

컴파운드 보우 윙의 내구성에 대한 실험적 연구

An experimental study on the durability compound bow wings

*이용성¹, #신기훈², 정성균², 김홍석², 이종엽², 최웅재³

*Yong-Sung Lee¹, #Ki-Hoon Shin(shinkh@seoultech.ac.kr)²,

Seong-Kyun Cheong², Hong Seok Kim², Jong Yeob Lee², Ung-Jae Choi³

¹서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원, ²서울과학기술대학교 기계자동차공학과,

³원엔원

Key words : Composite, FEM, Compound bow

1. 서론

수렵용 활은 수천년간 인류가 사용해온 도구로서 천연 재료를 자연에서 얻어 목적에 알맞게 가공하여 사용하여 왔다. 현대에 이르러서 글라스 섬유를 에폭시로 고정된 복합재를 적용하게 되어 기존의 천연 재료보다 수명도 길어졌고 강도 또한 커져 최근에는 기계적 장치를 이용한 컴파운드 보우로 이 힘을 적절히 조절하여 사용하여 왔다. 본 연구는 GFRP 로 제작된 컴파운드 보우 윙의 파손 지수를 유한 요소 해석을 통해 알아보고 피로 실험을 병행하여 파손 위치와 파손 지수 대비 피로 수명 연구의 기초 작업을 실시하였다.

2. 모델링

컴파운드 보우 윙의 3D 모델링을 위해 Pro-E 를 사용하였으며 핸들은 솔리드로 구성하고 윙은 서피스로 작업후 FEM 모델러인 ANSYS 를 이용하여 실제 적층 방식과 동일하게 적층하였다.



Fig. 1 Stacking of GFRP bow wing

3. 복합재료의 물성치 실험

컴파운드 보우 윙은 GFRP 의 적층으로 이루어져 있으며 물성치는 ASTM D3039M 과 ASTM D3518M 에 준하여 실험하였으며 아래의

표에 결과를 나열하였다.

Table 1 Property of GFRP

Symbol	Value	Symbol	Value
E ₁	24.8 GPa	E ₂	6.5 GPa
G ₁₂	4.9 GPa	ν ₁₂ , ν ₁₃	0.33
F _{1t}	696 MPa	eXt	0.028
F _{2t}	56 MPa	eYt	0.0086
S ₁₂	78 MPa	eSxy	0.2166

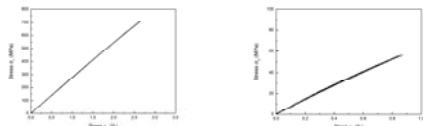


Fig. 2 Graph of GFRP tensile test

4. 파손지수와 피로실험

복합재 파손지수를 알아보기 위하여 짜이-힐(Tsai-Hill) 파손 이론을 사용하였으며 관계식은 아래와 같다. 또한, 실제 사용환경의 피로 시험을 실시하였으며 파손의 위치와 수명을 확인하기 위해 천회마다 검사하였다.

$$\sigma_1 \geq 0 \Rightarrow X = X_t; \sigma_1 < 0 \Rightarrow X = X_c$$

$$\sigma_2 \geq 0 \Rightarrow Y = Y_t; \sigma_2 < 0 \Rightarrow Y = Y_c$$

$$f = \left(\frac{\sigma_1}{X}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{Y}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{12}}{S}\right)^2 - \frac{\sigma_1 \sigma_2}{X^2}$$

Fig. 3 Tsai-Hill failure criteria

5. 결과

복합재 컴파운드 보우의 wing 해석 결과 인장이 걸리는 바깥층의 경우 0.65의 파손지수를 보이고 압축을 받는 내층의 파손지수는 0.68로 피로 시험시 4 만회를 넘어가면 바깥층 중앙에서 표면 박리나 양 끝단에서의 파이버 파손이 확인되었다.

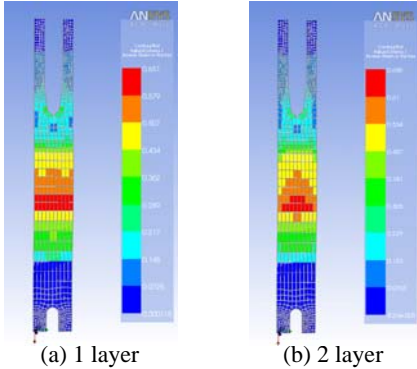


Fig. 4 Failure index

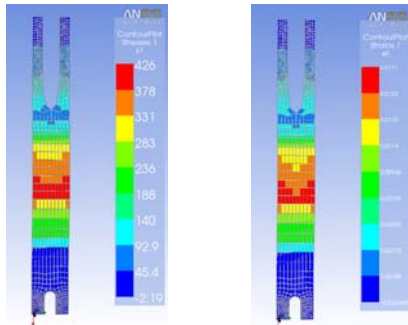


Fig. 5 Stress and strain of 1 layer



Fig. 6 Fracture of compound bow wing

6. 결론

복합재로 만들어진 컴파운드 보우 wing의 굽힘시 파손이 일어날수 있는 취약 부분을 FEM 해석을 통하여 확인하고 이를 피로 실험을 통하여 확인하였다. 파손지수는 0.65~0.68로 낮게 나왔으나 피로 수명은 그리 크지 않았다.

후기

이 논문은 2012년 국민체육진흥공단의 지원(과제명 : 올림픽 정식종목 채택을 대비한 국산 경기용 컴파운드 보우 개발)과 서울과학기술대학교 교내 학술연구 지원비로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Hanson, A, J., "Kinetic analysis of cam profiles used in compound bow," M.S Thesis, University of Missouri, U.S.A. 2009.
2. Tsai, SW., Wu, EM., "A general theory of strength for anisotropic materials," Journal of composite materials. 1971.
3. 이대길, 정광섭, 최진호, "복합재료," 시그마프레스, 1998.
4. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM D 3039M
5. Standard Test Method for In-Plane Shear Response of Polymer Matrix Composite Materials by Tensile Test of a $\pm 45^\circ$ Laminate, ASTM D 3518M.