

고온고습환경에서 원통형 CFRP 시험편의 충격에너지 흡수 특성

Impact energy absorption characteristic of CFRP circular members by interface numbers under the hygrothermal condition

*박오림¹, #양인영²

*E. D. Park¹, #I. Y. Yang²(iyyang@chosun.ac.kr)

¹ 조선대학교 첨단부품소재공학과, ² 조선대학교 기계설계공학과

Key words : Impact absorption energy , CFRP circular members , Interface numbers , hygrothermal condition

1. 서론

최근 소재의 고강도화와 경량화를 통하여 차체의 경량화 및 운전자 보호를 강화시키기 위해 알루미늄, 마그네슘 같은 비철금속 합금과 섬유강화플라스틱들이 연구되고 있다. 최근들어 고급 자동차와 같은 이동수단에 CFRP의 가벼움과 고강도 특성에 따라 점차적으로 사용빈도가 높아가고 있고 충격흡수부재로 사용하여 승객의 안전을 위한 연구가 많아지고 있다.^[1-2] 이러한 장점을 가지고 있지만 온도와 습도가 같이 영향을 끼치는 곳에서는 CFRP의 영향력이 떨어진다. 시험편에 일정한 온도와 습도를 주어서 이러한 환경이 CFRP의 계면수 변화에 따라 어떠한 영향을 끼치는지 알아보고 같은 조건에서 만들어진 건조한 시험편과 수분을 흡수한 시험편과의 비교를 통해 성능저하의 정도를 알아보고자 한다.^[3-4]

2. 시험편

대표적인 경량화 재료인 CFRP를 이용하여 자동차 사이드 부재의 기본구조인 원형부재를 제작하여 시험편으로 사용하였다. 시험편의 내경은 30mm, 길이는 120mm, 두께 1mm가 되도록 하고 에너지를 일정하게 받을 수 있도록 트리거를 주었다. 계면수는 축방향을 기준으로 0,90를 적절히 이용하여 2,3,4,6,7계면으로 8ply를 적층하였다. Table. 1과 Fig. 1은 실험에 사용된 시험편의 형상 및 종류를 나타내고 있다.

시험편의 성형은 오토클레이브를 이용하여 경화점 온도 130C, 경화시간 90분을 하여서 제작하였다. (Fig. 2)

Table 1 Material properties of the CFRP prepreg sheet

Types Characteristics	Fiber (Carbon)	Resin (Epoxy #2500)	Prepreg sheet
Density	1.83×10 ³ [kg/m ³]	1.24×10 ³ [kg/m ³]	-
Poisson's ratio	-	-	0.3
Young's modulus	240 [GPa]	3.60 [GPa]	132.7 [GPa]
Tensile stress	4.89 [GPa]	0.08 [GPa]	1.85 [GPa]
Breaking elongation	2.1 [%]	3.0 [%]	1.3 [%]
Resin content	-	-	33 [% Wt]

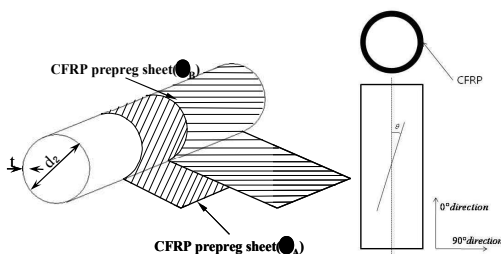


Fig. 1 Schematic view of fabrication of circle member

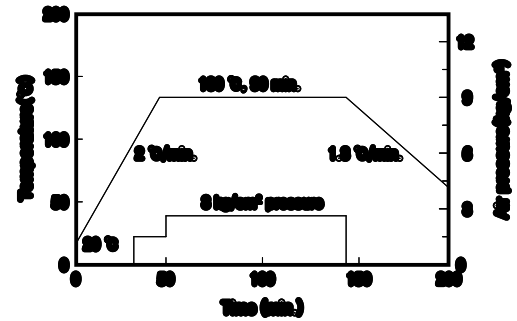


Fig. 2 Curing cycle of CFRP stacking specimen

3. 실험방법

3-1. 시험편 흡수 실험방법

시험편에 이물질이 섞이지 않도록 항온수조와 증류수를 사용하여 60°C의 온도를 유지하면서 고온고습의 환경을 갖춘다. 흡수 변화를 알 수 있도록 72시간 간격으로 전자정밀저울을 이용하여 시험편의 무게를 재 무게변화가 어떻게 진행되는지 알아본다.

$$M = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

M은 시험편의 수분흡수율, W_w 은 수분이 흡수된 시험편의 무게, W_d 는 수분이 흡수되기 전의 시험편의 무게로써 시간이 변화에 따라 정밀저울로 잰 시험편의 무게를 이용하여 수분의 흡수율 정도를 알 수 있다.

3-2. 충격 압력 실험방법

공기압 수직식 충격장치를 사용하여 충격압력과정에서의 하중과 변형을 측정하고 흡수에너지를 알고자 실험을 하였다. 공기압 수직식 충격장치는 가이드 바를 4개로 구성하고 크로스헤드를 2층 구조로 제작하여 크로스헤드가 시험편에 편심 되어 충격이 가해지는 것을 방지하였다. (Fig. 3)

시험편 변위의 측정은 압력할 때 크로스헤드에 부착된 표적의 움직임을 광학식변위계(Zimmer OHG사, 100f)로 비접촉 계측하여 변위 데이터를 구하였다.

측정된 하중 및 변형에서 시간을 소거하여 충격압력이 진행하고 있는 과정의 하중-변위선도(압력선도)를 구하여 하중-변위선도의 면적을 시험편이 흡수한 에너지로 보고 하중-변위 선도를 식 (2)과 같이 적분하여 시험편에 흡수된 에너지를 구할 수 있었다.

$$E_a = \int_0^l P dl \quad (2)$$

E_a 는 시험편에 흡수된 에너지, P는 압력하중, l은 압력과정에서 압력된 시험편의 길이이다.

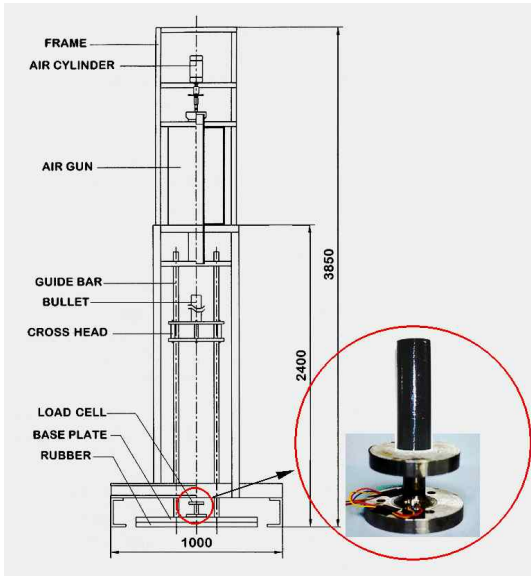


Fig. 3 Impact testing device set up

충격속도 5.476m/s로 충격 압력실험을 행하였다. 단, 2계면 최외각층 각도 0° 인 시험편의 경우 시험편이 흡수 할 수 있는 에너지의 한계로 자유낙하상태에서 충격속도 4.033m/s로 충격에너지를 가하여 실험을 하였다.

$$E_I = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

E_I 는 충격에너지, m 은 크로스헤드의 무게(40kg), v 는 압력 속도이다. 충격에너지는 크로스헤드의 운동에너지와 동일하므로 속도 4.033m/sec에서는 약 325.36J, 속도 5.476m/sec에서는 약 599.76J이다.

4. 실험 결과

4.1 수분 흡수 결과

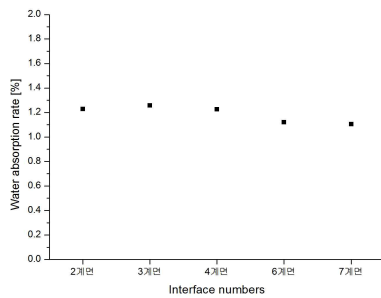


Fig. 4 Water absorption rate-time curves 0° of Interface numbers

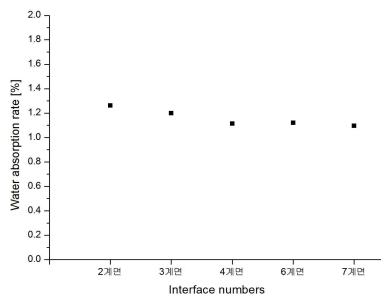


Fig. 5 Water absorption rate-time curves 90° of Interface numbers

흡수를 시작한 뒤 200시간 전후까지 급격히 빠른 흡수율을 보이다가 점차 완만해지며 1000시간 기점으로 크게 기울기가

떨어진다. 약 2300 시간 이후부터는 흡수율의 변화가 거의 나타나지 않는다. (Fig. 4)

계면수에 따라 약간의 흡수율 차이는 있으나 최대와 최소의 차이가 0.2%이내이므로 CFRP 자체질량을 생각하면 거의 차이는 없다고 볼 수 있다.

4.2 압력 실험 결과

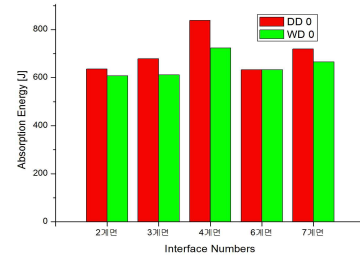


Fig. 6 Relationship between the Absorption Energy 0° of the interface number

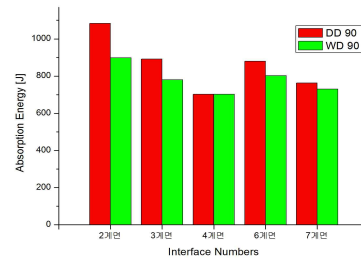


Fig. 7 Relationship between the Absorption Energy 90° of the interface number

충에너지 흡수량을 보면 최외각층 90°-2계면이 가장 높고 4계면까지 낮아진 뒤 6계면에서 다시 올라온다. 0°에서는 반대로 4계면으로 갈수록 높아진 뒤 6계면에서 낮아졌다. 0°와 90°가 정반대의 형상을 보이고 있으며 대체적으로 dry 시험편이 wet 시험편보다 높게 측정됨을 알 수 있었다.

5. 결론

계면수별로 비교해볼 때 wet 시험편이 dry 시험편과 비슷한 형태의 그래프를 그리지만 대체적으로 10~20% 정도 낮은 결과를 보이고 있으며 이러한 이유는 수분흡수에 의해 resin이 시험편 내부에서 녹아나옴으로써 기지의 파괴가 이루어지게 되고 이것이 시험편의 약화로 이루어진다고 생각이 된다.

참고문헌

1. Mamalis, A. G., Robinson, M., Manolakos, D. E., Demosthenous, G. A., Ioannidis, M. B. and Carruthers, J., "Crashworthy capability of composite material structures", Composite structure, Vol. 37, pp. 109-34, 1997.
2. H. Benson Dexter and Donald J. Baker., "Flight service environmental effects on composite materials and structures", Advanced Performance Materials, Vol.1, pp.51-85, 1994.
3. Mahood, H. F. and Paluzny, A, "Design of thin walled Columns for Crash Energy Management-Their Strength and Model of Collapse," Proc. 4rd Instructural Conference on Vehicle Structural Mechanics, pp.7~18, 1981.
4. Yuichiro Aoki, Ken Yamada, Takashi Ishikwa, "Effect of hygro-thermal condition on compression after impact strength of CFRP laminates," composites science and technology, Vol. 68, pp.1376~1383, 2007.