온도변화에 따른 공업용 레진 접착제의 동특성

정광섭, 손태원, 윤원식

영남대학교 섬유학부

1. 서 론

오늘날 항공기, 자동차 및 공작기계의 구조물 재료로 응용되고 있는 섬유강화 고분자 복합재료는 기존의 금속재료에 비하여 비강성 및 비강도가 크고 감쇠특성이 우수하여 산업전반에 걸쳐 각광받고 있는 새로운 구조용 재료로 등장하게 되었다[1,2,3]. 그런데, 섬유강화 고분자 복합재료를 사용한 구조물은 그 자체만으로 사용하는 경우는 거의 없고, 대부분 기존의 금속 구조물과 접합기법으로 연계하여 사용한다[4,5].

복합재료 구조물과 금속재료 구조물을 접합하여 사용하는 복합 구조물에 있어서 가장 취약한 부분은 조인트(접합)부가 된다. 따라서, 조인트를 설계하는 기술은 대단히 중요하다. 그런데, 조인트의 기계적 특성은 접착제의 물성과 두 피접합체의 접합조건 등에 크게 지배를 받는다. 따라서, 조인트를 설계하기 위해서는 우선적으로 접착제의 기계적 특성을 연구하는 것이 필요하다. 특히 접착제의 열적 특성은 조인트 구조물의 사용 온도 환경을 결정지을 수 있는 중요한 인자가 될 수 있으므로 반드시 고려되어져야할 사항이다.

본 연구에서는 오늘날 산업용 복합 구조물의 접착용 재료로 널리 사용되고 있는 에폭시계열 접착제인 IPCO 9923[6], HYSOL EA 9309.2 NA[7]와 탄소섬유 또는 유리섬유 강화 복합재료 등의 기지재로 사용되는 SKR 2514[8] 레진의 온도변화에 따른 동특성을 실험적으로 연구하였다. 실험에 사용한 장비는 Du Pont 983 DMA[9](Dynamic Mechanical Analysis)이다.

2. 레진 시험편의 제조

2.1 제조장치의 설계 및 제작

일반적으로 공업용 레진 접착제는 점성이 높기 때문에 기포가 없는 순수 레진 접착제 시험편을 제조하기란 대단히 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 기포없는 레진 시험편을 제조하기 위하여 진공원용(Vacuum Added) 레진 시험편 제조 시스템을 설계하고 제작하였다.

Table 1은 본 실험에 사용한 레진들의 추천 혼합조건, 점성 그리고 경화조건 등을 요약한 것이며 Fig. 1은 본 연구를 위해 설계 제작된 레진 시험편 제조 시스템이다.

Table 1 Viscosity and cure condition of the epoxy resin

	Mixing ratio (wt. %)		*Cure condition*	*Mixing viscosity (at 25 °C)*
	Resin	*Hardener*		
SKR 2514	*100*	*7*	*Two steps Cure cycle*	*Above 25,000 Poise*
IPCO 9923	*100*	*100*	*16h/80°C*	*5,000 ± 1,000 Poise*
HYSOL EA 9309.2 NA	*100*	*22*	*2.5h/80°C*	*1,500 ± 500 Poise*

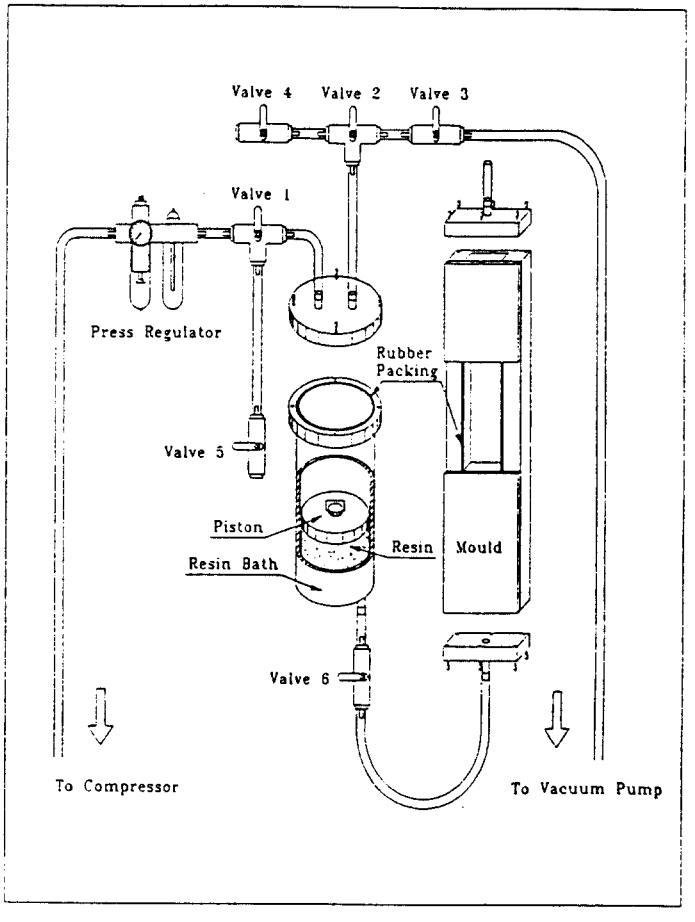

Fig. 1 Resin specimen manufacturing system

2.2 레진 시험편의 제조

Fig. 2는 본 연구를 위해서 제조된 금형과 제조된 레진 시험편이다.

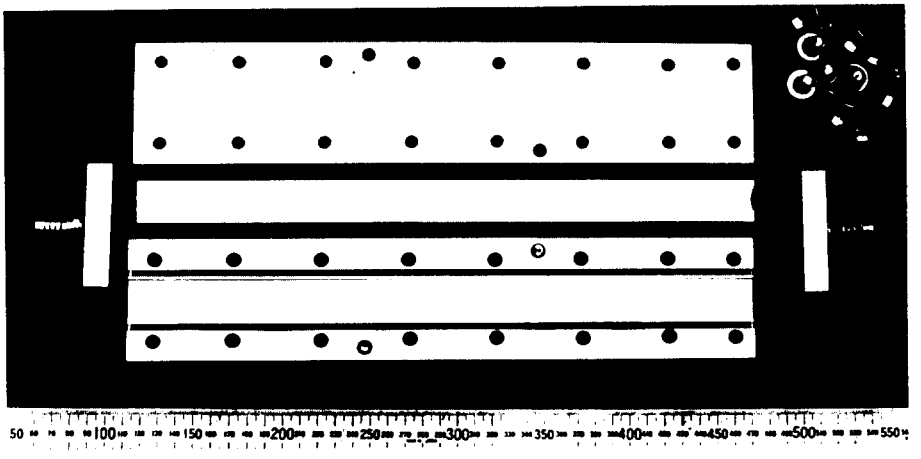

Fig. 2 Mould and resin specimen

3. 실 험

3.1 실험장비

본 연구를 위해 사용한 실험장비는 Du Pont 983 DMA이며 온도변화에 따른 시험편의 거동을 분석하기 위해서 Du Pont 9900 TA(Thermal Analyzer)가 동시에 사용되었다.

Fig. 3은 본 실험에 사용된 DMA와 TA의 배치된 그림이다.

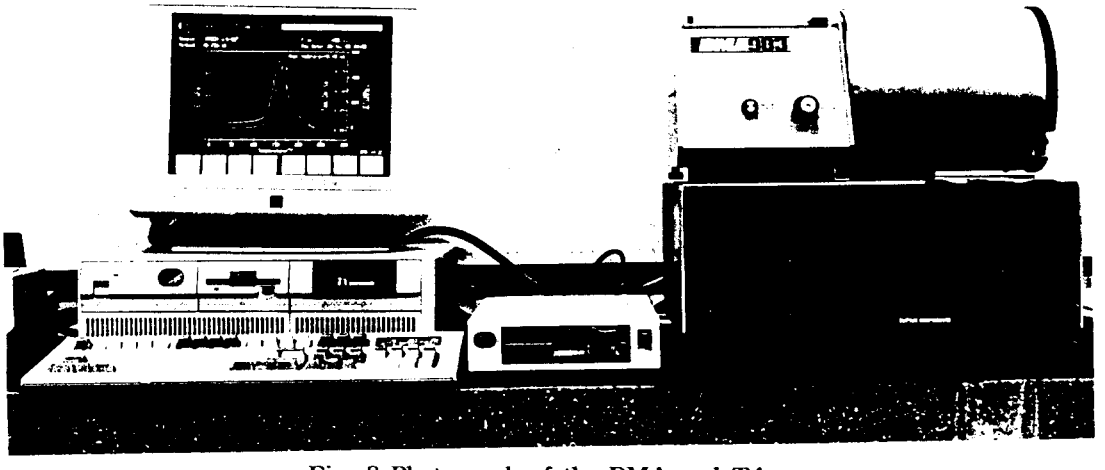

Fig. 3 Photograph of the DMA and TA

3.2 실험방법

DMA에서는 공진 주파수 모드(resonant frequency mode), 고정 주파수 모드(fixed frequency mode), 스트레스 회복 모드(stress relaxation mode)및 크립 모드(creep mode) 등 네 가지의 실험방법이 있다. 본 실험에서는 공진 주파수 모드와 고정 주파수 모드를 사용하였다. 공진 주파수 모드는 시험편이 고정된 진폭 또는 고정된 스트레인을 갖는 강제 공진 운동(forced resonant vibratory motion)의 원리로 동작되는 실험방법으로서 고분자 재료(polymer), 섬유보강 프라스틱(fiber reinforced plastic)및 복합재료(composite) 등의 탄성계수와 감쇠능을 결정하는 데 특히 유용한 실험방법이다.

일반적으로 시험편의 최대진폭이 500 μm 까지는 선형적인 거동을 한다고 가정할 수 있기 때문에, 공진 주파수 모드에서는 진폭의 크기를 100 μm, 300 μm 및 500 μm 등 세 가지 경우에 대하여 실험을 수행하였다. 또, 고정 주파수 모드에서는 주파수의 변화에 따른 함수관계를 관찰하기 위하여 주파수를 0.1 Hz, 1 Hz 및 5 Hz 등 세 가지의 경우에 대하여 실험하였다. 실험에서 사용한 온도변화 조건은 상온에서부터 250℃까지 10℃/min으로 온도를 상승시키는 것이었다.

3.3 실험결과

Fig. 4는 공진 주파수 모드에서 진폭을 300 μm로 하였을 때 세 종류의 에폭시 레진의 동 탄성계수, 전단 동 탄성계수 그리고, 손실계수의 변화를 온도의 변화에 따라 비교하여 나타낸 것이며, Fig. 5는 고정 주파수 모드에서 세 종류의 에폭시 레진의 온도변화에 따른 손실계수의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 6은 고정 주파수 모드에서 주파수를 5 Hz로 하였을 때 세 종류의 에폭시 레진의 동 탄성계수, 전단 동 탄성계수 그리고, 손실계수의 변화를 온도의 변화에 따라 비교하여 나타낸 것이다.

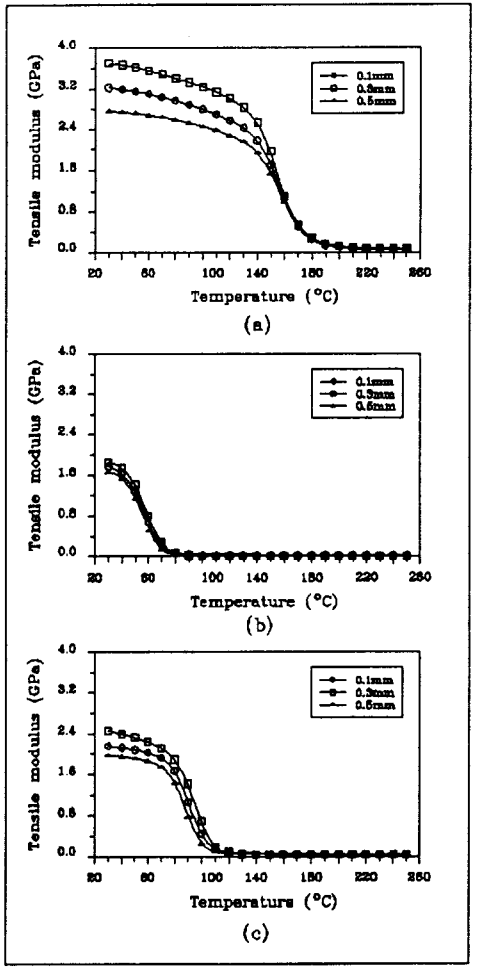

Fig. 4 Variation of the storage flexural modulus
(a) SKR 2514 (b) IPCO 9923 (c) HYSOL EA 9309.2 NA

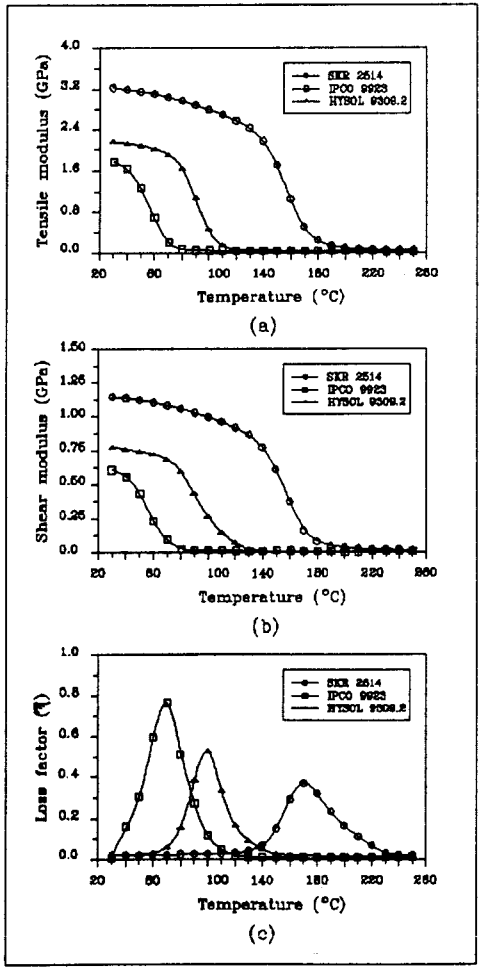

Fig. 5 Result of the responce frequency mode test
(when the fixed amplitude is 300 ㎛)
(a) flexural modulus (b) shear modulus (c) loss factor

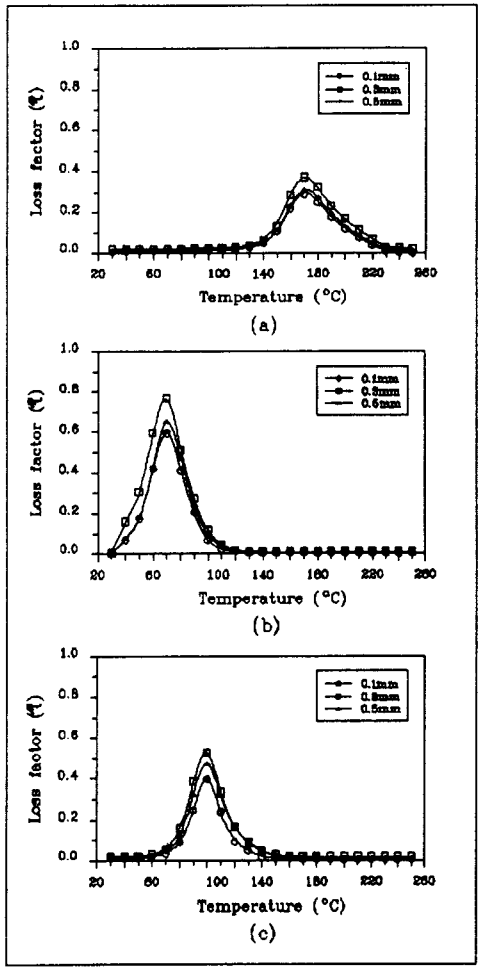

Fig. 6 Result of the fixed frequency mode test
(when the fixed frequency is 5 Hz)
(a) flexural modulus (b) shear modulus (c) loss factor

4. 결 론

접착제로 사용되는 레진의 열적특성을 연구하기 위하여 SKR 2514 에폭시 레진과 IPCO 9923및 HYSOL EA 9309.2 NA 등 접착제 레진의 온도변화에 따른 진동실험을 DMA를 사용하여 수행하였다. DMA 실험은 공진 주파수 모드와 고정 주파수 모드 등 두 가지에 대하여 수행하였다. 공진 주파수 모드에서는 진폭의 크기를 100 μm, 300 μm 및 500 μm 등 세 가지의 경우에 대하여 실험을 수행하고, 고정 주파수 모드에서는 고정 주파수를 0.1 Hz, 1 Hz 및 5 Hz 등 세 가지의 경우에 대하여 실험하였다.

이상과 같이 온도변화에 따른 동특성 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 레진의 동 탄성계수는 경화온도를 넘어서면서 급격히 떨어진다.

(2) 감쇠계수는 경화온도를 넘어서면서 급격히 상승하여 Glass transition 온도에서 최대값을 나타낸다.

(3) 레진의 Glass transition 온도는 추천된 경화온도보다 약 20%정도 더 높다.

(4) HYSOL EA 9309.2 NA가 IPCO 9923에 비하여 열적특성이 우수하다.

참고문헌

1. P. K. Mallick, *"Fiber reinforced composites - materials, manufacturing, and design,"* Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, Chapter 1 (1988).
2. S. W. Tsai(Eds.), *"Composites design,"* 4th ed., Think Composites, Dayton, Paris, and Tokyo, Section 1 (1988).
3. T. J. Reinhart, *"Engineered material handbook, Composites,"* ASM International, Metal Park, Ohio, USA, pp. 28 (1987).
4. S. R. Graves and D. F. Adams, "Analysis of a bonded joint in a composite tube subjected to torsion," Journal of Composite Matrials, Vol. 15, pp. 211-224 (1981).
5. P. J. Hipol, "Analysis and optimization of a tubular lap joint subjected to torsion," Journal of Composite Matrials, Vol. 18, pp. 298-311 (1984).
6. Imperial Polychemicalc Co., Ltd., Seoul, Korea.
7. Hysol Aerospace and Industrial Products Division, DEXTER Co., Pittsburg, USA.
8. Sunkyong Fiber Co. Ltd., Seoul, Korea.
9. Du Pont TA Instruments, Inc., New Castle, DE USA.