

## 항공기용 하이브리드 복합재료의 섬유배향각에 따른 피로균열전파와 층간분리 거동

김태수\*(고려대 대학원 기계공학과), 송삼홍(고려대 기계공학과),  
김철웅(고려대 공학기술연구소)

주제어 : 하이브리드 복합재료(Hybrid Composite Material), 피로균열전파(Fatigue Crack Propagation), 층간 분리(Delamination), 섬유배향각(Fiber Stacking Angle), 균열성장률(Crack Growth Rate,  $da/dN$ ), 층간분리성장률(Delamination Growth Rate,  $dA_p/dN$ ), 섬유가교효과(Fiber Bridging Effect)

하이브리드 복합재료 중에서 적층형태의 Al/GFRP는 단일재 알루미늄에 비해 피로특성, 비강도, 비강성 등이 매우 우수하여 Fig. 1과 같이 항공기 주익 구조에 주로 적용된다. 그러나 이러한 Al/GFRP 적층재 역시 장시간에 걸쳐 비행하중을 받게 되면 다양한 형태의 파손이 발생할 수 있다. 이 중 알루미늄층과 섬유층 사이에서 발생하는 층간분리는 Al/GFRP적층재의 대표적인 피로파손 형태이며, 현재 이러한 파손은 다 방면으로 연구되고 있다. 대표적으로, Marissen은 피로균열 성장과 층간분리 성장이 상호 의존적임을 증명하였고, Guo는 층간분리 형상을 삼각형 또는 타원형대로 규정하고, 이에 따른 가교 응력(Bridging Stress) 분포를 평가하였다. 또한 Toi는 섬유가교효과가 사이클 및 균열길이 모두에 의존적임을 증명하였다. 그러나 이들의 연구는 하중의 방향과 섬유의 방향이 평행한 것에 국한 되었다. Al/GFRP 적층재의 장점 중 하나는 하중의 형태에 따라 최적의 상태를 만들기 위해 섬유배향각을 조절할 수 있다는 것이다. 이와 같은 사실로 항공기 주익 접합부는 다양한 형태의 하중을 받기 때문에 섬유배향각 변화를 통한 연구는 Al/GFRP 적층재의 우수한 피로 특성을 얻기 위하여 필수적이다. 따라서 섬유배향각 변화에 따른 층간분리 형상의 비교 평가가 요구된다. 이를 위하여 본 연구에서는 섬유배향각을 Fig. 2와 같이  $[0]_2, [+45]_2, [90]_2$ 의 형태로 변화를 주어 각각 제작한 뒤 피로시험을 하였다. 그리고 섬유배향각 변화에 독립적인 층간분리형상의 평가방법을 위한 기초자료를 수집하고, 각각의 층간분리 형상을 비교 분석 하였으며, 이에 따른 세부적인 내용은 다음과 같다. 1) 섬유배향각이 균열진전에 미치는 영향 2) 섬유배향각이 층간분리성장에 미치는 영향 3) 균열성장률과 층간분리성장률 사이의 관계 이다. 실험결과 Fig. 2를 통해서 알 수 있듯이 층간분리의 형상은 섬유배향각에 따라 그 형태가 다양하다. 또한 섬유배향각의 변화는 Al층에 발생하는 균열성장과, 층간분리성장에도 영향을 미친다. 본 연구에서는 이상의 현상으로부터 하중에 대한 섬유배향각이 균열성장과 층간분리 성장사이의 관계를 지배하는 1차 인자로서의 가능성을 제시한다. 그러므로 기존의 연구에 적용되어 왔던 층간의 응력 전달, 균열성장률, 층간분리성장률 등은 섬유배향각에 따라 변화하게 되므로 섬유배향각 변화에 따라 적용 가능한 인자의 개발이 필요하다.

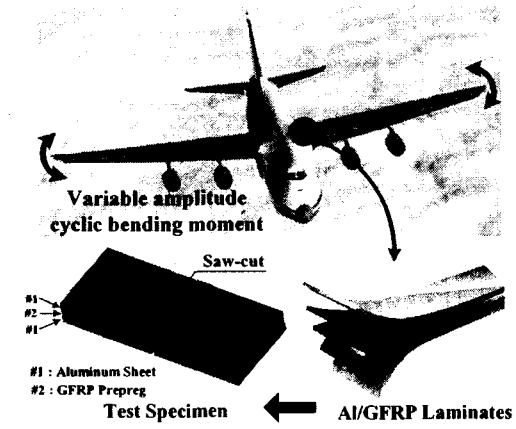


Fig. 1 Variable amplitude cyclic bending moment in a Fuselage-wing.

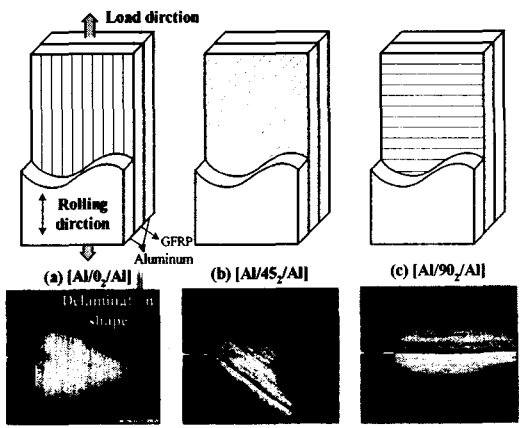


Fig. 2 A Schematic of Al/GFRP Laminates specimen and delamination type as a fiber stacking angle.