

강화재파단이 있는 복합재료의 저속 충격특성

박중권*, 강창규*, 김철**, 김태우**

Impact Properties of CFRP Laminates with Initial Fiber Failures

Joong-Gwun Park*, Chang-kyu Kang*, Chul Kim**, Tae-woo Kim**

Abstract

The carbon fiber reinforced/epoxy laminated composites were fabricated with initial fiber failures within the unidirectional fiber pre-pregged ply. The fiber failures were made intentionally either parallel to and/or perpendicular to the unidirectional fibers within the ply. The pre-made clear-cut cracks were found to be healed partially after laminating process. The laminates were impacted with or without initial fiber failures within the laminates. The force versus deflection curves were compared. The partially healed laminates showed the reduced laminate stiffness as compared to those without any intentional fiber failures. The impact curves were compared with size and the location of the initial failures varied.

Key Words: 초기결함(initial defect), 섬유파단(Fiber failure), 저속충격(Low velocity impact)

1. 서 론

탄소섬유 강화복합재(CFRP)는 항공기, 우주기 등 우주구조용 재료로서 주목받고 있는 선진 복합재료 중의 하나이다. CFRP는 에폭시를 기지로 사용하는 경우가 많으며, 이 탄소섬유/에폭시 적층복합재의 가장 큰 결점은 충격에 대해서는 취약하다. 또한 CFRP 적층판이 항공기 구조부재로 이용될 때 정비중의 공구낙하, 비행 중 나는 새와의 충돌, 이착륙시의 작은돌이나 파편 등 여러종류 재질의 충돌체에 의한 충격손상(Foreign Object Damage:FOD)을 피할 수가 없으며 표면으로부터는 거의 보이지 않는 충격손상이 적층판 내부에 발생하여 이것에 의해 강도가 저하됨이 중요한 문제로 지적되고 있다.[2]

현재까지의 CFRP 적층재에 관한 연구는 에폭시, 또는 PEEK를 기지재료로 한 시편에 저속충격 하중을 가한후, 시편에 남은 잔류압축 강도를 평가한 문헌이 알려지고 있다[참고문헌]. 또한, 초기에 결함이 없는 상태로 가정하여 충격 또는 피로하중이 가해짐에 의하여 복합재 내부에 발생된 결함이 발생되고, 그 결함이 커짐에 따른 재료특성의 저하에 대하여 보고되었다. 그러나, 복합재 내의 결함은 제조단계에서 생성하기도 하며, 기계적 특성에 영향을 미친다.

본 연구에서는 인위적으로 복합재 적층단계에서 결함을 생성한후, 저속충격에 대한 특성변화를 관찰하였다. 복합재의 초기 결함중에 강화재가 파손(절단)된 경우에 한정하였으며, 적층판은 직교상태에 한정하였다. 초기 결함의 종류에 따른 충격실험의 결과를 비교하였다.

* ; 국민대학교 대학원 기계설계전공

** ; 국민대학교 기계자동차공학부

2. 실험 방법

2.1 제조단계에서의 복합재내의 결함

본 실험에서 이용한 CFRP 적층 시험편은 CF/Epoxy로 조합된 일방향 탄소섬유 프리프레그 시트를 사용하였다. 시험용 시편은 상용 충격시험기의 고정장치 크기를 고려하여 100mm×100mm (폭×길이)로 선택하였고, 두께가 약 2.2mm가 되도록 직교적층한 후, 열프레스 성형법(Hot Press)을 사용하여 제조사가 권장하는 경화사이클로 성형하였다. 시편에는 성형 전에 인위적으로 강화재파단의 결함의 유무와 위치, 크기에 따라 몇 종류의 적층판을 성형하였다.

Table 1 시편의 결함크기와 형태

type	인위적인 결함크기와 형태(mm)	충격시험방법
1	결함없음	표면에 충격
2	10×10(내부)	결함있는 표면에 충격
3	10×10(외부)	결함있는 표면에 충격
4	12(섬유방향)×6(섬유방향직각)	결함있는 표면에 충격
5	6(섬유방향)×2(섬유방향직각)	결함있는 표면에 충격
6	10×10	결함있는 표면 반대에 충격
7	12(섬유방향)×6(섬유방향직각)	결함있는 표면 반대에 충격
8	6(섬유방향)×2(섬유방향직각)	결함있는 표면 반대에 충격

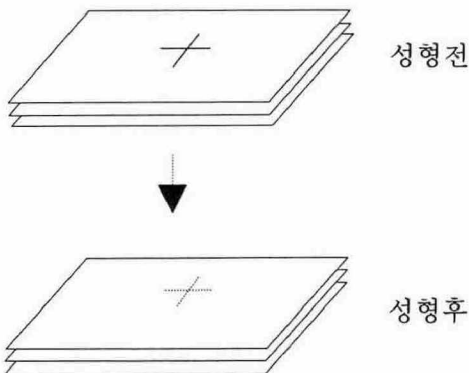


Fig 1. Diagram of initial failure

2.2 충격실험

충격실험은 상용 자유낙하 충격시험기를 사용하였다. 이 충격시험기는 하중변환기 센서가 장

착된 충격체, 충격속도를 측정하기 위한 광센서, 충격체를 유도하기 위한 두 개의 유도봉 등으로 구성되어 있다. 또한 모든 실험에서 시편에 한번의 충격만이 가해지도록 리바운드 브레이크 시스템을 작동시켰다.

충격에너지가 작으면 측정가능한 파손이 발생되지 않으며, 충격에너지가 과다하면 적층시편을 관통하였다. 시행착오를 통하여, 본 실험에서는 충격에너지(약 6.4 J)를 결정하였다. 본 실험에서는 대칭 적층구조를 갖는 시편을 성형 전에 크기가 다른 결함을 주고 성형한 후 결함이 없는 시편과 크기가 다른 결함을 가진 시편에 대해 충격에너지 6.37J을 가하였다. 시편 1부터 5까지는 초기 결함이 있는 부분에 충격을 가하였고, 시편 6부터 8까지는 초기 결함이 있는 부분 반대면에 충격을 가하였다.

3. 결과 및 고찰

CFRP 적층판에 충격에너지 6.37J로 충격을 주었다. Fig 2는 내부 및 외부 인위적인 결함 10(mm)×10(mm)이 있는 적층판에 충격실험 한 결과이다. Fig 2에서 보듯이, 기울기는 거의 비슷하고, 외부결함보다는 내부결함 적층판에서 하중이 좀 더 낮게 나타났다. 적층판 내부 가운데에 결함이 있기 때문에 외부결함이 있는 적층판보다는 충격 에너지를 덜 흡수한 것으로 추정된다.

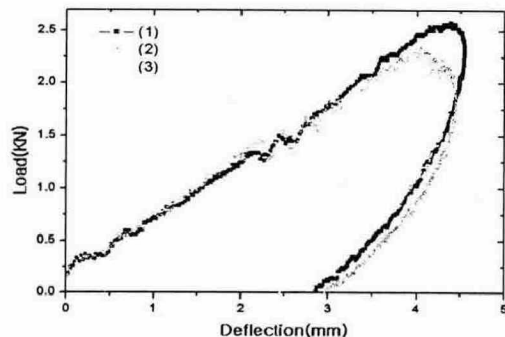


Fig 2. An impact curve according to a failure location

Fig 3은 외부 인위적인 결함이 있는 적층판에 결함 반대면에 충격실험 한 결과이다. 반대면에

충격을 주었을 때는 하중이 더 약하고, 더 작은 하중에서 변위가 커진 것으로 나타났다. 그리고 기울기도 완만하게 나타났다.

8번은 다른 적층판 결함보다 섬유방향에 수직 한 방향으로 더 많은 결함을 주었기 때문에 더 많은 섬유파괴가 일어나서 가장 낮은 하중과 가장 큰 변위가 나타난 것으로 추정된다.

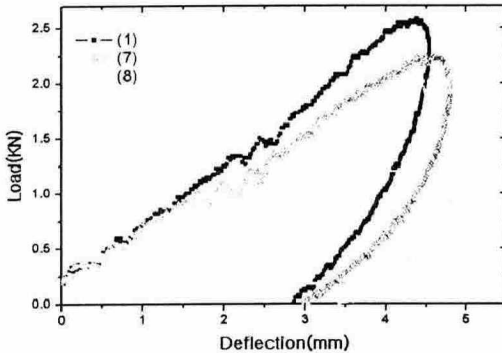


Fig 3. An impact curve according to a failure shape

Fig 4는 외부 인위적인 결함이 있는 적층판에 충격방향에 따른 충격실험 한 결과이다. 결함형태가 같은 적층판에 결함 반대면에 충격을 가한 8번은 그렇지 않은 5번보다 하중이 더 약하게 나타났다. 그리고 기울기도 완만하게 나왔고, 같은 하중에서 더 많은 변위가 나타났다.

결함 반대면에 충격을 가한 8번은 결함이 있는 면에 충격을 가한 5번보다 결함위치에서 좌굴이 생겨 하중이 더 약하게 나온 것으로 추정된다.

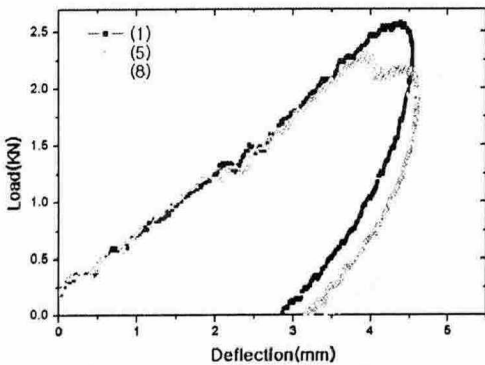


Fig 4. An impact curve according to an impact location

4. 요약 및 결론

CFRP 적층판에 내부와 외부에 인위적인 초기 결함을 주고 성형한 후, 결함이 없는 적층판과 저속 충격실험을 하고 충격 특성을 비교하였다. 성형 전에 초기 결함크기와 모양을 다르게 주고 성형하였고, 성형 후 육안으로 미세하게 결함을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 성형 전에 결함을 주었다하더라도 성형할 때 결함을 준 부분도 붙었다. 그러나 결함을 주지 않은 것보다는 약하다는 것을 실험을 통해서 비교하였다. 그리고 외부결함이 있는 적층판 중에서도 섬유방향의 수직 한 방향으로 결함이 생기면 섬유방향으로 결함이 생긴 것보다 더 약하다는 것을 확인하였다. 그리고 결함이 있는 면의 반대면에 충격을 가한 적층판이 그렇지 않은 적층판보다 더 약하다는 것을 확인하였다. 이것은 충격을 받았을 때 결함이 있는 면에 좌굴이 생겨서 결함이 크랙으로 발전하여 더 약해진 것으로 추정된다.

참고문헌

- (1) 심재기, 양인영, 오택열, “충격하중을 받는 CFRP 적층판의 충격손상과 굽힘 잔류강도,” 대한기계학회논문집, 제17권 제11호, 1993, pp.2752-2761
- (2) 임광희, 박노식, 김영남, “저속충격 하에서 CFRP 복합적층판의 낙추 충격특성과 파괴기구,” 한국복합재료학회논문집, 제17권 제4호, 2004, pp.53-60
- (3) 임광희, 박노식, 김영남, 김선규, 양인영, “주파수 응답을 이용한 CF/Epoxy 복합적층판의 낙추충격 특성평가,” 한국복합재료학회논문집, 제16권, 제2호, 2003, pp9-17
- (4) Z. Zhang, C. Breidt, L. Chang, and K. Friedrich, "Wear of PEEK Composites Related to Their Mechanical Performance," *Tribo. Int.* 37, 217-277 (2004)

- (5) 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* 64, 2525-2534, (2004)