

탄소섬유판 복합재료의 내후성/내화학성에 관한 연구

최영철* · 윤희석**

The Weatherability and Chemical Resistance of CFRP

Cuiyongzhe, Hiseak Yoon

Key Words: Carbon /UP (탄소섬유/불포화폴리에스테르), Carbon/V(탄소섬유/비닐에스테르)
Weatherability(내후성), Chemical Resistance(내화학성)

Abstract

The durability of two kinds of CFRP plates, carbon/UP and carbon/V, was studied under severe environmental conditions. Immersion into the chemical solutions and accelerated weathering were executed on the CFRP plates and the weight change under each condition was measured. After those treatments, the plates were tested by tensile testing machine to measure the mechanical properties and observed by SEM to find the damage behaviour of the surface. Comparing the virgin plates and the chemically exposed plates, both plates show severe deterioration of the mechanical properties. But, the plates subjected to alkali solution show much larger reduction than those of acidic solution and carbon/V has better chemical resistance than carbon/UP. The material properties of CFRP plate exposed to the weathering were deteriorated linearly proportional to the exposure time.

기호설명

UP Unsaturatid Polyester
V Vinyl ester
UV Ultraviolet

1. 서 론

산업의 발달은 환경오염 등의 문제를 야기시켰으며 이로 인해 열악한 환경에 대처할 수 있는 신재료의 개발이 필요하게 되었다. 이러한 요구조건을 만족시킬 수 있고 그 사용에 있어서 한계점을 나타낸 기존의 금속재료를 효율적으로 대체할 수 있는 새로운 재료가 복합재료이다.

일반적으로 복합재료는 보강재(Reinforcement)

와 모재(Matrix)의 결합으로 각각의 구성물이 갖는 특성보다 우수한 여러 가지 기계적 물성을 나타낸다. 그러나 이러한 복합재료도 외부환경인자 즉 온도, 습도, 자외선, 화학약품 등의 영향을 받는다. 복합재료에 흡수된 습기는 팽창에 의해 균열을 발생시킬 뿐만 아니라 응력상태를 변화시킨다. 또한 습기는 수지와 섬유의 계면에서 복합재료의 화학적 결합을 파괴하여 접합강도를 저하시키기도 한다[5]. 환경온도의 변화는 복합재료 자체에도 온도변화를 준다. 이때 수지와 섬유의 습기팽창계수와 온도팽창계수가 서로 다르기 때문에 복합재료 자체에 잔류응력이 너무 크거나 반복적으로 발생되면 수지와 섬유의 접촉부에서 계면 분리가 일어나게 된다[5]. 그리고 복합재료는 자외선이나 화학약품에 의해 중합체가 파괴되면서 물성이 저하된다.

이러한 환경인자가 탄소섬유판 복합재료에 미치는 영향을 실험적인 방법으로 고찰하고자 한다. 본 연구에서는 촉진내후성 시험기를 사용해

* 전남대학교 기계공학과 대학원

** 전남대학교 기계시스템공학부

가속노후화시험과 내화학성 시험을 통해 비닐에스테르와 불포화폴리에스테르를 모재로 하는 두 가지 탄소섬유판의 물리적, 화학적성질의 변화특성을 비교하였다.

2. 실험

2.1 탄소섬유판의 제조 및 시편제작

탄소섬유판에 사용한 수지는 불포화폴리에스테르와 비닐에스테르이고 강화섬유는 탄소섬유이다. 그 물성치는 Table1과 같다.

Table 1 Mechanical properties of carbon fiber, Unsaturated Polyester and Vinylester

	carbon fiber	UP	V
Strength (MPa)	4550	59~78	87.22
Modulus(GPa)	241	3.5~4.6	3.04

탄소섬유판 복합재료는 펄투루전((Pultrusion) 공법으로 제조하였고 인장시편은 Fig. 1과 같이 KSF2241규격에 의해 만들었다.

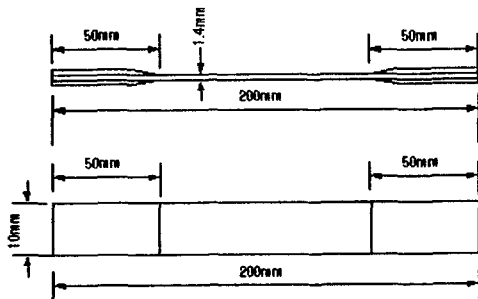


Fig. 1 Tensile specimen

2.2 실험방법

2.2.1 내화학성 실험

Carbon/UP와 Carbon/V 두 가지 복합재료 시편을 20%황산, 20%염산과 40%수산화나트륨용액에 각각 10일, 20일 침적시킨 후 무게와 외관의 변화를 관찰하고 인장강도를 측정하여 탄소섬유판의 인장강도변화를 관찰하였다.

2.2.2 내후성실험

내후성 실험은 ATLAS CXWA Sunshinear Weather-ometer을 사용하였다. 사용된 광원은 6.5Kwatt의

Carbon arc 이고 Black panel temperature라고 불리우는 시편의 표면온도는 59~64°C이다. Weather-ometer에는 분무장치가 있는데 실제 자연환경을 모사하기 위해 본 실험에서는 매 2시간마다 18분씩 물을 분사해주었고 시편을 시간별로 각각 100시간, 200시간 Weather-ometer처리를 하였다.

2.2.3 인장실험

인장실험은 INSTRON 8800을 사용했으며 실험은 변위제어 모드로 하였으며 속도는 0.02mm/sec로 하였다. 인장강도는 3개의 인장시편을 사용하여 얻어진 결과값의 평균값으로 하였다.

2.2.4 SEM 관찰

내화학성실험과 Weather-ometer처리 후 시편표면의 변화를 관찰하기 위해 주사전자 현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였으며 배율은 1000배로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 탄소섬유판의 내화학성

Table 2는 화학용액에 침적시킨 후의 시편의 무게 변화를 보여주고 있다. 초기기간(10일)동안 시편의 무게는 빠르게 증가하다가 시간이 경과함에 따라 산성용액에 침적시킨 시편의 무게는 거의 변하지 않았지만 반대로 알카리성용액에 침적시킨 시편의 무게는 감소되었다.

Table 2 Weight gain after chemical treatment

Chemical reagent	Weight gain(%) after 10days		Weight gain(%) after 20days	
	UP	V	UP	V
H ₂ SO ₄	0.9	0.6	0.7	0.8
HCl	0.03	-0.3	-0.4	-0.6
NaOH	5.3	6	3.5	4

초기 무게의 빠른 변화는 시편의 표면과 시편내부의 초기의 큰 수분 농도구배에 의한 것이며 또한 시편표면에 존재하는 미소결함이나 내부에 존재하는 기공, 계면영역 등과 같은 공간구조에 인한 것이라고 볼 수 있겠다. 그리고 알카리성용액에서 무게감소는 Matrix를 구성하고 있는 불포화폴리에스테르와 비닐에스테르 등과 같은 고분자화합물은 흡수된 수분에 의해 가수분해하는데 그 가수분해는 산성용액에서는 가역적이지만 알카리성용액에서는 비가역적이기 때문인 것으로

사료된다. 또한 흡수된 수분에 의한 Matrix수지의 팽창과 가수분해는 수지의 고분자결합을 파괴하므로 수지의 구조를 약화시킨다.

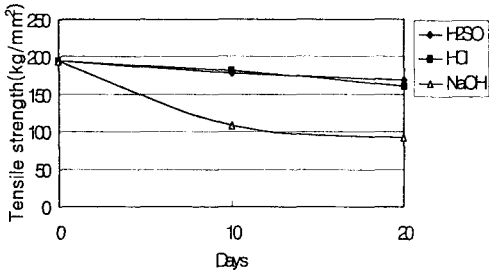


Fig. 2 Tensile strength of carbon/UP in various chemical treatment days

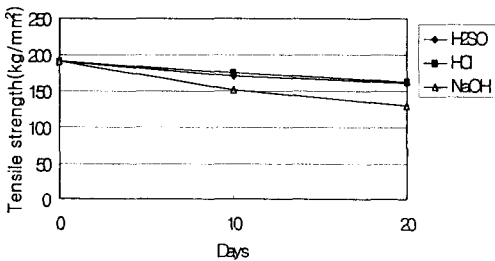


Fig. 3 Tensile strength of carbon/V in various chemical treatment days

이로 인하여 Fig. 2, 3에서 보이는 것처럼 강도는 시간이 경과함에 따라 점차적으로 저하되었으며 특히 알칼리성용액에서의 강도저하가 산성용액에서 보다 심하였고 초기에 강도가 급격히 저하되다가 시간이 경과함에 따라 강도저하가 완만해졌다. Fig. 4, 5에서 보여주는 것과 같이 시편의 강성도 모두 저하 되었으며 알칼리성 용액에서 그 저하가 더욱 심함을 알 수 있다.

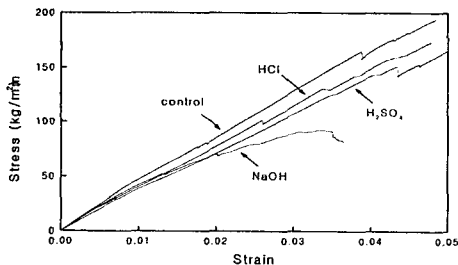


Fig. 4 Tensile test results for Carbon/UP after chemical treatment 20 days

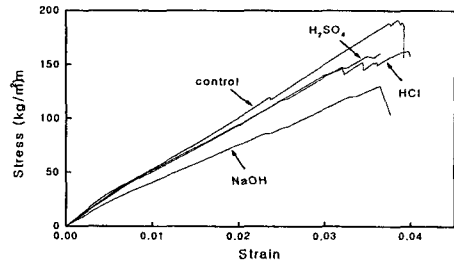


Fig. 5 Tensile test results for carbon/V after chemical treatment 20 days

Table 3 Tensile Strength and decrease ratio after chemical treatment

Chemical reagent	decrease ratio after 10days		decrease ratio after 20days	
	UP	V	UP	V
Control	0	0	0	0
H ₂ SO ₄	8.2%	11%	14%	16%
HCl	6.7%	8.4%	11%	15%
NaOH	45%	20%	52%	32%

Table 3에서 알 수 있듯이 Carbon/UP는 내산성은 Carbon/V보다 약간 우수하고 내알칼리성은 Carbon/V보다 부족함을 알 수 있다.

3.2 탄소섬유판의 내후성

Fig. 6, 7은 Wether-ometer처리 후의 Time-Strength, Strain-stress Curve로서 초기에는 큰 변화가 없다가 시간이 경과함에 따라 서서히 강도와 강성이 저하됨을 알 수 있다.

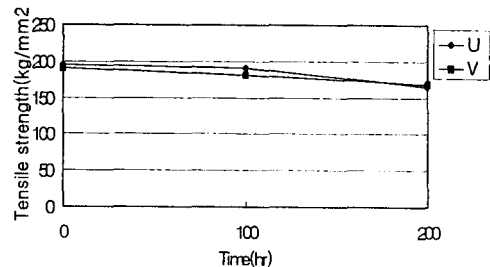


Fig. 6 Tensile strength of Carbon/UP and Carbon/V in various weather ability time

이러한 물성치 저하원인은 UV복사에 의한 모재의 고분자화합물 주쇄결합의 파괴되기 때문인 것으로 사료된다. 280nm~400nm 파장범위내인 UV 에너지는 고분자 화합물의 70~100kcal/mole 정도의 결합에너지를 끊기에는 충분한 것으로 알려졌다[3].

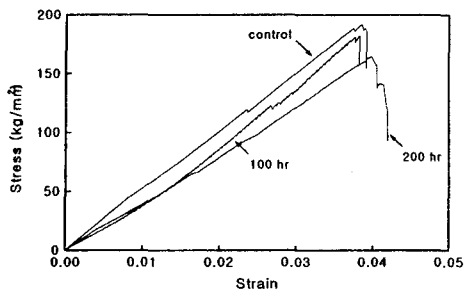


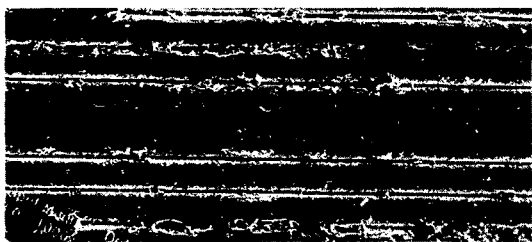
Fig. 7 Tensile test results after Weather ability

3.3 SEM 관찰

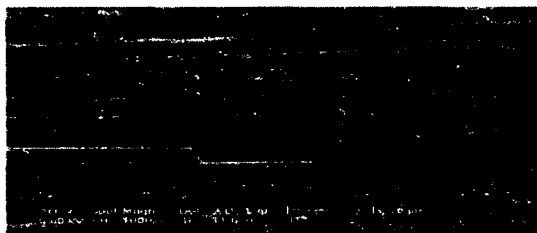
화학용액과 자외선이 탄소섬유판에 미치는 영향을 보기 위해 시편표면을 SEM촬영을 하였는데 그 결과는 Fig. 8과 같다.



(a) Control (× 1000)



(b) Weather ability(× 1000)



(c) Chemical treatment(× 1000)

Fig. 8 SEM of specimen surface

Control시편(a), 내후성시편(b)와 내화학성시편(c)를 비교 해보면 (b)와 (c)는 모두 섬유와 기지의 접촉면을 따라 크랙이 발생하였고 특히 (c)는 화학용액의 흡수로 인하여 수지가 팽창되고 또한 가수분해를 함으로써 수지가 섬유에서 탈락되어 있는 등의 심한 손상이 일어난 것을 볼 수 있다. (c)의 표면 손상이 (b)보다 더 심한 것을 볼 수 있는데 이로부터 화학시액에 침적시킨 시편의 강도저하가 내후성실험 후의 시편의 강도저하보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

탄소섬유판의 내후성과 내화학성 실험 후 인장강도측정과 SEM관찰을 통해 다음 결론을 얻었다.

(1) 내화학성실험 후 물성치는 모두 저하하였으며 특히 산성보다 내알카리성이 매우 약하였다. Carbon/V가 Carbon/UP보다 내화학성이 더 좋았다.

(2) 내후성실험 후 두 가지 탄소섬유판의 물성치는 모두 저하되었는데 물성치 저하가 거의 비슷하였다.

(3) 내화학성실험 후 강도저하는 내후성 실험 후보다 더 심하게 나타나는데 이로부터 탄소섬유판의 내화학성 보다 내후성이 더 좋음을 알 수 있다.

참고문헌

- (1) Ciriscioli, P.R., Lee, W. i. and Peterson. D.G., J. Comp. Mat, 21, 225, 1987.
- (2) 신광복, "지상환경과 우주환경하의 복합재료의 특성 및 수명예측 연구", 한국과학기술원 박사학위논문, 2000.
- (3) "최근의 내후(광)복합시험과 옥외폭로", Suga Text Instrument Co., Ltd., Tokyo, Japan, 1985.
- (4) 박종신, "탄소섬유/에폭시 복합재료의 가속 내후성", 韓國複合材料學會誌 第6卷 第1號, pp. 60-67, 1993.
- (5) Ashbee, K.H.G. and Wyatt, R, C., "Water Damage in Glass Fiber/Resin Composites", Journal of Adhesion, vol.7, p.25.
- (6) 손성영, "일방향 탄소섬유강화 복합재료의 기계적 성질에 미치는 수환경의 영향" 韓國海洋工學會誌 第11卷 第4號, pp.23-30, 1997.