전산구조공학회지에 게재되어 왔던 분야별 소프트웨어 홈페이지 소개 기사 목록을 수록하였다.

2. 프로그램의 분류

근래에 사용되고 있는 전산구조와 관련된 다양한 프로그램의 면면을 살펴보면 전산 프로그램의 다양화 및 복잡화로 정확한 분류가 어려운 경우가 많다. 일례로 많은 수의 특수 목적의 프로그램들이 Open Source로 일반에 공개되어 있는 경우가 있을 수 있고, 상업적인 응용프로그램 중에는 본래의 구조물 해석 기능 외에도 CAD 또는 프로그래밍 능력을 갖추고 있는 경우도 많다.

따라서 프로그램의 분류는 프로그램의 특성에 따라 매우 다를 수 밖에 없기 때문에 본 기사에서는 프로그램 별 분류를 시도하는 대신 전산 구조 관련 프로그램의 기능에 따른 분류 항목을 아래와 같이 제시하였다. 물론 본 기사에서 제시된 분류 항목은 매우 기본적인 항목으로서 제시된 항목만으로 특정 분야의 프로그램을 100% 분류할 수는 없겠으나 주요 기능상의 차이를 알기 위한 기준 정도로는 사용될 수 있을 것이다.

어려운 전산구조해석을 쉽게 더 쉽게: Pre-, Post- 프로그램 분류 항목

- 프로그램 형식에 따른 분류: 예) Stand alone 프로그램, Abaqus CAE
- 프로그램 호환상의 분류: 예) Abaqus, Ansys 등 범용

구조해석 프로그램과의 호환 또는 Autocad 등 기타 pre or post 프로그램과의 호환

- 프로그램 기능에 따른 분류: auto remashing 기능, 하중 및 경계조건, 재료 물성치 및 요소 특성

비(非) 상용 구조해석 프로그램

- 프로그램 성격에 따른 분류: 예) 범용구조해석 프로그램
- 제작 언어에 의한 분류: 예) Fortran, C, matlab
- 프로그램 단계에 의한 분류: 예) source code, API, dll, objective file

특수 목적 소프트웨어 분류 항목

- 특수 목적에 따른 분류: 예) 교량해석
- 구조 형식에 따른 분류: 예) 슬래브, 기둥
- 시공 단계 해석에 따른 분류

공학계산용 프로그래밍 언어 분류 항목

- 언어의 종류에 의한 분류: 예)
- Compiling 방식에 의한 분류: 예) Interpreter 언어
- 프로그래밍 수준에 의한 언어: 예) script 언어
- 적용 분야에 의한 분류: 예) 네트워킹

범용 전산 구조해석 프로그램 분류 항목

- FEM, BEM, FDM 등 해석법
- 일차원, 2차원, 3차원 해석 능력
- 정적, 의사정적, 동적 해석 능력
- concrete, steel, rock, soil, composite 등의 재료 모델
- elastic, plastic, viscous-elastic, viscous-plastic 등 해석 영역
- material nonlinear, geometrical nonlinear
- bar, truss, beam, solid, plate, shell, column, fiber 등 부재 및 요소
- force analysis, displacement analysis 등 해석법
- 시공단계해석, pre-stress, post-tension 해석 등 단계별 해석
- pre- and post- process 능력에 따른 분류
- 수화열해석, heat transfer, magnetic field, electric field, conductivity 등 상태에 의한 분류
- contact, interaction, interface, infinite elements 등 다양한 요소 능력
- 지반 구조물 상호작용, seepage, wave propagation, shock wave, Ballastic analysis 등 다양한 상태 및 조건 해석 능력

표 3에서부터 표 7까지는 전산구조와 관련하여 비교적 잘 알려진 프로그램들을 앞에서 제시한 4개 분야와 범용 구조해석 분야로 나누어 간략하게 소개하였다. 보다 상세한 분야별 소개는 이어지는 기획 기사의 내용을 참고하기 바란다.

표 3 Pre- Post 프로그램

어려운 전산구조해석을 쉽게 더 쉽게: Pre- and Post-Process 프로그램	
명 칭	비고 및 특징, 연락처, 홈페이지 정보
Patran	<p>MSC PATRAN은 세계적으로 알려져 있는 CAE전용 Pre/Post Processor로, 주요 CAD/CAE 프로그램과 호환이 가능하다. MSC PATRAN은 사용자가 기본 구상 설계 단계에서부터, 시작품을 만들고 시험하는 설계의 전 과정을 Computer상에서 Simulation할 수 있도록 다양한 기능을 제공하고 있으며, 완전히 공개된 Architecture를 가지고 있어, 사용자가 현장의 특징에 맞도록 용이하게 구성을 변경할 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 사용자 위주의 편리한 사용 환경(Motif-base, Mouse driven GUI) • MSC.NASTRAN과의 완벽한 통합 • MSC.MARC, MSC.DYTRAN, ABAQUS, ANSYS, LS-DYNA 등의 다양한 Solver와의 호환성 • Direct Access of CAD Geometry 및 IGES, STEP, Neutral Format을 사용한 데이터 호환 • 자체 Geometry 생성 및 수정 기능 • 기본적인 Mapped Mesh 및 Mesh On Mesh, Midplane Mesh, Sheet body Mesh 기능 • 하중 및 경계조건, 재료 물성치 및 요소 특성을 부여하기 위한 다양한 기능 • 재료정보 시스템인 MSC.MVISION과의 직접적인 연계 기능 • 시간의 함수로 정의되는 하중, 온도의 함수로 정의되는 재료 물성치 등 변화하는 값에 대한 표현 및 Graphic 생성 • Fringe, Contour, Isosurface, Streamline, Animation, Vector, XY- plotting 등 결과를 이해하기 쉽도록 표현하는 후처리 기능 제공 • 설계 및 해석의 자동화를 위해 모든 작업을 Session file에 자동 저장하고, PCL (Patran Command Language)을 이용하여 Customization 가능 <p>(http://www.mssoftware.com/)</p>
FEMGV	<p>FEMGV는 해석을 위한 모델들을 구성하는데 시간을 단축하고 해석 결과를 빠른 시간 내에 제공함으로써, 사용자의 소요 시간을 줄일 수 있다. 또한 꾸준한 프로그램 업데이트로 다양한 특징이 지속적으로 개발되고 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 다양한 Operating Platform 지원 Windows NT/95/98/2000, Silicon Graphics, HP, SUN, DEC IBM 등 • CAD의 호환성 • commands, command syntax, function 그리고 example input에 대한 온라인 정보 제공. <p>(http://www.femsys.co.uk/indxprod.htm) FEMGV Demo version: (http://www.femsys.co.uk/indxdemo.htm)</p>
AUTOCAD	<p>미국 오토 데스크(Auto Desk)사가 개발한 컴퓨터 지원 설계(CAD) 프로그램으로, 개인용 컴퓨터(PC)용으로 개발한 최초의 주요 CAD 프로그램의 하나로 업계 표준이 되었다. 오토 캐드는 PC, VAX, 매킨토시, 유닉스 워크스테이션 등에서 동작하는 CAD 소프트웨어 시장에서 가장 높은 점유율을 차지하고 있다.</p> <p>(http://usa.autodesk.com) Trial Versions: (http://www.aztechsoft.com/download.htm)</p>
SOLIDWorks	<p>손쉬운 3차원 모델링 기능으로 유명한 SOLIDWorks는 통합된 해석 도구로서 최적설계기법인 COSMOS 해석도구를 내장하여 설계를 실제 상황에 맞게 검증하고 발생 가능한 많은 시나리오를 테스트하여 보다 신뢰도 높은 해석결과를 유도할 수 있도록 개발되어지고 있다.</p> <p>(http://www.solidworks.com/) Solidworks Demo (http://www.productdesignforums.com)</p>
CATIA	<p>CATIA는 산업체에서 생산하려는 제품의 모델을 설계개념에서부터 제품생산까지 전과정에 걸쳐 제작, 수정, 관리할 수 있도록 해주는 CAE/CAM/CAE 소프트웨어이다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAD/CAM/CAE의 분야에 다양한 Application 제공 • Interactive Software로서 사용자와 Computer 간에 Communication가능 • CATIA에서 모델링한 파일은 다른 응용 소프트웨어들과의 호환성을 위해 IGES File(중립 파일)로 변환이 가능 • Z-master와의 안정적인 호환성 <p>(http://www-306.ibm.com)</p>
GID	<p>GID 프로그램은 해석 결과를 시각적으로 보여주며, 데이터의 입력 및 기하학적인 모델링에 대해 적용성 및 확장성이 커서 사용자가 그래픽 인터페이스로 쉽게 사용가능하게 고안되었다. GID의 적용성은 고체 및 구조역학, 유체역학, 열전달, 토질공학 등의 유한요소 유한부피, 경계요소, 유한차분 또는 점을 기초로한 수치적 절차를 사용한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 보편적: GID는 수치적 방법들을 사용하는 과학 그리고 공학에서 어떤 문제의 해석에 대해서 요구 되는 모든 정보 (구조 및 비구조 meshes, 경계 및 하중 조건, 재료 유형, 해석결과와 시각화 등)를 제공하는데 이상화 되었다. • 적용성: GID는 수치적 시뮬레이션 코드에 쉽게 적용이 가능하며, 데이터의 입력 및 해석 결과의 형식은 타 소프트웨어와 호환성이 뛰어나 사용자의 적용성을 극대화 시켰다. • 사용자편의 환경: GID의 발전은 입력 데이터 준비와 해석결과와 시각화 수준에서 사용자의 요구, 편리함, 속도, 효과 그리고 정확성에 초점을 맞추었다. (http://gid.cimne.upc.es) <p>Academic Version: (http://gid.cimne.upc.es/download/) (http://www.gid-usa.com)</p>

표 4 전산구조 관련 Open Source, Shareware, Freeware

비(非) 상용 구조해석 프로그램	
명칭	비고 및 특징, 연락처, 홈페이지 정보
OpenSees	객체지향기법(object-oriented technique)을 적용한 구조해석 프로그램. Open source. 프로그램의 core는 C++ 클래스 라이브러리로 되어 있으며, 사용자들은 스크립트 언어인 Tcl/Tk를 이용하여 사용할 수 있도록 되어 있다. 비선형지진 해석이 가능하도록 개발되고 있으며, 앞으로 FEAP를 대체할 것으로 예상된다. (http://opensees.berkeley.edu)
IDARC	미국의 버팔로 뉴욕주립대학교에서 개발된 IDARC는 철근콘크리트 빌딩의 지진손상의 해석을 목적으로 1987년에 처음 개발되었다. 그동안 여러 가지 기능이 추가되어 왔으며 다양한 구조물의 해석능력을 갖고 있다. IDARC에는 새로운 기능이 계속 추가되고 있으며 3차원 구조해석과 교량을 위한 특수목적의 제품도 개발되고 있다. (http://civil.eng.buffalo.edu/idarc2d50/)
DRAIN-2D	미국의 캘리포니아 주립대학교(U.C. Berkeley)에서 개발된 철근콘크리트 구조물의 비선형 동적해석프로그램으로 Pushover 해석과 같은 정적비탄성해석과 강진에 대한 구조물의 거동을 분석하기 위한 동적비탄성 해석 등이 가능하다. (http://nisee.berkeley.edu/elibrary/getdoc?id=241279)
FEAP	FEAP은 연구와 교육을 목적으로 개발된 범용 유한요소해석 프로그램으로서 Windows, LINUX, 그리고 UNIX 환경에서 모두 사용이 가능하다. FEAP은 일차원, 이차원, 그리고 삼차원 요소망을 정의할 수 있고, 여러 가지 선형 및 비선형 해석 알고리즘을 갖고 있으며 해석결과의 다양한 그래픽 처리가 가능하다. 또한 선형 및 비선형 Solid 요소, 2차원 및 3차원 골조요소, 판 및 셸요소 등을 갖추고 있으며 선형, 점탄성, 그리고 소성 등의 구성방정식을 포함하고 있다. FEAP은 자체가 보유하고 요소 이외에도 사용자가 개발한 50개의 요소를 추가할 수 있으며 이들의 조합 사용도 가능한 범용 유한요소해석 프로그램이다. (http://www.ce.berkeley.edu/~rlt/feap/)
SHAKE (Pro-shake, Shake91)	Shake는 일정한 위치에서 발생한 지진파에 대하여 1차원 파동전파이론과 진동수영역해석을 이용하여 지반의 비선형성을 등가선형으로 고려하여, 각 지층별(깊이별)로 지진동, 동적응답 등을 얻을 수 있는 프로그램이다. http://nisee.berkeley.edu/ GUI 버전 http://www.shake2000.com/ http://www.proshake.com/
FEMDAS	FEMDAS는 Finite Element Method Dynamic Analysis of Slab의 약자로 상하계를 전반한 복잡한 진동 문제를 예측하는 프로그램이다. 설계자는 FEMDAS의 정확한 예측 결과에 근거한 설계에 의해 진동 문제를 미연에 막을 것이 가능하다. 또 기존 건물에서의 진동 문제도 진동원과 전달 루트를 해명하여 합리적으로 대책을 강구하는 것이 가능하다. (http://nisee.berkeley.edu/)

표 5 전산구조 관련 특수 기능 프로그램

특수기능 프로그램	
명칭	비고 및 특징, 연락처, 홈페이지 정보
RM2000	평면도와 입면도에 있는 프로젝트 축의 정의를 포함한 전처리와 같은 CAD를 사용하여 3D의 모델링을 구현한다. 현재 14개의 국제 설계 코드를 통합하여 사용되고 있으며, 프로그램이 이러한 표준들을 따라서 SLS와 ULS 설계 코드 검사를 수행한다. 프로그램은 많은 국제적인 컨설턴트에 의해서 사용되고 있으며, 세계적으로 수많은 교량이 이 프로그램을 이용하여 설계되었다. (http://www.tdv.at/wse/a2/b3/rm2006.htm) 연락처 : 변문주 011-9071-0081
NESSUS	NESSUS은 구조물의/기계의 요소들과 시스템의 확률적 해석을 수행하는 것에 대한 모듈 컴퓨터 소프트웨어 시스템이다. NESSUS은 확률적 반응과 공학적 시스템의 신뢰도를 계산하기 위해서 일반적 목적의 수치해석 방법에 최신의 확률적 알고리즘을 결합한다. 하중 조건, 재료 물성치, geometry, 경계조건과 초기조건에서의 불확실성이 시뮬레이션 할 수 있다. 많은 결정적 모델링 툴들로 finite element, boundary element, hydrocodes, 그리고 user-defined Fortran subroutines이 사용되어 질수 있다. NESSUS은 광범위한 능력과 그래픽 사용자 인터페이스를 제공한다. (http://www.nessus.swri.org/index.shtml) A three-month demonstration version of NESSUS(http://www.nessus.swri.org/cgi-bin/download.cgi)
SHAKE	SHAKE2000은 ShakeEdit와 SHAKE를 통합한 소프트웨어 팩키지이다. ShakeEdit은 윈래 16비트, 윈도우즈 3.1에 적용하는 것으로 개발 되었고 SHAKE에 대한 그래픽의 인터페이스를 제공한다. SHAKE는 수직으로 전단파가 움직임이 작용하는 무한 수평의 점탄성층, 동질의 시스템에서 반응을 계산하였다. SHAKE은 빠른 푸리에 변형 알고리즘을 통하여 전이 운동의 사용에 적용 되어진 파 방정식에 연속적 해에 기초를 한 것 이다. 전단 계수와 댐핑의 비선형성이 각 층에서 효과적인 변형률에 호환되는 댐핑과 계수에 대한 값을 얻기 위해서 반복 수행을 사용해서 등방의 선형 흙의 물성치의 사용에 의해서 고려된다. (http://www.shake2000.com/) EduShake Download (http://www.proshake.com/) Download WESHAKЕ program (http://www.itk.ilstu.edu/faculty/dcwalla/shake6.htm)

〈표 5 계속〉

SASSI	<p>SUPER SASSI/PC은 the SASSI Soil Structure Interaction analysis program의 업그레이드 된 버전으로 Stevenson와 Associates이 PC computer platforms에 연결된다. SUPER SASS/PC은 다음의 구조물, 구성요소 그리고 설계 문제의 평가에 사용된다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 복잡한 3D Geometry Structures - 지하철, 터널과 같은 매설된 곳의 시설물 및 탱크 등과 같은 지반-구조물 상관관계, 또는 지반-관-구조물 상관관계 - 대형기초구조물 - 3D지진파 진행 <p>초기의 SASSI Code에 비해 SUPER SASSI/PC가 강화된 것은 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) 비간섭성의 지진운동에 대한 SSI 해석을 수행 (ii) 임의의 모양의 기초에 대하여 직접적으로 전체의 임피던스 산출 (iii) 구조물 요소에 대한 응력 진이 함수를 결과로 도출 (iv) 결과 가속도/변위 시간 이력에 대한 기준 보정 <p>(http://www.vecsa.com/)</p>
SESTAR	<p>SESTAR은 지구과학 표본(the International Geo Sample Number IGSN)들에 대한 특이한 식별자들을 관리하고 제공하는 집중시키는 레지스트리로서, 불확실성을 내재한 요소를 피하고 표본 지정을 체계적으로 한다.</p>
FEDEAS	<p>미국 버클리 대학교의 Filippou 교수 등이 자신이 개발한 유연도법에 근거한 3차원 보-기둥요소 등을 미국 버클리 대학교의 Taylor 교수가 개발한 범용 유한요소해석 프로그램인 FEAP에 이식하여 모듈화한 구조해석 라이브러리이다. (http://www.ce.berkeley.edu/~filippou/Research/fedeas.htm)</p>
RCAHEST	<p>성균관대학교의 신현목 교수 등이 자신이 개발한 철근콘크리트 평면응력요소, 그리고 경계면요소 등을 미국 버클리 대학교의 Taylor 교수가 개발한 범용 유한요소해석 프로그램인 FEAP에 이식하여 모듈화한 비선형 유한요소해석 프로그램이다.</p>
HAZUS	<p>미국 FEMA에서 개발되어진 HAZUS (Hazard U.S.)는 대상지역의 건물군, 지형도, 지진의 위치 및 규모, 경제관련 데이터 등, 재해피해 규모를 추정하는 소프트웨어라고 할 수 있다. 미국 재난관리청(FEMA)의 주된 임무는 재해발생 시 재해지원을 제공하는 것이며 이를 위해 재해경감사업, 예방, 대응 및 복구등 재해관리를 효율적으로 수행하기 위해 HAZUS가 개발되었다.</p> <p>HAZUS의 재해손실을 추정하는 기능은 재해의 “대응 및 복구”단계에서 재해에 의한 피해규모를 신속히 추정함으로써 재해대책본부의 긴급한 재해대처능력을 향상시키고, “예방 및 훈련” 단계에서는 예기되어지는 재해를 모의 시행하여 피해규모를 예측함으로써 실제상황과 유사한 재해대응 훈련시나리오를 마련할 수 있게 해주며, “재해경감사업” 단계에서는 재해에 지역의 취약도를 파악하며 계획되어진 사업의 재해예방능력을 평가할 수 있게 해준다.</p> <p>(http://www.fema.gov/hazus)</p>

표 6 전산구조 관련 프로그래밍 언어

프로그래밍 언어	
명칭	비교 및 특징, 연락처, 홈페이지 정보
C, C++, C#	<p>1. C언어의 특징</p> <ul style="list-style-type: none"> • 시스템간 호환 및 이식성 좋음. • 고급 및 저급 언어간 인터페이스 용이 • 비트 및 증감연산자 등 풍부한 연산자 지원 • UNIX 운영체제의 기본이 됨 • 구조적 프로그래밍언어로 모듈식 구현이 용이 • 함수의 집합으로 구성된 함수형 언어 • 동적메모리 관리에 의한 H/W제어 용이 • 배열과 포인터 이용한 주소지정 및 연산 용이 <p>2. C++의 특징</p> <ul style="list-style-type: none"> • 캡슐화 • 데이터 숨김 • 상속 • 다형성
Fortran	<p>The IBM Mathematical FORMula TRANslating System</p> <p>FORTRAN은 순차적 컴퓨터 언어로써 1950년대에 IBM에서 자연과학과 공학의 수치연산문제에 적용하기 위하여 개발되었다. FORTRAN은 개발이후 현재까지 지난 50년 동안 다양한 공학문제를 풀기 위한 프로그래밍언어로 널리 사용되어졌다.</p>

<표 6 계속>

Mathematica	<p>Mathematica의 특징 수치와 기호계산 함수와 데이터의 분석 및 시각화, 고도의 수치계산을 수행, 대량 데이터를 고속 처리·취급·분석 수행 graphic, Sound데이터의 각종 포맷변환 및 입출력이 가능하다 드형식의 작업공간, 완전한 수학기호와 한글입력이 가능하며, HTML, TeX, Package 등 다양한 저장형식으로 파일을 보존 가능 하이퍼링크 기능과 팔레트기능으로 교재와 어플리케이션 프로그램의 구축 Mathlink의 기능으로 다른 어플리케이션과 소프트웨어와의 이용범위 확대 (http://www.wolfram.com)</p>
Maple	<p>Maple은 1980년 캐나다 Waterloo 대학의 Geddes와 Gonnet 교수에 의해 처음으로 개발된 Symbolic Computation System으로 기호를 포함하는 수식이나 방정식 등을 대수적으로 처리하는 능력을 갖는 프로그램으로, 특히 Maple은 수학자들에 의해 고안, 제작되어 사용자 중심의 인터페이스를 제공한다. (http://www.maplesoft.com)</p>
LabView	<p>Labview는 1983년 National Instruments에서 고안된 프로그램으로, 그래픽으로 프로그램을 하는 일종의 프로그램 언어이다. LabView 프로그램은 아날로그 및 디지털 데이터의 입출력, 측정장비, 제어 및 모니터링, 그리고 측정데이터의 분석 등 광범위하게 사용되고 있다. (http://www.mylv.net/) 예제, 어플리케이션노트, 강좌 매뉴얼 (http://ni.com/labview/ko/upgrade.htm) 데모버전 다운로드, 업그레이드, 매뉴얼</p>
Visual Basic	<p>컴퓨터 언어 중의 하나인 종래의 Basic은 MS-DOS상에서 작동하는 통상의 프로그램 개발을 하기 위한 프로그램 언어이지만, Visual Basic이란 이와는 달리 윈도우용 소프트웨어를 개발하기 위한 프로그램 언어이다. Visual Basic은 윈도우나 버튼을 양식(form)에 배치함으로써 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 구사하는 프로그램을 매우 쉽게 개발할 수 있는 것이 장점이다. 프로그램 특징은 화면처리의 기본적인 부분을 자동적으로 작성해 주므로, 종래에는 프로그램 개발자만 작성할 수 있었던 윈도우용 소프트웨어를 초보자도 쉽게 작성할 수 있다. 또한 애니메이션 작성, 데이터베이스 작성 등 응용범위가 넓으며, Excel이나 Access 등과 같은 응용 프로그램과도 함께 사용함으로써 소프트웨어의 기능을 대폭 확대할 수 있다는 점 등이다. (http://www.microsoft.com/korea/msdn/vbasic/)</p>
tcl	<p>Tcl/Tk의 Tcl은 Tcl/Tk의 인터프리터의 핵심이 되는 부분이다. 버클리대학에 있던 개발자 J.K Ousterhout 박사는, 집적회로의 설계 틀에 사용되어 지던 스크립트 언어가 다른 틀에 의해 전혀 개선 되어 질수 없다는 생각을 하여, 확장성이 높은 인터프리터형 언어를 개발하였다. 본래 TCL은 확장성이 높은 언어로 개발되었지만, 현재까지 최대의 확장 라이브러리는 Tk로 알려져 있다. Ousterhout 박사는 유닉스 계산기의 GUI 어플리케이션을 작성하는데 Tcl이 적합하는 것을 알고, GUI 베이스의 계산기를 Tcl/Tk로 개발하여, 1987년 애플사의 자사 계산기용 비주얼 인터페이스 작성용의 스크립트 언어인 하이퍼 카드(Hyper Card)를 발표하는데 영향을 미치게 된다. Tk는 유닉스 사용자의 많은 지지를 얻어 현재 윈도우즈와 유닉스, 매킨토시에도 이식되어 사용되어지고 있다. (http://www.tcltk.co.kr/)</p>
shell	<p>셸은 유닉스에서 대화형 사용자 인터페이스를 부르는 용어이다. 셸은 프로그래밍 계층에 있으면서 사용자가 입력하는 명령어를 이해하고, 실행하는 역할을 수행한다. 시스템에 따라서는 셸을 명령어 해석기라고 부르는 경우도 있다. 셸은 보통 명령어 문법에 맞추어 이용하는 인터페이스를 가진다. 셸은 운영체계의 외곽계층으로서, 운영체계의 가장 안쪽계층이면서 서비스의 핵심을 담당하는 커널과 비교되어 설명되기도 한다.</p>
Python	<p>Perl과 함께 각광받고 있는 script 언어. Opensource. 다른 프로그램에 쉽게 붙여 사용할 수 있는 glue 언어로 유명하다. ABAQUS에서 replay, batch 등을 수행할 때 사용되는 언어이기도 하다. (http://www.python.org , www.python.or.kr)</p>
Perl	<p>Perl은 임의의 형태를 갖춘 텍스트 파일을 읽고, 이 파일에서 의미있는 정보를 추출하여, 이 정보를 근거한 레포트를 출력하는 제반 작업에 최적화된 언어이며, 시스템 관리에도 매우 적절한 언어이다. 문장구조는 C 언어와 상당히 흡사하다. 대개의 Unix용 프로그램들과는 달리, Perl은 우리가 사용할 데이터 크기에 한계를 두지 않아, 메모리만 충분하다면 한 파일의 내용 전체를 변수하나로 대체시킬 수 있다. Perl은 섬세한 패턴일치(pattern matching) 기술을 이용하여 많은 양의 데이터를 빠르게 검색할 수 있으며, 이진수 데이터도 다룰 수 있어 해쉬와 같은 형태의 dbm 파일 생성이 가능하다. 또한 setuid를 사용하는 스크립트의 경우 C 프로그램에서 사용하는 것보다 안정성이 뛰어나다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 펄언어의 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 타 언어와 비교해 문법 구조나, 데이터 관리에 치우치지 않고 논리구현에 집중도를 높여 쉽게 사용이 가능. - 많은 운영체제에 포팅이 가능하여, 사용자가 다양한 환경에서 작업이 가능하다. - 텍스트 데이터에 최적화되어, 유닉스 계열에서 시스템 관리로 활용되고 있음. - C언어와 확장성 및 호환성이 용이함. - TCP/IP 네트워크를 지원하여 Perl로 직접 웹서버 제작이 가능함. - 내장된 디버깅 환경(Integrated Debugger)이 구현되어, 브레이크 포인트를 설정하고, 코드를 실행시키며, 변수의 값을 보면서 프로그램의 오류를 찾아 낼 수 있음. <p>한국 펄 사용자모임: (http://www.perl.or.kr/about/whatisgood.html) 펄 다운로드: (http://www.perl.com/download.csp)</p>

<표 6 계속>

<p>인터넷 언어 (HTML, JAVA, CGI, ASP, JSP, PHP)</p>	<p>HTML(hypertext makeup language)이란 하이퍼텍스트(hypertext) 기능을 가진 문서를 만드는 인터넷 언어</p> <ul style="list-style-type: none"> • CGI(Common Gateway Interface) HTML과 JAVA스크립트를 이용한 웹페이지 환경에서 사용자가 어떤 값을 서버측으로 전달하지 못하는 단점을 보완하기 위해 개발된 것이 CGI기술이다. CGI 프로그램은 C, C++, Perl, Unix Shell 등을 사용하여 프로그램을 작성한다. CGI 를 이용하여 동적 문서를 작성할 때는 약간의 문제점이 발생하게 된다. CGI 는 웹 서버의 내부에서 작동하는 것이 아닌 외부 프로그램, 즉 웹 서버와는 상관없이 사용자의 요청을 받아 들일 때 마다 새로운 프로세스를 생성하고 그렇게 나온 결과물을 웹 서버와 연결시켜 주는 방식이다. • ASP(Active Server Page) asp 는 마이크로소프트에서 나온 스크립트 언어로, Visual Basic, Java script 등의 다양한 스크립트 언어를 지원하며 기본적으로 Visual Basic 에 기반을 두고 있는 VBScript 언어이다. asp 의 특징은 VBScript 를 이용하여 ActiveX 컴포넌트를 이용할 수 있으며 ActiveX 컴포넌트는 MS 사에서 제공하는 다양한 언어로 작성될 수 있고, ADO 를 이용한 쉬운 DB 접근이 가능하다. 하지만 ASP 는 MS 사의 IIS 웹 서버 에서만 작동이 가능한 플랫폼 의존형 이라는 단점이 있다. • PHP(Professional HTML Perprocessor) PHP 도 ASP 와 비슷한 스크립트 언어이지만 특정 플랫폼에 종속되지 않는 특징을 갖는다. 또한 쉬운 문법과 다양한 데이터 베이스 지원, 빠른 실행 속도 등이 큰 장점이다. 하지만 asp 의 ActiveX 에 해당하는 컴퍼넌트나 JSP 의 JAVA Beans 같은 컴포넌트 모델이 없기 때문에 프로그램의 요구 사항을 PHP 문법 상에서 해결해야 한다는 단점이 있다. • Servlet 서블릿은 JAVA 기반의 서버측 어플리케이션으로 Applet 과 비슷한 생명주기를 갖는다. Servlet은 웹서버로의 요청을 처리해서 생성된 동적 문서를 다시 클라이언트 측으로 돌려주는 방식은 기존의 CGI와 비슷하나, CGI의 프로세스는 요청 시 마다 각각의 독립적인 프로세스를 만들지만 Servlet 은 JVM 환경 하에서 외부의 요청시 마다 Thread를 만들어 동작한다는 것이다. Servlet 은 Thread 환경 하에서 돌기 때문에 빈번한 데이터 베이스 접속이라든지 또는 사용자의 요청이 많은 부분을 POOL 을 만들어서 자원의 효율적인 관리가 가능하다는 특징을 갖는다. Servlet 의 단점은 정적인 환경, 즉 클라이언트 측의 표현부(HTML 디자인 등)를 Java code 안에 넣어야 하기 때문에 디자인의 변경이 쉽지 않다. • JSP(JAVA Server Page) JSP 는 Java 기반의 웹 스크립트 언어로, JSP 는 HTML , Java Script 등의 클라이언트 측 스크립트 언어들과 연결된 동적 문서를 만들어주는 자바 코드 이다. JSP 는 두 가지 형태의 동적 문서 생성을 지원하는데 하나는 스크립트 형태로 쓰이는 코드가 JSP 문서 내부에 작성되는 방식이며 다른 하나는 XML 형식의 JSP 태그를 이용하여 서버상의 Java Component를 접근하는 방식으로서 JSP 페이지 내부에 자바 코드가 많이 안 들어 간다는 특징이 있다. JSP는 자바 클래스, 서블릿, 애플릿, 웹 서버 등과의 다양한 통신방법을 제공한다. 이것을 사용해서 웹 서버 프로그램의 기능을 컴포넌트들로 나누고, 인터페이스를 이용해서 컴포넌트들을 연결해서 사용할 수 있다.
<p>script 언어</p>	<p>Tcl/Tk, C-shell, Boun-Shell, Python, Perl</p>

표 7 범용 구조해석 프로그램

범용 구조해석 프로그램	
명 칭	비고 및 특징, 연락처, 홈페이지 정보
<p>ABAQUS</p>	<p>ABAQUS는 유한 요소법을 이용하여 선형 및 비선형 경계치 문제와 초기치 문제를 해석하는 프로그램인 ABAQUS/Standard, ABAQUS/Explicit와 ABAQUS/Aqua, Design Sensitivity Analysis를 위한 ABAQUS/Design, 구조물의 피로 수명 예측을 위한 ABAQUS/Safe, GUI 환경에서 해석 모델을 생성하고 해석 결과를 관찰할 수 있는 Pre- 및 Post-Processor인 ABAQUS/CAE와 ABAQUS/Viewer, 그리고 다양한 분야의 외부 프로그램과의 연계된 해석 수행을 위한 ABAQUS/USA, ABAQUS/CAT, ABAQUS/ADAMS 등의 다양한 제품군이 있다. (http://www.abaqus.com/)</p>
<p>MIDAS</p>	<p>MIDAS/Civil은 Static Analysis, Dynamic Analysis, Geometric Non-linear Analysis, Bucking Analysis 등의 범용 구조해석 프로그램과 교량설계에 필요한 이동하중해석, PSC교, 사장교, 현수교 해석 및 수화열 해석기능을 하나의 프로그램으로 집적한 토목 전용 해석 및 설계 프로그램이다. MIDAS/Civil은 무제한의 절점과 요소에 대하여 구조해석을 수행할 수 있으며, 단위하중조건 및 하중조합조건에 수에도 제한이 없다. 또한 여러 개의 모델데이터를 순차적으로 호출하여 해석하는 Batch analysis 기능이 지원한다. (http://www.midasuser.com)</p>

<표 7 계속>

ANSYS	ANSYS는 구조, 진동, 열전달, 전자장, 압전, 음향, 열유체, 충돌나하까지의 넓은 해석기능을 Pre-/Post- & Solver 일체형으로 제공하고 있으며, 자기장-구조, 전기장-구조, 자기장-열, 자기장-유동, 전류-자기장, 전기회로-자기장 등의 다양한 연석해석도 같은 환경 내에서 실행한다. (http://www.tsne.co.kr)
ADINA	ADINA(Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis) 소프트웨어는 미국 ADINA R&D사의 제품으로서 2차원, 3차원 선형-비선형 해석(metal, soil, rock, rubber, fabrics, wood, ceramics, concrete)이 가능한 프로그램이다. 적용분야는 온도를 고려한 탄소성 및 Creep 해석, 정해석 및 동적해석시 접촉문제 해석, Buckling, Post-Buckling, Linearized Buckling 해석 등이다. 또한, 대형 구조물 해석을 위한 Iterative Solver, 정해석 및 동적해석시 Sub-Structuring, 해석 과정 중 요소 추가 및 삭제(예; 터미널의 단계적 해석), Wave Propagation, Shock Wave 해석, 그리고 균형 진행을 수반한 파괴 해석이 가능하며 사용자 정의의 요소, 재료 및 하중을 추가할 수 있다. (http://www.adina.com/ , http://www.cabletek.co.kr)
DIANA	DIANA(displacement analyzer) 소프트웨어는 네덜란드의 국가연구기관인 TNO와 Delft대학교와의 공동연구를 통해 지난 1972년부터 개발되어왔다. 구성모듈로는 Linear, Eigenvalue, Nonlinear, Dynamics, Flow, Heat Conduction, Groundwater Flow, Stability 등을 가지고 있으며, 그래픽 Pre & Post Processor로는 FEMGV를 사용하고 있다. 특히 DIANA는 콘크리트에 대한 다양한 비선형 해석요소를 갖고 있으며 재료 모델로는 Rankine Plasticity, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, CEB-FIP 1990, Tsai-Hill 등의 다양한 종류를 지원한다. 따라서 적용분야에 있어 콘크리트 및 암반의 균열해석, 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물의 파괴거동해석, 콘크리트의 수화열 해석, 시공단계별 해석, 빌딩, 교량 및 항만 구조물 기초의 안정 및 변형해석, 지반과 구조물의 상호작용해석, 터널 및 지하공동의 3차원 비선형해석, 물성치의 역해석 등 토목분야의 구조 및 토질분야에 있어서의 Global 및 Local 해석에 적용할 수 있다. (http://www.tnodiana.com/ , http://www.cabletek.co.k)
LUSAS	Windows 환경, 모델링을 지원하는 각종 마법사, 다양한 이동하중관련 기능, 이동하중 최적화, Smart Combination 등의 기능과 작업 환경을 통해 쉽고 빠르게 모델링을 생성하게 되며, 필요한 하중의 재하와 결과 검토를 할 수 있다. 격자나 슬라브 구조를 쉽게 다룰 수 있게 함은 물론, 보다 복잡한 구조에 대한 한 단계 앞선 해석을 수행할 수 있는 많은 특징들을 가지고 있다. 모든 형태의 교량(슬라브 교량, 슬라브/거더 교량, 플레이트 거더교, 석재 아치교, 라멘교, 박스 거더교, 사장교, 현수교) 전체계 해석에 사용할 수 있으며, 또한 국부 해석(플레이트 거더의 좌굴, U-Frame action, 용접부 국부 해석, 박스 다이어그램 입체 모델 해석, 극한 하중 해석, 구조재의 피로해석)에도 사용할 수 있다. (http://www.lusas.co.kr)
STRAND7	STRAND7은 사용하기가 쉽고 강력한 해석기능을 제공하여 짧은 시간에 최적의 결과를 얻을 수 있는 프로그램으로 MDI(Multiple-Document-Interface)를 적용하여 여러 개의 모델링 작업을 동시에 수행할 수 있으며, Windows의 기본기능인 Cut-Paste 기능 적용과 MS-Excel과의 상호 데이터 호환을 가능하게 하여 보다 쉽게 모델링이 가능하며 STRAND7은 유한요소 해석 프로그램으로 다양한 부가적인 기능을 제공한다. 예를 들어 강력한 그래픽 입력 및 그래픽 후처리 기능, 많은 기하학적 모델링 툴 등이 있으며, Beam, Plate, Shell, Brick, Cable 요소 등을 사용하여 다양한 3차원 구조물의 모델링을 할 수 있다. (http://www.ccginc.co.kr http://www.strand7.com)
VisualFEA	VisualFEA는 mesh intersection, mesh operation, mesh carving등 혁신적인 모델링 기능을 비롯하여 편리하고 강력한 전처리 기능을 갖추고 있어서 복잡한 유한요소모델을 아주 쉽고 빠르게 완성할 수 있도록 해준다. VisualFEA는 구조해석, 열전달해석, 침투류해석을 독립적으로, 또는 연동해서 간편하게 수행할 수 있으며, embedded bar 등 VisualFEA만의 독특한 요소들을 다양하게 갖추고 있어서 정밀하고, 실제에 가까운 유한요소해석 결과를 얻을 수 있다. VisualFEA는 iso-surface 등 여러가지 3차원 가시화 기능으로 복잡한 해석 결과를 쉽게 분석하고 이해할 수 있도록 처리해 준다. (http://visualfea.com)
UC-win/COM3 UC-win/WCOMD	COM3(fiber)는 일본의 동경대학교의 콘크리트 연구실에서 개발된 철근콘크리트 구조물의 비선형동적해석 프로그램(COM3, WCOMD)을 상업용으로 수정한 프로그램으로서 UC-win/COM3(fiber)는 완전 3차원 입체해석 tool "COM3"의 요소 중에서 일차원 응력요소를 빼내어 Fiber Model에 의한 비선형 동적해석/정적해석용의 3차원 유한요소 해석 프로그램이고 UC-win/WCOMD는 철근콘크리트 구조물의 2차원 비선형동적해석 프로그램으로서 지반요소를 포함하고 있어서 철근콘크리트 구조물 - 지반상호작용의 해석이 가능하다. (http://www.forum8.co.jp/english/)
NASTRAN	NEiNastran은 데스크탑 PC에서 사용할 수 있는 (FEA) software로 최신의 첨단 FEA기술을 사용하여 최고의 정밀한 해를 제공한다. NE/Nastran은 합리적인 가격 및 빠른 수행속도 쉬운 사용으로 필요한 많은 구조해석 솔루션을 제공한다. linear static, buckling, prestress, modal, dynamics, nonlinear, steady state, & transient heat transfer 뿐 아니라 DDAM, composites, optimization, fatigue, CFD,nonlinear transient response등 여타의 프로그램에서 제공하지 않는 특화된 특별한 해석 타입을 제공한다. (http://nastran.co.kr)

〈표 7 계속〉

<p>COSMOS Works</p>	<p>현재 SolidWorks와 연결하여 사용되는 해석프로그램중 가장 많이 보급된 프로그램으로 SolidWorks와의 연계성, 공유성 및 해석의 속도와 정밀도면에서 본다면, 다른 어떤 프로그램도 COSMOS/Works와 비교되지 않는다. COSMOS/Works는 SolidWorks와 완전히 통합된 형태로 제공되므로, 일반적인 구조/열해석기능뿐만이 아니라 최적화 기능까지 완벽히 지원한다. COSMOS/Works를 채택한 SolidWorks 사용자는 솔리드모델의 변경시 매번 해석을 처음부터 다시 수행해야 하는 불편없이 자동적으로 변경된 모델에 대한 해석을 빠르고 정확하게 수행할 수 있다.</p> <p>COSMOS/Works는 업계에서 공인된 가장 빠른 solver인 FFE Solver를 탑재하여, 과거 유한요소해석에 투입되던 비용의 일부만으로도 보다 복잡하고 중요한 해석을 쉽게 수행할 수 있도록 하며, COSMOS/Works를 사용하면 수백 만개의 자유도로 구성된 복잡한 문제나 gap과 마찰을 고려해야 하는 조립품의 최적화 문제도 쉽게 해결할 수 있다.</p> <p>AccuStress라고 하는 모듈을 채택한 COSMOS/Works로 얻은 결과는 그 정도면에서 타 프로그램의 추종을 불허하는 것으로 많은 benchmark 연구결과가 보고되고 있으며, 다양한 방법의 천이요소생성을 가능케 하는 AccuStress 모듈은 COSMOS/Works의 최적화모듈과 함께 부재의 최적화를 가능하게 한다.</p> <p>(http://www.solidworks.com)</p>
<p>ZEUS NL</p>	<p>ZeusNL 프로그램은 기하학적인 비선형 뿐만 아니라 재료의 비탄성 효과를 모두 고려한 2차원 및 3차원의 강, 철근콘크리트 및 복합구조물의 비선형 해석을 수행하기 위해 Mid-America Earthquake Center 에서 개발되었다. ZeusNL 프로그램에는 고유치해석, 정적해석, Adaptive 정적해석, 정적시간이력해석 및 동적시간이력해석등의 비선형 해석을 위한 다양한 방법들이 있다. 정적해석의 경우, 힘과 변위등이 독립적 및 비례적으로 재하될 수 있을 뿐만 아니라, 변위와 가속도 시간이력 또한 재하되어 질 수 있다. 동적해석의 경우, Lanczos 알고리즘이 고유치 해석에 사용되었고, Newmark 알고리즘 과 Hilber-Hughes-Taylor-α 알고리즘이 시간이력해석을 위한 수치적분에 사용되었다. 아울러 여러 재료모델과 다양한 형태의 단면 및 요소 (element) 가 이용가능하여 실제 구조물에 매우 근접한 해석이 가능하다.</p> <p>(http://mae.ce.uiuc.edu/software_and_tools/zeus_nl.ht)</p>

3. 맺음말

후속되는 특집 기사 내용에서 언급 되었듯이 최근 개발되고 있는 구조분야의 프로그램은 구조물의 계획, 설계, 시공, 사용 및 유지관리 등 수명주기 동안 전 과정에서 발생하는 정보를 교환하고 공유할 수 있도록 시스템화 되어가고 있다. 일례로 교량 해석 프로그램은 교량 유지관리 시스템의 한 구성 요소가 될 수 있으며, 교량 정보 DB 또는 모니터링 시스템과 같은 다른 sub- 모듈들과 함께 연동하는 경우를 생각해 볼 수도 있다. 이 경우 전체적인 시스템 구성을 위해서는 전통적인 전산구조 관련 프로그램 뿐만 아니라 다양한 영역에서의 전산관련 지식이 요구되며 또한 지속적인 정보의 갱신이 필요하다. 이렇듯 지속적으로 변화 발전하는 IT 관련 기술은 전산구조 분야의 변화를 요구할 것이며 또한 새로이 창출되는 전산구조 분야의 needs는 새로운 IT 기술을 창출하는 순환적 발전 과정이 계속될 것이다.

본 기사에서는 그동안 주로 소개 되어오던 범용구조해석 프로그램 뿐 아니라 전산구조해석과 직·간접으로 관련된 다양한 응용프로그램에 대한 분류와 간략한 소개를 실어 보았다. 이어지는 특집 기사들에서는 Pre- and Post- 관련 프로그램, Open Source 프로그램, 특수 목적 프로그램, 공학계산용 프로그래밍언어를 주제로 보다 상세한 내용을 수록하고 있다. 본 기획 기사는 지면과 시간의 제약 때문에 분야별로 비교적 잘 알려진 프로그램들을 중심으로 작성 되었으나 향후에는 보다 많은 프로그램 정보들이 보다 체계적인 방법으로 분류 제공될 수 있기를 기대해 본다.

4. 감사의 글

본 기사의 작성을 위해 도움을 주신 건설기술연구원 조정래 박사님, 한국시설안전기술공단 차철준 박사님, 삼성건설 이석용 박사님, 동국대학교 박재균 교수님, 한남대학교 정성진 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. ☞