

층간분리가 있는 복합재료의 충격특성

정규익*·이승모*·이기성**·김태우**

Impact Characteristics for Composite with Initial Delamination

Kyu-Ik Jung, Seung-Mo Lee, Kee Sung LEE and Tae-Woo Kim

Abstract

In order to evaluate impact characteristics for the laminates with or without delaminations, carbon fiber/epoxy laminated composite were fabricated. After trying several ways to develop delaminations within the laminates, an insertion of teflon-tape was found to be most effective. The locations for delamination was determined after several trial-and-error experiments. The low impact energy did not produce measurable difference for composites with or without delamination, which indicated the presence of impact energy threshold. The impact characteristics for composites with the delamination were found to be different from those for composites with other type of defect including fiber failures.

Key Words: 복합적층판(composite laminates), 층간분리(delamination), 충격시험(impact test)

1. 서 론

섬유강화 복합재료는 비강도 및 비강성, 피로 특성 등 기계적 특성이 기존의 금속재료에 비해 높아 항공 산업을 비롯한 우주 구조물 및 군수 분야 등 다양한 분야에서 중요한 구조 재료의 요소로 그 사용이 증가되어 왔다.

그러나 복합재료는 소성변형을 하는 금속재료에 비하여 외부의 충격에 대한 저항성이 낮아 저속의 충격하중에서도 섬유 및 기지 파단, 층간분리와 같은 내, 외부의 손상이 발생할 수 있다. 층간분리는 복합재료 층 사이의 모재구간에서 균열이 발생한 것으로, 층간의 수직응력 또는 전단응력이 그 원인이 된다[1].

내부에 층간분리와 같은 결함이 제조 과정이나

비록 적은 양의 충격하중으로도 복합재 적층판 내에 존재할 수 있는데 복합재 적층판에 층간분리가 존재하면 전체적인 강성이 저하되고, 대칭 구조의 적층판에서 국부적인 비대칭이 되므로 강성 불균형이 발생하게 된다[2].

본 연구에서는 층간분리가 존재하는 복합재 적층판에 저속 충격을 가하였을 때 특성 변화를 관찰하였다. 프리프레그를 적층하는 동안 층과 층 사이에 테프론필름을 삽입하여 층간분리의 초기 조건을 갖는 시편을 제조하여 시험하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

충격 시험을 위한 CFRP 적층 시편은 Carbon Fiber/epoxy로 조합된 일방향 탄소섬유 프리프레그를 적층한 후, 제조회사에서 제공한 공정으로 오토클레이브에서 성형하였다. 섬유 배열각도는 $[0/90]_s$ 로 모든 시편이 동일하며 크기는 $100 \times 100\text{mm}$ 의 정방형에 두께 2.1mm 이다. 시편에 대한 물성치는 table 1에 나타냈다.

* 국민대학교 대학원 기계설계전공

** 국민대학교 기계자동차공학부

Table 1 Materials property of the test specimens

CF/Epoxy	
Tensile Strength	4.413 GPa
Tensile Modulus	235 GPa
Fiber Density	1.77 g/cm ³
Resin Density	1.2 g/cm ³

층간 분리를 생성하기 위해 Fig. 1에 도식화한 것처럼 두께가 0.1mm 이하의 teflon film을 사용하여 30X30mm의 정방형 크기로 시편의 중심에 부착하였다. 충격을 받는 면의 반대쪽 면을 기준으로 위치를 달리하여 각각 teflon film을 삽입하였으며 그 위치는 table 2에 나타내었다

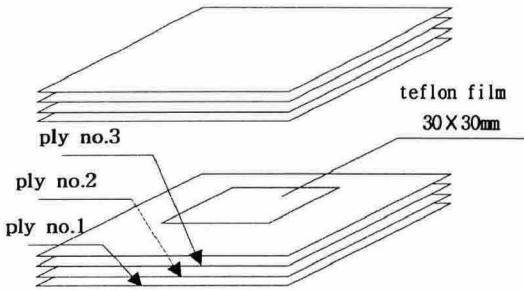


Fig. 1 Diagram of delamination

Table 2 summary of the specimens

type	position of the teflon film
A	ply no.1 & 2
B	ply no.4 & 5
C	ply no.7 & 8

2.2 충격 시험

충격시험은 자유낙하 충격시험기(Dynatup-830)을 사용하였다. 실험에 사용된 tup은 지름12.7mm인 반구형 강철이고 충격체의 높이를 조절하여 충격에너지를 결정하였다. 너무 높은 에너지의 충격을 가하였을 때 시편의 급격한 파괴로 비교가 어려웠고 시행착오를 통해 4, 5, 6J의 충격 에너지로 각각의 시편에 충격을 가하였다[3].

3. 실험결과 및 해석

시편에 teflon film을 삽입하고 성형한 후, 성형

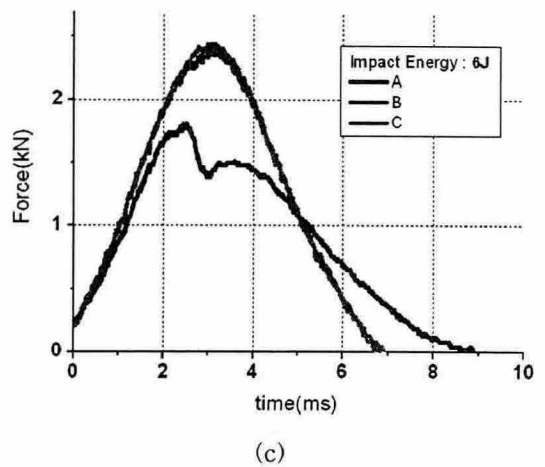
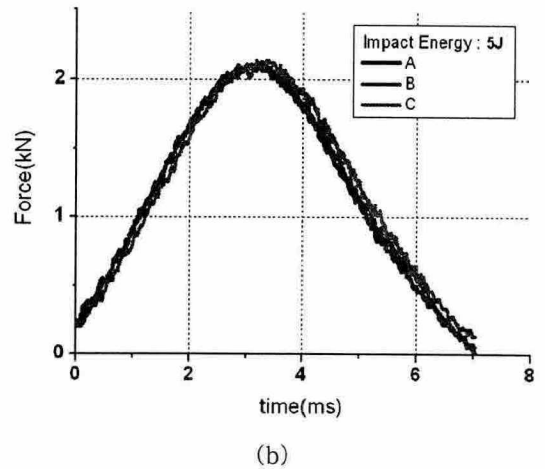
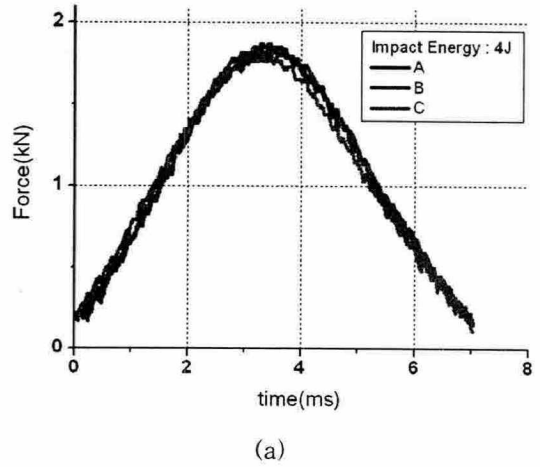


Fig. 2 (a) 4J (b) 5J (c) 6J : Force-time curve for different impact energy

된 시편을 잘라서 현미경을 통해 층간분리가 일어났음을 확인하였다. 내부에서 프리프래그와 teflon film이 서로 접촉되지 않아 쉽게 외부로 분리해 낼 수 있었다. CFRP 적층판에 각각 4, 5, 6J의 에너지로 충격을 가하였다.

Fig. 2(a)와 (b)는 4J과 5J의 에너지로 충격을 가하였다. 각각 4J과 5J의 에너지로 충격을 가했을 경우 층간분리의 위치의 따른 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 시간에 따른 충격하중의 변화 곡선이 거의 일정하며 실험 오차의 범위 안에 있었다.

Fig. 2(c)는 6J로 충격을 가했을 경우인데 4번과 5번, 7번과 8번 사이에 적층분리가 존재하는 시편은 기존의 실험과 같이 큰 차이를 나타내지 않으며 1번과 2번 사이에 층간분리가 있는 시편에서 다른 양상을 보이고 있다. 하중의 peak가 하나에서 두 개로 늘어났다. 이는 층간분리가 존재하더라도 일정한 하중 하에서는 층간분리의 수직 방향의 충격 하중에서 층간분리의 위치에 상관없이 비슷한 거동을 보이지만 하중이 일정양을 초과했을 경우 하중을 이기지 못해 급격한 파괴가 일어났다. 현재 층간분리는 충격면에 대해 중립면 기준으로 그 아래에 위치하고 있는데 중립면에 가까울수록 충격으로 인한 변형과 인장의 크기 변화가 크지 않고 1번과 2번 사이 같은 중립면에서 멀어질 때 6J에서 급격한 파괴가 일어나는 양상을 보이고 있다. 계속해서 실험이 진행 중에 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 초기에 일정한 크기에 서로 다른 위치에 층간분리 결함을 갖는 복합 적층판 구조의 저속 충격에 대한 손상을 평가하기 위한 것으로 지금까지의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 테프론 필름을 프리프래그 사이에 삽입하여 원하는 위치와 크기에 층간분리를 만들었고 성형 후에 시편을 절단하여 현미경으로 관찰하고 필름을 제거함으로써 필름으로 인한 층간분리가 발생한 것을 확인하였다.

2. 서로 다른 위치의 층간분리를 갖는 복합재 적층판 이라도 일정한 하중 이하에서 충격을 층간분리의 수직 방향으로부터 받을 때 충격

거동은 비슷한 양상을 보이고 있다.

3. 충격에너지가 6J인 경우에 A 시편에서 충격 하중이 두 개의 peak를 나타내며 급속한 파괴를 일으켰다.

4. 일정한 에너지 이상에서는 복합재 충격이 진행됨에 따라 충격 반대 면에 층간분리가 근접할수록 파괴의 중립면 근처의 층간분리보다 큰 파괴가 일어난다.

참고문헌

- (1) Z. Zhang, C. Breidt, L. Chang, and K. Friedrich, "Wear of PEEK Composites Related to Their Mechanical Performance," *Tribo. Int.*, vol. 37, 2004, pp. 217-277.
- (2) K. Fujihara, Z. Huang, S. Ramakrishna, and H. Hamada, "Influence of Processing Conditions on Bending Properties of Continuous Carbon Fiber Reinforced PEEK Composites", *Compo. Sci. and Tech.*, vol. 64, 2004, pp. 2525-2534.
- (3) J. K. Jun, O. Y. Kwon and U. S. Lee, "Damage Assessment of Curved Composite Laminate Structures Subjected to Low-Velocity Impact", *J. of Composite Materials*, vol. 14, no. 2, 2001, pp. 22~32.