

복합재료의 저속충격 특성

한 지 원

호서대학교 공과대학 기계공학과
(2008. 9. 22. 접수 / 2008. 11. 24. 채택)

Low-velocity Impact Characterization of Laminated Composite Materials

Ji-Won Han

Department of Mechanical Engineering, Hoseo University
(Received September 22, 2008 / Accepted November 24, 2008)

Abstract : The composite materials are widely used in the many applications of industry as well as aerospace field because of their high specific stiffness and strength which benefits the material and provides potential energy savings. However, composite materials also have a low property about external applied impact. In this paper, impact tests were conducted on different sample types(glass, carbon and kevlar composite) to obtain information such as absorbed energy and composite deformation using an instrumented impact test machine (DYNATUP 8250). 3 type samples were compared to experimental results. The data from impact test provided valuable information between the different type-samples by wet lay up. This paper shows results of that kevlar composite has larger absorption energy and deformation than others.

Key Words : glass fiber, carbon fiber, kevlar fiber, wet lay up, low velocity impact

1. 서론

현재 복합재료의 연구개발 및 응용은 작은 골프 클럽에서 자동차, 철도, 비행기 제조에 이르기까지 폭넓게 적용되고 있다. 이것은 복합재료가 일반 단일재료에 비해 열 및 기계적 특성이 우수하기 때문이다. 특히 비강성 및 비강도가 우수한 폴리머 복합재료는 구조물의 경량화로 에너지 효율의 극대화 및 운송체의 속도향상, 유지비용의 절감효과를 가져온다. 그러나 복합재료는 외부에서 작용한 충격으로 인해 재료내부의 층간분리, 모재균열, 섬유강화재 파괴 등으로 복합재의 자체강성이 저하되는 현상을 나타낸다¹⁾. 이 때문에 선행연구자들은 하니콤파복합재 구조물의 충격 특성을 파악하는 연구²⁾ 및 복합적층 재료의 외부 충격에 의한 파손³⁾ 등의 다양한 연구⁴⁻⁸⁾를 진행해 왔다. 특히 최근에는 회로기판⁹⁾이나 안테나¹⁰⁾ 등의 특정 제품에 사용되는 복합재의 저속 충격특성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 복합재료는 제작방식 및 재료의 종류에 따라 재료특성이 크게 차이가 나타나기에 이에 따른 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 유

리 섬유복합재, 탄소섬유복합재, 케블라섬유복합재의 외부 충격에 대한 충격특성을 연구하기 위하여 젯 레이업(wet lay-up)방식으로 복합재료를 직접 제작하고, 충격시험기(Instron Dynatup 8250)를 이용하여 저속 충격 특성을 측정, 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1. 시편 제작

유리섬유, 탄소섬유, 케블라섬유 복합재의 저속 충격특성을 알아보기 위하여 Fig. 1과 같이 각 재료에 젯 레이업 방식을 적용하여 4겹 복합재료 판재(4 layers laminated composite)를 각각 제작하였다.

이때 각각의 섬유에 합성수지(resin)인 Epon 828과 하드너 3223을 100:12.4의 비율¹²⁾로 혼합하여 각 섬유층(fiber layer)에 적용하였으며, 공기 압착-흡입(Vacuum bagging infusion)을 적용하여 24시간 건조하였다. 또한 후건조(post curing)을 위해 100℃ 오븐에서 1시간 동안 건조하였다.

Table 1은 각 재료의 기계적 물성을 나타낸 것이며, Table 2는 Epon 828의 기본 물성을 나타낸 것이다.

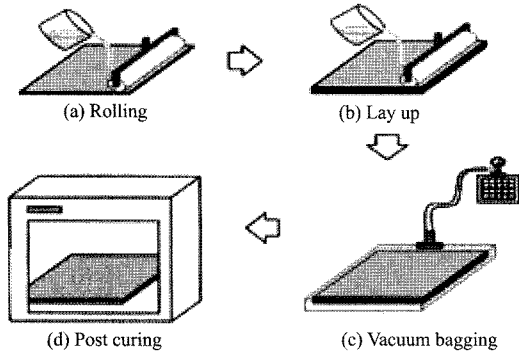


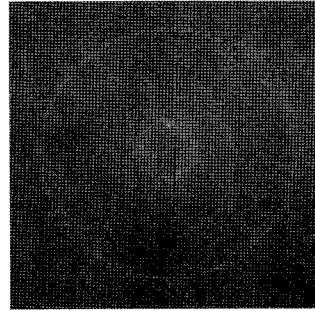
Fig. 1. Wet lay up.

Table 1. Mechanical Properties of fibers¹¹⁾

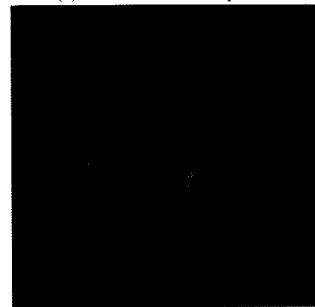
Property	Glass	Carbon	Kevlar
Density(kg/m ³)	2546	1799	1439
Modulus(GPa)	72.39	220.63	70.32
Tensile Strength(108mm)	1.37	9.98	2.07
Break Elongation(%)	4.8	1.4	3.6
Tenacity(GPa)	4.05	3.1	2.92

Table 2. Typical Properties of Epon828¹²⁾

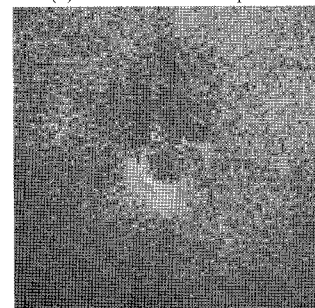
Property	Unit	Value
Epoxide Equivalent Weight	g/eq	185-192
Viscosity @ 25°C	P	110-150
Pounds per Gallon @ 25°C(77°F)	lbs/gal	9.7
Density @ 25°C(77°F)	g/ml	1.16
Vapor pressure @ 77°C(170°F)	mm Hg	0.03
Specific heat	BTU/lb°F	0.5



(a) Glass fiber composite



(b) Carbon fiber composite



(c) Kevlar fiber composite

Fig. 2. Low impact tested specimens.

2.2. 저속 충격 시험

충격시험은 자유낙하식 충격시험장치(Instron, model 8250)을 이용하여 모든 시편에 8Kg의 낙하 무게, 70cm의 낙하높이이다. 시편 충돌시점의 충격 속도는 2.62m/s이며, 동일한 충격조건을 적용하였다. 충격실험은 1회 충격 후 재충격 멈춤장치를 사용하였으며, 클램핑(clamping)은 시편 장착 후 시편의 테두리에 공압을 이용하였다. 충격시험을 통해 발생하는 데이터는 충격시험기에 연결된 충격데이터 측정 소프트웨어를 이용하여 수집하였으며, 각 시편 별로 3회 충격시험을 실시하였다.

3. 실험결과

3.1. 변형현상

Fig. 2는 유리섬유, 탄소섬유, 케블라섬유 복합재료의 충격실험 후 변형 현상을 나타낸 것이다.

유리섬유 복합재는 충격시험으로 인해 상대적으로 작은 자국만이 생긴 것에 비해, 탄소섬유와 케블라섬유 복합재에서는 깊은 자국이 관찰되었다. 이것은 유리섬유가 비교적 적은 변형 후 충격 에너지의 일부를 방출한 반면, 탄소섬유와 케블라섬유는 충격시에 재료내부에서 상대적으로 더 많은 충격 에너지를 흡수하였으며 그 과정에서 더 많은 변형을 발생한 것으로 판단할 수 있다. 또한 이것은 충격하중과 복합재료의 변형관계를 나타낸 Fig. 4와 시간에 따른 에너지 흡수관계를 나타낸 Fig. 5를 통해서도 알 수 있다. Fig. 3에서와 같이 충격 실험을 시작한 후 충격체가 복합재료에 충돌한 후 0.3초 지점에서 각 시편에 가장 큰 충격하중이 가해졌으며, 특히 유리섬유 복합재가 다른 두 복합재에 비해 약 20% 높게 나타났다.

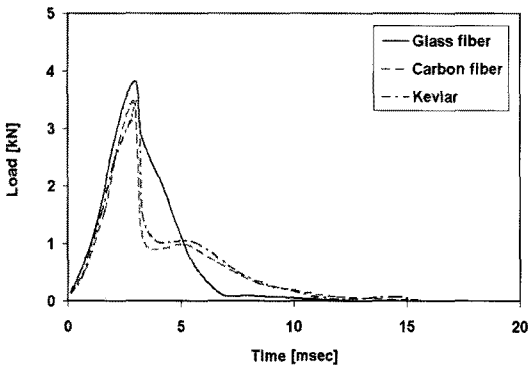


Fig. 3. Impact loading.

3.2. 충격 에너지

Fig. 4는 충격하중과 그에 따른 복합재료의 변형에 관한 관계를 나타낸 것이다.

Fig. 4에서 케블라섬유 복합재는 유리섬유와 카본섬유 복합재보다 외부충격에 대해 더 많은 변형을 발생하였으며, 이런 변형은 더 큰 충격에너지를 흡수하여 내부에너지로 전환한다. Fig. 5는 각 시편의 시간 변화에 따른 충격 에너지 변화를 나타낸 것이다.

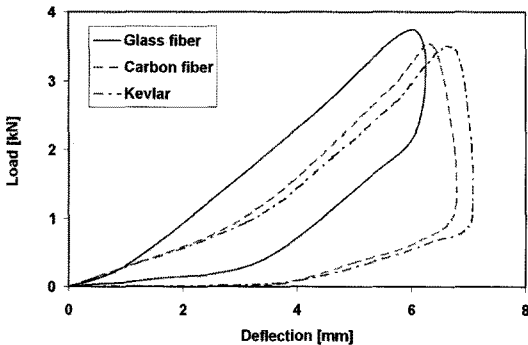


Fig. 4. Deflection.

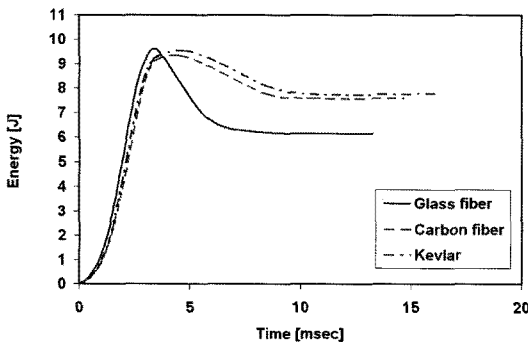


Fig. 5. Impact and absorption energy.

충격체가 시편에 부딪쳐 0.3초 경과 부근에서 약 10J의 충격에너지가 발생하였고, 시간이 지남에 따라 그 충격 에너지가 일부는 흡수 에너지로 전환되어 부재에 잔류하고 일부는 방출 에너지로 전환되어 소멸되는 경향을 보인다. 특히, 케블라섬유 복합재와 카본섬유 복합재는 충격 후 약 1초 후에 충격 에너지의 20%를 소멸하고 80%를 흡수하는 반면, 유리섬유 복합재는 충격 후 0.6초 후에 충격 에너지의 35%를 소멸하고 65%를 흡수하는 결과를 보여 케블라섬유 복합재가 상대적으로 높은 에너지 흡수를 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 웹 레이업 방식으로 제작된 유리섬유 복합재, 카본섬유 복합재, 케블라섬유 복합재의 저속 충격하중으로 충격특성을 평가하고 그 결과를 비교 하였다.

- 1) 유리 섬유, 카본 섬유, 케블라 섬유 복합재 중 유리섬유 복합재가 제일 큰 충격하중을 갖으며, 상대적으로 케블라 복합재가 가장 적은 충격에너지를 갖는다.
- 2) 충격하중에 의한 변형율은 동일 충격 조건시, 유리 섬유, 카본 섬유, 케블라 섬유 복합재 중 케블라 섬유 복합재가 가장 크다.
- 3) 충격시험 후 흡수된 에너지는 일부 일정시간 후에 일부 방출되며, 유리 섬유, 카본 섬유, 케블라 섬유 복합재 중 케블라 섬유 복합재가 가장 큰 흡수에너지를 갖는다.

감사의 글 : 이 논문은 2007년도 호서대학교 학문연구 조성비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 1) E. Gdoutos, K. Pilakoutas, and C. Rodopoulos, "Failure Analysis of Industrial Composite Materials", McGraw-Hill, 2000.
- 2) N. Naik, Y. Chandrashekhar, "Damage in Laminated Composites due to Low Velocity Impact", Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 17, No. 14, pp. 1232 ~ 1263, 1998.
- 3) E. Herup, A. Palazotto, "Low-velocity Impact Damage Initiation in Graphite/epoxy/nomex Honeycomb-sandwich Plates", Journal Title Composites science

- and technology, Vol. 57, pp. 1581 ~ 1598, 1997.
- 4) R. Rydin, M. Bushman, and V. Karbhari, "The Influence of Velocity in Low-velocity Impact Testing of Composites using the Drop Weight Impact Tower", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 14, pp. 113 ~ 127, 1995.
 - 5) M. Richardson, M. Wisheart, "Review of Low-velocity Impact Properties of Composite Materials", *Composites Part A*, Vol. 27A, pp. 1123 ~ 1131, 1996.
 - 6) J. Gustin, M. Mahinfalah, and G. Nakhaie Jazar, M.R. Aagaah, "Low-velocity Impact of Sandwich Composite Plates", *Experimental Mechanics*, Vol. 44, No. 6, pp. 574 ~ 583, 2004.
 - 7) B. Sugun, R. Rao, "Low-velocity Impact Characterization of Glass, Carbon and Kevlar Composites Using Repeated Drop Tests", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 23, 2004.
 - 8) M. Richardson, M. Wisheart, "Review of low-velocity impact properties of composite materials", *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*, Vol.27A, pp. 1123 ~ 1131, 1996.
 - 9) G. Heaslip, M. Heaslip, and J. Punch, "Analysis of experimental shock and impact response data of a printed wire board", *American society of mechanical engineers*, Vol. 3, pp. 125 ~ 133, 2005.
 - 10) C. Kim, L. Lee, H. Park, W. Hwang, and W. Park, "Impact damage and antenna performance of conformal load-bearing antenna structures", *Smart Mater. Struct.* Vol. 12, pp. 672 ~ 679, 2003.
 - 11) http://www2.dupont.com/DuPont_Home/en_US/.
 - 12) <http://www.resins.com/resins/am/pdf/RP3075.pdf>.