

데이터베이스를 활용한 공작기계의 구조해석 프로그램 개발

신정호*·곽병만**

Development of a S/W for a Structural Analysis of Machine tools utilizing database

Jeong Ho Shin, Byung Man Kwak

Key Words: GUI(그래픽 사용자인터페이스), Database(데이터베이스), Structural Analysis(구조해석), Trade-off analysis(절충해석), Machine tools(공작기계)

Abstract

In this paper, a S/W system for a structural analysis of machine tools has been suggested. The system is so designed to reduce manual interfacing effort. An object-oriented language is used for making a graphic user interface. In this system parametric modelling technique is applied to construct a FE model without much user intervention. The FE model is automatically updated when the design parameters are changed by user. Not only single FE analysis but also a trade-off analysis for calculating the sensitivity information of design variables is possible using this system. All data generated by this system are saved in the database. So it possible to retrieve the result later without another analysis. It is found that the design time can be reduced and unnecessary operation avoided using this system.

1. 서론

생산시스템을 구성하는 핵심 요소인 공작기계 산업의 발달과 아울러 보다 나은 성능의 공작기계 개발을 위해서 오래 전부터 공작기계의 설계와 성능의 최적화에 대한 연구가 진행되어 왔다 [1-7]. 특히 최근 들어 컴퓨터와 수치해석법의 발달에 힘입어 공작기계에 구조해석을 통한 특성 파악도 활발히 이루어지고 있다. 공작기계에 대하여 유한요소모델을 이용한 구조해석을 수행하여 정밀도의 개선을 위해 기계구조물의 정적, 동적 특성을 최적화하려는 연구가 진행되어 왔다. 이들 연구에서 해석결과를 토대로 구조최적화를

수행하고 정밀도를 향상시켰다[7]. 또한 공작기계의 최적설계를 위하여 상용프로그램들을 통합하여 이용하는 연구도 수행되기도 하였다[4,6]. 일반적으로 공작기계는 자유도가 많고 그 구조가 복잡하기 때문에 새로운 형태의 공작기계를 설계 및 제작하는 과정에서는 많은 노력, 시간, 비용 등이 필요하게 된다. 기계의 성능을 나타내는 여러 특성들 중 대표적인 정적, 동적 강성을 초기 설계 단계에서 파악하여 명확한 평가기준을 얻는 것이 필요하다.

이에 본 논문에서는 공작기계의 구조해석을 위한 사용자 중심의 환경을 구축한 사례에 대하여 언급하고자 한다. 사용자가 임의의 경계조건을 적용하여 해석결과를 쉽게 받아볼 수 있는 시스템의 개발을 목표로 하였고 데이터베이스를 활용함으로써 해석결과를 체계적으로 관리할 수 있다. 적용대상으로는 통일중공업에서 개발한 수평형 머시닝 센터를 선정하였다.

* 한국과학기술원 기계공학과 박사과정

** 한국과학기술원 기계공학과 교수

2. 프로그램의 개발

2.1 프로그램 개요

사용자 중심의 프로그램을 제작하기 위하여 GUI(Graphic User Interface)의 구축이 필수적이다. 그런데 기존의 도스용 프로그래밍 언어를 이용하면 간단한 화면구성을 위해서도 상당한 작업이 필요할 뿐만 아니라 선형적인 실행순서를 갖는 순차적인 프로그램을 작성할 수밖에 없다. 이에 이번 연구에서는 윈도우 프로그래밍 언어를 이용하였다. 대표적인 예로 Visual Basic, Visual C++, Delphi 등이 있다. 이 언어들을 이용하게 되면 사용자 중심의 GUI 환경을 빠른 시간 안에 구축할 수가 있다. 또한 순차적인 프로그램이 아니라 사용자의 명령(Event)에 따라 여러 기능을 수행시킬 수 있기 때문에 프로그램의 확장이나 수정이 용이하게 된다.

2.2 프로그램의 수행과정

그림 1에는 본 연구에서 구성된 시스템의 흐름도이다. 모든 작업이 GUI상에서 이루어지므로 사용자는 편리하게 시스템을 운용할 수 있다. 본 프로그램은 크게 두 가지 작업을 수행할 수 있다. 사용자가 입력한 경계조건을 이용한 구조해석과 각 설계변수의 평가인자에 대한 영향력을

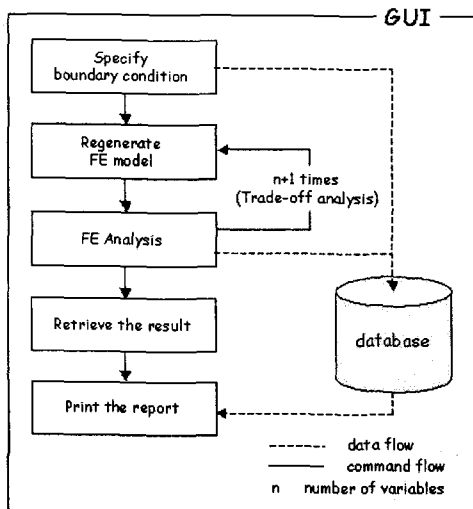


Fig. 1 Flowchart of the system

살펴볼 수 있는 절충해석이다. 프로그램이 수행되는 과정은 다음과 같다.

2.2.1 경계조건 입력

먼저 사용자로부터 모델에 대한 경계조건들을 입력받는다. 설계변수들의 치수정보와 하중조건 및 지지방법 등을 설정한다. 절충해석의 경우에는 설계변수와 변량을 설정한다. 여기에서 사용자가 입력한 정보는 데이터베이스에 저장된다.

2.2.2 FE 모델의 재구성

사용자로부터 입력받은 정보를 바탕으로 FE 모델이 재구성된다. 이것은 FE 모델이 파라메트릭하게 구성되어 있기 때문에 가능한 것이다.

2.2.3 FE 해석 수행

본 프로그램에서 사용한 유한요소해석 프로그램은 ANSYS 5.5이다. 절충해석을 하는 경우에는 초기상태와 각 설계변수들을 설정한 변량만큼 섭동시킨 모델들이 자동으로 생성되게 된다.

2.2.4 해석결과의 추출 및 저장

구성된 모델을 바탕으로 구조해석이 이루어지면 그 결과가 프로그램에 전달되어 그 결과를 프로그램 상에 나타내게 되며 모든 데이터는 데이터베이스에 저장된다.

2.2.5 결과보고서 생성

모든 작업이 완료되면 해석결과를 저장하고 있는 데이터베이스로부터 자료를 넘겨받아 정해진 양식의 보고서가 자동 생성된다. 또한 프린터로도 출력이 가능하여 체계적으로 정보를 관리할 수 있다.

2.3 프로그램의 수행 환경

2.3.1 설계변수 선정

본 프로그램은 Windows 운영체제 상에서 수행되며 FE 해석 프로그램으로는 ANSYS 5.X 가 이용된다. 적용례로서 작성된 프로그램에서 설계변수로 수평형 머시닝센터의 컬럼의 보강재와 베드의 보강재 치수로 설정하였다. 변경가능한 경계조건은 베드상의 컬럼과 테이블의 위치 및 컬럼 상의 스피들 박스의 위치, 베드의 지지점,

Table 1 Database list

Name	Content
Designer.db	designer information
Main.db	data for boundary conditions
Result.db	data for the results
Trade.db	data for trade-off analysis

공구에 가해지는 절삭력이다. 평가인자로는 스프링들의 테이블 상면에 대한 상대변형량, 시스템의 총 중량으로 선정하였다.

2.3.2 데이터베이스의 구성

프로그램에 사용된 데이터베이스는 Paradox 7.0으로 표 1과 같은 구성을 가지고 설계하였다. 각 데이터베이스는 논리적인 연관관계를 가지고 서로 연결되어 있다.

3. 프로그램의 수행

3.1 초기화면

그림 2는 프로그램을 처음 실행시켰을 때 나타나는 화면을 보여주고 있다. 설계자를 선택하거나 추가할 수 있도록 되어있다. 이 내용은 사용자 데이터 베이스에 저장된다. 설계자별로 데이터를 관리할 수 있도록 하고 향후 PDM 시스템과의 연결을 고려하였다.

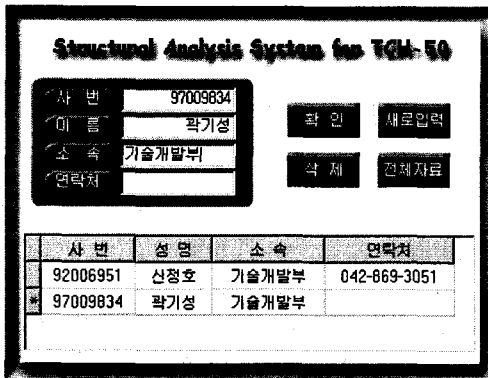


Fig. 2 Selection of the designer

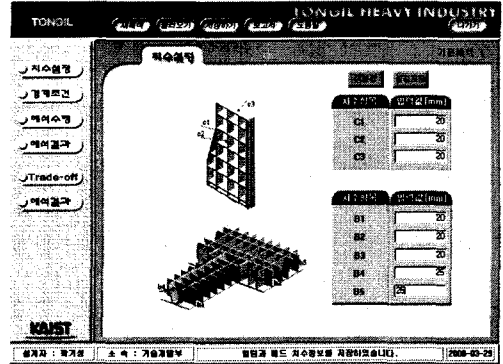


Fig. 3 Specification of the design variables

3.2 경계조건 설정

3.2.1 보강재 치수설정

그림 3은 컬럼과 베드의 내부보강재 치수를 설정하는 모습을 나타낸다. 여기서 설계변수 값을 입력하게 되면 파라메트릭하게 구성되어 있는 ANSYS INPUT 파일이 자동적으로 재구성되도록 설계되어 있다.

3.2.2 기타 경계조건 입력

그림 4는 각 파트의 위치를 설정하는 모습이다. 여기에서는 각 파트의 위치를 3 가지 경우에서 선택하도록 하였다. 선정된 위치에서의 해석 모델의 모습 미리 확인할 수 있다. 각 위치에서의 해석모델을 작성해서 미리 이미지를 데이터베이스화하여 보여준다. 그림 5는 베드의 지지방법을 선정하는 모습이다. 이 공작기계는 12점의 지지위치를 가지도록 설계되어 있으며 기본적인

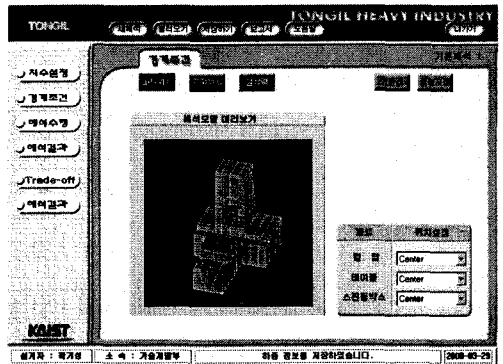


Fig. 4 Specification of the positions

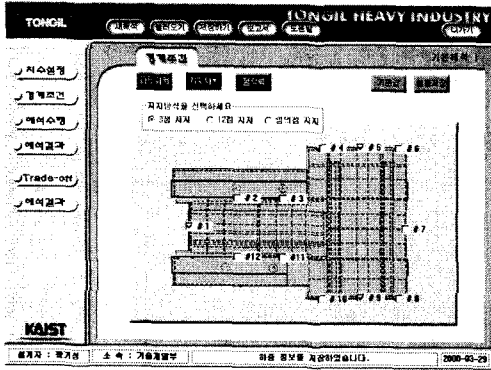


Fig. 5 Selection of the supporting points

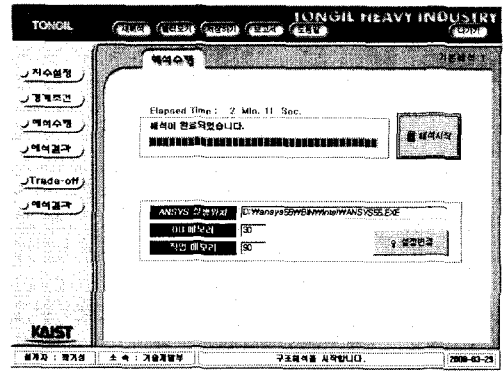


Fig. 7 FE analysis

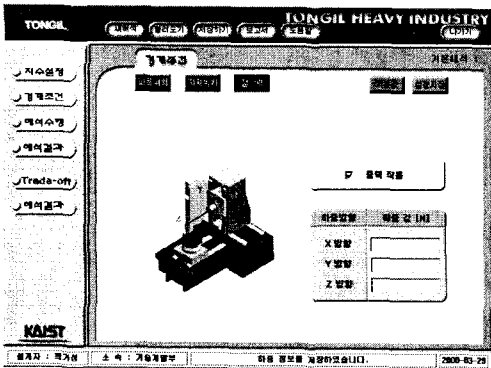


Fig. 6 Specification of the cutting forces

로 3점지지 방식을 택하고 있다. 여러 가지 지지 방법의 변경이 미치는 영향을 살펴볼 수 있도록 하기 위하여 구성되었다. 그림 6은 절삭력을 설정하는 모습이다. 스펀들의 끝에 세 방향의 힘과 자중의 고려여부를 설정할 수 있다.

이상에서 입력한 경계조건을 입력하고 나면 해석모델이 재구성되어 해석을 수행할 준비가 완료된다.

3.3 해석 수행

이상에서 해석을 위한 설계정보를 모두 입력하였다. 입력한 모든 정보는 ANSYS 입력 파일에 반영된다. 그림 7은 해석수행 단계에서의 화면을 나타내고 있다. 프로그램이 설치된 시스템의 ANSYS 설치 위치를 설정하여 그 정보를 저장하고 있을 수 있도록 설계되었다. 또한 ANSYS 수행에 필요한 환경변수를 설정할 수 있다.

이 해석은 펜티엄 III 550, 메모리가 128메가인 시스템에서 구동되었는데 해석시간이 2분 11초가 소요되었다. 해석이 완료되면 해석완료로 알리는 음악이 흘러나와 사용자에게 알려주도록 설계되어 있다.

3.4 결과 보기

해석이 완료되면 그 결과를 바로 살펴볼 수 있다. 그림 8에는 해석된 결과를 불러들인 모습이 있다. 이것은 ANSYS의 수행결과로 생성된 파일로부터 자동으로 정보가 추출되어 보여주는 것이다. 또한 해석결과에 대한 검토의견을 작성한 다음 데이터베이스에 그 결과를 저장할 수 있다. 이처럼 데이터베이스에 저장이 되면 이후에라도 해석을 다시 수행하지 않고도 해석결과와 검토의견을 살펴볼 수 있다.

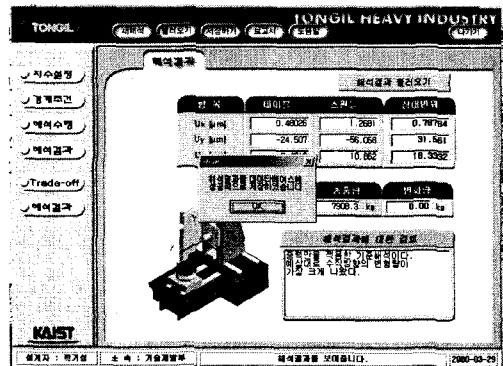


Fig. 8 View of the analysis result

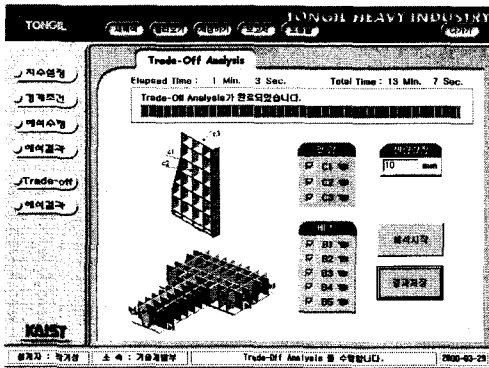


Fig. 9 Trade-off analysis

4. 절충해석의 수행

4.1 절충해석

절충해석은 민감도해석의 일종으로 설계변수가 시스템의 성능에 미치는 영향을 살펴볼 수 있는 해석이다. 이 시스템에서는 8개의 설계변수들 중에서 임의로 원하는 변수를 선택할 수 있고 그 변량을 설정할 수 있다. 절충해석은 앞서 언급한 바 있는 경계조건 설정 메뉴에서 정한 경계조건을 이용하여 해석을 수행하기 때문에 구조해석과 다른 경계조건하에서 절충해석을 수행하고자 할 때에는 경계조건 메뉴로 가서 새로이 경계조건을 설정한 후에 절충해석을 수행하면 된다. 이렇게 설계한 것은 다양한 경계조건 하에서의 절충해석이 가능하도록 하기 위함이다. 그림 9는 절충해석 화면을 보이고 있다. 각 설계변수에 체크박스가 있어 원하는 설계변수를 선택하고

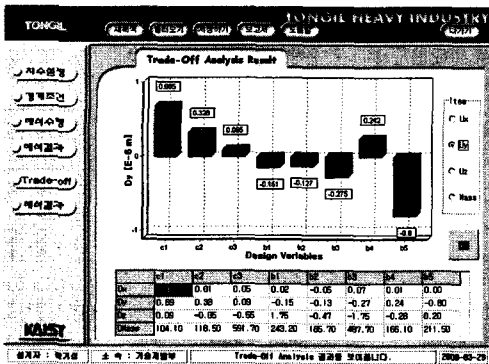


Fig. 10 Result of the trade-off analysis

-15 mm ~ 15 mm 사이의 변량 값을 입력한다. 범위를 벗어나는 값을 입력하면 에러메시지가 출력된다. 그림 9는 8개의 설계변수 모두를 선택하여 절충해석을 수행하여 해석이 완료된 상태를 보이고 있다. 설계변수를 초기 설계 값을 가지고 해석을 수행하는 기준해석을 포함하여 총 9회의 구조해석이 자동으로 수행된다. 해석이 완료된 이후에 '결과 저장' 버튼을 누르면 그 결과가 데이터베이스에 저장된다.

4.2 절충해석 결과 보기

해석결과는 막대그래프와 테이블의 형태로 제공된다. 스펬들의 상대변형량과 총 중량에 미치는 각 설계변수의 기여도를 한눈에 살펴볼 수 있다. 그림 10은 해석결과 중 스펬들의 Y방향 변형량의 경우를 보인 것이다. 각 값들은 기준해석을 기준으로 상대량을 표시한 것이다.

Y방향 변형량의 경우 c1 설계변수를 늘렸을 때에는 변형량이 증가하고 b5 설계변수를 늘렸을 때 가장 큰 변형량 감소를 얻을 수 있을 것이라는 예측해볼 수 있다. 총중량에 미치는 영향은 c1이 가장 적고 c3이 가장 큰 것으로 나타났다. 위의 예에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 절충해석을 통해서 각 설계변수의 변화가 성능에 미치는 영향을 쉽게 파악할 수 있음을 확인하였다.

5. 데이터베이스의 활용

5.1 데이터베이스를 기반으로 한 보고서 작성

앞서 언급한 바와 같이 모든 해석정보를 데이터베이스로 관리하게 설계되어 있다. 그렇기 때문에 그림 11과 같이 데이터베이스에서 기존의 해석결과를 불러오는 것이 가능하다. 여기서 살펴보고자 하는 항목을 선택하거나 기존의 정보를 삭제할 수도 있다.

또한 데이터베이스를 토대로 자동 구성된 보고서를 출력할 수 있다. 그림 12는 절충해석결과 보고서의 예를 보이고 있다. 이 화면에서 바로 프린터로 출력이 가능하며 보고서양식으로 저장할 수도 있다. 이와 같이 데이터베이스를 기반으로 설계되었기 때문에 설계자료를 효율적으로 관리하고 쉽게 문서화할 수 있다.

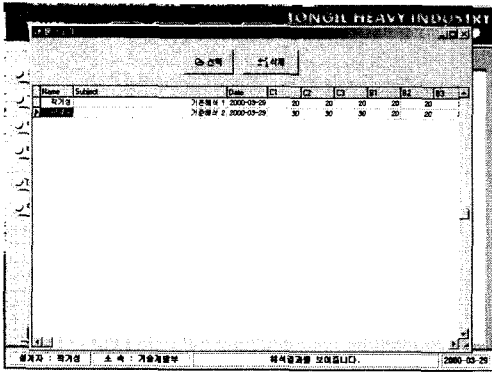


Fig. 11 Loading of the existing data

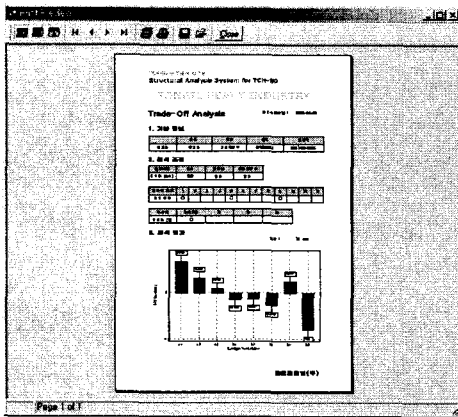


Fig. 12 Report for the trade-off analysis

6. 결 론

본 연구에서 GUI환경을 갖춘 윈도우 응용프로그램을 공작기계의 예비설계에 응용하는 내용에 대하여 다루었다. 사용자 중심의 GUI 환경을 통해서 모든 작업이 이루어지기 때문에 쉽게 사용할 수 있고 데이터베이스와의 연결을 통해 설계 정보를 보다 효율적으로 관리하고 문서화할 수 있는 시스템이다. 여러 가지 경계조건에 대한 구조해석을 수행하고 민감도해석의 일환으로 각 설계변수가 성능에 미치는 영향을 예측하는 절충해석이 가능하도록 설계하였다.

본 연구에서 수행한 일련의 내용들은 예비설계 단계에서의 공작기계의 성능을 평가하고 보다 나은 설계를 위한 기본정보를 얻는 시스템을 구축하는 데에 효과적일 것으로 기대된다.

본 연구는 '첨단가공기계의 설계 및 품질평가 예측기술 개발' 과제의 일환으로 수행된 연구의 일부본이며 동일중공업 관계자 여러분께 큰 감사를 드립니다.

참고 문헌

- (1) M. Weck, "Computer-Aided Optimization and Metrological Recording of the Stiffness Behavior of Machine Tools," 5th IMEC, Session I, pp.1-14, 1992
- (2) V. V. Kaminskaya, "Calculation and Research on Machine Tool Structures and Foundation," Proc.8th Int. MTRD Conf., pp.139-161, 1967
- (3) Masahide Matsymoto, "Design Optimization for Dynamic Response of Machine Structures Using a Mini-Max Method," JSME International Journal, Vol. 36, No.4, 1993, pp.402-409
- (4) Jeong Ho Shin, Byung Man Kwak, "Integration of Commercial Codes from CAD to Optimization For Structural Design," Proceedings of the First China-Japan-Korea Joint Symposium on Optimization of Structural and Mechanical Systems, 1999, pp. 649-655
- (5) 신정호, 곽병만, "수평형머시닝 센터에 대한 구조해석 및 최적설계," 1998 대한기계학회 추계 학술대회 논문집, 1998, pp. 396-401
- (6) 신정호, 곽병만, 곽기성, 한영근, "최적설계를 위한 상용프로그램의 통합에 대한 연구," 한국군사과학기술학회지, 1999, pp. 209-217
- (7) 곽병만 외, "첨단가공기계의 설계 및 품질평가 예측 기술 개발에 관한 연구," 한국과학기술원, 2000