

# 하이브리드 프리프레그를 사용한 적층복합재료의 기계적 특성

정성교\*, 정성균\*\*, 임승규\*\*\*

## Mechanical characteristics of laminated composites using hybrid prepreg

Seong-kyo Jeong\*, Seong-Kyun Cheong\*\*, Seung-Gyu Lim\*\*\*

### Abstract

Mechanical characteristics of composite laminates with carbon tissue and glass scrim are evaluated in this paper. Composite laminates in USN125 group are made by inserting carbon tissue and glass scrim between layers. Consequently, it was shown that mechanical characteristics of carbon fiber reinforced composite materials were improved by inserting carbon tissue.

### 초록

본 연구에서는 카본 부직포와 유리스크림을 사용한 하이브리드 복합적층판의 인장특성을 평가하였다. USN125계열 탄소섬유강화 복합재료의 층과 층 사이에 부직포와 유리 스크림을 사용하고 오토클레이브를 이용하여 시험편을 제작하였다. 그 결과 섬유강화 복합재료의 기계적 특성은 유리 스크림을 삽입한 시험편보다 부직포를 삽입하여 개선되었다.

### 1. 서론

산업의 발달에 큰 기여를 하여온 기계공업은 사용 분야에 따라 다양한 조건을 요구하고 있다. 충분한 강도와 우수한 내식성, 내열성에 따른 초경량화 등 다양한 조건을 만족하기 위한 신 소재의 개발이 활발히 진행되고 있다. 그 중 소재의 선택에 있어서 안전성이나 경제적인 요인은 대단히 중요하다. 1942년경에 개발되어진 섬유강화(Fiber-reinforced plastic)

복합재료는 최근 그 용도가 매우 다양하게 사용되어지고 있고, 그 대표적인 재료가 탄소섬유강화(CFRP; Carbon fiber-reinforced plastic) 복합재료이다. 탄소섬유강화 복합재료는 높은 비강성(specific stiffness)과 비강도(specific strength)의 특징으로 종전까지는 항공기와 군사용품 등에 주로 사용되었으나, 최근에는 낚시대, 골프샤프트 등의 스포츠 용품에 이르기까지 그 사용범위는 매우 다양화되었다[1~3]. 복합재료는 보강재와 모재(matrix)의 결합으로 구성되어 있어 각

\* 서울산업대학교 대학원

\*\* 서울산업대학교 기계공학과

\*\*\* (주) SK 케미칼 연구소

구성물이 갖고 있는 특성보다 우수한 성능을 나타내는 재료를 의미한다[4]. 보강재는 역학적 하중을 지지하는 역할을 주로 담당하여, 모재는 섬유와 섬유 사이의 하중전달과 형상 결정 등의 역할을 담당하게 된다. 복합적층판(laminated composite)은 일 방향(unidirectional)의 섬유방향을 갖는 프리프레그(prepreg)를 원하는 섬유방향을 갖는 단층(layer)으로 제작하여 각각의 단층들을 적층하고 성형에 필요한 온도와 압력 등을 가해주어 제작한다. 섬유강화 복합재료의 물리적 특성을 증가시키기 위한 방법으로 복합재료 적층판의 층(layer)과 층 사이에 부직포(tissue)를 삽입하여 복합재료의 물적 특성을 개선하려는 연구가 진행되고 있다[5]. 또한 섬유강화 복합재료의 물리적 특성을 증가시키기 위한 방법으로 환봉 구조물의 보강으로 복합재료의 물적 특성을 개선하려는 연구가 진행되고 있다[6].

따라서 본 연구에서는 탄소섬유강화 복합재료의 기계적 특성을 개선하려는 목적으로 일 방향의 프리프레그(UD prepreg)에 부직포(carbon tissue) 또는 유리스크림(glass scrim)을 삽입하여 인장시험을 수행하였다. 각각의 시험편에 대하여 기계적 특성을 구하고 그 결과를 비교 분석하고자 한다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 시험편의 제작

#### 2.1.1 인장 시험편의 제작

본 연구에서 사용한 재료는 SK-Chemicals에서 개발한 에폭시 수지계에 탄소섬유를 함침시킨 USN-125B 제품을 사용하여 부직포와 스크림을 삽입하지 않은 적층판(NS), 카본 부직포를 삽입한 적층판(W/CT), 유리 스크림(W/GS)을 제작하였다. USN-125B 제품의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 USN 125B prepreg.

Thickness [mm]	Density [g/m <sup>2</sup> ]	Resin content [%]	Weight [g/m <sup>2</sup> ]
0.125	125	33	187

적층형태는 섬유방향의 탄성계수(Longitudinal Young's modulus :E<sub>1</sub>), 인장강도(Longitudinal tensile strength :X<sub>t</sub>)와 포와송비(Longitudinal Poisson's ratios: ν<sub>12</sub>)를 측정

하기 위하여 [0]<sub>8</sub>의 적층판을 제작하였다. 섬유수직방향의 탄성계수(Transverse Young's modulus :E<sub>2</sub>), 인장강도(Transverse tensile strength :Y<sub>t</sub>)측정하기 위하여 [90]<sub>16</sub>의 적층판을 제작하였다. 각각 적층판에 부직포(carbon tissue)와 유리 스크림을 삽입한 시험편과 삽입하지 않은 시험편을 제작하였다. 시험편에 삽입한 부직포와 유리 스크림은 Table 2와 같다.

Table 2 Informations of tissue and scrim.

Materials	Density [g/m <sup>2</sup> ]	Resin content[%]	Thickness [mm]
Carbon tissue	13	-	0.05
Glass scrim	25	36	0.03

적층판은 적층후 오토클레이브를 이용하여 Fig. 1의 과정(curing cycle)으로 성형하였다.

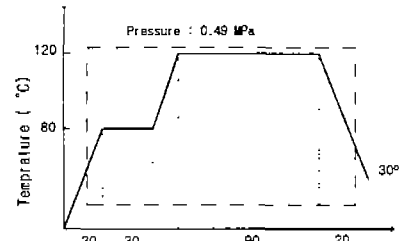


Fig. 1 Processing cycle for laminated composites.

성형된 적층판을 Fig. 3와 같이 ASTM - 3039에서 추천하는 규격으로 제작하였다.

Table 3 Thickness of tensile specimen. [mm]

Type	Fiber orientation	
	[0° ]	[90° ]
NS	0.90	2.05
W/CT	1.15	2.35
W/GS	1.10	2.30

### 2.2 실험 장치

하중 변화에 따른 적층판의 거동을 측정하기 위해

만능시험기(Instron4467)을 사용하여 ASTM D3039-96에서 추천하고 있는 방법으로 인장시험을 하였다.

### 3. 실험 결과

시험편의 물성평가를 비교하기 위하여 7-8회에 걸쳐 인장시험을 하였다.

#### 3.1 섬유방향의 인장시험 및 결과

섬유방향([0]<sub>a</sub>)적층판에 대하여 부직포와 스크림을 삽입하지 않은 경우와 삽입한 경우에 대하여 인장시험을 수행하였다. Table 4는 각각의 시험결과를 비교한 결과이다.

Table 4 Specific modulus and specific strength for longitudinal tensile specimen.

Type	$E_1(10^8 \text{ cm})$	$X_t(10^6 \text{ cm})$	$\nu_{12}$
NS	9.33	12.10	0.24
W/CT	7.23	10.87	0.23
W/GS	6.70	10.49	0.22

Fig. 2는 섬유방향의 인장시험편의 비강도와 비강성을 비교한 결과로 스크림과 부직포를 삽입하지 않은 시험편이  $12.1 \times 10^6 \text{ cm}$ ,  $9.3 \times 10^8 \text{ cm}$ 으로 가장 높게 평가되었다.

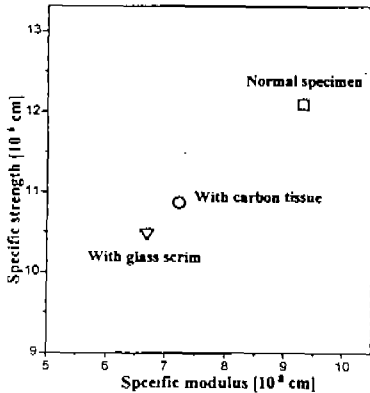


Fig. 2 Specific modulus vs. specific strength for longitudinal tensile specimen.

#### 3.2 섬유수직방향의 인장시험 및 결과

각각의 타입의 시험편의 섬유수직방향의 인장 특성

Table 4와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

또한 인장 시험편과 같은 적층 구조를 갖는 시험편을 이용하여 수지 함유량과 밀도를 측정하였다. 시험결과 각 시험편의 수지 함유량과 밀도는 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 4 Specific modulus and specific strength for transverse tensile specimen.

Type	$E_2(10^8 \text{ cm})$	$Y_t(10^6 \text{ cm})$	R.C	Density [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]
NS	0.58	0.31	32.04	1.41
W/CT	1.08	0.47	33.30	1.36
W/GS	0.64	0.36	34.62	1.59

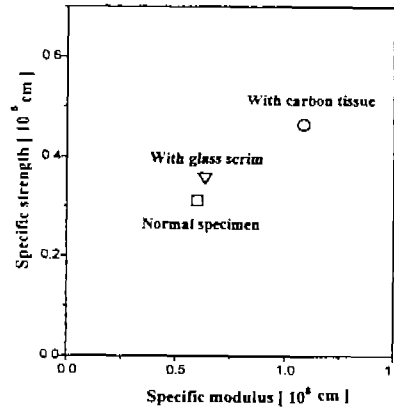


Fig. 3 Specific modulus vs. specific strength for transverse tensile specimen.

Fig. 3는 섬유수직방향의 인장시험편의 비강도와 비강성을 비교한 그래프로 카본 부직포를 삽입한 시험편이  $1.08 \times 10^8 \text{ cm}$ ,  $0.47 \times 10^6 \text{ cm}$ 으로 가장 높게 평가되었다.

### 4. 결론

부직포를 삽입한 적층판의 인장특성과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 부직포를 삽입한 시험편( $1.08 \times 10^8 \text{ cm}$ ,  $0.47 \times 10^6 \text{ cm}$ )의 섬유수직방향의 비강성과 비강도는 부직

포를 삽입하지 않은 시험편( $0.60 \times 10^8$  cm,  $0.31 \times 10^6$  cm)에 비하여 약 81%, 49.0% 증가함을 보였다.

(2) 부직포를 삽입한 시험편은 유리 스크림을 사용한 시험편( $0.64 \times 10^8$  cm,  $0.36 \times 10^6$  cm)에 비해 70.3%, 30.0% 증가함을 알 수 있었다. 이는 현재 유리 스크림을 사용하여 제작되고 있는 프리프레그보다 부직포를 상요한 경우가 더 우수한 기계적 특성을 갖고 있다는 것을 보여주고 있다.

(3) 각각의 재료의 섬유 방향의 비강성을 평가한 결과, 카본 부직포를 사용한 시험편( $7.23 \times 10^8$  cm,  $10.8 \times 10^6$  cm)은 유리 스크림을 사용한 시험편( $6.70 \times 10^8$  cm,  $10.5 \times 10^6$  cm)에 비해 약 8.0%, 3%로 높게 평가되었다.

### 참고 문헌

1. Isaac, M. Daniel and Ishai, "Engineering Mechanics of Composite Materials" Oxford University Press, Vol. 2, 1994, pp. 10~11.

2. Engineered Materials Handbook. Composites, "Applications and Experience" Vol. 46, 1997, pp.799~845.

3. Stephen R. Swanson, "Introduction to Design and Analysis with Advanced Composite Materials", Prentice Hall, 1997, pp. 22-24.

4. S.W. Tsai and H.T. Hahn, Introduction to Composite Materials, Technomic Publishing company, Westport, 1980.

5. 정성균, 이승환, "Evaluation of Tensile Properties of Carbon Fiber Reinforced Composite Laminates with Non-woven Carbon Mat" 한국공작기계학회 추계 학술대회 논문집, 1997, pp.96~100.

6. Nihat Akkus, Masanori Kawahara, "Bending Behaviors of Thin Composites Pipes with Reinforcing Nodes as a Model of Artificial Bamboo", First Asian-Australasian Conference of Composite Materials (ACCM-1), 1998, p337-1~337-4