

수분이 흡수된 CFRP 모자형 단면부재의 충격특성 평가 Evaluation Impact Damage of CFRP Hat shaped members absorbed moisture

*양용준¹, #양인영²

*Y. J. Yang¹, #I. Y. Yang(iyyang@chosun.ac.kr)²

¹ 조선대학교 첨단부품소재공학과, ² 조선대학교 기계설계공학과

Key words : CFRP, Stacking angle, Hat shaped members, Hygrothermal, Moisture absorption, Absorbed energy

1. 서론

CFRP 섬유강화 복합재료는 금속에 비해서 비강도와 비강성이 높기 때문에 현재 여러 분야에서 널리 사용되고 있는 추세에 있으며 그 이용 분야 또한 점차 확대가 되고있다. 하지만 CFRP 복합재는 여러 정적부하에 대해서는 우수한 역학적 특성을 보이는 반면에 여러 가혹한 환경에 장시간 놓여 있을 때에는 그 우수한 역학적 특성을 보장받기가 매우 어렵다.

또한 장시간 주위 환경에 놓여 있어도 충분한 기계적 성질이 유지되어야 하지만 고온 및 고습의 상황 하에서 수분이 복합재료 내로 침투함으로써 연성재의 역할을 수행함으로 인해 기지의 분자배열 및 화학적 성질을 변화시키고 복합재료의 계면특성 및 구성재료의 기계적 성질을 저하시킴으로써 강도저하가 크게 나타나는 문제점이 있다. 고온·고습 환경 하에서 복합재료에 대한 연구로서 CFRP 적층판 복합재에 대한 수분흡수 거동과 잔류응력 등의 강도평가에 관한 다양한 연구들이 진행되어 왔었지만 자동차용 구조부재의 형상을 갖는 CFRP 박육부재에 대한 연구는 미흡한 실정 이었다.¹⁻⁷⁾

따라서 현재 차량용 구조부재로 사용되고 있는 모자형 단면부재와 비슷한 형상으로 제작된 CFRP 모자형 단면부재를 제작하여 고온·고습 환경 하에서 장시간 놓여있을 때의 기계적 성질의 변화 등에 중점을 두고 연구를 하였고, 온도와 습기의 작용을 동시에 평가할 수 있는 환경을 설정하기위해 증류수를 이용하여 항온수조에 장시간 잠기게 함으로써 고온·고습 환경을 설정하였다.

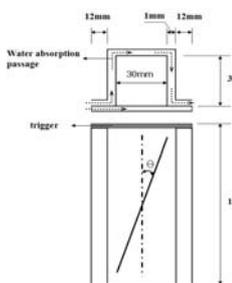
또한 본 연구에서는 자동차용 구조부재로 널리 사용되어지고 있는 박육부재의 형상으로 제작된 시험편을 사용하여 적층 방향을 달리 함으로써 시험편의 각도 변화를 주었으며 이로 인한 고온·고습 상황에서 수분흡수 거동의 변화를 알아보고, 나아가 수분을 흡수하지 않은 시험편과 조건을 같이하여 수분침투에 따른 강도 및 흡수에너지에 대해 비교 및 고찰해 보았다.

2. 시험편

본 연구에서는 일방향 CFRP Prepreg sheet(CU125NS)를 사용하여 알루미늄 사각 맨드릴 위에 차량용 충돌에너지흡수 박육부재의 형상을 갖도록 모자형(□)과 평판(-)을 각각 8ply로 적층하여 오토클레이브 성형으로 제작을 하였다.

시험편의 형상은 Fig. 1과 같은 자동차용 구조부재로 널리 사용되고 있는 모자형상 단면 전면부 사이드 부재로써, 실제 크기의 1/4크기로 제작을 하였다.

Table 1 Type of specimen



Angle No.	Stacking Composition	Experiment Condition
[15°]	[+15°/-15°] ₄	(NH) Non Hygrothermal
[45°]	[+45°/-45°] ₄	
[90°]	[90°] ₈	(H) Hygrothermal
[90°/0°]	[90°/0°] ₄	
[0°/90°]	[0°/90°] ₄	

Fig. 1 Hat shaped members

3. 실험방법

수분의 흡수로 인한 강도저하를 평가하기 위하여 본 연구에서는 고온·고습 환경 하에서의 흡수 실험을 실시하였고, 실험 후 수분이 흡수된 시험편과 흡수되지 않은 시험편들에 대해 충격하중을 가함으로써 그 강도의 저하 및 가혹한 환경에서 장시간 사용할 수 있는 시험편의 특성을 알아보았다.

수분흡수 실험으로는 photo. 1의 항온항습기를 사용하여 시험편에 수분이 완전흡수상태에 도달 할 때 까지 매72시간 마다 수분 흡수량을 측정한 후 Fick's law에 따른 수분 흡수률 식(1)을 이용하여 흡수률을 측정할 수 있었다.⁸⁾

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

여기서 M은 시험편의 흡수률, W_m은 수분이 흡수된 시험편의 무게, W_d는 수분이 흡수되기 전의 시험편의 무게이며, 이를 백분율로 환산함으로써 수분흡수률 M을 얻을 수 있었다.



photo. 1 Hot waterbath

수분 흡수에 따른 강도저하를 비교하기 위하여 photo. 2의 충격시험기를 사용하여 시험편이 흡수할 수 있는 에너지의 범위 내에서 자유낙하를 실시함으로써 하중 및 변위를 측정할 수 있었다. 측정된 하중 및 변위에서 시간을 소거하여 충격압력이 진행되고 있는 동안의 하중·변위선도를 나타냄으로써 각 부재의 에너지 흡수특성에 대하여 고찰하였다.

$$E_T = E_a \times \frac{1}{\rho_0} \quad (2)$$

여기서, E_T는 전체흡수에너지, E_a는 흡수에너지, δ 시험편의 변형된 길이를 나타낸다. 로드셀 위의 시험편이 흡수하는 이론적인 충격에너지 E_T는 식(3)과 같이 크로스헤드의 위치에너지와 같으므로 시험편에 따라 시험편의 압력형상을 관찰하기 가장 적절한 충격에너지 419.44J를 가하였다. 하지만 CFRP적층각이 90°의 경우 419.44J의 충격에너지를 가했을 경우 시험편이 파괴가 되어 데이터가 획득되지 않았다. 때문에 해석에 필요한 충분한 압력이 이루어지도록 341.04J의 충격에너지를 가하였다.

$$E_I = mgh \quad (3)$$

여기에서 E_I는 충격에너지, m은 크로스헤드의 질량, g는 중력 가속도, h는 시험편에 가해진 크로스헤드의 높이이다.

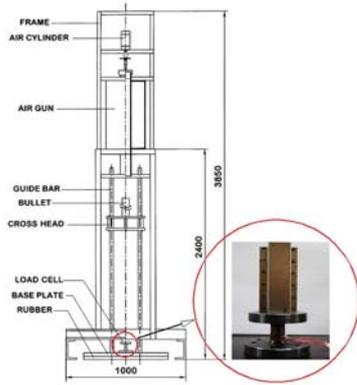


photo. 2 Impact testing device setup

4. 결론

CFRP 박육부재에 대해 수분 흡수 거동 및 수분 침투로 인한 강도 저하를 알아보기 위해 흡습 실험과 정적 압괴실험을 병행하여 수행한 후 그 결과를 비교 및 고찰을 하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 적층각도 변화에 따른 수분흡수 거동을 살펴본 결과 90°의 적층각도를 갖는 시험편이 초기 흡습률이 크게 증가하는 경향을 보인 반면, 15° 적층각을 갖는 시험편이 흡습률이 가장 저하됨을 알 수 있었다. 또한 대부분의 시험편들이 0.5%에서 1.0% 구간 사이에서 흡습률 증가가 둔화되는걸 알 수 있었다.

2) 수분이 흡수된 시험편과 수분이 흡수되지 않은 시험편의 압괴 형상을 살펴본 결과 수분의 침투로 인해 CFRP 내부의 열화현상의 발생으로 인하여 계면간의 결합력 또한 약해짐을 알 수 있었고, 시험편의 압괴 형상 또한 수분이 흡수된 시험편의 경우가 보다 더 안정적인 압괴모드를 이루는 것을 알 수 있었다.

3) 충격실험결과 최대하중 및 평균하중에서는 수분의 흡수가 약 50% 이상의 강도저하를 나타내고 있는걸 알 수 있었으며, 안정적인 압괴 발생이 보다 낮은 강도저하를 보이는걸 알 수 있었다.

4) 흡수에너지에서는 정적압괴실험을 통해 그 강도를 비교해 본 결과 수분의 흡수는 최대하중 보다는 평균하중과 흡수에너지에 더 많은 저하요인을 갖는 것을 알 수 있었으며, 강도의 저하는 수분의 흡수가 완전 개방상태가 되는 90° 시험편에서는 약 19% 정도의 강도저하가 발생하였고, 이 외의 시험편에서는 수분이 흡수되지 않았던 시험편보다 대략 7% 정도의 강도저하가 나타남을 확인할 수 있었다.



(a) 15° (b) 45° (c) 90° (d) 0°/90° (e) 90°/0°

(1) dry specimen



(a) 15° (b) 45° (c) 90° (d) 0°/90° (e) 90°/0°

(2) wet specimen

Photo. 3 The shape of dry and wet CFRP specimen

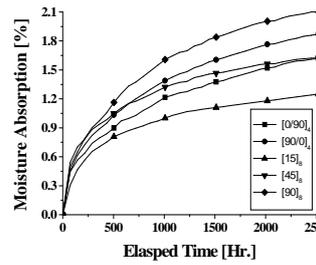


Fig. 2 Moisture absorption rate

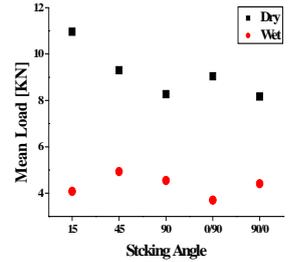


Fig. 3 mean collapse load

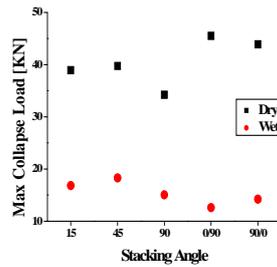


Fig. 4 max collapse load

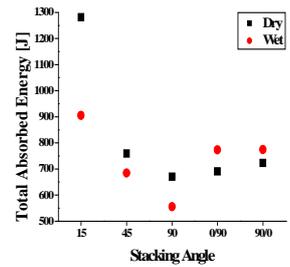


Fig. 5 absorbed energy

참고문헌

1. Karasek M. L., Strait L. H., Amateau M. F. and Runt J. P., "Effect of Temperature and Moisture on the Impact Behavior of Graphite/Epoxy Composites : Part I - Impact Energy Absorption", *Journal of Composites Technology & Research*,17,1,3-10,1995.
2. Weitsman Y. "Moisture in Composites : Sorption and Damage, Fatigue of Composite Materials, Elsevier Science Publishers B,384-429,1990.
3. Wang, H. and Vu-khanh, T., "Fracture Mechanics and Mechanical of Impact-Induced Delamination in Laminated Composites", *Journal of Composite Materials*, 29,2,156-179,1995.
4. Choi, H. S., Ahn, K. J. and Nam, J. D., "Hygroscopic Behavior of Unidirectional Carbon Fiber/Epoxy Composite Laminates," *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A*,22,1486-1500,1998.
5. G. Sala, "Composite degradation due to fluid absorption," *Composites Part B*,31,357-373,2000.
6. Yuichiro, A., Yamada, K. and Takashi I., "Effect of hygrothermal condition on compression after impact strength of CFRP laminates," *Composites science and technology*,68,1376-1383,2007.
7. J. S. Lool, I. Y. Yang and T. Adachi, "Characteristics of Delamination in Graphite/Epoxy Laminates under Static and Impact Loads," *Key Engineering Materials*,183-187,731-736, 2000.
8. Im, K. H. and Yang, I. Y., "A Study on Effects to Residual Fatigue Bending Strength of Orthotropy CFRP Composite Laminates under High Temperature and Moisture," *Transactions of Korea Society of Automotive Engineers*,8,247-258,2000.