

매개변수를 이용한 자동차 좌석 프레임의 통합시스템 개발

Integrated System Development of Automobile Seat Frame Using Parameter Technique

임 오 강* 이 진 식** 김 윤 근*** 김 창 식***
Lim, O-Kaung Lee, Jin-Sik Kim, Yoon-Geun Kim, Chang-Sik
(논문접수일 : 2000년 6월 27일 ; 심사종료일 : 2001년 2월 5일)

요 지

일반적으로 기계부품의 설계는 부품의 설계, 해석, 그리고 시제품에 대한 성능평가를 통해서 수행된다. 이와 같은 방식의 설계는 여러 번의 시행착오에 따른 개발경비와 개발기간이 많이 소요되고 각 단계를 수행시킬 전문인력도 필요하므로 현재 산업현장에서 요구되는 신속하고 저렴한 제품개발에 적합하지 않다. 이를 해결할 수 있는 한 가지 방법으로 각 개발과정을 하나의 시스템에서 제어할 수 있는 통합시스템을 개발하는 것이다. 이런 통합시스템은 특정 제품에 대한 전용시스템이 될 가능성이 크지만 통합시스템을 구축하는 기법은 일반적인 제품들에 대해서도 적용이 가능하다. 본 논문에서는 자동차의 부품 중에서 좌석의 프레임 설계를 수행하는 통합시스템을 구축한다. 자동차 좌석은 법규에 규정되어 있는 강도와 강성을 만족해야 하므로 본 통합시스템에서는 정적조건 강도시험인 헤드레스트 테스트를 통해서 좌석을 설계한다. 그리고 통합시스템은 UNIX환경에서 C언어를 이용해 좌석 모델의 생성과 정적 성능평가를 수행할 상용프로그램들을 제어하며, 그래픽 환경은 Motif로 구현한다.

핵심용어 : 자동차 좌석, 통합시스템, 매개변수

Abstract

Mechanical design process is generally accomplished by design, analysis and test of prototype. However, this conventional process is not often used in today, because it costs a lot of money, time and expert design experience. Instead, an integrated design system is currently used in the reality design field. This system is performed on a virtual environment such as a PC and Workstation. Also, the concept of the integrated system is applied in the design process of an automobile seat frame. This system is acted on a Workstation in which C-language and Motif program are used to generate graphic user interface, seat models and static headrest test. The static headrest test should be necessary to confirm the safety of an automobile seat frame.

Keywords : automobile seat, integrated system, parameter

1. 서 론

현재의 산업사회는 제품의 라이프 싸이클은 점점 짧

아지는 반면에 제품의 성능은 고성능화 되어가고 있으므로 기존의 제품 설계방식으로는 현재 산업현장에서 요구되는 신속하고 저렴한 제품을 개발하기가 힘들다.

* 정희원 · 부산대학교 기계설계공학과, 교수
** 동의대학교 기계산업공학부, BK21 계약교수
*** 부산대학교 기계설계공학과 대학원

• 이 논문에 대한 토론을 2001년 6월 30일까지 본 학회에 보내주시면 2001년 9월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

특히 자동차와 같은 제품의 생산에서는 끊임없이 변하는 소비자의 성능과 디자인, 그리고 가격의 인하에 대한 요구, 이와 아울러 강화되어 가는 차량안전법규를 충족시켜야 한다. 또한 한 개의 부품이라도 불량일 생기면 전체적인 이미지나 제품 리콜에 대한 손해를 감수해야만 한다.

이를 해결할 수 있는 한 가지 방법으로는 각 개발 과정을 하나의 시스템에서 제어할 수 있는 통합시스템을 개발함으로써 설계 단계에서부터 제품 생산의 자동화를 실시하여 제품의 개발기간을 단축시키고 그에 대한 비용을 줄이는 것이다. 통합시스템¹⁾을 이용한 가상설계방식²⁾은 이미 오래 전 미국, 일본, 그리고 유럽에서 연구가 시작되었고, 실제의 제품생산에도 적용되고 있다.

본 논문에서는 통합시스템을 자동차의 좌석 프레임에 대해서 구축하여 사용자가 요구하는 성능을 만족하는 자동차의 좌석 프레임을 신속하고 편리하게 설계할 수 있도록 하였다.

통합시스템의 구축에 있어서 중요한 작업은 제품의 모델링이다. 사용자에 의한 임의의 초기치수 입력과 설계변수의 변경에 대한 모델의 수정이 요구되기 때문에 매개변수의 도입은 불가피하며, 모델링도 매개변수를 고려하여 수행되어야 한다. 매개변수를 이용해서 모델링이 가능한 Pro/Engineer³⁾가 자동차의 좌석 프레임의 모델링에 사용되었다. 초기 자동차의 좌석 프레임의 형상을 결정할 생성매개변수를 설정하기 위해서 국내에서 시판되는 경차, 소형차, 그리고 중형차의 실내공간과 좌석의 크기를 조사하였고, 그 결과 자동차 좌석의 생성매개변수는 자동차의 실내공간의 크기를 결정하는 치수들로 설정하였다.

자동차 좌석의 가상설계는 초기치수 입력, 좌석의 초기 모델링, 해석, 해석의 결과에 따른 제품의 수정, 그리고 최종도면 생성의 순서대로 수행되도록 통합시스템을 구성하였다.

자동차 좌석을 설계하는 사람이 통합시스템에 사용된 모든 상용프로그램들에 대해서 잘 알지 못하더라도 설계를 할 수 있도록 통합시스템의 자동화와 편리성을 추구하였다. 설계의 자동화를 위해서 매개변수에 의해 모델링을 수행하는 Pro/Engineer를 이용하고, Pro/Engineer의 제어는 파일 내부의 편집이 가능한 추적 파일(trail file)을 이용했다. 자동차 좌석의 성능을 평가하는 부분은 ANSYS를 이용하고, 사용의 편리성을

위해서 ANSYS에서 지원하는 툴 바를 이용했다.

본 통합시스템은 기본적으로 워크스테이션의 유닉스(UNIX)환경에서 작동되도록 구축되었으며, 전체적인 시스템의 제어를 위해서 C 언어를 이용하였다. 그래픽 사용자 인터페이스는 객체지향적인 그래픽 라이브러리인 모티프(Motif)를 이용하여 구현했다. 네트워크를 이용한 분산된 시스템의 제어는 이루어지지 않았기 때문에 각 모듈간의 제어가 용이하도록 통합시스템과 모듈에 사용된 상용프로그램들은 하나의 컴퓨터에 설치되어 있다는 가정하에서 통합시스템을 구축하였다.

본 논문은 자동차 좌석 설계 전용 통합시스템의 구조, 그래픽 사용자 인터페이스를 위해 사용된 모티프의 개요, 자동차 좌석의 모델링을 위한 매개변수 설정과 부품의 주요치수와의 관계설정, 통합시스템의 자동화를 위해서 사용한 추적파일 및 툴 바에 대해 서술하였으며, 마지막으로 본 통합시스템을 이용해서 실제 자동차 좌석의 가상설계를 수행하는 과정을 나타냈다.

2. 통합시스템의 구성

2.1 통합시스템의 구조

본 통합시스템은 Fig. 1의 흐름도에 따라 자동차 좌석을 설계한다. 흐름도의 제일 첫 단계는 초기 치수 입력 단계이며 여기서 입력되어지는 치수를 매개변수와 민감도 해석에 사용되는 설계변수로 설정하고, 두 번째 단계인 초기모델생성단계는 매개변수를 이용하여 Pro/Engineer에서 자동차 좌석의 모든 부품들을 생성하며, 세 번째의 유한요소모델 생성단계는 정적성능평가에 사용되는 유한요소 모델을 생성하게 된다. 네 번째의 해석 및 민감도 정보 생성단계는 생성된 유한요소 모델을 이용하여 해석을 수행하고 선택된 설계변수에 대한 민감도 해석을 수행하여 자동차 좌석의 형상을 수정하는데 필요한 데이터들을 피드백시키며, 다섯 번째의 모델 재생성단계는 민감도에서 얻은 정보를 토대로 하여 초기 모델을 수정, 재생성하게 되며, 만약 초기모델에서 얻은 민감도정보의 수정이 필요한 경우는 치수를 수정후 다시 세 번째의 유한요소모델 생성단계로 돌아가게 된다. 마지막으로 최종도면 생성의 단계는 최종모델의 각 부품별로 도면을 출력할 수 있도록 해 놓았다.

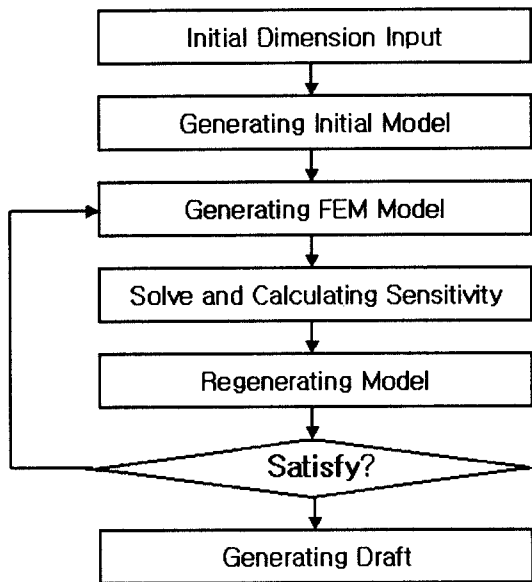


Fig. 1 Flow chart of integrated system

2.2 모티프

본 통합프로그램은 유닉스(UNIX)환경에서 C언어를 이용하여 구축되며 그래픽 사용자 인터페이스(GUI, graphic user interface)를 위해서는 그래픽 라이브러리인 모티프^{4),5)}를 사용하였다.

모티프는 미국 OSF(Open Software Foundation)사에 의해 개발된 X윈도우(X window)에서 구동되는 객체지향적 그래픽 라이브러리이다. 유닉스 환경에서의 그래픽 사용자 인터페이스의 표준으로 상용 패키지에서도 많이 활용되고 있다.

모티프는 위젯(widget)이라는 객체(object)들의 집합으로써, 그래픽 사용자 인터페이스에 관한 객체들을 의미하며, 이벤트 구동방식(event driven)의 프로그래밍을 할 수 있도록 한다.

모티프는 전체적으로 Fig. 2와 같이 4단계의 계층 구조를 가지고 있으며, UNIX계층은 일반적인 운영체제로서의 기능을 하는 부분이고 X계층은 기본적인 윈도우 생성과 이벤트를 다루는 기능을 한다. 또한 X 툴킷 계층은 위젯 셋의 생성과 사용을 지원하는 계층이다. 그리고 최상위의 모티프 계층은 프로그래머가 위젯을 이용하여 사용자 인터페이스를 쉽게 구성할 수 있도록 해 준다.

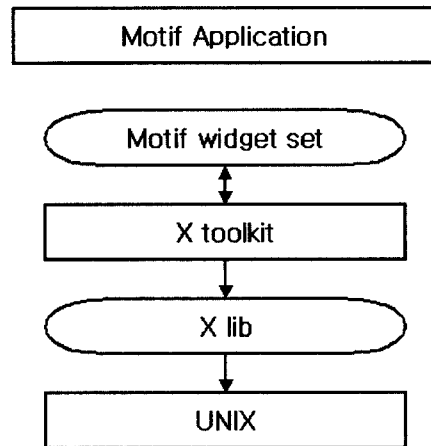


Fig. 2 Motif hierarchy

2.3 자동차 좌석 프레임의 형상 모델링

2.3.1 생성매개변수의 설정

본 통합 시스템의 대상이 되는 자동차 좌석의 형상 모델을 생성하기 위해 일반적인 자동차의 실내공간을 Fig. 3과 같이 실내장, 실내폭 그리고 실내고의 세 가지 주요치수를 매개변수로 설정하여 부품들을 모델링한다.

2.3.2 부품 치수들간의 연관관계 설정

자동차 좌석의 프레임을 모델링하는 과정에서 좌석의 프레임을 모두 13개의 부품으로 나누어서 모델링하였으며, 그 모델링된 각 부품들을 Fig. 4에 나타내었다. 각 부품은 형상을 결정하기 위하여 치수와 생성 매

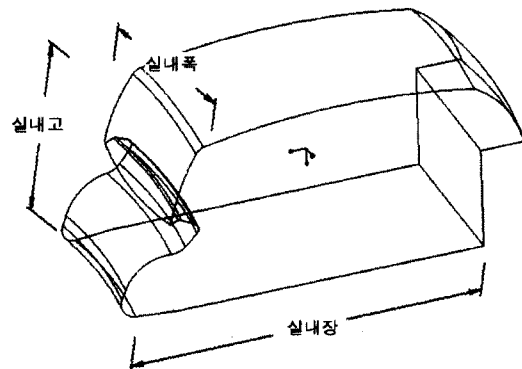


Fig. 3 Internal dimension of general automobile

개변수와의 연관관계를 가지고 있는데, 대표적으로 부품 bm(명칭:cush panel, 참고:Fig. 4)에 대한 치수와 생성 매개변수의 관계를 Fig. 5에 나타내었다. 이러한 각 부품들의 치수와 부품들 간의 결합관계는 앞에서 설정했던 세 가지 생성매개변수와 뒤에서 민감도 해

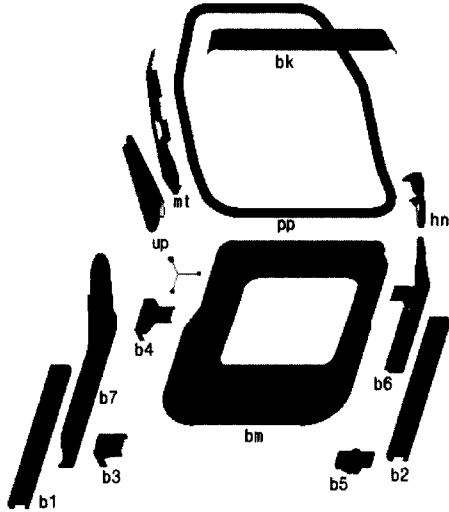
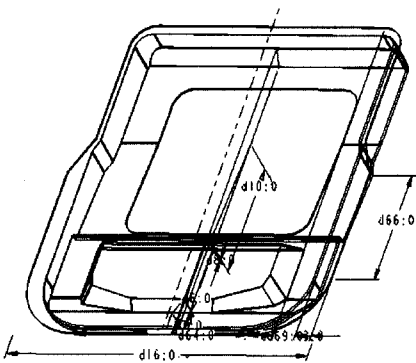


Fig. 4 All parts of seat



RELATION	PARAMETER	NEW VALUE
/** Relations for SF:		
D16:0 = D16:0 + width	D16:0	4.110000e+02
D64:0 = D64:0 + width	D64:0	2.350000e+02
D75:0 = D75:0 + width	D75:0	1.090000e+02
D53:0 = D53:0 + width	D53:0	1.090000e+02
D23:0 = D23:0 + width	D23:0	2.140000e+02
D25:0 = D25:0 + width	D25:0	3.130000e+02
D40:0 = D40:0 + width	D40:0	2.680000e+02
D10:0 = D10:0 + length	D10:0	1.590000e+02
D83:0 = D83:0 + width	D83:0	2.500000e+02
D18:0 = D18:0 + length	D18:0	1.970000e+02
D66:0 = D66:0 + length	D66:0	1.620000e+02
D84:0 = D84:0 + length	D84:0	2.340000e+02

Fig. 5 Generating parameter related "bm"

석을 위해서 설정하게 될 설계변수와 연관관계를 가지고 있다.

2.3.3 유한요소 모델의 생성

생성 매개변수의 입력에 따라 초기 모델이 완성되면 정적 성능평가를 위한 유한요소 모델을 생성한다.

초기 모델로부터 유한요소 모델을 생성하기에 앞서 정적 성능평가에서 요구되는 지점에 유한요소의 절점을 생성하기 위하여 기준 점(datum point)을 추가로 생성하는 과정이 필요하다. 정적 성능평가에서 필요한 지점들은 부품들 사이의 결합과 경계 조건을 위한 것으로 필요한 기준 점들이 생성되면 4절점, 3절점 셀 요소로 유한요소 모델을 생성한 다음 정적 성능평가 모듈에 사용될 입력파일을 생성한다. 이렇게 생성된 유한요소 모델을 Fig. 6에 나타내었다.

2.3.4 도면의 생성

민감도 정보를 이용해서 초기 자동차 좌석 모델의 개선통 모든 작업이 종료된 후 2차원 도면을 생성한다. 메인화면의 Drawing버튼을 누르면 Fig. 7과 같이 도면을 생성할 부품을 선택하는 창이 나타난다.

도면을 생성하고자 하는 부품에 대한 선택이 끝나면 도면을 생성하는데, 도면을 생성하기 전에 수정된 설계변수의 값을 모델 재생성을 위한 추적파일에 반영하여 모델을 재생성한다. 도면의 재생성이 완료되면 선택한

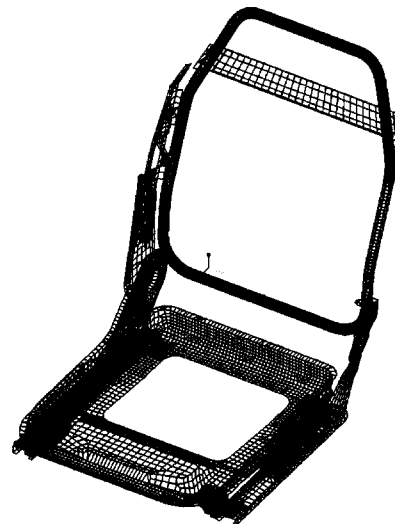


Fig. 6 Finite element model for static analysis

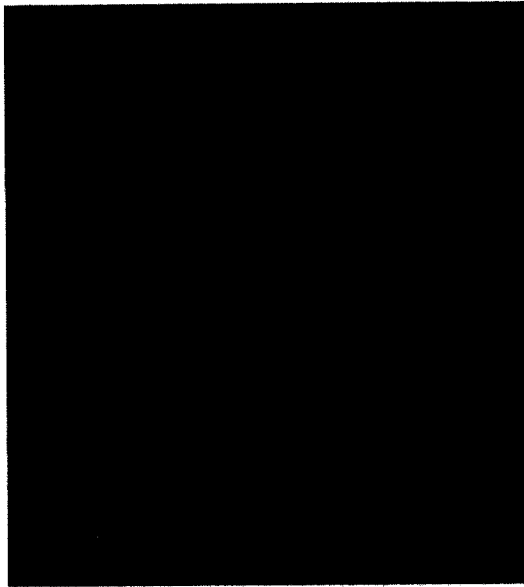


Fig. 7 Window for selecting part for draft

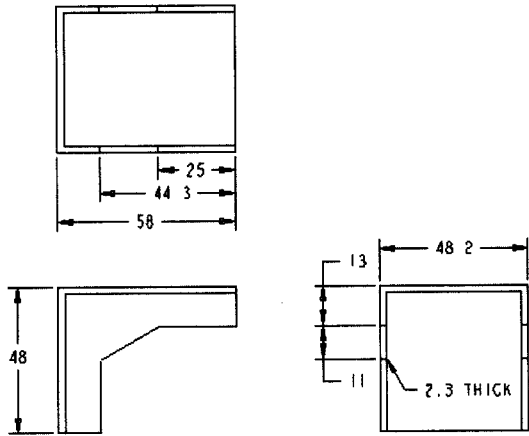


Fig. 8 Generation of draft

부품에 대한 도면을 생성한다. 미리 선택해둔 부품을 도면 생성을 위한 추적파일에 반영하여 Fig. 8과 같이 도면을 생성한다.

2.4 통합시스템의 자동화

통합시스템 개발의 목적 중의 하나는 사용자가 각 모듈을 구성하는 상용 프로그램들에 익숙하지 않아도 통합시스템을 사용하는데 무리가 없도록 하는 것이다. 이를 위해서 Pro/Engineer는 추적파일(trail file)을

이용해서 모델링을 비롯한 여러 작업들을 자동으로 수행할 수 있도록 하고, ANSYS는 툴 바(tool bar)를 만들어서 사용자가 원하는 작업을 쉽게할 수 있도록 하였다.

2.4.1 추적파일(trail file)

추적파일은 Pro/Engineer에서 작업하는 모든 과정을 기록하는 파일로써 파일내부의 수정이 용이하므로, 사용자에게 의해 입력된 생성매개변수의 치수와 정적 성능 평가에서 수정된 설계변수의 값들을 자동차 좌석의 형상 모델에 반영하기 위해서 사용한다. 생성매개변수들을 추적파일에 등록하여 각 모듈에서의 결과에 따라 부품의 형상을 자동으로 생성하거나 수정할 수 있고, 형상의 변화에 따른 유한요소 모델도 자동으로 생성할 수 있게 하였다. 또한 도면 생성을 원하는 부품을 추적파일에 등록하여 최종도면까지 자동으로 생성할 수 있게 하였다.

본 통합시스템에서 사용된 추적파일의 일부 예가 Fig. 9에 나타나 있으며 라인 11, 14, 17은 좌석의 생성 매개변수들을 의미하며, 라인 12, 15, 18은 매개변수의 값들이다.

추적파일의 변경에 대한 모델의 재생성을 보이기 위해 라인11의 생성 매개변수인 HEIGHT를 40mm로 변경하였을 때 부품 "b7"의 형상변화를 Fig. 10에 나타내었다.

2.4.2 툴 바(tool bar)

툴 바는 ANSYS⁶⁾에서 제공하는 것으로 ANSYS의 작업을 수행하는 내부명령어들을 배치(batch)방식으로

```

8: #SET UP
9: #PARAMETERS
10: #MODIFY
11: #HEIGHT
12: 1885
13: #MODIFY
14: #WIDTH
15: 1400
16: #MODIFY
17: #LENGTH
18: 1140
19: #DONE
20: #REGENERATE
21: #AUTOMATIC
    
```

Fig. 9 Example of trail file

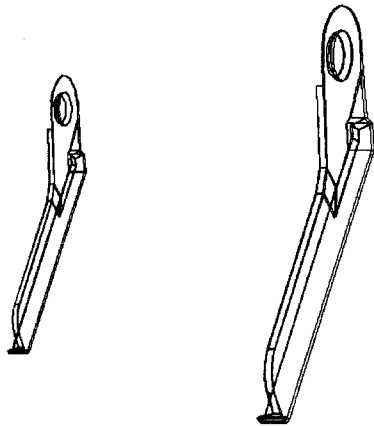


Fig. 10 Regenerated model by modified parameter

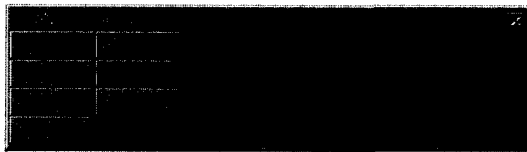


Fig. 11 ANSYS tool bar

처리하고 사용자 정의 아이콘으로 지정하여 사용자의 작업을 편리하게 해 주는 방법이다. 본 통합시스템에서 필요한 작업들만을 모아서 완성한 툴 바를 Fig. 11에 나타내었다.

PRE-PROC 버튼은 Pro/Engineer에서 생성된 유한요소 모델을 읽어들이고 경계조건 및 하중조건을 주는 기능을 수행한다. 본 통합시스템에서 정적성능평가에 이용된 시험은 헤드레스트 강도시험^{7),8)}으로써, 힙 포인트(hip point)를 중심으로 38kgf·m의 모멘트를 헤드레스트 부위에 가했을 때 헤드레스트의 처짐량이 102mm이하가 되어야 하는 것이다.

SOLUTION 버튼은 주어진 경계조건 및 하중조건에 대해서 해석을 수행하고, DEFLECT와 STRESS버튼은 해석의 결과를 사용자에게 보여주는 기능을 수행한다.

SENSE 버튼은 설정한 설계변수에 대한 민감도 해석⁹⁾을 수행하는 기능을 한다. 민감도는 설계변수의 변화에 대한 구조물의 응답의 변화율로 정의된다. 본 통합시스템은 부품 "pp"(back frame), 부품 "up"(back upper arm) 그리고 부품 "mt"(mounting bracket)의 두께를 설계변수로 설정하여 민감도 해석을 수행할 수 있으며, 본 연구에서와 같이 셀요소를 이용하고 함수의 비선형성이 심하지 않게 최적화 모델이 구성되어진 경우

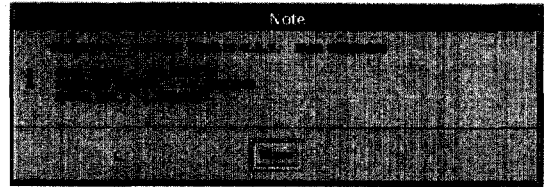


Fig. 12 Sensitivity analysis

일반적으로 사용하는 1%의 차분을 사용하였다.⁹⁾ 민감도 해석은 유한차분법 중의 전방차분법을 이용하도록 ANSYS의 명령어들을 배치(Batch)방식으로 처리하였다. 그리고 민감도 해석의 결과를 Fig. 12와 같이 사용자가 볼 수 있도록 조그만 창에 나타내도록 하였다. 여기서 민감도 값이 음수로 나타나는 것은 설계변수의 값이 증가함에 따라 구조물의 응답인 백 프레임 상부 중앙에서의 처짐이 감소함을 의미하며, 백 프레임의 두께를 변화시키는 것이 세 개의 설계 변수 중에서 최소의 변화로 최대의 효과를 얻을 수 있음을 의미한다. CHANGE 버튼은 민감도 정보를 이용하여 설계변수의 치수를 수정하여 추적파일에 반영하는 기능을 가지고 있다.

3. 좌석 프레임의 설계

앞에서 구현한 통합시스템을 이용하여 전체적인 자동차 좌석의 설계과정을 수행한다. 통합 시스템을 실행시키면 Fig. 13와 같은 초기치수 입력, CAD 모델, 정해석 모듈, 도면 생성 모듈 버튼을 가진 초기화면이 나타난다.

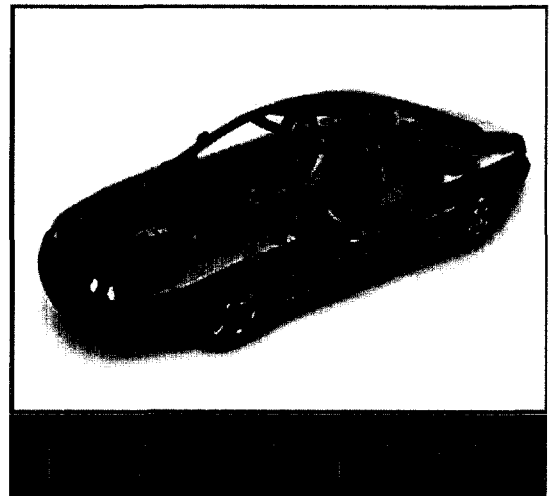


Fig. 13 Initial window of integrated system

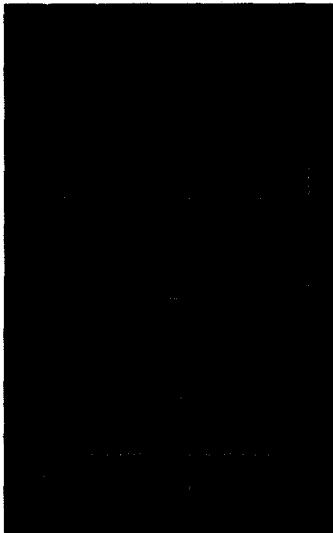


Fig. 14 Window for Initial dimension input

초기치수 입력 버튼을 누르면 생성 매개변수인 차량 실내 치수들을 입력할 수 있는 Fig. 14의 창이 나타나고, 현재 국내에서 생산되고 있는 소형차를 예로 실내장 1885mm, 실내폭 1400mm, 실내고 1140mm를 각각 입력하였다. 초기치수 입력 후에는 정적 성능평가 모듈에서 민감도 해석 및 치수 변경에 사용될 설계 변수의 설정을 위한 Fig. 15와 같은 창이 생성된다. 설계 변수가 설정되면 CAD 모듈을 실행시킨다. CAD 모듈에서는 입력된 차량의 실내 치수에 따라 모델링을 수행한 다음, 기준 점을 생성하여 유한요소 모델을 생성한다.

CAD 모듈을 마치고 정적 성능평가 모듈을 실행시키면 Fig. 11과 같은 툴 바가 나타난다. 각 버튼들을 눌러서 해석을 하고, 민감도 정보를 얻는다. 여기서 얻어진 민감도 정보를 이용하여 사용자가 설계변수 값을 수정하면 다시 해석과 후처리 과정을 수행할 수도 있다.

정적 성능평가를 마치고 설계가 완료되면 도면 생성 모듈을 실행하여 Fig. 7과 같이 도면을 생성할 부품을 선택할 수 있는 창에서 부품을 선택하면 선택된 부품에 대한 2차원 도면이 생성된다.

4. 결 론

본 논문에서는 자동차 좌석의 프레임을 효율적으로 설계할 수 있는 통합시스템을 개발하였다. 이번 연구를

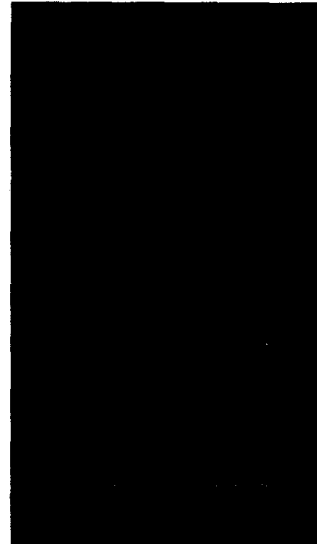


Fig. 15 Window for selecting design variable

통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존의 자동차 좌석의 설계는 독립된 설계, 해석 및 시제품을 이용한 성능평가로 이어지는 시행 착오법으로 이루어 졌으나, 전산 시뮬레이션을 도입하여 시간과 경비를 단축할 수 있게 되었다.
- 2) 자동차 좌석의 모델 생성, 정해석 및 도면생성의 단계간의 효율적인 데이터 흐름을 위하여 가장 초보 단계의 텍스트 파일을 이용하였으며 이러한 방법은 사용하고자 하는 상용 프로그램이 바뀌더라도 쉽게 적용이 가능하리라 사료된다.
- 3) 지금까지의 전산 설계 과정에서는 솔리드 모델링, 정해석, 그리고 도면출력을 위해서 각 단계에서의 전문 기술자들이 필요하였으나, 본 시스템에서는 각 단계에 대한 전문 지식이 없는 설계자도 쉽게 사용할 수 있는 환경을 개발하였다.
- 4) 본 연구에서는 자동차 좌석의 설계를 위한 통합시스템을 개발하였으나, 여기서 사용된 기법과 개념은 다른 여러 분야에도 적용 될 수 있으리라 사료된다.
- 5) 본 시스템의 개발에서는 여러 상용 프로그램이 하나의 시스템에 모두 장착이 되어 있다는 가정 하에서 개발되었으나 여러 시스템에 분리되어 있더라도 적용이 가능하도록 원격 제어 개념의 추가가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 최적설계 신기술 연구 센터의 지원으로 수행되었습니다. 재단의 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 광병만, "설계와 해석의 동시 수행", CAD&그래픽스, No. 1, January, 2000, pp.201~203
2. 한정삼, 프랭크 오퍼하우스, 김영렬, 광병만, "CAD기반 최적설계 시스템인 DS/FDM의 개발과 공학 구조물에 대한 적용", 대한기계학회 춘계학술대회논문집, A권, 2000, pp.720~724
3. Parametric Technology Cooperation, Pro/Engineer Fundamentals Release 18.0
4. D. Flanagan, *Motif Tools*, O'Reilly & Associates, New York, 1994
5. 샘틀지기, *Motif Programming*, scom computer publishing co., 1984
6. SAP IP. Inc. ANSYS Analysis Guide.
7. 최창식, "자동차 시트 프레임의 형상 최적설계", 부산대학교 기계설계공학과, 석사학위논문, 1999
8. 김현영, 이상근, "자동차 시트의 충돌 성능 예측", 한국자동차공학회 논문집 제 7권 3호, 1999
9. J. S. Arora, *Introduction to Optimum Design*, McGraw-Hill, 1989