

MATLAB 언어를 이용한 구조해석 프로그램 개발에 관한 연구

배 동 명 · 강 상 중

부경대학교

(2000년 10월 12일 접수)

A Study on the Development of Structural Analysis Program using MATLAB Language

Dong-Myung BAE and Sang-Jung KANG

Pukyong National University

(Received October 12, 2000)

Abstract

The construction and ability of CAE program are presented. The merit and ability of MATLAB which is widely using in the field of recently engineering and natural science are also introduced. Also, analysis program of frame structure used the MATLAB language which is divide in 4th generation language is presented.

In this paper, the proposed program using MATLAB language to be based upon the composition of general CAE program is composed to preprocess, solver and post-process procedure. And it is able to carried out the static and eigenvalue analysis of truss structure and two dimensional frame structure.

Also, for the sample pre-processing and post-processing, it is used the characteristic of input window and plot window to be made of the various GUI function.

Each finite elements to be required for analysis is formulated by the Galerkin's method, as a kind of weighted residual method. For check of the results of calculation for program used in this paper, the results to be calculated using program to be developed by the author was compared with its of ANSYS code for general structural analysis about two dimensional truss and frame structure.

서 론

최근 컴퓨터의 발달로 공학해석을 전문으로 하는 많은 프로그램이 등장하고 있다¹⁾. 그 중 하나인 MATLAB(Matrix laboratory) 프로그램은 공학의

모든 연구개발과 컴퓨터를 유효하게 활용하는 분야에서 널리 사용되고 있다. 특히, 기계공학의 전반적인 분야와 전기·전자 및 통계적 분야의 컴퓨터 시뮬레이션이나 공학실험에서의 실험 데이터 해석에 강력한 능력과 기능을 발휘하고 있다. 또

한, 최근 MATLAB은 현저하게 간단한 프로그래밍과 다양한 수치해석 및 그래픽 함수를 사용하여 응용 프로그램을 작성할 수 있다는 장점 등을 바탕으로, Fortran 및 C 언어를 뛰어넘는 언어로 인식되고 있다⁹⁾.

한편, 구조해석 분야의 회사나 연구소 및 대학 등에서는 범용 혹은 상용 구조(유한요소)해석 프로그램을 많이 사용하고 있다. 그러나 이러한 상용 프로그램을 사용하다보면, 몇 가지 불편한 점이나 특정한 해석을 수행할 때 적합하지 않는 점등이 나타난다. 이때 사용자는 특정한 해석에 적합한 프로그램을 사용하고자 하거나 자체 프로그램을 만들고자 하는 생각을 가지게 된다. 후자의 경우, 즉 구조해석용 프로그램 개발은 전문 엔지니어와 전문 프로그래머가 동시에 필요한 대단히 어려운 작업이다. 그래서 엔지니어의 입장에서 기존의 언어를 사용하는 해석 프로그램을 개발한다는 것은 거의 불가능 한 일로 까지 인식되고 있다.

본 논문에서는, MATLAB의 기능 및 장점이 전문 프로그래머의 필요성을 덜어주어 엔지니어가 해석 프로그램을 개발하는데 드는 시간과 노력을 줄여 줄 수 있을 것으로 판단하여, 언어로까지 불려지고 있는 MATLAB을 이용하여 구조해석 프로그램을 개발하는 것에 대한 연구를 수행해보고자 한다.

먼저, 구조해석 프로그램의 구성과 해석기능에 대해서 살펴보고, MATLAB의 간단한 소개와 이의 적용 분야 및 MATLAB의 어떤 기능들이 구조해석 프로그램에 적용되는지를 살펴본다. 다음, 골조 구조물의 정적 및 고유치 해석을 수행할 수 있는 간단한 프로그램을 작성하여 기존의 범용 프로그램과의 단계별(전처리, 해석 그리고 후처리과정) 비교 검토를 통해 MATLAB 언어를 이용한 구조해석 프로그램 개발의 가능성을 제시하고자 한다.

구조해석 프로그램 개요

해석과 설계에 관하여 집중적으로 운영하는 전산지원 시스템으로 정의하는 CAE 개념¹⁾을 바탕으로 구조해석프로그램을 좁은 의미의 CAE 프로

그램으로 지칭할 수 있다. 이런 의미에서 구조해석 프로그램의 개요를 CAE 프로그램을 설명하면서 소개하기로 한다.

1. CAE(Computer Aided Engineering)

computer aided engineering(CAE)란 개념의 용어는 1980년 I-DEAS 개발사인 SDRC의 설립자 중의 한사람인 Jason Lemon이 처음 사용한 이래로 그 개념이 끊임 없이 변해오고 있다. 그는 CAE의 개념을 CAD(computer aided design)와 유한요소 모델링, 유한요소 해석 그리고 이 결과를 종합한 설계까지의 일관된 과정이라 주장하였다. 현재 CAE 개념은 단순한 전산지원 공학해석의 범주를 떠나서 설계분석과 평가, 재 설계 및 최적설계, 그리고 공정모사(process simulation) 등을 포함하여 CAD와 CAM의 연결시스템으로 확대되고 있다.

2. CAE의 과정

유한요소 해석절차는 전 처리 과정 (pre-processing), 유한요소해석(FEA), 그리고 후 처리 과정 (post-processing)의 3개 과정으로 구분할 수 있다. Fig. 2.1은 유한요소 해석절차를 나타내고 있다.

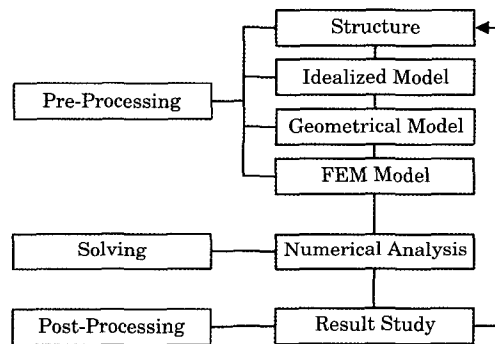


Fig. 2.1. Process of Finite Element Analysis.

3. 구조해석 프로그램의 해석 기능

CAE프로그램의 핵심기술인 구조해석분야에서 사용하는 수치계산방법은 바로 유한 요소법이다 가장 일반적인 해석의 종류는 아래와 같다.

- 하중 형태에 따른 해석
- 선형과 비 선형 해석
- 구조물의 형태에 따른 해석

MATLAB 언어

컴퓨터 언어는 기계어(1세대), 어셈블리어(2세대), Fortran/C(3세대)를 지나 현재에는 제 4세대 언어로 정착되고 있는 MATLAB 언어로 이어져 오고 있다. MATLAB 언어는 초기에는, MATLAB 이라고 하는 프로그램 상에 속한 일종의 프로그램 명령어라 할 수 있었으나, 최근 들어서는 이 MATLAB 프로그램의 강력한 기능 때문에, 기존의 컴퓨터 언어를 능가하는 언어로 정착되고 있다.

1. MATLAB의 개요

MATLAB은 MathWorks社에서 제작한, 그 이름이 말하듯이 행렬을 기본적인 자료의 단위로 하여 고 성능의 수치 계산 및 결과의 가시화 기능을 제공하는 뛰어난 소프트웨어 패키지이다. 최근에는 수치 해석, 행렬 연산, 미분·적분의 수행, 신호처리, 제어기 설계 등의 분야에서 C혹은 Fortran 언어로 프로그램을 일일이 작성하지 않고 이제는 윈도우용 소프트웨어인 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션을 수행해 보고 원하는 결과가 나오면 간단하게 C 언어로 된 프로그램을 자동으로 생성할 수 있다.

MATLAB은 확장성과 기능성 등이 뛰어나며 선형 시스템을 다루기에 적합한 구조로 되어 있기 때문에 이에 관련된 연구를 하는 모든 분야에서 많이 사용하고 있다.

또한, 이 프로그램이 제공하는 여러 가지 수학적 인 알고리즘은 해당 분야의 전문가들이 프로그래머와 함께 만든 것이므로, 모든 수학적 알고리즘은 최적화 되어 있다고 볼 수 있다. 그리고, MATLAB의 코딩 체계 즉, MATLAB 언어는 프로그래머들에게 친숙한 수학적 기호와 간단한 C 문법으로 행하여져, 사용자로부터 하역금 보다 쉽게 알고리즘을 개발할 수 있도록 환경을 구축해 주고 있다.

1.1 기능

MATLAB은 기본적으로 행렬 자료를 다루기 때문에 차원화(dimensioning)가 필요하지 않으며 통상적인 프로그래밍 언어들(Fortran, C, Pascal 및 Basic 등)을 사용하여 프로그램을 작성하지 않고도 쉽게 수치 계산을 수행할 수 있다. 주요 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 수학과 관련된 계산
- 알고리즘 개발
- 상황 모델링과 데이터 분석
- 여러 가지 과학과 공학적인 그래픽 표현
- GUI(graphic user interface)를 채택한 애플리케이션 개발.
- 다른 언어와의 연계

1.2 특징 및 적용 분야

이러한 MATLAB은 수치 해석, 행렬 연산, 제어기 설계, 인공지능의 활용, 신호처리 및 간편한 그래픽 기능 등을 통합하고 성능의 프로그램이다.

MATLAB의 가장 큰 특징은 M-파일을 사용함으로써 특정한 해를 구하는데 필요한 응용 프로그램들을 손쉽게 작성할 수 있다는 점이다.

M-파일이란 매크로 파일로서 해석기(Interpreter) 방식으로 수행되며 사용자가 직접 작성할 수 있는 프로그램이다. 기본적인 내부 명령들뿐만 아니라 M-파일들도 불러서 사용할 수 있으며, 특정한 문제를 풀기 위하여 사용자가 직접 손쉽게 M-파일을 작성하여 사용할 수 있다는 점이 커다란 특징이다.

MATLAB은 이용자의 적용분야에 도움을 주고자 도구상자(toolbox)라는 것을 가지고 있다. Toolbox란 신호처리, 통계학, 영상처리, 제어, 퍼지 논리, 재정 및 화학공정 등 해당 응용 분야의 내용을 심도 있게 지원하는 함수들의 도서관과 같은 것으로 구조역학 분야에 적용할 수 있는 PDE(partial differential equation)를 풀 수 있는 Toolbox도 포함하고 있다. 여기에, 전후 처리 단계에서 필요한 여러 가지 함수들이 들어있다.

특별히, SIMULINK라는 것이 있는데 이 디렉토리의 내용은 주로 동적 시스템의 시뮬레이션에 이용되는 부분으로 MATLAB 프로그램 상에서만

작동하는 또 하나의 프로그램이라 할 수 있다.

이 외에도 최근에는 신호 처리 분야에서 사용되는 장비의 운용을 도와주는 프로그램들이 MATLAB을 이용해 작성되어 사용되고 있는 등 다양한 분야에서 MATLAB이 적용되고 있다.

이와 같이 이전의 프로그래밍 언어를 사용하지 않고도 응용 프로그램을 손쉽게 작성할 수 있는 이러한 MATLAB의 확장성은 과학, 수학 및 공학 등의 분야에서 MATLAB이 많이 사용되는 커다란 이유 중의 하나이다.

2. 구조 해석분야로의 적용

현재, 특정 구조해석을 위한 전용 코드들이 다양하게 상품화되어 있다. 그러나, 흔히 사용하는 Fortran 혹은 C/C++ 언어로 구조해석프로그램의 전처리 단계에서 필요한 그래픽 처리에 요구되는 프로그래밍은 결코 쉽지 않은 일이다. 프로그램 전체로 볼 때, 전·후처리 단계에서의 그래픽 처리를 위해서, 오히려 해석단계에서 필요한 구조해석이론 보다, 그래픽 표현 기법을 더 연구해야 하는 문제점이 발생하게 된다. 구조해석 프로그램은 그 바탕이 유한 요소법이니 만큼 유한 요소법에 포함되는 여러 가지 수치계산법을 MATLAB이 포함하고 있으므로 프로그래밍 시에 필요한 수치계산법으로 작성된 함수를 불러오는 방법으로 불필요한 함수를 다시 만드는 수고를 들어줄 수 있을 뿐만 아니라, 전·후처리에서 필요한 그래픽 관련 방법들을 포함하는 함수가 상당량 포함되어 있어 다른 언어를 사용하여 전·후처리 단계의 프로그래밍을 하는 것보다 쉬운 이점이 있다.

프로그램

본 장에서는 논문에서 제시하고 있는 MATLAB 언어를 이용한 골조 구조 해석용 프로그램(FEMj)을 소개한다. 2장에서 언급한 범용 프로그램의 구성을 단계별로 적용시켰으며, 본 프로그램과 범용 프로그램의 해석단계의 결과를 비교 검토하여 본 프로그램의 계산의 정도를 확인하였다.

1. 구성 및 기능

본 프로그램의 구성 및 기능을 각 단계로 나누어 소개한다. Fig. 4.1은 프로그램을 실행했을 때 처음으로 나타나는 창(window)이다.

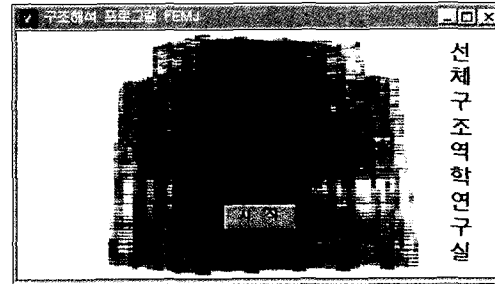


Fig. 4.1 Starting Window of FEMj.

4.1.1 전처리 단계

전처리 단계에서는 window 환경에 맞는 입력 데이터 생성을 위해 MATLAB의 GUI 기능을 이용하였다. 기존의 프로그램과는 달리 한 창에서 단 한가지 명령만 실행할 수 있게 하여 사용자 하여금 프로그램의 복잡성을 제거하여 보다 쉽게 이용하게끔 하였다. Fig. 4.2는 전처리 단계에서 필요한 입력 매개변수를 생성하는 창을 보여주고 있다. Fig. 4.2는 해석 종류와 요소의 형태를 결정하는 창으로서 요소형태는 2-D 트러스, 3-D 트러스 그리고 2-D 프레임 요소를 선택하게 되어 있고, 해석종류에는 정적 해석과 고유치 해석을 선택할 수 있게 되어있다.

이 외에도, 물성치, 절점좌표, 요소의 연결성, 구

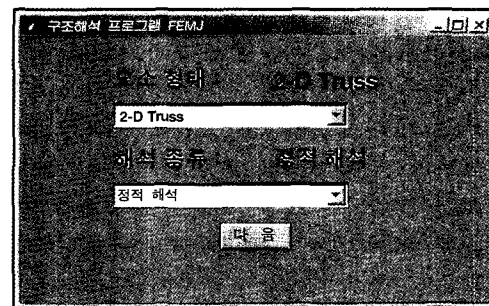


Fig. 4.2. Input Window for Analysis type and Element type.

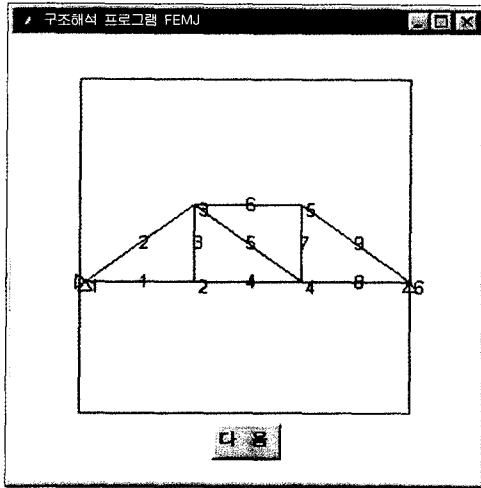


Fig. 4.3. Plot window of FEMj.

속조건 그리고 정적해석의 경우 집중 하중에 대한 조건들을 입력하는 창들이 있다. 이렇게 각 창에서 입력한 데이터들은 각각에 해당하는 변수들이 MATLAB의 binary 파일인 *.mat 파일로 저장된다. 이 단계를 지나면 해석 대상 구조물의 형태를 그림으로 보여주는 plot window가 실행되고 (Fig. 4.3) 이어 해석단계로 넘어간다.

1.2 해석 단계

해석단계에서는 정적해석과 고유치 해석을 수

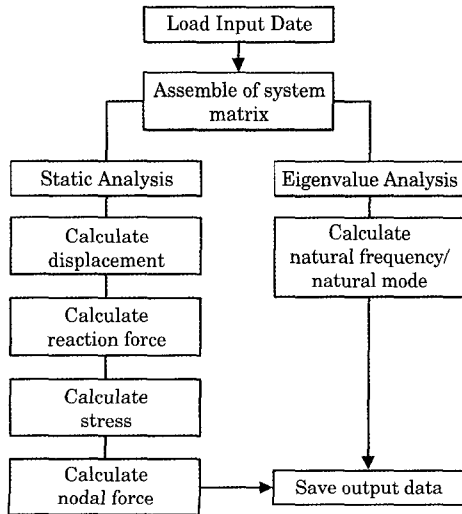


Fig. 4.4. Flow chart of analysis process.

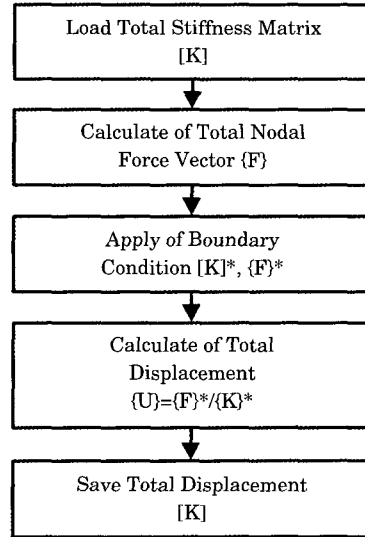


Fig. 4.4(a). Displacement.

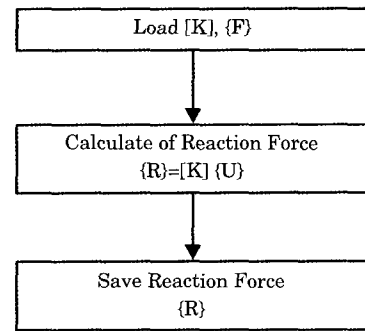


Fig. 4.4(b). Reaction force.

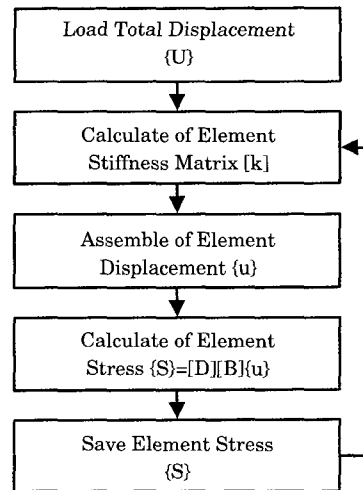


Fig. 4.4(c). Element stress.

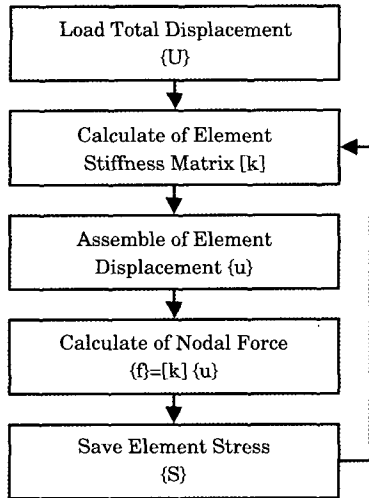


Fig. 4.4(d). Nodal forces.

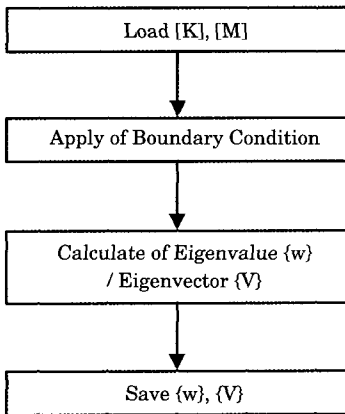


Fig. 4.4(e). Eigenvalue analysis.

행할 수 있는 유한요소 프로그램을 이용해 골조 구조물의 해석을 수행한다. Fig. 4.4는 해석단계의 연산과정을 나타내고 있다.

1.3 후처리 단계

후처리 단계에서는 해석단계에서 계산된 각종 데이터들의 수치를 보여주는 아스키 파일과 변형 상태나 고유모드를 그림으로 나타내는 창으로 구성되어 있다. Fig. 4.5는 고유치 해석을 수행한 후의 모드 형상을 나타내고 있다.

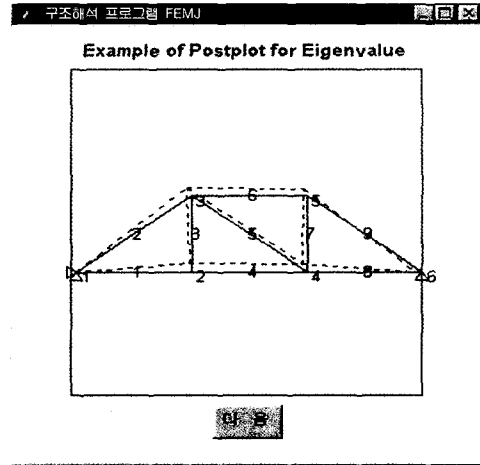


Fig. 4.5. Postplot window of FEMj.

결 론

본 논문에서는, Fortran과 C/C++언어를 사용한 CAE 프로그램들이 가지는 해석 기능과 해석 절차와 같은 전반적인 내용들과 MATLAB 프로그램의 기능과 특징에 대해서 살펴보았다. 또한 본문에서 언급한 것과 같은 MATLAB의 강력한 기능으로 최근 4세대 언어로 정착되고 있는 MATLAB 언어를 사용하여 간단한 프로그램을 작성하였다.

본 논문에서 제시된 골조 구조물 해석 프로그램의 해석 단계에서 사용한 알고리즘은 각각의 요소 행렬들을 중첩하여 전체 자유도수 만큼의 수를 가진 전체 행렬을 구성하여 계산하도록 하였기 때문에, 대형구조물을 해석하기에는 CPU time과 정확도에 관련하여 많은 문제점이 있으리라 본다. 그러나, 해석 단계에서 연립방정식 계산과 고유치 계산을 위한 함수를 작성하거나 타 언어로 작성된 서브루틴을 부르지 않고 직접 간단한 코딩으로, 해당 함수를 불러 사용함으로써 MATLAB언어의 장점을 확인하였다.

전 후처리 단계에서는 MATLAB의 GUI 기능과 그래픽 함수들을 사용하여 범용 프로그램의 기능과는 비교할 수는 없겠지만, 입력데이터 생성이나 결과 검토에 도움이 되도록 프로그래밍 하였다.

대단히 많은 시간이 소비되는 구조해석 프로그램 개발에 있어, 현저하게 간단한 프로그래밍 기

법과 다량의 그래픽 함수를 이용하는 MATLAB 언어를 사용하면 보다 짧은 시간과 적은 노력으로 프로그램 개발에 성공할 수 있는 가능성을 확인하였다.

본 논문에서 작성한 골조 구조물 해석 프로그램은 코딩이 이해하기 쉬운 MATLAB 언어로 작성되었으므로, 향후 판 및 셀 구조물의 해석이나 여러 가지 동적 해석을 수행할 수 있는 프로그램으로 확장하는데에 많은 도움이 될 것이다.

참고 문헌 및 관련 사이트

- [1] 송영준 · 민승재 공역, (1999) : '유한요소법과 최적 구조설계 CAE', 성안당,
- [2] Kwon, Y. W. and Bang, H. C.(1997) : 'The finite element method using MATLAB', CRC Press, Inc.
- [3] Yang, T. Y, (1986) : 'Finite element structural analysis', Prentice-Hall.
- [4] Ross, C. T. F, (1991) : 'Finite element programs for structural vibration'.
- [5] Cheung, Y. K. and Leung, A. Y. T, (1991) : 'Finite Element Methods in Dynamics'.
- [6] Hinton, E. and Owen, D. R. J, (1977) : 'Finite Element Programming', Academic Press.
- [7] Shames, I. H and Dym, C. L, (1993) : 'Energy and finite element methods in structural mechanics, McGraw-Hill.
- [8] <http://matlab.kimhua.co.kr/>
- [9] <http://www.cybernet.co.jp>
- [10] <http://www.posec.co.kr/~hite/>
- [11] Logan, D. L, (1998) : 'Logan의 유한요소 첫걸음', 시그마프레스.