

통합된 CAD/CAE 자동화 System 을 이용한 구조 강도 해석 및 설계 최적화에 관한 연구

A Study on the Structural Analysis & Design Optimization Using Automation System Integrated with CAD/CAE

윤 중 민[†] 원 준 호* 최 주 호** 김 중 수***

Yoon, Jong-Min Won, June-Ho Choi, Joo-Ho Kim, Jong-Soo

ABSTRACT

In this paper, a CAD/CAE integrated optimal design system is developed, in which design and analysis process is automated using CAD/CAE softwares, for a complicated model for which parametric modeling provided by CAD software is not possible. CAD modeling process is automated by using UG/OPEN API function and UG/Knowledge Fusion provided by Unigraphics. The generated model is transferred to the analysis code ANSYS in parasolid format. Visual DOC software is used for optimization. The system is developed for PLS(Plasma Lighting System), which is a next generation illumination system that is used to illuminate stadium or outdoor advertizing panel. The PLS system consists of more then 20 components, which requires a lot of human efforts in modeling and analysis. The analysis for PLS includes static load, wind load and impact load analysis. As a result of analysis, it is found that the most critical component is a tilt assembly, which links lower & upper body assembly. For more reliable analysis, experiment is conducted using MTS and compared with the Finite element analysis result. The objective in the optimization is to minimize the material volume under allowable stresses. The design variables are three parameters in the tilt assembly that are chosen to be the most sensitive in stress values of twelve parameters. Gradient based method and RSM(Response Surface Method) are used for the algorithm and the results are compared. As a result of optimization, the maximum stress is reduced by 57%.

1. 서 론

기계시스템의 설계를 위해서는 설계 대상의 기하학적 모델링, 정적·동적 해석을 포함하는 하중 해석과 같은 공학 해석의 기법, 치수 및 형상 설계 등의 최적화 기법이 요구된다. 그러나 현재 이들은 각기 개별적이고 단순 반복적으로 수행되고 있어 인력 및 물적 자원이 극히 비효율적으로 활용되고 있는 실정이다. 따라서 급변하는 시장 요구와 수요에 신속히 대처하고 기업의 생산성 향상과 제품 개발 기간 단축을 위하여 설계단계에서부터 CAE 기술을 적용하여 정량적인 설계 과정과 동시에 이 결과를 개발자가 쉽게 공유하게 하는 효율적인 동시공학적인 설계 과정이 필요하게 되었다. 이러한 동시공학적인 설계를 위해서는 기하학적 모델링을 하는 CAD 와 성능해석을 수행하는 CAE 를 효과적

[†]책임저자 • 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과, 대학원

* 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과, 대학원

** 교신저자 • 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부, 교수

***LG 전자 PLS 사업담당. 주임연구원

으로 연계, 통합하는 것이 필수적인 문제로 대두되고 있다. 최근에는 CATIA, Unigraphics, I-DEAS 등의 상용 CAD 소프트웨어에서 CAE 해석 및 최적화 기능을 추가로 제공하여 CAD 소프트웨어 내에서 해석과 설계까지도 수행하도록 하고 있지만, 아직은 전문 CAE 프로그램에서 제공해 주는 수준의 다양한 해석 및 결과처리를 하지 못하는 한계가 있어 CAD 와 CAE 를 연계하는 시스템 구축의 필요성을 보여주고 있다. 지금까지 국내·외적으로 CAD 와 CAE 그리고 설계 최적화를 통합하려는 몇몇 사례가 발견되었다. Hardee⁽¹⁾는 Pro/Engineer 기반의 최적화 방법을 제안하였는데, Pro/Engineer 내부에 최적화 모듈을 완전히 통합시키고, Turbine Blade 의 dove tail 부 형상 최적화에 응용하였다. 그리고 Guan⁽²⁾는 AutoCAD/MDT 와 자체 유한요소해석 프로그램을 이용하여 간단한 문제에 대한 형상 최적화를 구현하였다. YingXiang Wu 등⁽³⁾은 iSIGHT, Maxwell, IDEAS 등의 소프트웨어를 통합한 시스템을 구축하였다. 또한, 상용 최적설계 소프트웨어와 CAD 를 고급 프로그래밍 언어인, C++을 기반으로 하는 API(Application Programming Interface) 함수를 이용하여 통합한 연구가 수행되었다. IkuKosaka 등⁽⁴⁾은 GENESIS 와 I-DEAS 와 최적설계코드를 통합하는 인터페이스를 개발하였다. 국내 연구사례로는 FDM, Taguchi Method, RSM (Response Surface Method) 등의 최적화 기법을 적용하여 이를 상용 CAD Pro/Engineer 및 Solid Works 에 하나의 모듈로 통합시킨 사례와 상용 CAD I-DEAS 와 상용 CEA ABAQUS 및 상용 피로해석 소프트웨어 Fe-safe 를 통합시킨 사례가 있다.⁽⁵⁾ 지금까지 열거한 연구들은 대부분 CAD 환경 내에서 자체개발 또는 상용 해석코드에 연계하여 최적설계를 수행한 것으로 CAD 의 간편한 기능, 특히 파라메트릭 모델링 기능을 최대한 효율적으로 사용하였다. 그러나 이들의 대부분은 응용 예로 비교적 단순한 형상의 설계문제를 다루었으며, 이를 통해 CAD 기반 최적화의 가능성을 보여주는 수준에 머물렀다. 그나마 Hardee 의 터빈블레이드 dove tail 부 형상 최적화가 가장 실용성 있는 적용 사례였다. 그 원인은 CAD 소프트웨어가 아직은 단순한 형상만을 파라메트릭 모델링을 통해 생성하기 때문인 것으로 판단된다. 현재까지는 이러한 문제점을 해결하기 위해 고도의 프로그래밍 지식을 가지고 CAD 모델링 자동화에 필요한 별도의 코드를 작성해야 하는 어려움이 있다. 이러한 프로그래밍 환경은 대부분의 CAD 소프트웨어에서 제공되며, 해당 소프트웨어의 고유언어나 API 함수로 구성된다.

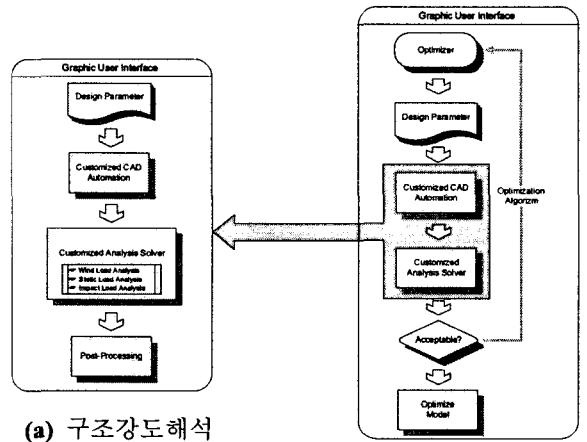
따라서 본 연구에서는 CAD 의 파라메트릭 모델링 기능만으로는 구현이 불가능한 복잡한 형상을 대상으로 최적 설계 자동화 시스템을 개발하였다. 이를 위해서는 CAD/CAE 의 연계를 통한 설계 및 해석 자동화가 선행되어야 한다. 따라서 시스템은 자동화 시스템과 최적 설계 시스템의 단계로 나누어 개발하였다. 자동화 시스템에서 사용된 CAD/CAE 소프트웨어는 각각 EDS/Unigraphics version NX2.0^{(6),(7)} 및 ANSYS version 8.0⁽⁸⁾이며, 최적화를 위해서는 최적화 전용 소프트웨어 Visual DOC version 3.1⁽⁹⁾ 그리고 전체 시스템 통합에는 Microsoft Visual C++⁽¹⁰⁾ 을 활용하였다. CAD 모델링 자동화는 Unigraphics 에서 제공하는 C++언어 기반의 UG/OPEN API 함수와 UG/Knowledge Fusion 을 사용하여 구현하였고, 생성된 모델을 파라솔리드(Parasolid) 데이터 포맷을 통해 해석코드로 전달하였다. 본 논문에서 제시한 방법은 모델 생성 자동화를 위해 별도의 API 함수를 활용하여 전용코드를 생성하는 불편이 있지만, 기존의 연구에서 다루지 못한 복잡한 형상의 최적화 문제를 실질적으로 해결할 수 있는 방법이다. 또한 UG/Knowledge Fusion 를 활용하면 시스템 개발 시 UG interface 에서 작업함으로 수행한 작업을 바로 확인 할 수 있는 이점이 있다. 본 연구의 대상은 PLS(Plasma Lighting System)라 부르는 차세대 야외 조명 시스템으로써 대형 경기장 조명장치나 옥외 광고판에 고정 설치되어 사용된다. 이에 따라 PLS 는 각종하중 및 진동조건에 놓이게 된다. 이를 설계단계에서 고려할 필요가 있어 시스템을 개발하게 되었다. 본 연구에서는 PLS 에 대해 자동 모델링과 정적·동적 해석 등을 수행하고, 나아가서 최적 설계를 구하는 시스템을 개발하였다.

2. CAD 기반 최적설계

2.1 시스템 개념도

본 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 구조강도해석 자동화 시스템과 최적설계 자동화 시스템의 두 가지 모듈로 구성되는데 안전을 및 피로를 고려한 설계 기준으로써 정적 해석(정하중, 풍하중 해석) 및 동적 해석(낙하충격)을 수행하며, 사용자 편의에 맞게 선택적으로 해석을 수행할 수 있고, 기존 설계의 검증 및 개선의 용도로 사용된다. 파라메트릭 CAD 모델 생성, 유한요소해석을 통한 구조 강도 해석, 해석 결과를 손쉽게 확인할 수 있는 후처리(post-processing) 과정이 통합되어 사용자가 쉽게 사용할 수 있다. 구조강도해석 자동화 시스템의 구성은 그림 1(a)와 같다.

최적설계 자동화 시스템은 구조강도해석 자동화 시스템을 이용하여 최적해를 구하기 위한 해석을 반복한다. 최적설계 자동화 시스템의 구성은 그림 1(b)와 같다. 본 연구에서는 최적화 전용 소프트웨어 Visual DOC를 활용하여 매 iteration마다 변화된 설계변수를 대상으로 모델이 자동 생성, 해석 후 최적해를 구한다.



(a) 구조강도 해석 자동화 시스템 (b) 최적설계 자동화 시스템
 그림 1 시스템의 개념

2.2 파라메트릭 CAD 모델링 자동화

대부분의 CAD 프로그램은 GUI(Graphic User Interface) 환경에서 형상 모델링을 수행하는 것과 함께 일련의 프로그래밍을 통해 같은 기능을 수행할 수 있도록 함수를 제공하고 있다. Unigraphics 역시 모델링을 수행할 수 있는 모듈로서 C++ 기반의 UG/OPEN API 함수와 UG/Knowledge Fusion(UG/KF)을 제공하고 있다. 이러한 모듈을 이용하여 생성된 파라메트릭 CAD 시스템의 모델은 변수와 수식으로 표현되는 규칙, 특정형상을 나타내는 하위 객체, 그리고 특정 기능을 반복적으로 수행하는 함수 부분으로 이루어져 있다. 때문에 입력 사항에 따라 제품 모델 내의 각 변수와 객체는 긴밀한 연관관계를 가지고 변화한다. 편집설계 시 한계가 있는 형상의 경우, geometry를 생성, 편집하는 기능이 제공되어 input 값에 의해 geometry의 topology를 변화시킬 수 있다.

UG/OPEN 함수는 시스템 개발 시 업데이트된 모델을 확인할 경우 매번 실행파일을 생성하여 실행하여야 하는 단점이 있고, UG/KF는 업데이트된 모델을 실시간으로 확인할 수 있어 개발시간을 단축할 수 있지만 외부에서 실행파일을 만들어 줄 수 없다. 때문에 두 모듈의 장점을 각각 이용하여 UG/KF는 모델링과정에서 사용하고, UG/OPEN는 외부에서 UG/KF를 실행시키는 함수를 생성하는 과정에 사용하였다.

실행파일을 생성하는 방식에는 Unigraphics 내부의 UG/OPEN 모듈을 이용하여 작성된 DLL(Dynamic Loadable Library) 형식의 실행파일을 실행 시키는 내부수행 방식(Internal Mode)과 EXE 형식의 별도의 실행파일을 작성함으로써 Unigraphics를 실행하지 않고 Batch Mode에서 모델을 생성하는 외부수행 방식(External Mode)이 있다. 내부수행 방식은 Unigraphics 내에서 모델의 생성 과정을 직접 확인할 수 있고, 모델링 속도가 빠른 장점

이 있어 구조강도 해석용 자동화 시스템에 적용되었다. 그리고 외부수행 방식은 전용코드를 통해 최적화가 실행될 경우 모델링 과정이 최적화 코드에 포함되어야 하며, 매 iteration 마다 변화된 설계변수를 대상으로 모델이 자동으로 생성되어야 하므로 최적설계 자동화 시스템에 적용되었다. 이러한 모델 생성을 위한 외부실행 파일은 Visual C++을 활용하였다.

3. 공학 구조물에 대한 적용

3.1 연구 목표

연구의 대상은 PLS(Plasma Lighting System)로 옥외 간판 조명, 경기장 조명 등에 쓰이는 차세대 야외 조명 시스템이다. 이 구조물은 외관은 단순해 보이나 내부적으로 18 종의 cavity assembly, 7 종의 light guide assembly 등 총 25 종의 부품 및 이들의 조립체로 구조가 복잡하기 때문에 새로운 형태의 구조물을 설계 및 제작하는 과정에서는 많은 노력, 시간, 비용 등이 필요하다.

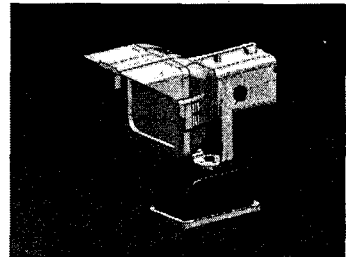


그림 2 Unigraphics

이러한 문제를 해결하기 위해 자동 CAD 모델링에 의한 구조강도 해석 및 설계최적화 시스템을 구축하고, 이를 설계, 개발단계에서 활용하고자 한다. 이러한 시스템은 모든 과정을 통합화, 편리화 하기 위한 사용자 편의의 GUI 로 개발하여, 구조적 측면에서의 안전율 및 피로를 고려한 설계 기준과 강도해석 및 최적화 기법을 활용한 설계 개선안을 제시하여 문제를 해결하고자 한다.

3.2 파라메트릭 모델링과 해석모델의 생성

파라메트릭 모델은 모든 작업이 CAD 기반에서 이루어지기 때문에 변수의 변화에 따라 올바른 모델이 생성될 수 있도록 치수 간의 관계를 설정해 주어야 한다. 또한 Unigraphics 에서 만들어진 모델을, ANSYS 에서 적절한 mesh 를 생성 할 수 있도록 작업을 해주어야 하고, 용도와 형상에 따른 재료물성치를 지정해야 한다. 이러한 작업을 위해서는 ANSYS 에서 Component 라는 그룹으로 지정하여 부여한다. 하지만 이러한 Component 작업은 기본적으로 각 요소의 번호에 의존하는 경우가 많다. 그런데 형상이 복잡하거나, 형상이 변하면서 모델이 생성되는 경우에는 각 요소의 번호가 시시각각 변하기 때문에 이를 사용할 수 없다. 따라서 본

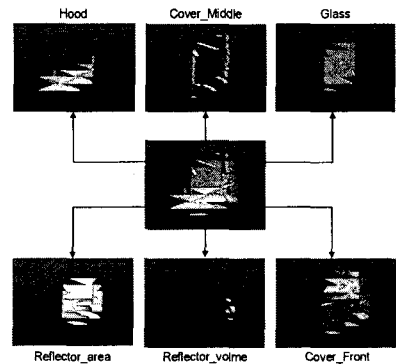


그림 3 PLS 의 일부

연구에서는 시스템 자동화를 위해 Unigraphics 에서 Component 를 ANSYS 에 각각 export 하여 형상이 임의로 변하더라도 이에 대응할 수 있게 하였다. 그림 2 는 Unigraphics 에서 생성된 모델이다. PLS 의 모든 Component 를 설명을 해야 하지만 지면관계로 그림 3 에 PLS 의 일부 Component 를 예시하였다.

해석을 위해 사용된 element type 은 solid95(20 node element)와 shell93(8 node element)이며, 이는 각 element 의 응력을 2 차 보간을 사용하여 구하기 때문에 더욱 정확한 결과를 구할 수 있다. 형상의 특성에 따라 두께가 얇은 것은 쉘 요소(Shell93)로, 그렇지 않은 것은 솔리드 요소(Solid95)로 지정하여 메쉬를 생

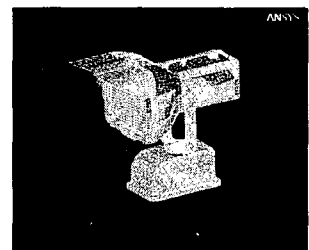


그림 4 유한요소 모델

성하도록 구성하였다. 모델에 대해 메쉬를 생성하기 위해 솔리드의 경우 요소크기를 30mm로 하고, 스마트 사이징 기능을 6으로 하여, 자동으로 사면체 요소를 생성하였다. 한편 쉘의 경우 요소크기는 10mm로, 스마트 사이징은 4로 하여 메쉬를 생성하였다. 그 결과 56500개 가량의 절점 및 26300개 가량의 요소가 생성되었으며, 이는 그림 4에 나타내었다. 그리고 해석을 위한 고정조건은 전체모델을 고정하는 바닥면과 연결된 6개의 bolt로 하였다.

3.3 구조강도해석

각종 하중 및 진동조건하에 있는 야외 구조물의 경우 구조강도 해석을 위해서는 일반적으로 여러 종류의 해석을 수행해야 하는데, 대체로 정하중 해석(static load analysis), 풍하중 해석(wind load analysis), 낙하충격 해석(impact load analysis), 모우드 해석(modal analysis), 하모닉 하중 해석(harmonic load analysis) 및 피로 해석(fatigue analysis) 등이 필요하다. 그리고 이들 해석이 단순히 각각 수행되기만 하면 되는 것이 아니고, 상호연관을 가지면서 설계기준에 활용되어야 한다. 해석 모듈 간의 관계를 그림 5에 나타내었다.

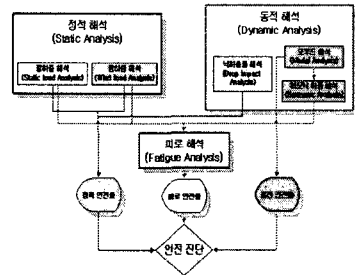


그림 5 해석의 상호연

구조강도 자동화 시스템에서는 이러한 여러 종류의 해석을 수행할 수 있으나 최적화에서는 정하중만을 고려하기 때문에 본 연구에서는 정하중 해석만을 상세히 소개한다.

정하중 해석은 정하중(집중하중)의 방향에 따른 여러 케이스(13 가지)의 해석을 시도하여 그 중 가장 큰 응력을 유발하는 방향을 결정하도록 하였다. 여기서 정하중의 크기는 성인 남자 1인이 의학적으론 한 팔로 감당할 수 있는 무게가 250kg 임을 감안하였으나, 실제 근육능력은 이의 20%만 발휘되므로 50kg으로 정하였다. 그림 6은 일정한 정하중에 대한 PLS의 가장 취약한 방향을 찾기 위해 가해준 13가지 하중 방향을 나타내고 있고, 해석결과는 표 1에 나타내었다.

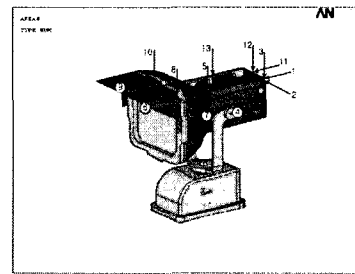


그림 6 하중의 방향

표 1 여러 케이스의 해석 결과

Max.Stress[MPa]		case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8	case9	case10	case11	case12	case13
name	material													
Glass	Glass	0.76	1.08	0.80	3.87	0.42	0.43	3.89	2.95	0.61	1.84	0.08	0.05	0.46
Bulb	Glass	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bolt_case1lower	Steel	13.86	10.24	7.87	7.77	3.92	16.64	10.00	9.34	15.29	7.08	13.27	6.86	1.98
Bolt_spindle	Steel	400.70	545.87	427.97	333.44	224.49	800.59	1022.30	693.69	340.33	571.41	184.44	383.11	21.94
Bolt_caseupper	Steel	167.40	182.48	128.91	183.09	64.53	202.52	221.22	130.86	211.97	122.05	169.42	131.04	25.61
Leg_cavity	Cavity	10.70	55.27	13.53	86.32	7.21	11.46	88.16	29.76	3.55	7.03	2.14	5.42	5.59
Tilt Swivel Assy	Alumi	184.70	338.66	148.76	293.05	73.83	261.42	402.55	216.50	233.96	180.97	186.92	151.19	35.09
Handle	Alumi	0.91	2.90	1.95	2.58	1.67	1.77	2.76	2.61	2.44	1.91	5.07	1.39	83.43
Pcb Assy	PCB	0.88	0.55	0.51	0.29	0.23	1.11	0.27	0.55	0.32	0.37	0.79	0.44	0.11
Reflector_volume	Alumi	1.18	1.80	1.34	5.72	0.57	0.71	7.32	2.81	0.16	0.20	0.06	0.03	0.21
Reflector_area	Alumi	3.76	4.76	3.41	11.59	3.08	5.24	15.48	8.02	3.83	4.39	2.27	2.19	4.59
Cover_front	Alumi	10.17	27.28	7.43	91.50	89.77	23.57	52.86	15.14	16.07	13.88	12.55	7.78	81.53
Coverside_lower	Alumi	69.55	261.47	62.78	247.03	32.94	146.05	313.73	81.24	50.65	82.88	29.28	56.38	18.77

Case13의 경우와 같이 handle 부에 수직으로 가해지는 하중은 PLS 모델에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그리고 case11, 13을 제외한 모든 경우 tilt assembly 부위에 가장 큰 응력이 발생하며 35Mpa에서 402Mpa 값을 보이고 있다. 알루미늄의 항복응력(170Mpa)을 기준으로 볼 때 case5, 13을 제외하고는 소성변형이 일어날 가능성이 크며, 특히 case2, 4, 7의 경우는 tilt assembly의 파괴까지도 예상된다. 본 연구에서는 PLS에 가장 큰 영향을 주는

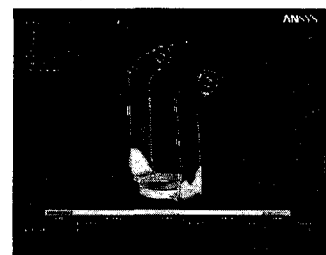


그림 7 Tilt assembly의 응력분

하중의 작용 방향을 case7 로 선택하였고, PLS 해석 시스템의 정하중 해석 수행 시 기본 케이스로 case7 의 방향으로 하중이 작용하도록 설정해 두었다.

Tilt assembly 는 그림 7 에서 보는 바와 같이 상부 몸체와 하부 지지체를 연결한 다리(leg) 구조물이다. Tilt assembly 의 변형 및 파괴를 예방하기 위해서 아래 5 가지 설계변경과 같이 tilt assembly 의 치수를 직접적으로 변경해 주지 않고서는 tilt assembly 에 발생하는 최대응력을 감소시키지 못할 것으로 판단되며, tilt assembly 부에 대한 상세한 해석이 요구된다.

3.4 최적 설계 수행

앞에서 수행한 초기해석 결과 tilt assembly 부가 가장 취약한 부위라는 결과를 얻었으므로, 이에 따라서 최적 설계는 전체가 아니라 tilt assembly 를 대상으로 하였다.

3.4.1 Tilt assembly 파단 실험

정하중 해석의 신뢰도를 높이기 위하여 tilt assembly 의 파단 실험을 하였다. 파단실험에 사용된 시험기기는 MTS(material testing system)이다. MTS는 만능시험기(4485 모델)에 GRIP, CHAMBER 를 부착하여 각종 재료의 환경물성 평가, 고온에서의 인장 및 압축 실험을 통한 모듈러스 측정이 가능한 2축 재료시험 기기이다. 그림 8 과 같이 MTS 에 장착한 후 변위를 증가시키는 방법으로 정하중을 부여하였다. 그리고 파단 시 나타난 하중을 측정하였다. 이러한 방법으로 파단 실험을 15 회 반복 실시한 결과 그림 9 에서 나타난 바와 같이 측정된 하중의 평균은 380N 이었으며, 16.68 의 표준편차를 나타내었다.

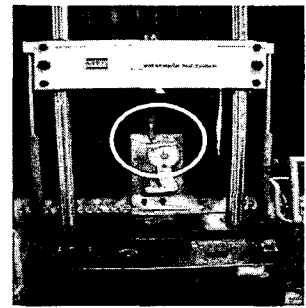


그림 8 MTS 에 tilt assembly 를 장착한 모습

3.4.2 유한요소 해석

선행 해석들과 동일하게 Unigraphics 에서 파라솔리드 모델을 생성한 후 ANSYS 에서 해석을 수행하였다. 사용된 element type 는 앞서 언급한 solid95 를 사용하여 유한요소를 생성하였다. 그림 10 에서 보는 바와 같이 Tilt assembly 해석의 경우는 모델의 대칭성으로 인해 1/2 모델링을 하였으며, 이에 따른 대칭 경계 조건을 지정해 주었다. 그리고 tilt assembly 기저에 위치한 볼트 체결부에 3 방향 자유도를 구속하였다. 그리고 파단 실험의 평균치인 380N 을 tilt assembly 상부와 PLS 상부 몸체의 체결면에 수직인 방향으로 적용해주었다. 유한요소 해석 수행 결과 나타난 최대응력은 297Mpa 로 알루미늄의 파단강도와 동일하게 나타났고, 최대응력 발생 부위 역시 실험에서 나타난 파단 부위와 동일한 것으로 확인되었다. 그림 11 은 실제 tilt assembly 의 파단 형상을 나타내었고, 그림 12 는 ANSYS 를 이용한 유한 요소 해석 결과를 나타낸 것이다.

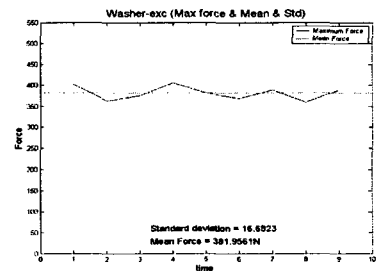


그림 9 실험횟수에 따른 파단시 하중

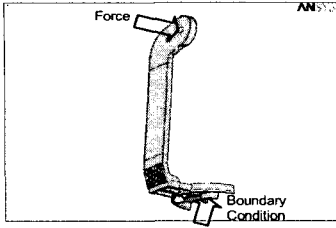


그림 10 구속조건 및 하중



그림 11 파단 형상

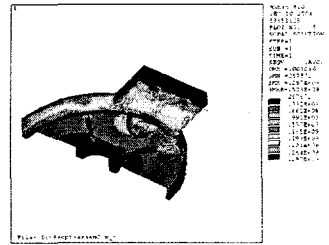


그림 12 유한요소 해석결과

3.4.3 최적화

Tilt assembly 에 대한 최적설계문제를 식(1)과 같이 정의하였다.

목적함수 : 무게(=부피)의 최소화

설계변수 : x_1, x_2, x_3 의 두께

(1)

제한조건 : tilt assembly 에 발생하는 최대응력 < 알루미늄의 항복응력(170Mpa)

최적화 알고리즘으로는 Gradient Based Method 와 RSM(Response Surface Method)를 사용하여 비교하였다.

그림 13 에서 보는 바와 같이 tilt assembly 를 구성하고 있는 12 개의 변수(치수) 중에서 파단에 영향을 주는 인자를 찾기 위해 여러 가지 변수에 대한 해석을 수행해본 결과 x_1, x_2, x_3 의 두께가 tilt assembly 파단부의 응력에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

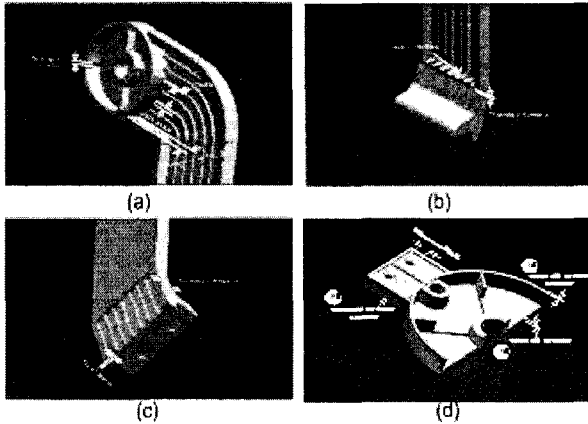


그림 13 부위별 설계변수(a, b, c)와 주요 설계변수 x_1, x_2, x_3 (d)

또한 x_1, x_2, x_3 설계변수의 변화 범위와 설계변수 변화에 따른 최대 응력의 변화를 살펴보면 그림 14 와 같다. 아래 그래프는 $x_1=11, x_2=6, x_3=3$ 을 초기값으로 설정 후 특정 변수를 변화 시켜가면서 추세를 구한 것이다. 파단 실험을 근거로 한 유한요소 해석 수행 결과 발생하는 최대 응력은 297Mpa 이며 그때 tilt assembly 의 부피는 78018.78mm³이었다.($x_1=11, x_2=6, x_3=3$)

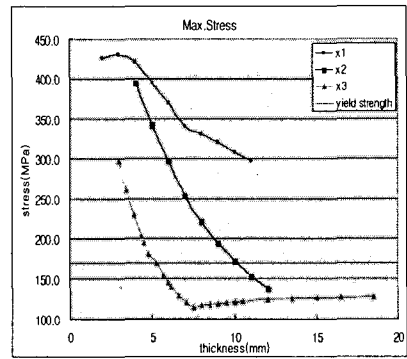


그림 14 설계변수 변화에 따른 최대응력의 변화

Tilt assembly 에 발생하는 최대응력을 170Mpa 로 감소시키는 설계 변경 중 tilt assembly 의 무게 즉, 부피를 최소화 하기 위해 최적화를 수행한 결과 반응표면법(RSM)은 해의 수렴 과정에 문제가 발생하였다. Gradient Based Method 를 사용한 최적화 결과는 아래와 같다. 우선 우리가 최소화 하고자 했던 tilt assembly 의 부피는 21%증가한 94656.45 mm³로 변경 되었으며 제한 조건으로 두었던 tilt assembly 에 발생하는 최대응력은 57%로 감소한

169.83Mpa 로 나타났다. 설계변수 x_1, x_2, x_3 는 11, 8.66, 4.03 으로 변경되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 CAD/CAE/설계최적화 소프트웨어인 Unigraphics, ANSYS 그리고 Visual DOC 를 연계하여 구조 강도 해석용 자동화 시스템과 최적설계 자동화 시스템을 개발하였다. 설계 및 개발단계에서 이러한 통합 시스템을 활용하면 구조물 설계 및 제작과정에서 많은 노력과 시간, 비용 등을 절감 할 수 있고, 또한 지속적인 성능 개선에 유용하다. 그리고 구조해석과 최적설계를 수행 및 후처리 시 사용자가 겪게 되는 어려움을 사용자 편의의 GUI 를 통하여 감소시켜 줄 수 있다. 또한 구조적 측면에서의 안전율 및 피로를 고려한 설계 기준과 강도해석 및 최적화 기법을 활용한 설계 개선안을 제시하여 문제를 해결할 수 있다. 그리고 그 활용예로서 PLS 에 이 시스템을 적용하였다.

본 연구에서의 이러한 시스템을 이용하게 되면 작업 결과물의 질을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 빠른 속도로 변해 가는 설계환경에서 보다 나은 설계를 더욱 쉽고 빠르게 수행하는 데에 효과적일 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 LG 전자(주)의 지원 하에 이루어졌으며 이에 감사하는 바입니다.

참고 문헌

1. Edwin Hardee, Chang KH, Tu J, Choi KK, Grindeanu I, Tu J., "A CAD-based design parameterization for shape optimization of elastic solids," Advances in Engineering software, pp.185~199, 1999.
2. Zhenqun Guan, Xiaofeng Sui., "A CAD-based Parameterization Method of Finite Element Modeling for Structural Shape Optimization," WCSMO-4, pp.418~419, 2001.
3. Yingxiang Wu, Jan Heloge Bohn and Dushan Boroyevich, 2002, "Software Integration for IPEM Design, Modeling, and Analysis," CPES seminar proceedings
4. Iku Kosaka, Christophe Charpentier and Brian C. Waston, 2002, "An Interface between SDRC I-DEAS and the Genesis Structural Analysis and Optimization Code," AIAA symposium
5. http://khp.kaist.ac.kr/04publication/04publication_04.html
6. UG/OPEN API Programmer s Guide, Unigraphics solution Inc. 1999.
7. UG/KF Programmer s Guide, Unigraphics solution Inc. 2002.
8. ANSYS Thermal Analysis Guide Release 5.6, SASI IP, Inc. 1999.
9. Visual DOC Theoretical Manual, Vanderplaats Research & Development, Inc. 1999.
10. MSDN Library Visual Studio 6.0, Microsoft. 1998.