

족부보장구(A.F.O.)용 탄소섬유 강화재의 적층배향에 따른 정적인장강도의 특성

황진우*(고려대 대학원 기계공학과), 송삼홍(고려대 기계공학과), 김철웅(고려대 공학기술연구소), 오동준(안동대 기계교육과)

주제어 : 족부보장구(Ankle Foot Orthosis, A.F.O.), 탄소섬유 강화재(Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP), 적층배향(Laminate Configuration), 층간분리(Delamination), 정규하중비(Normalized Load Rate, P_h / P), 원공결함(Circular Hole Defect)

편마비 환자의 보행운동 개선을 위한 보조기구로 족부보장구(Ankle Foot Orthosis, A.F.O.)가 활용되고 있다. 족부보장구는 Fig. 1에 제시한 바와 같이 보행특성상 무수히 반복되는 충격과 굽힘하중을 받는다. 따라서 족부보장구용 재료는 피로특성이 우수한 탄소섬유 강화재(Carbon Fiber Reinforced Plastic, 이하 CFRP)를 주로 사용한다. 그러나 CFRP의 상용재인 프리프레그(prepreg)는 강한 이방성의 단방향 섬유이므로 섬유방향과 하중작용방향의 관계에 매우 민감하다. CFRP를 일방향(Unidirectional) 또는 앵글플라이(Angle-ply)로 적층한 경우, 섬유수직방향 하중이 작용하면 균열에 대해 매우 취약한 조건이 된다. CFRP에 균열이 발생되면 섬유방향으로 급속히 층간분리가 확장되고, 최종적으로 재료의 파손을 야기하기 때문에 적층배향에 따른 균열 거동의 연구는 매우 중요하다. 따라서 본 연구는 적층배향에 따른 피로균열 및 층간분리 거동 연구를 수행하기 위한 기초연구로 CFRP의 적층배향에 따른 정적인장강도의 특성을 고찰하였다. 본 연구에 적용한 시험편은 네 가지 적층형태인 일방향($[0]_8$), 크로스-플라이($[0_2/90_2]_8$), 앵글-플라이($[+45_2/-45_2]_8$), 준등방성($[0/90/+45/-45]_8$)으로 구성하였다. 그리고 적층배향에 따른 인장특성을 평가하였다. 또한, 시험편에 원공결함을 가공하여 원공결함과 적층배향의 관계를 고찰해 보았다. 그 결과, 가장 우수한 종방향 인장특성을 나타낸 일방향($[0]_8$) 적층배향의 하중 값을 기준으로 적층배향에 따른 정규하중비(Normalized Load Rate, P_h / P)를 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있었다. Fig. 2에서 정규하중비를 살펴보면, 크로스-플라이, 앵글-플라이 그리고 준등방성 적층재는 섬유파손에 대해 원공유무가 별 영향을 주지 못했다. 다만 섬유수직방향 하중에 약한 면을 보여준다. 그러나 일방향의 경우에선 하중이 섬유방향에 수직함에 증가하는 경향이 나타났고, 층간중간에 굴곡이 발생하였다. 이는 원공결함이 있는 경우가 결함이 없는 경우에서 보다 더 큰 하중값이 작용하였다는 것을 보여준다. 그 이유는 섬유방향과 하중방향에 영향을 받는 0도 플라이의 존재여부에 따른 결과이며, 원공결함주위에 응력집중현상 즉 주 하중방향인 수직응력에 의한 계면의 전단강도에 의한 영향이라고 보여진다. 이상의 적층배향에 따른 인장특성은 추후 피로하중상태에서 섬유파손 과정에 중요한 기초연구 자료가 될것이라 판단된다.

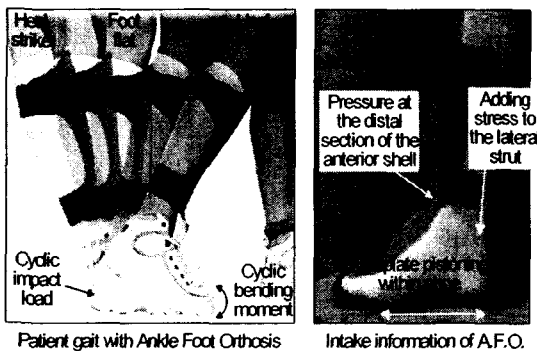


Fig. 1 Schematic view of patient gait with Ankle Foot Orthosis (A.F.O.) and A.F.O. information

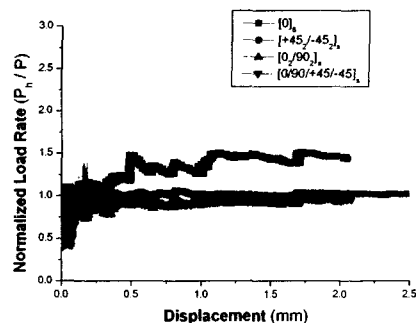


Fig.2 Relationship between Normalized Load Rate and Displacement