

충격 손상을 받은 Carbon/Epoxy 적층 복합재료의 환경온도에 따른 잔류강도 평가

Evaluation of the Residual Strength according to an Environmental Temperature of Impacted Carbon/Epoxy Composite Material

*강민성¹, #석항성², 구재민², 홍석우¹, 안상수¹

*M. S. Kang¹, #C. S. Seok(seok@skku.edu)², J. M. Koo², S. W. Hong¹, S. S. Ahan¹

¹성균관대학교 대학원 기계공학과, ²성균관대학교 기계공학부

Key words : CFRP, Carbon/Epoxy Composite, Residual strength, Environmental temperature

1. 서론

섬유강화 복합재료는 금속재료에 비해 뛰어난 비강성 및 비강도를 가지고 있기 때문에 경량화가 요구되는 항공우주 구조물에 적용되는 비율이 증가하고 있다. 그러나 복합재료의 특성상 외부의 충격으로 인한 손상에 매우 취약하여 운항 중 새와의 충돌 및 작업자의 Tool-drop 등으로 인해 발생하는 충격 손상은 복합재료 구조물에 심각한 영향을 미친다. 대부분 상업용 항공기의 경우 대류권 최상층부와 성층권 하부를 운항하게 되는데, 이때 항공기 외부 대기온도는 -80℃ ~ 60℃ 까지 변화한다. 따라서 충격 손상을 받은 항공기 복합재료 구조물의 안전성을 평가하기 위해서는 실제 운항 환경온도를 고려해야 한다. 본 연구에서는 탄소섬유 적층 복합재료에 충격 손상을 입사시킨 뒤, 저온 및 고온 분위기하에서 인장시험을 수행하여 온도에 따른 잔류강도를 평가하였다. 또한 파단면에 대한 SEM 분석을 수행하여 온도에 따른 복합재료의 파손 기구를 분석하였다.

2. 환경온도에 따른 잔류강도 시험

2.1 시험편

본 연구에서는 (주)한국카본에서 제작되어 시판되는 직물(Woven) 탄소섬유 프리프레그(Prepreg)인 CF-3K(Table 1)를 사용하여 16ply로 적층한 뒤 약 180~190℃ 온도에서 가압하는 방식으로 성형한 Plate를 25mm×250mm 규격의 시험편으로 가공하였다. 질량 1kg의 물체가 1m 높이에서 낙하되어 가해지는 충격 손상을 모사하기 위해, 추 낙하식 충격 시험기를 사용하였다. 둥근 반구 형태의 충격 팁을 갖는 질량 1kg의 충격자를 낙하시킴으로서

Table 1 Composition of the carbon fiber and resin in prepreg

Fabric Wt. (g/m ²)	Resin Wt. (g/m ²)	Resin Content %	Total Wt. (g/m ²)
205	148	42±2	157

시험편 중앙 부분에 10J의 충격 에너지를 입사시켰다.

2.2 잔류강도 시험

환경온도에 따른 탄소섬유 복합재료의 정적강도 특성을 평가하기 위하여 충격 손상을 가하지 않은 시험편과 10J의 충격 손상을 가한 시험편을 대상으로 -100℃~100℃ 온도 구간에서 인장 시험을 수행하였다. 시험은 -190℃~400℃의 환경온도를 제어 할 수 있는 환경챔버 내에서 수행하였으며, 시험 전 챔버 내에서 시험편을 20분간 유지하여 시험편 내부 온도가 환경온도와 충분히 평형을 이룰 수 있도록 하였다. 인장시험은 INSTRON社의 유압식 만능 시험기(Capacity : 25TON)를 이용하였으며, 변위 제어를 통해 2mm/m의 속도로 수행하였다. Fig. 1에는 시험을 수행한 모습을 나타내었다.



Fig. 1 Appearance of the tensile test under environmental temperature

3. 시험 결과

시험은 온도 구간별 3회 씩 수행하여 Figs. 2, 3과 같이 에러바 형태로 나타내었다. 시험 결과, 충격 손상을 받지 않은 탄소섬유 복합재료의 경우 환경온도가 15°C에서 -100°C의 저온으로 떨어지더라도 인장강도의 변화가 거의 없었으나, 15°C에서 100°C의 고온으로 상승하는 경우 인장강도가 약 20% 정도 저하되는 것으로 나타났다. 충격 손상이 없는 시험편의 환경온도에 따른 인장강도 거동을 Fig. 2에 나타내었다. 10J의 충격 손상을 가한 시험편의 경우, 저온 및 고온 구간에서 모두 강도의 저하가 발생하였다. -100°C의 저온으로 환경온도가 떨어지는 경우 15°C의 인장강도 보다 약 27% 낮은 잔류강도를 나타내었으며, 100°C의 고온 환경에서는 약 23% 정도 잔류강도가 감소한 것을 알 수 있다. 10J의 충격 손상을 받은 시험편의 환경온도에 따른 잔류강도를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 4에는 SEM을 이용하여 분석한 파단면의 사진을 나타내었다.

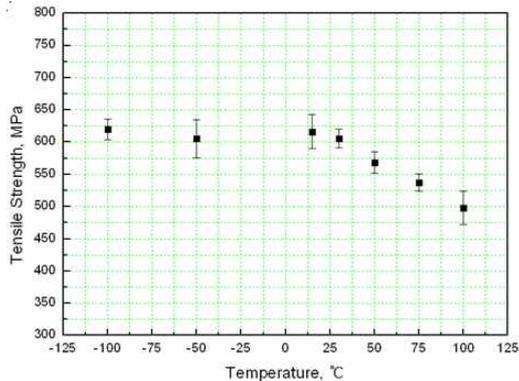


Fig. 2 Tensile strength of non-impacted carbon/epoxy composite material

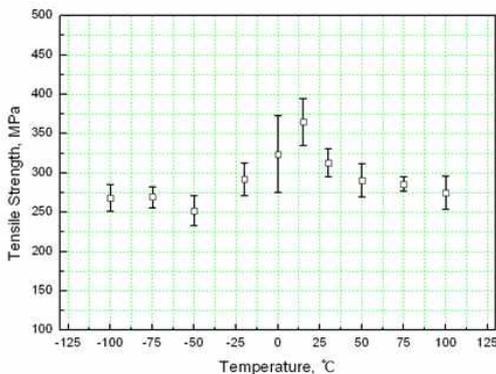


Fig. 3 Tensile strength of impacted carbon/epoxy composite material

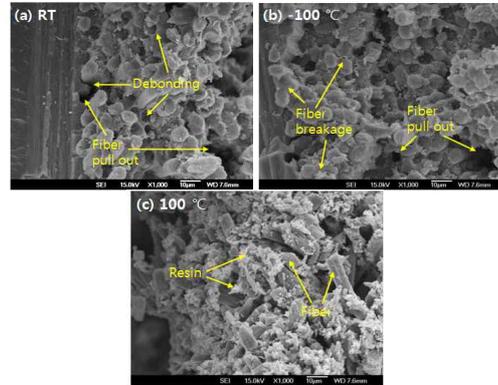


Fig. 4 Micrograph of the fracture cross-section

4. 고찰 및 결론

1. 충격 손상이 없는 경우 15°C~100°C로 증가하는 경우에만 인장강도가 약 20% 저하되는데 비하여, 충격손상이 있는 경우는 약 23%, -100°C의 경우에도 약 27% 저하된 것으로 나타났다.

2. 복합재료는 레진의 고온특성으로 인해 고온 환경에서 연성이 증가된 파괴특성을 보였다. 파단된 섬유 표면에 남아있는 레진의 양이 증가 되었으며, 15°C보다 섬유의 인발과 디본딩이 적게 발생하였다. 또한 레진의 고온 특성에 의해 연화됨에 따라 섬유에 대한 구속이 저하되어 파단된 섬유들이 불규칙하게 재배열 되었음을 확인 할 수 있었다.

2. 저온에서는 일반적으로 레진이 경화되어 취성 파괴가 발생하기 때문에 파단된 섬유의 표면에는 레진이 거의 남아있지 않았다. 그런데 저온 영역에서 충격 손상을 받은 복합재료만 특히 15°C보다 강도가 저하되는 이유는 충격으로 발생한 내부 미소균열의 진전이 레진의 저온경화로 가속화 되기 때문이라고 판단된다.

후기

이 논문은 2단계 두뇌한국 21 (BK21) 사업, 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2007-0055842)

참고문헌

1. 강민성, 최정훈, 김상영, 구재민, 석창성, "충격 손상을 받은 항공기용 복합재료의 잔류강도 평가," 한국 정밀공학회지, 26, 1-2, 2009
2. 고성위, 엄윤성, 최영근, 김형진, 김재동, "온도 변화에 따른 GF/PP 복합재료의 충격파괴기구," 한국 동력기계공학회 추계학술대회논문집, 133-137, 2003