

1989년도 가을

한국전산구조공학회 학술발표회 논문집

퍼스널 컴퓨터를 이용한 대형 유한요소 모델의 경제적인 그래픽 후처리

Economical Post-processing of Large Finite Element Model
on Personal Computer

이성우 * ○이선구 ** 이태연 ***

ABSTRACT

Until recently post-processing of finite element model has been heavily relied on expensive graphic peripheral devices. For this reason many engineers and researchers can not afford to access to the graphics. With the aid of inexpensive personal computers very economical post-processor graphics program called MICRO-POST has been developed in conjunction with low-cost printers and plotters. Model geometry or results of analysis for the unlimited meshes either produced by mainframe or microcomputer can be easily and economically presented in a number of different graphic devices.

The paper presents the procedure obtaining the device independent graphics, and the structure and functions of the program. It also describes a new error-preventive dialogue type input technique to control the plot operation in an interactive manner. Through the post-processing examples for the general purpose finite element programs, it demonstrates the usefulness of the program.

1. 서론

유한요소해석시 컴퓨터 자체 사용료에 비해 입력 데이터를 준비하고 그 해석 결과를 분석하는데 훨씬 더 많은 노력과 경비가 소요 된다는 사실은 이미 잘 알려진 사실이다. 이러한 데이터 취급을 수작업 대신 교호작용 컴퓨터 그래픽(interactive graphics)을 이용하여 많은 양의 수치 데이터를 대폭 줄여주고 필요한 정보물그림으로 일목요연하게 나타내주므로써 시간과 경비를 절감하여 생산성을 향상시키고 있다는 사실도 또한 주지하고 있는 사실이다. 현재까지 이 목적으로 대형 컴퓨터용 후처리(postprocessing) 그래픽 프로그램이^{(1)~(3)} 범용 유한요소 패키지와 함께 널리 사용되고 있다. 그러나 높은 소프트웨어 비용과 도화전용 터미널 및 그에 수반되는 고가의 도화장비들이 요구되기 때문에 사실상 일반 엔지니어나 관계 연구자들 또는 대학에서 유한요소를 배우는 학생들이 손쉽게 후처리 그래픽 프로그램을 이용하기가 힘들었다. 더우기 유한요소 프로그램의 이용 빈도가 날로 늘어나고 있는 근자에 와서는 경제적인 후처리 그래픽 프로그램

의 필요성이 보다 절실히 요구되고 있으나 마땅한 프로그램이 없어 많은 곤란을 받아오고 있는 실정이다. 이러한 절실하고 중요한 작업을 저렴한 퍼스널 컴퓨터와 그에 수반되는 저가의 도화장비를 이용하여 경제적으로 처리하는 기술을 개발하는것은 시대적 소명이라 하여도 과언이 아닐것이다.

본 논문에서는 대형 또는 소형 컴퓨터에서 유한요소 해석으로 생성되는 무제한 요소망으로 이루어진 2차원 또는 3차원 유한요소 모델의 기하형태와 그 해석 결과를 경제적으로 도화처리할 수 있도록 개발된 PC용 후처리 그래픽 프로그램 MICRO-POST⁽⁴⁾의 기능과 그 처리 방법들을 기술하였다. 또한 입력 실수를 방지할 수 있고 컴퓨터와 교호작용을 하면서 도화처리에 대한 정보를 주고 받는 새로운 대화형식의 메뉴방식과 CGI (Computer Graphics Interface)를 이용하여 어떻게 각종 도화장비와 호환할 수 있게 하였는지도 서술하였다

2. 후처리 프로그램의 구성

2.1 도화 기본 화일

* 국민대학교 공과대학 토목공학과 조교수

** 대림 엔지니어링(주) 정보사업그룹 전산기술 연구개발담당

*** 국민대학교 대학원 토목공학과 석사과정

어떠한 유한요소프로그램을 사용하든지 응력해석을 담당하는 사람은 해석이전에 유한요소 모델의 기하형태, 경계조건, 재료의 성질, 하중조건등의 입력 데이터를 준비하여야한다. 보통 이러한 데이터들은 모델러(Modeller)로부터 생성되고 이들이 올바르게 준비되었는지 여부를 해석이전에 그래픽을 통하여 확인해 보게 된다. 이렇게 입력 데이터가 확인되면, 유한요소 프로그램등의 프로세서를 통해 해석을 하게되고 해석 결과로 변형후 기하형태나 각 하중에 따라 해석된 여러 응력 성분에 대한 값들 또는 해석 후의 온도변화등의 각종 인자에 대한 데이터들을 얻게된다. 이러한 각종데이터를 수록한 파일들이 도화기본 파일들이 된다.

그림 1에는 모델러와 프로세서로부터 생성된 도화 기본파일들을 보여주고 있고, 이들이 PC로의 데이터이송(대형 컴퓨터에서 해석한 경우)을 거친후 PC에서 도화처리 속도를 높이기위하여 BINARY데이터로 전환된 다음 후처리 프로그램인 MICRO-POST를 통하여 도화처리되는 과정을 보여주고있다. 이 과정에서 도화처리의 운용은 대화방식의 메뉴판을 통하여 컴퓨터와 교호작

용하면서 정보를 교환할 수 있어서 사용자가 원하는 도화처리를 화면, 프린터, 플로터등 각종 도화장비에 호환하여 자유로이 처리할 수 있게 되어있다.

도화 기본파일의 데이터를 MICRO-POST가 수용할 수 있는 입력 방식으로 전환시키는데는 간단한 데이터 전환 프로그램 CONVBIN이 필요하다. 현재 SAP6⁽⁵⁾, SAP7⁽⁵⁾, COSMOS7⁽⁶⁾ 및 CPEP⁽⁷⁾등의 유한요소 프로그램에서 생성된 도화파일들은 이 CONVBIN 프로그램을 통하여 수정없이 곧바로 데이터전환이 가능하다. 이들 프로그램외에도 MICRO-POST는 어떠한 유형의 유한요소 프로그램의 후처리용으로도 사용할 수 있으며 이를 위해서는 사용자가 CONVBIN과 유사한 데이터 전환 프로그램을 작성하여 MICRO-POST에 요구되는 데이터로 변환시켜주면 된다.

2.2 CGI 그래픽 라이브러리

MICRO-POST 프로그램의 도화처리를 모든 도화장비에 호환시키기 위하여 고단계의 인터페이스 그래픽 라이브러리^(8,9)를 사용하였다. 이 인터페이스 프로그

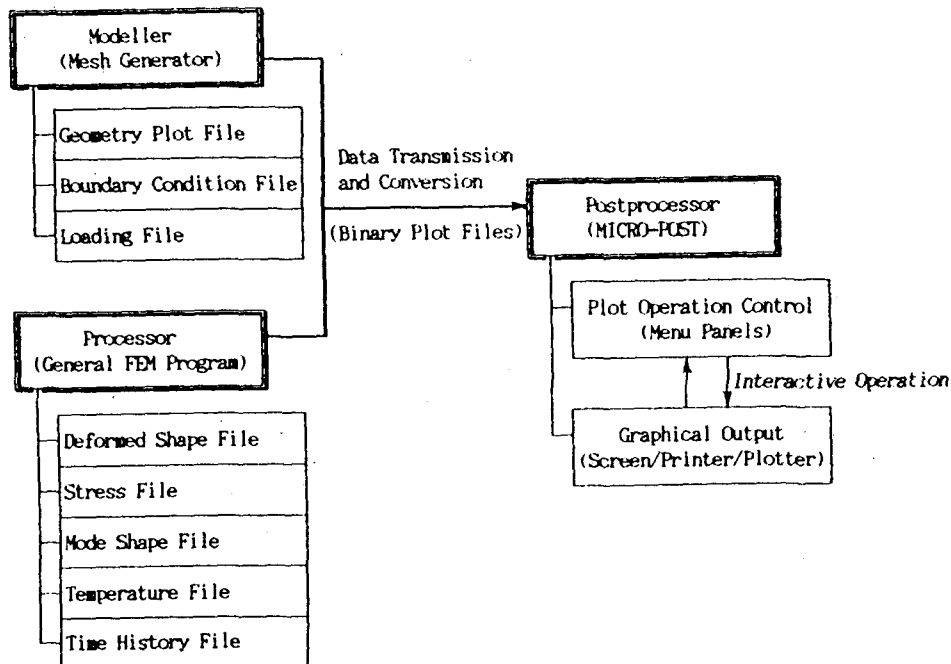


Figure 1 Postprocessing procedure in finite element analysis.

램은 모든 도화기본 기능을 갖춘 CGI(Computer Graphics Interface)를 이용한 Graphics Development Toolkit(10)를 사용하여 개발된 FORTRAN 프로그램들이다. 이들은 화면의 메뉴방식처리, 2차원 또는 3차원 그래픽 응용프로그램등을 손쉽게 개발할 목적으로 개발된 인터페이스 라이브러리 프로그램들이다. 그림 2에서는 CGI와 인터페이스 프로그램 및 그래픽 응용프로그램들이 어떻게 상호 작용하고 있는가를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와같이 CGI에서는 모든 도화장비들을 하나의 가상장비(Virtual device)로 간주하여 그래픽 기본 기능들을 취급하고 있기때문에 응용프로그램에서는 마치 도화 장비가 하나인 것처럼 생각하고 프로그램을 코딩할수 있어서 도화장비의 호환이 CGI를 통해 손쉽게 이루어질 수 있음을 알 수 있다.

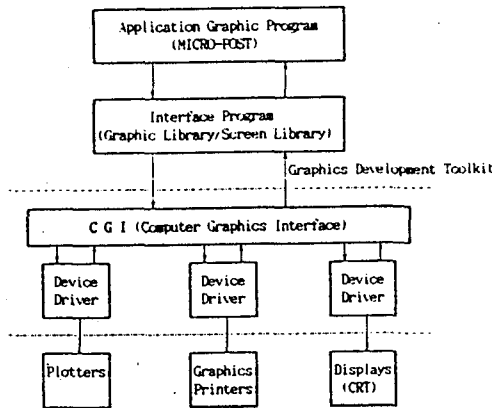


Figure 2. High-level interface graphic library for MICRO-POST program.

2.3 MICRO-POST의 구성

그림 3에는 MICRO-POST 프로그램의 구성을 흐름도로 보여주고 있다. 여기에서 알 수 있는 바와 같이 도화 처리의 통제는 3개의 메뉴 패널에서 해주고 있고 여기에서 결정된 도화방식은 곧바로 화면에 도화된다. 이때 도화된 내용이 원하는 바가 아니면 컴퓨터와 교호하면서 다시 메뉴판으로 돌아가 원하는 선택을 할 수 있게 되어 있어 퍼스널 컴퓨터의 교호작용(Interactive) 기능을 십분 이용하고 있다. 한편 화면에 나타난 그림의 일부를 확대해 보고 싶으면 확대(Zoom) 기능을 이용하여 원하는 만큼 반복하여 확대할 수 있도록 하여 사용자의 편의를 제고 시켰다. 또한 확대 또는 원상태의 그림을 화면에 있는 상태 그대로 프

터, 또는 프린터로 이송시켜 양질의 하드카피를 얻을 수 있는 기능도 갖추고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 첫번째 메뉴판에는 도화전반의 운용에 관하여, 두번째 메뉴판에는 기하형태의 도화처리에 관하여 그리고 세번째 메뉴판에는 등고선 도화에 관한 것들로 되어 있다. 이들 메뉴판은 프로그램 통제 명령어로 제어 되기 때문에 다음 메뉴판에서 전번 메뉴판으로 이전하거나 프로그램의 완전종료등이 손쉽게 이루어질 수 있다.

한편 MICRO-POST에 입력되는 도화 기본 화입속에 있는 질점좌표, 요소연결 정보, 경계조건, 하중조건에 따르는 각 성분의 응력값들, 또는 도화처리 도중 발생하는 3차원에서 2차원으로의 좌표변환, 투시관점의 변화, 모델의 확대등의 계산에 필요한 데이터처리를 메모리를 쓰지 않고 순차화일(Sequential file) 또는 직접 접근화일(Direct access file)을 이용하는 매우 효과적인 디스크 I/O방식을 써서 퍼스널 컴퓨터의 디스크용량(메모리 용량이 아닌)이 허락하는 범위의 무제한 유한요소망을 취급할 수 있도록 하였다.

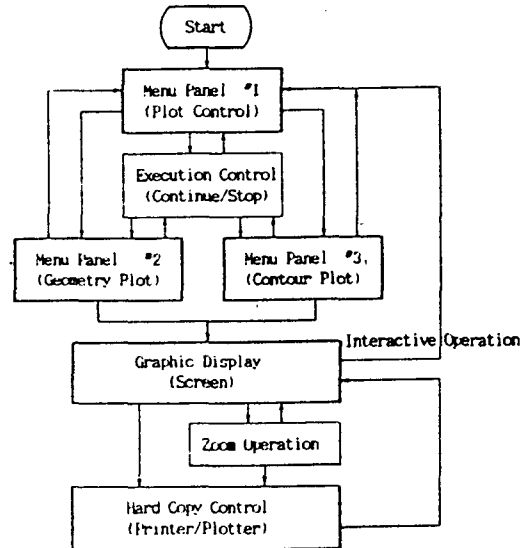


Figure 3. Control flow of MICRO-POST.

2.4 프로그램의 기능

MICRO-POST의 기능은 기하형태에 대한 도화기능과 등고선도에 대한 도화기능으로 대별할 수 있다. 기하형태 도화기능을 이용하면 원 모델도, 정적 변형 모델도, 동적 진동 모우드등의 그림을 얻을 수 있다. 등고선도 도화기능을 이용할 경우에는 각 하중조건하의 어떤 응력 성분에 대한 응력 등고선, 단면력 또는 모

먼트 등고선이나 사용자가 원하는 각종 인자에 따른 등고선도등을 얻을 수 있다. 일례로 CFEP프로그램의 R/C슬래브설계 기능과 연계시킴경우 설계된 철근망이나 실하중하의 처짐계수등에 대한 등고선도를 얻을 수 있다.

도화처리는 전술한 바와 같이 3개의 메뉴판에서 통제되는데 그림 4-6 에는 이들 메뉴판의 내용을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있는바와 같이 이들 메뉴판의 입력칸들은 모두 대화 형태의 입력칸들로 구성되어 있으며 사용자와 컴퓨터가 서로 교호하면서 입력처리를 할 수 있게 되어있다. 메뉴판의 입력칸들 속의 값은 처음에는 자동으로 도시되고 두번째 시행부터는 이전의 입력에서 선택된 값들이 화면에 떠오르게 되어있다. 입력은 위에서 순차적으로 내려오면서 할 수 있으나 만약 사용자가 원하면 곧바로 수행 명령어로 빠져 내려갈 수 있어 불필요한 입력칸의 통과를 막을 수 있다. 2번째 또는 3번째 메뉴에서 작업을 하다가 첫번째 메뉴에 입력 실수를 깨달은 경우 수행 명령어란의 전번 메뉴판(Prev. Page)을 택함으로써 전번 메뉴판으로 되돌아가 수정이 가능하도록 하였다.

대화방식의 입력처리의 이점은 여러가지가 있겠으나 첫째는 입력할 내용을 알고서 사용자가 선택하므로 입력처리가 훨씬 간결하고, 둘째로는 입력칸의 선택항목들을 프로그램내부에서 통제하므로써 숫자인 경우 입력의 범위, 문자인 경우 선택된 문자만을 입력할 수 있게하여 입력여러를 최대한 방지시켜줄 수 있으며, 셋째는 메뉴판 자체의 설명 기능으로 인해 사용자가 읽는데 많은 부담을 주는 입력 지침서의 부피를 상당히 줄일 수 있는데 있다고 하겠다.

3. 이용 사례

3.1 반응조 지지 구조

그림 7에는 CFEP⁽⁷⁾프로그램으로 해석한 풀리 프로피엔 공장의 반응조 지지구조물의 해석결과를 변형전 후 모델도를 통해 보여주고 있다. 이 그림은 하드카피를 사용하여 화면을 그대로 옮긴것이다. 물론 이 모델은 투시관점을 바꾸거나 투시처리를 변경하여 도시할수도 있으며, 모델 자체를 축소시켜 그림수도 있다. 변형전 또는 후의 모델도를 선의 종류별로 각각 다른 색채를 이용하여 범도로 그림 수 있고, 각 하중 경우별로 변형확대율을 조정해 가면서 그림수도 있으며, 도시오소의 범위를 지적해줌으로써 일부분만 그림

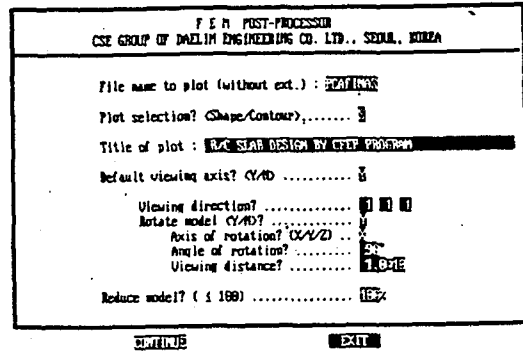


Figure 4. Menu panel for plot control.

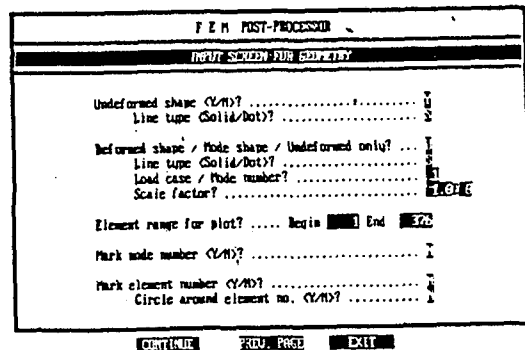


Figure 5. Menu panel for geometry plot.

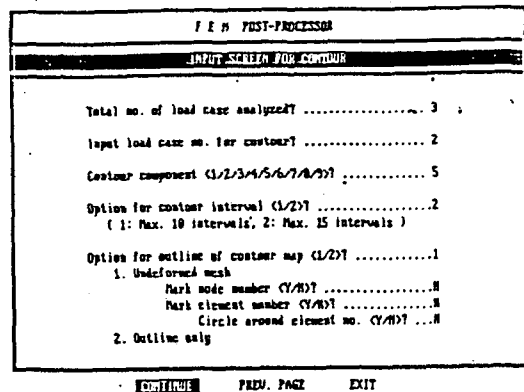


Figure 6. Menu panel for contour plot.

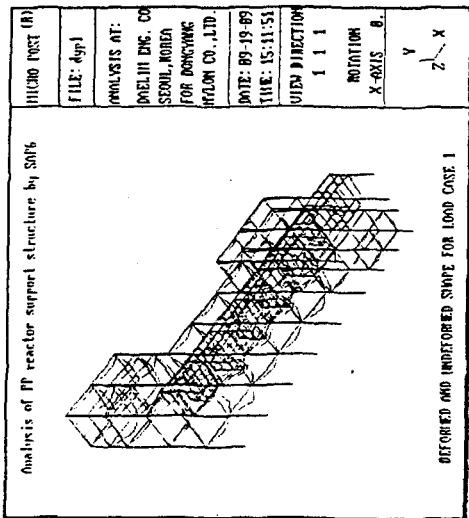


Figure 7. Deformed and undeformed shape of reactor support structure.

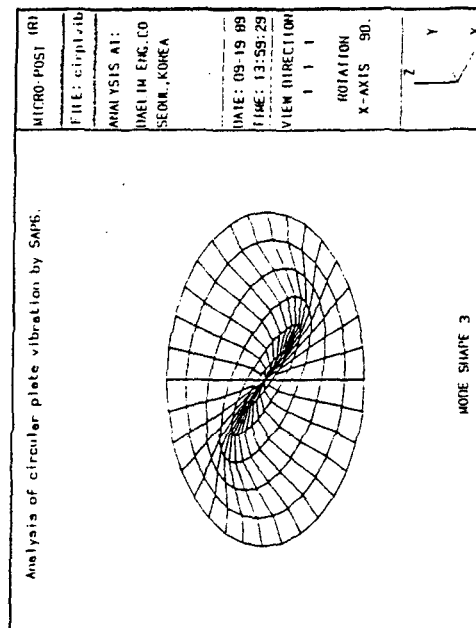


Figure 8. Vibration mode of circular plate.

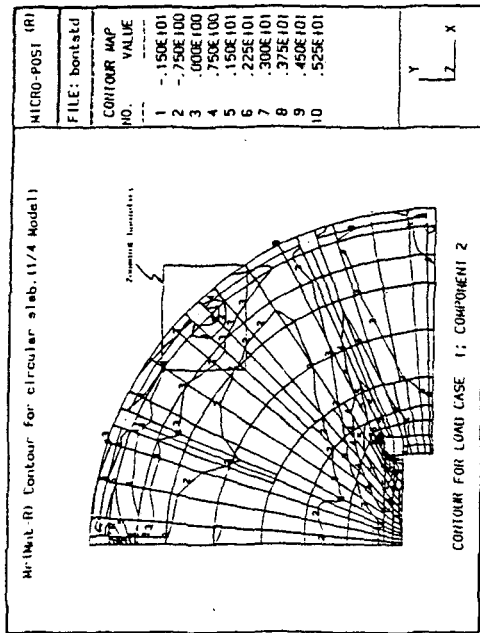


Figure 9. Contour map of M_r (ft-k/ft) for R/C circular slab.

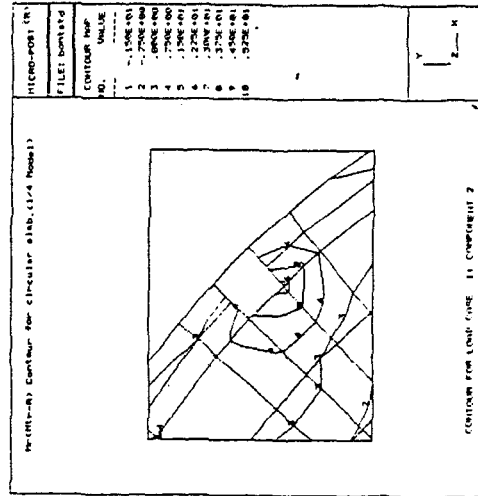


Figure 10. Zoomed figure of part of Figure 9.

수도 있다. 또한 요소나 절점번호를 기입할 수 있고, 화면에 나타난 그림의 일부분을 확대기능으로 계속해서 확대해 볼수도있다. 물론 이러한 그림은 프린터 또는 프뫼터에서 양질의 하드카피도 얻을 수 있게된다

3.2 원형 평판의 자유진동

그림 8에는 SAP6⁽⁴⁾프로그램으로 해석한 주변이 고정된 원형평판의 3번째 진동모드를 보여주고있다. 이 또한 여러가지 모드별로 원 모델도와 중첩 또는 단독으로 도시가 가능하고 3.1항의 모든기능을 부여할 수 있다. 이 그림은 프뫼터로 그린 그림이다.

3.3 원형 철근콘크리트 슬래브의 설계

그림 9에서는 CFEP프로그램으로 해석한후 설계한 원형 철근콘크리트 슬래브의 반경방향 모멘트에 대한 등고선도를 보여주고있다. 이 모델 역시 무시관점등을 변경해서 도시할 수 있고 선택한 하중 경우에 따른 각각 다른 성분의 응력, 단면력, 모멘트 또는 설계인자들을 등고선으로 도시할 수 있다. 등고선 간격도 사용자의 편의에 따라 조정할 수 있으며, 등고선을 도시한후 요소망을 중첩시켜 그림것인지 외곽 경계만을 그림것인지도 선택이 가능하며, 요소망을 중첩시킨 경우 절점 또는 요소번호를 쓸것인지도 선택할 수 있다. 물론 이들 번호의 문자들은 등고선값들과 구분하기 쉽게 다른 색채로 도시해줄 수 있다. 등고선도에 절점번호나 요소번호를 도시할 경우 복잡한 요소망이나 응력집중이 된 부분을 확대하였을때 정확히 해당 절점과 요소를 파악할 수 있어 매우 유용하게 사용된다. 그림 9는 프뫼터로 그린것이고 그림 10은 그림 9의 테두리치진 부분을 확대하여 프린터로 그려낸 그림이다.

4. 결 론

본 연구에서는 유한요소해석의 데이터 분석에서 매우 중요한 그래픽 후처리를 저렴한 퍼스널 컴퓨터와 이에 따르는 저가의 도화장비를 이용하여 도화처리 할 수 있게한 경제적인 후처리 그래픽 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램에서는 효율적인 I/O기법을 사용하여 대형 또는 소형 컴퓨터에서 해석한 무제한 요소망의 결과도 도시할 수 있게 하였고, 입력 실수를 방지 시켜주는 새로운 대화방식의 입력기법도 도입하였다. SAP6, CFEP 프로그램과 연계 사용한 예를 통해 프로그

램의 효용도를 입증하였다. 이러한 프로그램의 개발을 기하여 과학기술분야에서 향후 더욱 많은 경제적인 응용 그래픽 프로그램이 개발될것을 기대한다.

감사의 말

본 논문에 사용된 MICRO-POST프로그램의 개발은 일부 대림엔지니어링(주)에서 지원되었음을 밝히고 그동안의 협조에 감사드린다.

5. 참 고 문 헌

- 1) Gelman A. P., "POST-A Postprocessor Graphics Program to Accompany the COSMOS Finite Element Programs," Structural Research & Analysis Corporation, Santa Monica, California, January 1984.
- 2) ADINA Engineering, Inc. "ADINA-PL0T (A Postprocessor for ADINA Program)," Watertown, Massachusetts, November 1986.
- 3) TDA Engineering, "PATRAN(CAD/CAE Software System)," Costamesa, California, 1987.
- 4) 이성우, 대림엔지니어링(주), "MICRO-POST - 유한요소 프로그램을위한 PC용 후처리 그래픽 프로그램", 과기처 프로그램 등록 제1499호, 서울, 1989.
- 5) SAP Users Group, "SAP6, SAP7-Structural Analysis Program," University of Southern California, California, 1986.
- 6) Structural Research and Analysis Corp. "COSMOS7-Structural Analysis System," Santa Monica, California, 1987.
- 7) Sung Woo Lee, "CFEP-Compact Finite Element Program," University of Southern California, California, 1987.
- 8) 이성우, 대림엔지니어링(주), "GRPLIB-A FORTRAN Graphic Interface Library," (프로그램 등록 신청중), 서울, 1989.
- 9) 이성우, 대림엔지니어링(주), "SCLIB-A FORTRAN Screen Management Library," (프로그램 등록 신청중), 서울, 1989.
- 10) Graphic Software System, "GSS Graphic Development Toolkit," Wilsonville, Oregon, 1985.