Rapid prototyping(RP)의 창의적 종합설계 교과목에의 응용

글 _ 정하승 _ 홍익대학교 기계시스템디자인공학과 _ hascung@hongik.ac.kr

본 기사에서는 홍익대학교 기계시스템디자인공학과에서 운영되고 있는 "기계시스템디자인 프로젝트" 교과목에서 Rapid prototyping machine을 이용하여 학생들의 독창적인 아이디어를 구현화시킨 사례를 소개하고자 한다.

개요 및 배경

학생들이 도서관 등의 장소에서 많이 사용하고 있는 기존 독서대의 경우 무게, 크기로 인한 휴대성 저하, 한정된 독서대 각도 등의 여러 가지 문제점을 지니고 있는 바, 이를 해결하고자 신개념의 "휴대용 독서대"라는 아이디어를 도출하고 전체적인 기구의 설계, 해석 및 시제품 제작을 시도하였다. 특히 제안하는 "휴대용 독서대"의 구성요소들의 근간이 되는 보 형태에 대해 일반 보, 트러스(Truss) 보, 카고메(Kagome) 보 등의 형상 변화에 따른 응력분포 및 변형을 중점적으로 고찰하였다. 설계는 3D-CAD Tool인 UG NX3를 이용하였고 해석은 FEM 해석 도구인 Hypermesh program을 사용하여 수행하였으며 해석 후 Rapid-Prototype 기법을 활용하여 실물제작을 시도하였다.

먼저 도출된 디자인은 여러 형태의 보를 바탕으로 구성되는데 여기서는 다양한 구조의 보를 사용하고자

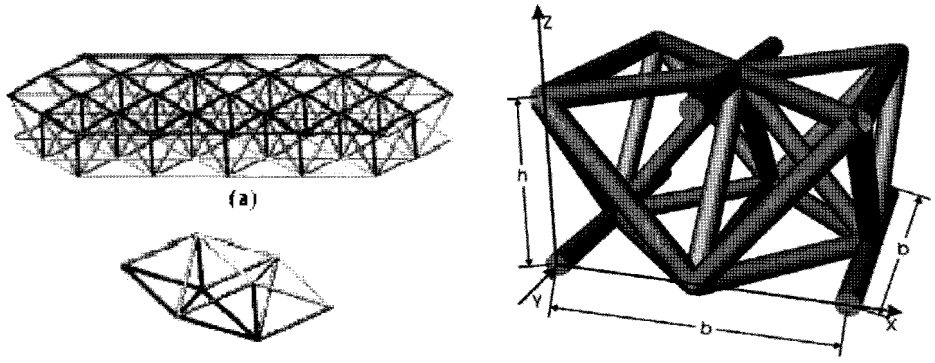

그림 1. Octet and Kagome Structure

하였다. 일반 보를 대신하여 설계가 되고 있는 트러스, 카고메 구조물은 저밀도, 내열성, 고강도, 충격 및 소음흡수의 고효율, 냉각성 등 그 물리적, 기계적 성질이 우수할 분만 아니라 내부 공간이 비어있어 유체를 저장하고 배선에도 이용할 수 있다. 이러한 다기능적인 특성과 유용성 때문에 많은 연구자들에 의해 연구가 진행되고 있다. 트러스, 카고메 구조는 보의 부피와 질량을 줄이고, 보의 부피의 감소량에 비하여 기계 구조적 강도의 감소량의 폭이 더 적어진다는 점에 착안하였으며, 단위 면적당 사용되는 재료의 양을 감소하여 단가를 낮출 수 있다는 특이성에서부터 진행하였다.

이 때 그림 1에서 볼 수 있듯이 트러스 혹은 카고메 구조는 복잡한 형태를 지니게 되는데 Rapid Prototyping 기법은 이러한 복잡한 구조를 구현하는데 여러 가지 장점을 제공할 것이고, 기존 독서대의 주 소재는 철과 나무로써 중량, 부피대비 강도가 다른 소재보다 낮은 편인데 반해 본 프로젝트에서 사용하고자 하는 ABS는 중량, 부피대비 높은 강도를 제공해줄 것으로 판단된다.

그림 2는 프로젝트에서 학생들이 최종적으로 제작하고자 하는 "휴대용 독서대"의 형상을 나타내고 있다.

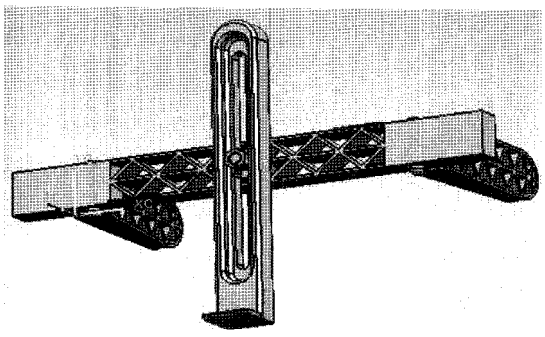

그림 2. 휴대용 독서대

수치 해석 결과

해석은 전술한 바와 같이 FEM 해석 도구인 Hypermesh program을 이용하였으며, 그림 3 및 표 1는 같은 조건에서의 일반 보, 트러스 보, 카고메 보의 응력 분포 및 변형에 대한 해석 결과를 보여주고 있다.

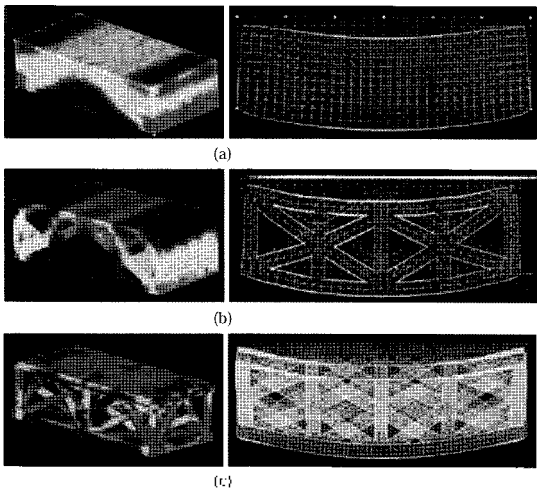

그림 3. (a) 일반 보 (b) 트러스 보 (c) 카고메 보의 응력 분포 및 변형 결과

표 1. 일반 보, 트러스 보, 카고메 보의 응력분포 및 변형결과

	Von Mises Stress (MPa)		Displacements (mm)
	Max	Min	Max
Solid	2.12E-2	4.64E-4	2.52E-4
Truss	2.37E-2	4.63E-4	4.49E-4
Kagome	1.37E-1	9.52E-4	2.14E-3

FEM 해석 결과를 고찰하여 보면, 트러스 모델을 이용하여 보를 설계할 경우, 일반 보 보다 부피는 32% 작고, 변형량은 60% 더 커지는 것을 알 수 있었다. 또한 Kagome 모델을 이용하여 보를 설계할 경우, 일반 보 보다 부피는 53% 작고, 변형량은 811% 더 커지는 것을 알 수 있었다. 대형구조물과는 달리 본 연구에서 사용된 구조들은 자중의 영향이 경미하기 때문에 카고메 구조와 트러스 구조의 역학적 안정성과 우수성이 제대로 반영되지 못하였다.

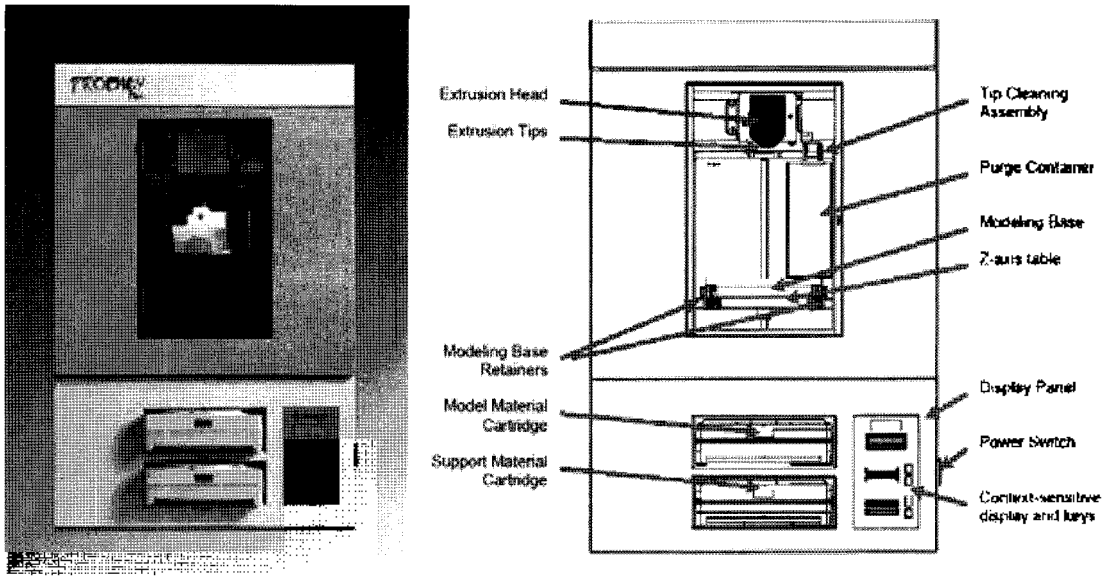

그림 4. Prodigy Plus의 외관 및 구성요소

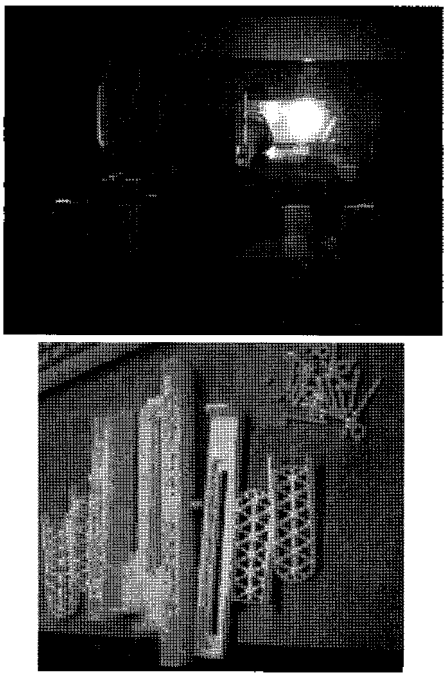

그림 5. 제작 장면 및 완성된 부품

Rapid Prototyping Machine에 의한 시제품 제작

본 프로젝트에서는 홍익대학교 PACE Center내의 Stratasys사의 Prodigy Plus Machine을 사용하여 시제품을 직접 제작하였다. Prodigy Plus는 FDM 방식의 RP Machine으로서 ABS를 그 기본 재료로 사용하고

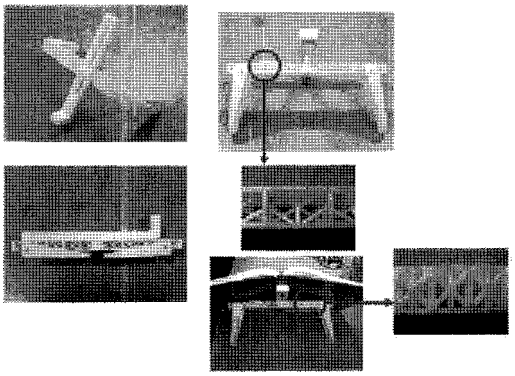

그림 6. 완성된 "휴대용 독서대"의 모습

있다. 그림 4는 Prodigy Plus의 외관과 구성요소를 보여주고 있다.

휴대용 독서대에 필요한 여러 가지 부품들을 학생들이 직접 제작하여 조립하였다. 그림 5와 6은 독서대에 사용된 부품 및 조립하여 완성된 제품의 모습을 보여주고 있다.

결론

학부 과정에서 학과목의 일환으로 진행된 프로젝트이기 때문에 연구 자체로서의 의미나 결과물의 질은 부족한 면이 없지 않으나 학생들이 고안한 새로운 아이디어를 자신들이 직접 구현해 볼 수 있다는 점에서 RP Machine이 제공하는 의미는 크다고 할 수 있겠다. 특히 학생들이 고안하는 창의적인 개념들은 대부분 복잡한 형태의 prototype을 필요로 하는 경우가 많으며, RP 기법은 이러한 부분에 큰 장점을 제공하고 있다. 현재도 홍익대학교에서는 학생들의 다양한 창의적인 아이디어를 구현하는데 RP Machine을 적극 활용하고 있으며, 이를 통해 학생들이 RP 기법이라는 학부과정의 학생들에게는 다소 생소할 수 있는 개념을 체험을 통해 습득할 수 있는 좋은 기회가 되고 있다.