

원격 CAE를 위한 PC기반 전·후처리기 개발

서영성*, 변철진**, 유승현***, 이재영****, 김 현*****

Development of a PC-based Pre- and Post-processor for Remote CAE

Suh, Y. S.*, Byun, C. J.**, Yoo, S. H.***, Lee, J. Y.**** and Kim, H.*****

ABSTRACT

A compact pre- and post-processor that runs on PC has been developed for the purpose of remote CAE. This includes a linear-finite-element-analysis module for on-site analysis of simple and midium-sized structural problems and an interfacing module for remote analysis of more complex cases such as nonlinear and large-scale linear problems which are cpu-consuming to solve. The software was designed to provide convenient interfacing capability for the use of client-server-type analysis. In this paper, the interface module was specially designed to use ABAQUS on the supercomputer. As a benchmark for the remote CAE, a sheet-forming simulation was performed on a PC networked with the supercomputer.

Key words : CAE(Computer-Aided Engineering), Pre- and Post-processor, Sheet Forming, Finite-Element Analysis, ABAQUS

1. 서 론

광의의 CAE는 CAD/CAM/CAT를 포함하는, 컴퓨터를 활용하는 토탈 엔지니어링의 포괄적인 개념이지만 협의의 CAE는 가상생산, 가상실험의 개념을 가지며, 복잡하고 비용이 많이 드는 실제실험 대신 실제실험을 통해 얻고자 했던 공학적 정보들을 전산해석기법과 그래픽 모델링 및 가시화 기술을 이용하여 효과적으로 획득하고 분석하고자 하는, 보다 확장된 개념의 컴퓨터 시뮬레이션 기반의 해석방법이다^[1]. 특히 CAD/CAE 시스템을 연계한 시스템의 활용은 부품의 설계 시에 대부분의 시간과 비용을 소모하는 시작품 제작 회수를 획기적으로 줄일 수 있으며, 관련분야의 설계기술 향상을 통해 제조업체의 생산성을 제고할 수 있다. 또한 기존에는 발견할 수 없었던 고난도 제품 설계시의 문제점을 규명하고 그에 대한

개선안을 제시할 수 있다. CAE 시스템 중 구조해석 관련 기술은 제품의 구조설계 시 필수적으로 사용되는 기본 도구로서, 제품의 설계과정에서 다양한 조건의 정적/동적 구조해석을 수행함으로써 짧은 시간에 최적의 설계안을 제시할 수 있어 개발 기간의 단축 및 품질 개선의 효과를 얻을 수 있다^[2,3]. 특히 유한요소법을 이용한 구조해석 프로그램들은 상용으로 제작되어 산업 현장에서 광범위하게 사용되고 있으며 자동차, 항공, 중공업 관련 대기업의 설계 및 생산과정에서 매우 필수 불가결한 요소로 자리잡아가고 있다. 그러나 이들 대기업과 관련된 부품회사, 하청회사 등의 비교적 중소 규모의 회사에서는 아직도 이러한 시스템의 활용이 보편화되고 있지 못하다. 국제 경쟁력의 강화를 위해서는 열악한 설계 환경의 중소기업에도 CAE를 활용하여 전문적인 설계환경을 구축해야 할 것이나, 해석 프로그램, 전·후처리 소프트웨어 등의 CAE관련 소프트웨어 및 고성능 워크스테이션 등의 하드웨어는 통상 많은 투자를 필요로 하기 때문에 중소규모의 기업에서는 예산 상 도입이 어려운 실정이다.

본 연구에서는 현재 ETRI에서 슈퍼컴퓨터 상에 고

*정회원, 한남대학교 기계공학과
**아주대학교 기계공학과
***아주대학교 기계 및 산업공학부
****정회원, 전북대학교 생물자원시스템공학부
*****중신회원, 전자통신연구원 동시공학연구팀

가의 상용소프트웨어를 지원하며 이를 초고속망에 연계하여 전국 어디서나 사용할 수 있도록 해 놓은 점에 착안하여 이를 사용자가 사무실에 앉아 PC에 연결하여 간편히 이용할 수 있는 전·후처리 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어는 PC 상에서 간편히 구조해석 관련 CAE 업무에 사용할 수 있도록 선형유한요소해석, 프레임(frame) 해석 등을 수행할 수 있는 솔버(solver)를 내장하고, 계산 처리 시간이 많이 소요되는 비선형이나 대형 문제 관련 해석을 위해서는 상용 소프트웨어에 연결하여 활용할 수 있도록 전·후처리 모듈의 구조를 개방적으로 개발하였다. 따라서 개발된 소프트웨어는 슈퍼컴퓨터뿐만 아니라, 회사 내의 어떠한 시스템에도 서버-클라이언트 시스템을 구축하여 사용할 수 있다. 즉, 비용이 많이 드는 다목적 소프트웨어 솔버를 서버급 고성능 컴퓨터에 올려놓고 회사의 설계 부서에서는 진동, 응력해석 및 열해석 등을 수행하는 각 팀이 필요로 하는 전문해석 전후처리 시스템을 나름대로 구축하여 활용할 수 있도록 함으로써 매우 경제적이면서도 효율적인 CAE시스템을 구축할 수 있다.

본 연구에서는 벤치마킹을 위하여 ETRI 슈퍼컴퓨터 Cray C90에 실려있는 ABAQUS를 연계 시켜, 자동차 산업 등에 요긴히 사용되는 판재성형 시물레이션이 원적으로 수행 가능함을 실제 관련 산업체의 제품 생산 공정에 적용하여 성공적인 결과를 보였다.

2. 전·후처리 및 선형 구조해석 모듈의 개발

PC 기반의 전·후처리기인 SERIANA(Smart, Easy, Reliable, and Intelligent ANAlyser)는, 선형 유한요소해석 프로그램을 내장하였다. 이는 산업체의 해석 관련 활용용도의 70~80%가 선형임을 염두에 둔 것이다. Fig. 1은 소프트웨어의 구조를 보여준다.

SERIANA는 해석 모듈 및 전후처리 모듈이 사용자 친근성을 극대화시키도록 제작되었으며, 초보자라 할지라도 쉽게 설계업무에 구조해석 시스템을 활용할 수 있도록 전체적인 구성을 표준화하며 개발하였다. 프로그램은 윈도우즈-맥 OS 환경 모두에서 실행할 수 있도록 개발하였다. 즉, 본 프로그램은 C 언어로 개발하여 Code Warrior에서 컴파일 할 때, 상기 두 운영체제 모두에서 실행시킬 수 있도록 개발하였다. 따라서, SERI-ANA는 Windows 95, 98, NT 및 Mac OS 모두에서 실행이 가능하다.

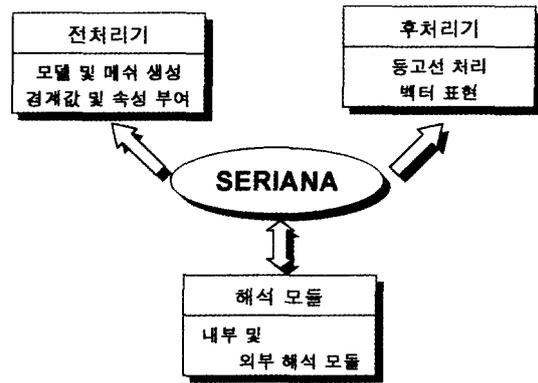


Fig. 1. Schematic of the developed system.

2.1 전처리기

한요소해석의 전처리 과정은 해석 대상을 모델링하는 과정으로서, 기하학적 형상을 만들고 적절한 경계조건과 물성치를 입력하게 된다. 기하학적 형상 제작을 위한 유한요소 망 발생 방법들은 대체적으로 매핑기법에 의한 방법, 스윙핑 방법과 자동분할 방법으로 분류할 수 있다. 특히 SERIANA에서는 임의 형상의 평면 및 곡면 요소망을 간편하게 발생시킬 수 있도록 평면상의 영역 경계와 조절선에 맞추어서 요소 망을 자동 생성하는 자동분할 알고리즘을 적용하였다. 또한 판재성형 해석시, 판재와 각 금형 상호간에 발생하는 접촉면을 정확하게 설정할 수 있도록 각 요소의 면에 대한 수직(surface normal) 방향을 벡터로 확인하고, 필요에 따라 방향을 변환할 수 있게 하였다. Fig. 2는 SERIANA로 선형구조해석을

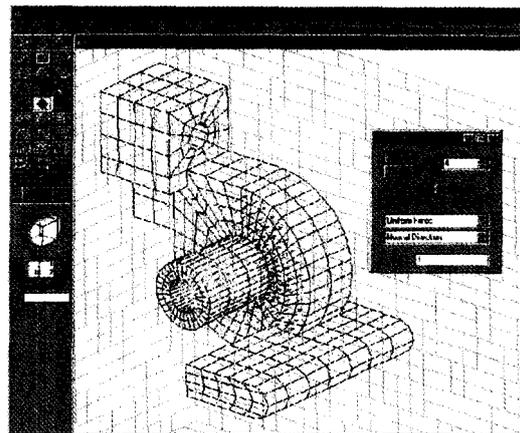


Fig. 2. Pre-processing with SERIANA - FE model of an arm under uniform loads.

수행하기 위하여 기계부품을 전처리한 유한요소해석 모델이다.

2.2 내장된 선형해석 모듈

해석 모듈은 전처리에 의해 생성된 해석 관련 데이터를 이용하여 선형 정적/동적 해석을 수행한다. 선형 유한요소해석을 위한 방정식을 세우고 푸는 과정은 전방해석 알고리즘(Frontal solution algorithm)과 스카이라인 조밀화 알고리즘(Skyline compaction algorithm)을 병용하였다. 또한 본 선형 해석 모듈은 트러스, 빔, 평면 응력, 평면 변형률, 판 및 셀, 3차원 고체 요소 등을 포함하여 30종의 요소를 제공한다. 판재성형과 같은 비선형 해석이나 수만 개의 자유도를 갖는 대형 문제를 위해서는 네트워크에 연결하여 고성능 컴퓨터 위에 설치된 상업용 소프트웨어를 사용할 수 있도록 인터페이스를 개발하였다. 소프트웨어의 유지/보수를 위해 많은 인원과 비용이 드는 비선형 유한요소해석 프로그램의 경우 이러한 방법을 채택하는 것이 더 효율적이다. Fig. 3은 유한요소해석 모듈의 후처리 단계에서 해석 옵션을 선택하는 과정을 나타낸다.

2.3 후처리기

유한요소해석 결과를 시각화하는 후처리는 과학적 시각화의 중요한 분야이다. 해석 결과를 시각화하는 방법으로서 등고선 표시, 등가면 표시, 벡터 표시 등 다양한 시각화 알고리즘을 개발하고 이를 프로그램화하였다. 특히 3차원 고체(solid)의 해석 결과를 표

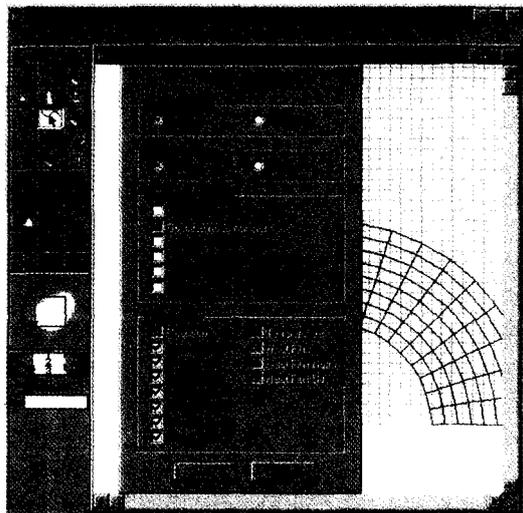


Fig. 3. Selection of analysis options.



Fig. 4. Post-processing with SERIANA - Visualization of results on the cutting section.

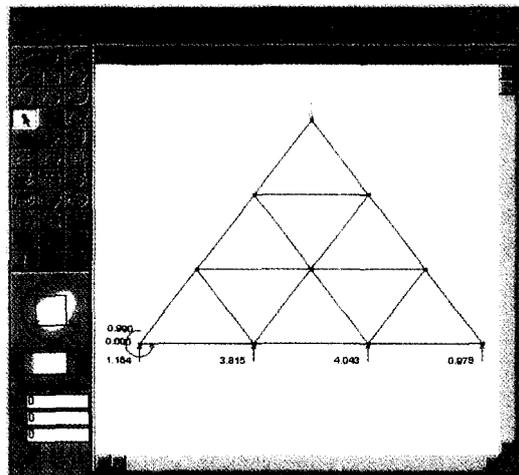


Fig. 5. Post-processing for the frame analysis.

과적으로 가시화 하는 보조적인 수단으로서 절단면을 설정하는 방법(Fig. 4)과 직교 평면을 설정하는 방법 등 새로운 후처리 방법을 개발하였다. Fig. 5는 프레임 해석을 위한 후처리 화면이다.

3. 원격CAE를 위한 인터페이스 개발

충돌해석이나 금속성형 해석 등과 같은 수천, 수만개의 자유도를 갖는 대형, 비선형 해석을 위해 다목적, 상용, 비선형 해석 전용 프로그램이 설치된 서버 컴퓨터에 연결, 네트워크를 통해 원격해석을 할

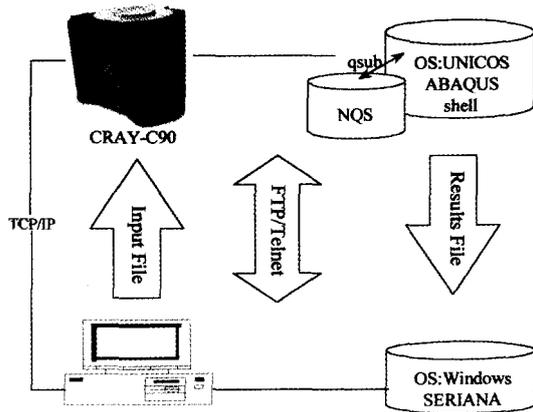


Fig. 6. Remote nonlinear analysis through network.

수 있다. 이를 위해서는 SERIANA와 서버에 설치된 해석 프로그램간의 데이터를 상호 변환 시켜주어야 한다. 본 연구에서는 검증용 위해서, ETRI 슈퍼컴퓨터센터에 위치한 Cray C90 상의 ABAQUS를 활용하여 원격판재성형해석을 할 수 있도록 개발하였다. 인터페이스 프로그램은 C++로 작성하였으며, MS-Visual C++ 5.0을 이용하여 윈도우즈 환경에서만 사용될 수 있도록 컴파일 하였고, 약간의 수정을 거치면 Mac OS에서 실행할 수 있다. 여기에 사용된 그래픽 라이브러리는 GDI이다.

3.1 유한요소해석을 위한 해석 모듈

Fig. 6은 네트워크를 통해 슈퍼컴퓨터에 접속한 후 ABAQUS를 활용하여 비선형 해석을 수행하는 과정을 도식화 한 것이다.

기본적으로 사용하는 해석 대상의 기하학적 형상을 만들기 위해 PC환경에서 SERIANA를 이용하여 모델링을 하게 되며, 네트워크 프로그램을 이용하여 슈퍼컴퓨터로 입력 데이터를 전송한 후 ABAQUS를 원격 구동하여 판재성형 등과 같은 비선형 해석을 수행하게 된다. 해석 결과 역시 네트워크를 통해 PC로 전송되어 일련의 과정을 거쳐 SERIANA의 파일에 기록된다.

3.2 데이터 변환을 위한 인터페이스

Fig. 7은 SERIANA와 ABAQUS의 데이터 구조이며, 실제 두 프로그램 상호간에 데이터 교환의 흐름을 도식화한 것이다. 인터페이스 모듈을 통해 SERIANA 파일에서 기하학적 형상, 물성치, 경계조건, 하중 등과 같이 해석에 필요한 데이터를 추출한

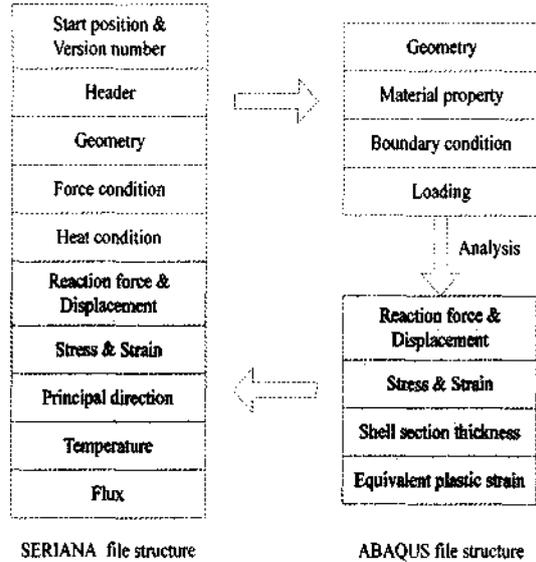


Fig. 7. File structure and data exchange of SERIANA and ABAQUS.

후 ABAQUS의 입력파일을 작성하여 실제 해석을 수행한다. 해석이 완료되면 다시 ABAQUS의 결과파일로부터 판재의 두께, 유효 소성 변형률 등과 같은 데이터를 SERIANA의 파일 포맷으로 기록하여 후처리 부분에서 가시화 하게 된다.

3.3 원격해석을 위한 네트워크 프로그램

SERIANA와 슈퍼컴퓨터간의 네트워크 통신은 인터넷 통신표준인 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)를 통해 이루어진다. TCP/IP를 통해 네트워크 상에서 데이터를 전송할 때 이 데이터는 패킷이라는 작은 단위로 나뉘어져서 전송되는데, 이 때 TCP의 역할은 데이터의 흐름을 관리하고 데이터가 정확한지 여부를 검사하는 역할을 하며, IP의 역할은 전송하려는 데이터의 단위(패킷)를 한 장소에서 다른 장소로 이동시켜주는 역할을 한다. 본 논문에서는 TCP/IP의 응용 프로그램 계층에서 윈도우즈 소켓(Windows Socket, Winsock)을 이용하여 파일전송 프로토콜(File Transfer Protocol, FTP)과 원격접속 프로토콜(Telnet)이 하나로 통합된 TCP/IP 응용 프로그램을 작성하였다. Fig. 8은 본 프로그램에서의 통신구조를 보여준다.

본 프로그램은 SERIANA 환경 내에서 간단한 조작만으로 슈퍼컴퓨터를 이용한 원격해석을 원활하게 수행할 수 있도록 하였다. 즉 사용자가 파일전송을

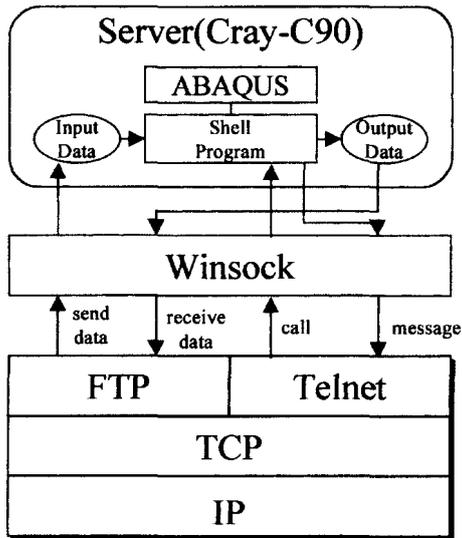


Fig. 8. Schematic of the network communication for remote CAE with SERIANA.

통해 SERIANA에서 작성된 ABAQUS 입력파일을 슈퍼컴퓨터에 전송하면, 슈퍼컴퓨터 내에 ABAQUS를 구동하기 위한 셸 프로그램이 원격접속을 통해 자동적으로 수행된다. 마찬가지로 슈퍼컴퓨터로부터의 해

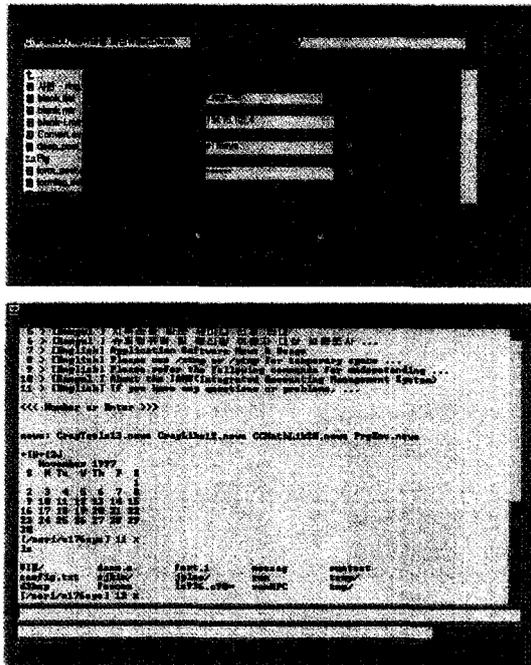


Fig. 9. User interface in the network program.

석결과는 다시 사용자측의 SERIANA로 파일 전송되어 그 결과를 확인할 수 있다. Fig. 9는 네트워크 프로그램에 대한 사용자 인터페이스 예를 보여준다.

본 네트워크 프로그램을 이용하여 원격해석을 수행할 경우 서버가 반드시 슈퍼컴퓨터일 필요는 없으며 회사 내 상용 솔버가 설치된 임의의 컴퓨터가 서버로 역할을 할 수 있다. 이 경우 외부에서 솔버를 구동하기 위한 셸 프로그램을 작성하고 이를 본 프로그램과 연결하면 앞서 설명한 방법으로 원격해석을 수행할 수 있다.

4. 성능 검증

4.1 요크 딥 드로잉(Yoke deep drawing)

자동차 부품으로 쓰이는 모터 하우징의 역할을 하는 요크(yoke; Fig. 10)는 모양은 간단하지만 블랭킹(blanking), 딥드로잉(deep drawing), 리스트라이킹(re-striking), 트리밍(trimming), 코킹(caulking) 등의 총 13단계의 공정을 거쳐 만들어지는 제품이다. 여기서는 이 제품의 주요 성형 공정인 2단계에서 5단계로의 딥드로잉 성형 공정 4단계를 시물레이션 하였다. 다단계 성형은 딥드로잉 시 흔히 사용되므로 SERIANA의 다단계 가상 성형의 능력을 테스트하기 위한 좋은 벤치마크로써 본 모델을 택하였다. 금형 데이터는 만도기계에서 제공하였다.

CPU 시간을 절약하기 해서는 최대한으로 가정할

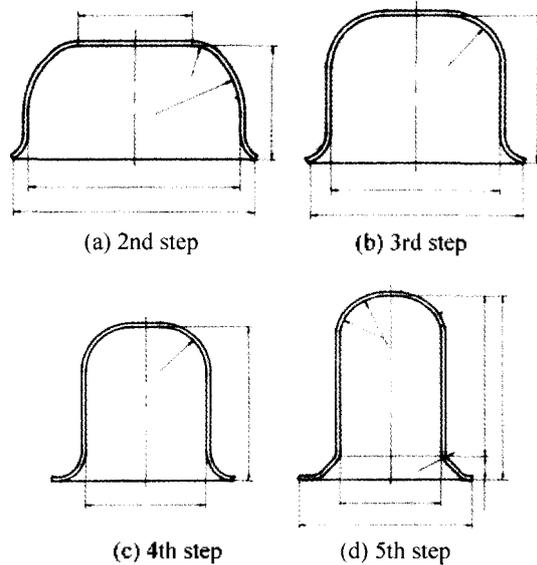


Fig. 10. CAD models from step 2 to step 5 of the yoke deep drawing (axisymmetric).

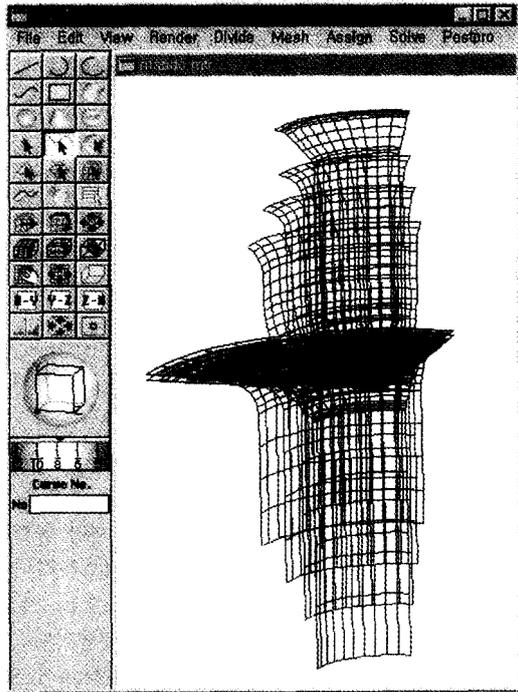


Fig. 11. FE models for the yoke deep drawing.

수도 있었으나 재료의 이방성 때문에 성형 후에는 축대칭이 되지 않으므로 1/4대칭을 이용하여 펀치, 블랭크 홀더, 다이, 블랭크 등을 모델링하였다. 요크의 실제 딥드로잉 공정에서는 첫 번째 딥드로잉에서만 블랭크를 잡아주고 나머지 세 단계에서는 블랭크 홀더를 제거하고 스트레칭이 거의 없는 순수 딥드로잉을 사용하였으므로 이를 그대로 시뮬레이션 하였다. Fig. 11은 SERIANA로 모델링한 요크의 유한요소해석 모델로서, 펀치와 다이는 바깥쪽부터 안쪽으로 각각 2차, 3차, 4차, 5차 성형을 위한 것이다.

펀치, 블랭크 홀더, 다이 등은 강성요소(rigid element)로 모델링하였으며, 블랭크는 400개의 셸요소(shell element; S4R)를 사용하였다. 하중 조건과 재료의 성질 및 관련 데이터는 다음과 같다.

하중 조건

- 블랭크 홀드력=29.9 kN(2단계에서만)
- 쿨롱 마찰계수=0.1
- 펀치 행정(2-5단계)=55.5 mm, 71.5 mm, 86.5 mm, 103.4 mm
- 펀치 속도(가정)=20 m/s

재료의 성질 및 관련 데이터(SCP3)

- 판재 두께=2.3 mm
- 밀도=7800 kg/m³
- 탄성계수=211 GPa
- 항복강도=152 MPa
- 재료 이방성: r₀=1.65, r₄₅=1.31, r₉₀=1.80
- 응력-소성변형률 관계식:
 $\sigma=555(0.007869+\epsilon^p)^{0.267}$ MPa

Fig. 12와 Fig. 13에 SERIANA에서 후처리한 유효소성변형률(effective plastic strain)의 분포와 판재 두께(shell section thickness)의 분포를 도시하였다. Fig. 14는 실제 만도기계에서 성형한 제품을 1/4로 절단하여 배열한 사진이다. 블랭크의 두께가 두꺼운 편이라 셸요소로 변형 거동을 계산하였으므로, 굽힘에 대한 강성도가 적어 부분적으로는 소재의 실제 성형 후 두께보다 약간 두껍게 예측이 되었으나, 전체적으로 각 단계의 가상 성형 형상이 실제 성형 형상과 매우 유사함을 볼 수 있다. 이로써 실제 판재성형에 많이 적용되는 다단계 성형이 SERIANA를 이

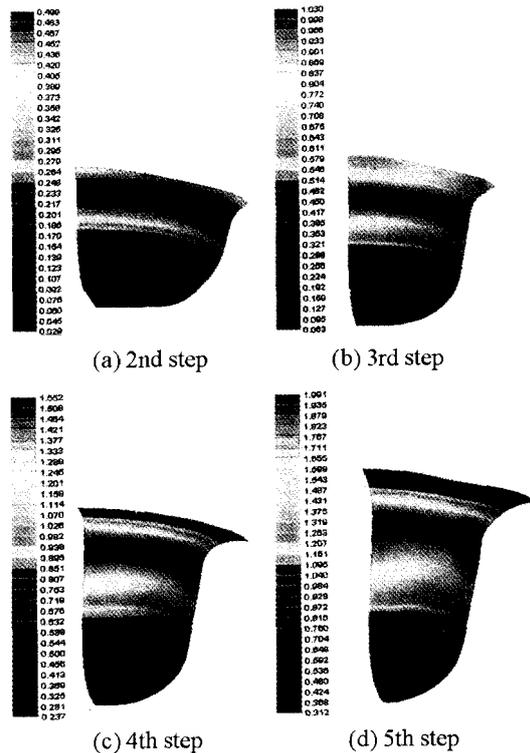


Fig. 12. Distribution of the effective plastic strain of the yoke at each step.

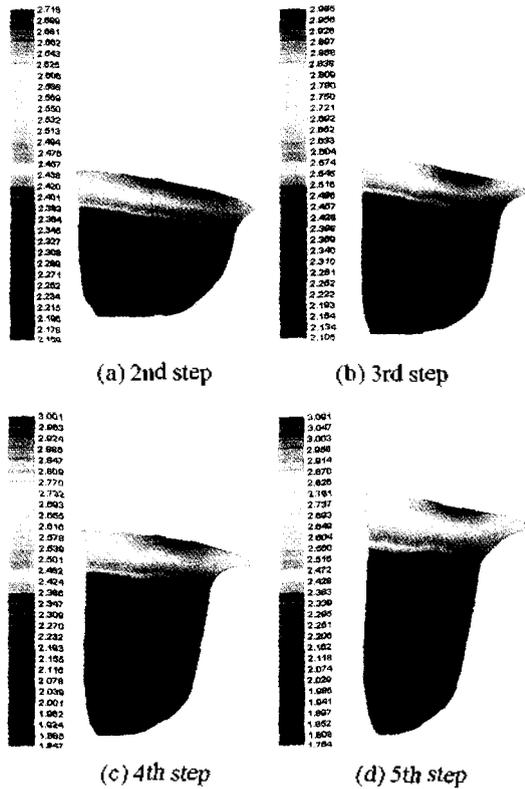


Fig. 13. Thickness distribution of the yoke at each step.

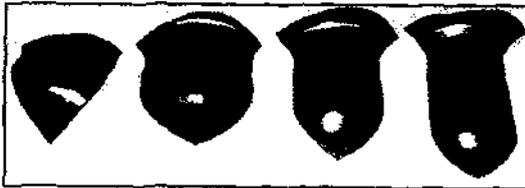


Fig. 14. Deformed shape of the yoke after real forming.

용한 원격 CAE가 가능함을 보였다.

4.2 오일 팬 딥 드로잉(Oil pan deep drawing)

자동차 엔진 내부의 윤활을 위해 윤활유를 담은 용기인 오일 팬의 성형과정에 대한 시뮬레이션을 시도하였다. 금형 데이터는 기아모텍에서 제공하였다. CATIA로 만들어진 CAD 기하형상을 Fig. 15에 수록하였다.

생산 시간을 줄이기 위하여 표면의 홈(groove)을 생략하고 대칭 형상으로 가정하였다. 이렇게 하여도 그 부분의 크기가 미소하여 전체적인 변형 예측 결과에 큰 영향을 미치지 않는다고 판단. 경계 조건은 판재

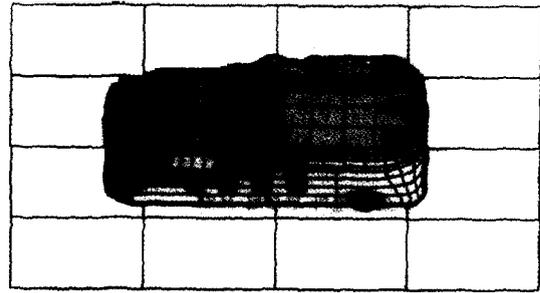


Fig. 15. CAD model for the oil pan deep drawing.

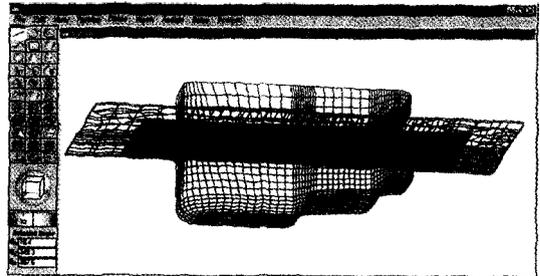


Fig. 16. FE model for the oil pan deep drawing.

성형 해석을 위해 펀치, 블랭크 홀더, 다이, 블랭크 등으로 구분하여 모델링하였다. Fig. 16은 유한요소 해석을 위하여 오일 팬을 SERIANA로 모델링한 것이며, 위쪽부터 펀치, 블랭크 홀더, 블랭크, 다이 순으로 도시하였다.

펀치, 블랭크 홀더, 다이 등은 강성요소(rigid element)로 모델링 하였으며, 블랭크는 셸요소(shell element: S4R)를 사용하였다. 원래 기아에서 성형하는 방법은 2단계로 성형하고 있으나, 여기서는 성형 조건을 적절히 바꾸어 단일 스텝에 성형할 수 있다는 가상실험의 결과^[4]에 근거하여 단일 스텝으로 재산하였다. 다이의 오프셋(off-set)은 2.5 mm로 하였다. 다이와 홀더 사이의 공간을 일정하게 유지시킴으로써 압축 환응력(compressive circumferential stress)으로 인한 두께의 상승효과를 제어하기 위해 두께 1.5 mm의 거리블록(distance block)을 설치하였다. 거리블록의 강성도는 판재의 탄성계수보다 2배정도 큰 탄성계수를 가지는 것으로 가정하고 하나의 셸 요소로 모델링 하였다. 블랭크는 5920개의 셸 요소로 모델링 하였다. 하중 조건과 재료의 성질은 다음과 같다.

하중 조건

블랭크홀드력=697 kN

쿨롱 마찰계수=0.08

펀치 행정=143 mm
 펀치 속도(가정)=25 m/s

재료의 성질 및 관련 데이터(연강)

판재 두께=1.4 mm
 밀도=7800 kg/m³
 탄성계수=211 GPa
 항복강도=174 MPa
 재료 이방성: r₁₁=1.85, r₂₂=2.15, r₃₃=2.68
 응력-소성변형을 관계식:
 $\sigma = 364.45(1 - 0.5945e^{-11.727\epsilon})$ MPa

Fig. 17과 Fig. 18에 SERIANA에서 후처리한 유효소성변형률(effective plastic strain)의 분포와 두께변형률(thickness strain)의 분포를 도시하였다. Fig. 19는 실제 기아모텍에서 성형한 제품을 나타낸 사진이다. 기아모텍에서는 2단계 성형을 하여 최종 제품을 완성하기 때문에 2차 성형 후의 결과와 비교하였다. 공정 자체가 정확히 동일하지 않기 때문에 약간의 차이는 있으나, 가상 성형 형상이 실제 성형 형상과 매우 유사함을 볼 수 있다. 이로써 오일 팬과 같은 비교적 복잡한 모양을 가지는 제품도 SERIANA를 활용한 원격 CAE가 가능함을 보였다.

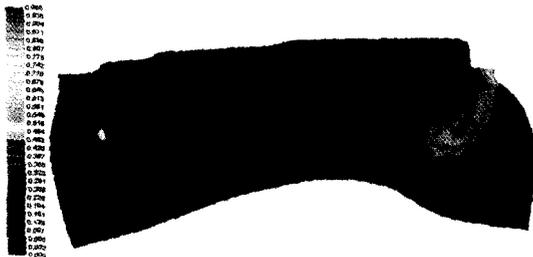


Fig. 17. Distribution of the effective plastic strain of the oil pan after deep drawing.



Fig. 18. Thickness distribution of the oil pan after deep drawing.

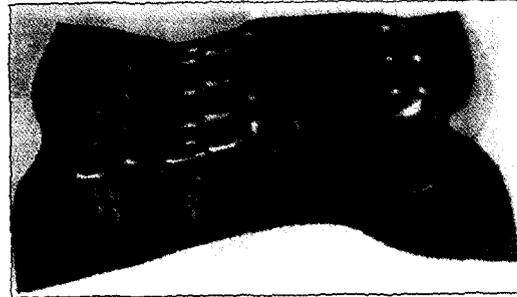


Fig. 19. Deformed shape of the oil pan after real forming.

5. 결 론

PC 기반의, 사용자 친근도가 높은 CAE 시스템인 SERIANA를 개발하였다. 이는 원격 CAE를 위한 전·후처리기이며 ABAQUS, LS-DYNA3D 등 상업용 다목적 소프트웨어나 자체개발 소프트웨어 등에 연계하여 사용할 수 있도록 개방적으로 개발하였다. 산업체 구조 해석분야의 70~80%정도가 선형임을 고려하여 SERIANA에는 선형유한요소해석 모듈을 대장하였다. 개발된 SERIANA는 사용자 친근도가 매우 높아서, 대학이나 기타 기술교육기관에서 유한요소해석 교육용 소프트웨어로도 활용이 가능하다. 개발된 소프트웨어의 검증용을 위해서 ETRI 슈퍼컴퓨터에 위치한 Cray C90상의 ABAQUS를 연계, 원격으로 판재성형 CAE를 할 수 있도록 전문해석환경을 만들어보았다. 벤치마크로서는 요크(yoke), 오일팬(oil pan) 성형 등과 같은 실제 산업체의 문제에 적용하여 성공적인 결과를 얻을 수 있었다. 개발된 소프트웨어는 비단 슈퍼컴퓨터뿐만 아니라, 서버-클라이언트 환경이 구축된 곳이면 어디서나 사용할 수 있어, 여러 분야의 CAE업무를 수행하는 한 회사에 여러 개의 동일한 다목적 소프트웨어를 구입하지 않아도 되게 해준다. 즉, 비용이 많이 드는 다목적 서버를 서버급 고성능 컴퓨터에 한 대에 올려놓고 서로 다른 해석을 수행하는 부서에서는 나름대로의 전문해석 전후처리 시스템을 만들어 사용자의 PC에서 활용할 수 있도록 함으로써 매우 경제적이면서도 효율적인 CAE시스템을 구축할 수 있다.

현재 SERIANA에는 상용CAD데이터를 그대로 읽어들이어 유한요소망을 생성할 수 있도록 하는 CAD/CAE 연계기능이 없으므로 효율적인 설계를 위해서는 이러한 기능이 보완되어야한다. 또한 외부 솔버와의 연계과정에서 사용자의 입력을 최소화하기 위한 GUI환경이 개선되어야 한다. 차후, 개발된 프로

그램을 JAVA로 변환시키면 웹 브라우저를 이용한 기
종 비의존성 네트워크 소프트웨어로서도 개발이 가
능하다. 즉, 사용자 인터페이스는 JAVA 언어로 변환
하고, 해석 솔버를 CORBA 객체로 래핑함으로써 분
산객체 컴퓨팅 환경으로 발전시킬 수 있다. 이와 관
련하여 웹 기반의 분산 설계 환경에 대한 프레임워
크를 연구한 바 있으며^[7], 이 결과를 활용하여 플랫
폼에 독립적인 프로그램으로 개발 중에 있다.

참고문헌

1. 한성배 외, "산업지원 가상실험 소프트웨어 개발 연
구(II)", 연구보고서, 정보통신부, 1999.
2. 이재석 외, "고기능 설계 자동화 시스템 개발 (I)", 연
구보고서, 과학기술처, 1995.
3. 이재석 외, "고기능 설계 자동화 시스템 개발 (II)",
연구보고서, 과학기술처, 1996.
4. Suh, Y. S. and Lee, J. Y., "A Virtual Manufacturing of
an Automobile Oil Pan made from the Vibration
Damping Steel Sheet", *Recent Advances in Solids and
Structures*, ASME, pp. 79-88, 1995.
5. Suh, Y. S., Lee, J. Y., Kim, Y. H. and Kim S. W.,
"Applications of Virtual Manufacturing to Combined
Stamping-Structural Analysis", *Computer Modeling and
Simulation in Engineering*, Vol. 2, pp. 83-98, 1997.
6. Yoo, S. H. and Byun, C. J., "Development of the Struc-
tural Analysis Library for the Virtual Experiment and
Application through Network", *Proceedings of the 8th
AU-FIT-NUST Joint Seminar*, pp. 27-36, 1998.
7. Kim, H., Chung, M. J., "A Web-based Framework for
Engineering Design Process in a Concurrent Engineer-
ing Environment", *Proceedings of Advanced Concur-
rent Engineering*, pp. 417-423, 1998.



서 영 성

1981년 서울대학교 기계공학과 학사
1987년 Rensselaer Polytechnic Institute 기
계공학과 석사
1990년 Rensselaer Polytechnic Institute 기계
공학과 박사
1991년~1993년 The Ohio State University
Post-Doc
1982년~1984년 롯데슈퍼(이더엔진(주)) 기술부
계장
1993년~1997년 시스템공학연구소 고성능컴
퓨팅응용연구실 선임연구원
1997년~현재 한남대학교 기계공학과 조교수
관심분야: CAE, 소성학, 전산고체역학



변 철 진

1996년 아주대학교 기계공학과 학사
1998년 아주대학교 기계공학과 석사
1998년~현재 아주대학교 기계공학과 박사
과정
관심분야: CAD/CAE, 구조해석 및 설계



유 승 현

1977년 서울대학교 기계설계학과 학사
1981년 서울대학교 기계설계학과 석사
1989년 Stanford대학교 기계공학 박사
1988년~1989년 Michigan대학교 기계공학
과 Research Fellow
1989년~1990년 KIMM 구조연구실 선임
연구원
1989년~현재 아주대학교 기계공학전공 교수
관심분야: 구조해석 및 설계, 창의적설계 및
최적설계



이 재 영

1970년 서울대학교 농공학과 학사
1980년 서울대학교 농공학과 석사
1986년 미국 Cornell University 농생명공
학과 박사
1980년~현재 전북대학교 생물자원시스템공
학부 교수
관심분야: 구조역학, 유한요소법, 유한요소해
석 전처리



김 현

1984년 한양대학교 기계설계학과 학사
1987년 한양대학교 기계설계학과 석사
1997년 한양대학교 기계설계학과 박사과정
1999년~현재 한국전자통신연구원 동시 공학
연구팀 선임연구원
관심분야: Concurrent Engineering, Virtual
Engineering, CAD/CAM/CAE/PDM