

복합재의 고온 특성 평가를 위한 시험 기법연구(I)

길형배* · 윤성호**†

Test Method for Composites Material Properties under High Temperature(I)

Hyunghae Kil* · Sungho Yoon**†

ABSTRACT

The effect of high-temperature on the flexural modulus of epoxy resin were evaluated using universal testing machine with 3-point bending and dynamic mechanical analyzer. Temperatures of 30°C, 100°C, and 140°C were considered for flexural test. The specimens having aspect ratio of 16, 32, and 40 were used. The results of storage modulus from DMA were similar to those from flexural test along with given temperatures. It is found that the flexural modulus increased with increasing aspect ratio and the specimen having aspect ratio of above 32 would be suitable for the evaluation of composite material properties under high temperature condition.

초 록

본 연구에서는 3점 굽힘시험 및 DMA 시험을 통해 온도환경이 에폭시 수지의 굽힘탄성계수에 미치는 영향을 조사하였다. 굽힘 시험의 온도 조건은 30°C, 100°C, 140°C의 세 가지 조건을 적용하였으며 시편은 종횡비 16, 32, 40배의 세 가지 종류가 고려되었다. 연구결과에 따르면 DMA를 통한 저장탄성계수와 굽힘시험을 통해 얻은 강성은 주어진 온도조건에서 서로 유사한 경향을 보였다. 또한 종횡비가 증가함에 따라 굽힘탄성계수도 증가 하였으며, 고온환경에서는 32배 이상의 종횡비가 적합하다고 판단된다.

Key Words: Flexural Test(굽힘시험), Dynamic Mechanical Analysis(동적 열분석 시험장치), Aspect Ratio(종횡비), Storage Modulus(저장탄성계수)

1. 서 론

복합재는 우수한 경량성과 내열성 때문에 산

업전반에 걸쳐 적용되며 그 적용분야가 점차 증대되고 있다. 최근에는 복합재가 항공, 우주산업과 같은 고온환경에 노출되는 분야에 적용되면서 온도가 복합재의 기계적/열적 특성에 미치는 영향에 대한 연구가 필수적으로 요구되어진다 [1-2]. 하지만 복합재의 기계적 특성을 고온에서

* 금오공과대학교 기계공학과

* 금오공과대학교 교수

† 교신저자 : E-mail: shyoon@kumoh.ac.kr

평가하기 위해서는 특수한 측정장치가 요구되며 온도에 의한 측정오차를 포함하기에 정량적인 고온특성을 구하는데 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 에폭시 수지의 열적 특성을 평가하기 위하여 DMA(Dynamic Mechanical Analysis) 시험을 수행하고 온도별 굽힘시험을 수행하여 DMA시험을 통해 얻은 저장탄성계수와 굽힘시험을 통하여 얻어진 굽힘탄성계수를 비교하였다. 또한 굽힘시험편의 중횡비를 달리하여 고온환경에서 적합한 중횡비를 조사하였다.

2. 시편 제작 및 시험 방법

2.1 시편제작

시편 제작에 사용된 수지는 비스페놀 계열 에폭시 수지인 Epon826로 경화제, 경화촉진제, 희석제를 규정된 혼합비(100g : 12.6g : 10.3g : 20g)로 혼합하여 Paste Mixer (PDM-300V, KM-Tech, Korea)를 이용하여 공·자전 1350 rpm, 진공조건 하에서 8분간 교반과 탈포 작업을 하였다. 교반이 완료된 수지는 알루미늄 몰드에 충전한 후 85℃에서 6시간, 150℃에서 6시간 동안 경화하였다. DMA 시험편은 길이가 65mm, 폭이 8mm, 두께가 3.2mm인 형상으로 제작하고 굽힘시험편은 폭이 12.7mm, 두께가 2mm이며 시험편길이는 16, 32, 64의 중횡비를 고려하여 결정해 제작하였다. Table 1에는 굽힘시험편의 제원이 나타나 있다.

Table 1. Specimen Specification of Flexural Test

Aspect Ratio	Dimension (mm)		
	Width	Thickness	Length
16	12.7	2	35.2
32			70.4
40			88

2.2 DMA 시험

에폭시 수지의 열적 특성을 평가하기 위해 DMA(Q800-RH, TA Instruments, USA)시험을

수행하였다. 시험모드는 Single Cantilever 방식을 채택하였으며 진폭 10 μ m, 주파수 1Hz, 2℃/min의 승온속도로 25℃에서 210℃의 온도범위에서 에폭시 수지의 열적특성을 평가하였다.

2.3 굽힘 시험

Fig. 1에는 에폭시 수지의 굽힘특성을 평가하기 위한 만능시험기(Z100, Zwick/Roell, Germany)와 온도조절 챔버가 나타나 있다. 여기에서 각 중횡비에 따른 스펠과 시험속도는 ASTM D790에 의거하여 결정하였으며 시험에 가해지는 작용하중은 크로스헤드의 변위제어 방식을 적용하였다[3]. 변위는 접촉식 변위 센서(BTC-EXMULTI.032, Zwick/Roell, Germany)를 시험하단부에 접촉하여 측정하였으며, 30℃, 100℃, 140℃의 온도 조건별로 각각 5개 시험편을 고려하였다. 굽힘탄성계수는 하중-변위 선도에서 초기기울기를 이용해 구하였으며 식(1)에 의해 계산하였다.

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3} \quad (1)$$

이때 E_b 는 굽힘탄성계수, L 은 시험편의 길이, m 은 하중-변위 선도에서 초기 기울기, b 는 시험편의 폭, d 는 시험편의 두께이다.

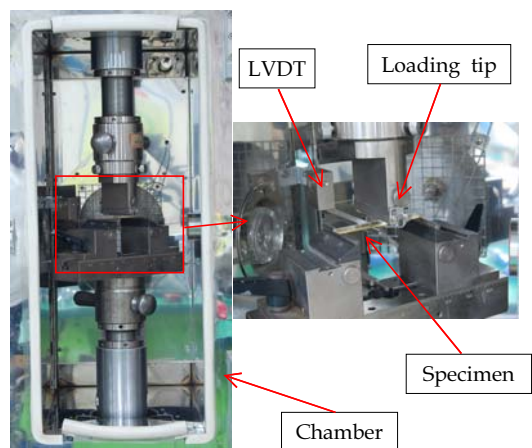


Fig. 1 Set up of flexural test

3. 시험 결과

Fig. 2에는 DMA시험을 통한 온도-저장탄성계수 선도와 종횡비에 따른 굽힘탄성계수가 나타나 있다. 여기에서 저장탄성계수 선도를 보면 상온에서부터 온도가 증가할수록 저장탄성계수가 서서히 감소하다가 130℃에서 급격하게 감소하고 150℃이후부터는 평탄한 구간이 나타났다. 또한 30℃, 100℃, 140℃에서 종횡비에 따른 굽힘탄성계수는 종횡비가 증가할수록 증가하는 양상이 나타났다. 저장탄성계수 선도와 굽힘탄성계수를 비교해 보면 30℃에서는 종횡비 16인 경우 저장탄성계수와 일치했으며 100℃에서는 종횡비 32가 저장탄성계수 값과 유사했으며 140℃에서의 저장탄성계수는 종횡비 16과 32 사이의 값으로 나타났다. Table 2에는 온도에 따른 저장탄성계수와 굽힘탄성계수가 나타나 있다. 결과를 종합해 보면 온도에 따른 저장탄성계수와 굽힘탄성

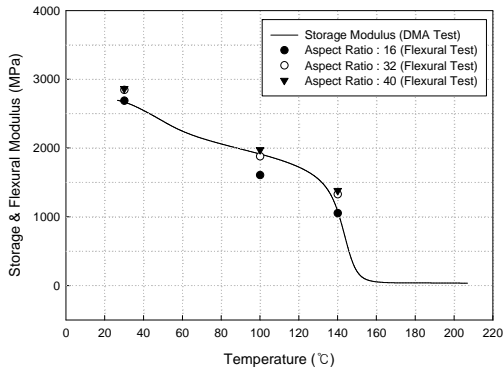


Fig. 2 Results of Dynamic Mechanical Analysis and Flexural Test

Table 2. Results of Storage and Flexural modulus

Temp	E _S (GPa)	E _F (GPa)		
		16	32	40
30℃	2.69	2.69	2.85	2.86
100℃	1.91	1.61	1.88	1.97
140℃	1.08	1.05	1.33	1.38

계수는 비교적 유사하였으며 각 종횡비에 따른 온도별 굽힘탄성계수가 다르게 나타났다.

4. 결론

에폭시 수지의 DMA시험과 3점굽힘 시험을 수행하였으며 결과에 따르면 저장탄성계수와 굽힘탄성계수는 온도별 경향이 비슷한 양상을 보였다. 또한 종횡비가 증가함에 따라 굽힘탄성계수 또한 증가하였으며 고온환경 하에서는 32 이상의 종횡비가 적합하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소 핵심기술 연구개발 과제 (과제명 : 내고온 경량 복합재연소관 기술)의 지원을 받아 수행되었음.

참고 문헌

1. Bosze, E. J., Alawar, A., Berschger, O., Tsai, Y., and Nutt S. R., " High-temperature Strength and Storage Modulus in Unidirectional Hybrid Composites," Composites Science and Technology 66, 2006, pp.1963-1969
2. Morioka, M., Tomita, Y., and Takigawa, K., "High-temperature Fracture Properties of CFRP Composite for Aerospace Applications," Materials Science and Engineering A319-321, 2001, pp.675-678
3. ASTM D790, "Standard Test Method For Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials," Annual Book of ASTM Standards, Vol.08.01, 2002.