

VARTM 공법으로 제작된 자연섬유 복합재료의 기계적 특성 분석

박현범^{1,†}

¹호원대학교 국방과학기술학부 항공정비학 전공

Investigation on Mechanical Properties of Natural-Fiber Composite Manufactured using VARTM Method

Hyunbum Park^{1,†}

¹Dept. of Defense Science & Technology-Aeronautics, Howon University

Abstract : In this study, an investigation was performed on the mechanical properties of the natural-fiber-composite structure. The specimen was manufactured using the Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) method. The flax-fiber materials were adopted for the natural fiber composite, and vinyl-ester resin was also adopted. After a manufactured specimen was obtained, a mechanical test was carried out. The mechanical properties of the experiment results were compared with those of the natural-composite data cited from a number of other references.

Key Words : Natural Fiber Composite, Vacuum Assisted Resin Transfer Molding, Mechanical Properties

1. 서 론

최근 환경오염 문제가 심각해지면서 복합재료 분야에서도 친환경 요구 조건을 고려하여 자연에서 획득한 섬유 및 수지에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다.

본 연구에서 다양한 기계 및 항공 분야에 자연 섬유 복합재료를 적용하기 위하여 자연 섬유 복합재료의 기계적 물성치를 검토하였다. 자연 섬유는 현재 유럽을 중심으로 연구가 많이 수행되고 있는 추세이다. 본 연구에서는 자연 섬유 자체의 강도와 수지와 함침된 이후 강도를 분석하였다. 복합재료로 적용되는 자연 섬유를 국외를 중심으로 개발된 사례를 검토하고 자연 섬유에 적용된 수지를 검토하여 비교하였다. 본 연구

에서 기계적 물성치를 분석하여 친환경 섬유는 아마(Flax) 섬유가 채택되었다. 자연 섬유와 적용이 용이한 복합재료 수지는 비닐 에스테르 수지를 선정하였다.

본 연구에서 기계적 물성치 분석을 위해 복합재료 패널을 제작한 후 시편 시험을 수행하였다. 제작 공법은 수지 주입 공법과 진공 적용 기법이 혼합된 VARTM 방안을 적용하였다.

2. 자연 섬유 복합재료 분석

복합재료로 적용되는 자연 섬유는 크게 유기물과 무기물로 구분이 된다.

자연 섬유 복합재료는 식물의 섬유 줄기에 채취한 재료가 많이 연구되고 있다. 황마, 아마 등의 식물 섬유가 많이 적용되고 있다. 또한 대나무 자연섬유 복합재료 등도 다양하게 연구되고 있다[1-3]. Fig. 1은 $\pm 45^\circ$ 로 직조된 2-D Fabric 아마 섬유를 보여주고 있다.

자연 섬유 복합재료에 적용되는 수지는 크게 두 가지로 구성된다. 열경화성 수지가 있으며 열가소성 수지가 적용된다. 열경화성 수지는 에폭시(Epoxy)가 대표적인 수지이다. 페놀(Phenolic)과 비닐 에스테르(Vinyl ester) 수지 등도 다양하게 사용되고 있다. 복합재료에 적용되는 열가소성 수지는 폴리프로필렌(Polypropylene)이 많이 적용되고 있으며, 폴리에틸렌(Polyethylene)과 폴리아미드(Polyamide)도 사용되고 있다. 자연 섬유와 함께 자연 수지에 대한 개발도 활발하게 연구 중으로 나무에서 채취한 수지를 기반으로 친환경 수지를 개발하고 있다.

본 연구에서 친환경 자연 섬유의 기계적 강도를 분석하고 이를 기계 구조물에 적용하여 경량화 구조물 설계에 적용할 수 있도록 물성치를 검토하였다. 자연 섬유의 섬유 함량을 검토한 결과 황마의 섬유 함량은 65%, 대마의 섬유질은 72%, 아마의 섬유 함량은 71%로 분석되어 아마의 섬유질 함량이 높은 것으로 검토되었다. 타 자연 섬유에 비해 아마 섬유는 강도가 우수하여 복합재료 구조 설계에 비교적 안전한 것으로 분석되었다. 본 연구에서 최종 아마 자연 섬유를 채택하였다. 아마 섬유는 타 자연 섬유와 비교했을 때 가격이 저렴한 장점이 있으며, 구조적 특성이 진동에 뛰어난 특성을 갖고 있다. 현재 아마 섬유는 유럽에서 많이 생산되고 있으며, 영국과 프랑스를 중심으로 연구가 진행 중이다. 최근에 아마 섬유는 항공기 및 자동차 내장재료로 적용하기 위해 많은 연구가 수행 중이다.



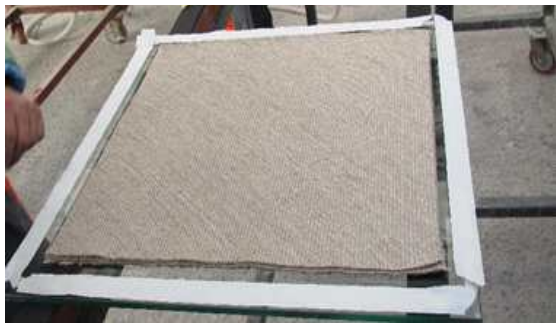
Fig. 1 2-D-fabric flax fiber

복합재료 구조에 적용되는 수지는 열경화성 수지가 많이 채택되고 있다. 본 연구에서는 비닐 에스테르와 페놀 및 에폭시 수지에 대한 기계적 물성치를 검토하였다. 페놀 수지는 화염에 대한 저항 능력이 높지만 제작 과정에서 제작 공정이 비교적 어려운 것으로 분석되었다. 에폭시 수지는 유리 섬유 및 탄소 섬유 복합체 구조물에 많이 적용되고 있다. 그러나 에폭시 수지는 비교적 가격이 비싸서 상용화에는 좋지 않은 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 비록 제반물성치가 에폭시에 비해 다소 떨어지지만 가격이 저렴한 비닐 에스테르를 일차적으로 선정 하였다.

3. 자연 섬유 복합재료 제작 공법 및 시편 제작

본 연구에서 시편 제작을 위한 공법은 수지 주입 공법과 진공 적용 기법이 혼합된 VARTM 방안을 적용하였다. VARTM 공법은 상하 몰드의 한쪽 몰드는 단단한 금형을 적용한다. 그리고 다른 몰드는 보다 유연한 재료를 적용하여 금형을 제작한다. 금형 내부는 프리폼을 이용하여 수지를 빠르게 함침시킨 후 최종 성형시키는 공법이다[4-5]. 본 공법은 진공의 흡입력과 진공 면에 가해지는 수직 압력을 이용하여 금형 내부의 기포를 줄여 섬유 체적율을 높이면서 수지 충전시간을 짧게 할 수 있어 대형 구조물 제작에 손쉽게 적용이 가능한 장점이 있다. 본 공법은 진공과 압력을 적용하는 오토클레이브 공정과 비교할 때 비교적 저렴하며, 핸드 레이업 공법보다는 제품의 질을 향상시킬 수 있다.

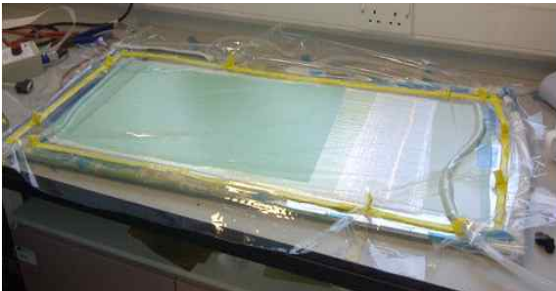
자연 섬유의 기계적 강도를 분석하기 위해 VARTM 제작 기법으로 복합재 패널을 제작한 후 각 시편을 채취하고 기계적 물성치를 분석하였다. 시편 제작 방안 및 시험 방법은 선행 연구 결과 및 ASTM 규정을 활용하였다[6-7]. 시편 제작을 위해 채택된 아마 섬유는 유럽의 Composite Evolution 사에서 구매한 섬유이며, $\pm 45^\circ$ 로 직조된 2-D Fabric 섬유를 적용하였다. 수지는 CCP 복합재료 회사의 KRF-1031 수지가 선정되었다. 시편 제작은 ASTM에서 제시한 물성치 평가 규정에 의거하여 제작하였다. 시편의 제작 과정은 Fig. 2에 명시하였다.



(a) Laying up flax fabric



(b) RTM equipment



(c) Resin injection and curing under vacuum condition



(d) Cured flax laminate (2-D fabric)

Fig. 2 Manufacturing process of specimen

4. 아마/비닐 에스테르 시편의 기계적 물성치 분석

본 연구에서는 VARTM 공법으로 제작된 아마/비닐 에스테르 복합재 시편의 기계적 물성치를 평가하기 위하여 인장, 압축, 굽힘, 전단 시험을 통해 기계적 물성치를 평가하였다. Fig. 3은 2-D Fabric 아마/비닐 에스테르 복합재료 패널로부터 시편 시험을 위해 절단된 형상이다. 제시한 시편을 활용하여 기계적 강도를 분석하였다. Table 1은 시편 시험 이후 분석한 기계적 강도 평가 결과이다. 선행 연구를 통한 타 제작 공법 결과와 비교한 결과 우수한 것으로 분석되었다[2].



Fig. 3 Configuration of tension and compression in plane-shear, flexure specimen

Table 1 Mechanical Properties of 2-D-Fabric Flax/Vinyl-Ester Specimen

Test Institute	Advanced Composite Materials R&D Center, Jiwootech Co., Ltd		
Test type	Strength (MPa)	Modulus (GPa)	Poisson ratio
Tension	76.74	9.14	0.24
Compression	72.80	6.78	
Flexure	108.72	6.75	
In Plane Shear	36.19	1.66	

5. 결 론

본 연구에서 기계 및 항공기 구조물 설계를 위해 친환경 소재인 자연 섬유 복합재료 연구를 수행하였다. 자연 섬유 복합재료의 기계적 강도를 분석하여 설계에 적용 가능한지 타당성을 검토하였다. 본 연구를 통해 선정된 자연 섬유 복합재료는 아마 섬유가 선정되었다. 자연 섬유에 적용될 수지는 비닐 에스테르 수지가 선정되었다. 이는 재료의 획득 가능성과 비용을 검토하여 최종 우수한 아마 섬유가 채택되었다.

친환경 복합재 구조를 위한 제작 방법은 수지 주입과 진공 적용 방법이 혼합된 VARTM 제작 방법이 적용되었다. 본 연구에서 VARTM 제작 공법으로 제작된 아마/비닐 에스테르 2-D Fabric 시편의 강도 시험을 통해 물성치를 검토하였다. 본 연구 결과와 선행 연구 결과를 비교한 결과 본 연구에서 제시한 연구 결과가 우수한 것으로 확인되었다. 따라서 선정된 재료 및 제작 공법은 향후 항공기 내장재 등의 친환경 구조물 설계에 활용 가능하며, 다양한 기계 구조물을 위한 설계에 적용할 수 있다.

후 기

본 논문은 호원대학교 교내학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] L. Q. N. Tran, C. Fuentes, C. Dupont-Gillain, A. Van Vuure, I. Verpoest, “Coir Fibre Composite: From Fibre Properties to Interfacial Adhesion and Mechanical Properties of Composites”, Proceeding of European Conference on Composite Materials, 2012, pp. 1~6.
- [2] Jorg Mussig, Mark Hughes, 2012, “Flax and Hemp Fibers: A Natural Solution for the Composite Industry“, JEC Composites, 2012, pp.40~41.
- [3] Faisal Ahmed Mirza, Ali Md. Afsar, Byung Sun Kim, Jong Il Song, “Recent Developments in Natural Fiber Reinforced Composites,” Journal of the Korean Society for Composite Materials, Vol. 22, No. 4, 2009, pp. 41-49.
- [4] Michael C. Y. Niu, “Composite Airframe Structures”, Hongkong Conmilit Press LTD, 1992, pp.176-276.
- [5] F. C. Campbell, “Manufacturing Technology for Aerospace Structural Materials”, Elsevier Ltd, 2006, pp.336-340.
- [6] Changduk Kong, Hyunbum Park, Sanghoon Kim, Haseung Lee, “A Study on Compressive Strength of Aircraft Composite Specimens”, Journal of Aerospace System Engineering, Vol. 3, No. 1, 2009, pp. 12-16.
- [7] Changduk Kong, Hyunbum Park, Sungjin Lim, Haseung Lee, “A Study on 4 Point Bending Strength of Aircraft Composite Specimens”, Journal of Aerospace System Engineering, Vol. 4, No. 1, 2010, pp. 23-26.

저 자 소 개



박 현 범

조선대학교 항공우주공학과 졸업, 동대학원 석사 및 박사 졸업. 현재 호원대학교 국방기술학부 항공정비학전공 교수