

# 복합재료 양궁 활날개에 관한 연구

조치룡\* · 김동욱\*\*

## A Study on Composite Archery Bow Limbs

Chee-Ryong Joe, Dong-Uk Kim

**Key Words** : Archery bow limbs, F-X curve, Carbon/Epoxy, autoclaving

### ABSTRACT

A new designed composite archery bow limbs are developed in this study. The characteristic F-X curve in current recurve archery bow is first studied for a reference. Based on this, a composite archery bow is designed to obtain a higher strain Energy and good vibration performance. Carbon/Epoxy prototype archery bow limbs are made from autoclaving and test on INSTRON 5567 test machine. The experimental results show that the new designed archery bow is powerful and stable.

### 1. 서론

활의 발견은 중석기 시대(BC 1,200~5,000)로 추정하고 있다. 북아메리카, 북유럽 등지에서 여러 가지 형태의 석촉과 프랑스나 스페인의 동굴에서 수렵인이나 병사들의 활 쏘는 모습이 그려진 선사 시대의 벽화가 발견되고 있기 때문이다.

활은 인류의 생활수단으로만 사용된 것이 아니라 전쟁의 도구로도 이용되었다. 그러나 전쟁 도구로서의 기능은 16 세기에 화포가 출현함으로써 활용 가치는 점차 없어지게 되었다. 활은 인류 문명의 발달과 더불어 민족과 지역의 풍토, 생활 환경의 변화에 따라 특징적으로 발달되었다.

성능이 좋은 활이란 화살의 속도가 빠르고 적 중력이 뛰어난 활이라고 할 수 있다. 활은 핸들(Handle), 날개(Limbs), 현(String), 조준기(Sight), 스테이빌라이저(Stabilizer)등으로 구성되어 있고, 활의 형태로는 스트레이트 보우, 리커브 보우, 컴파운드 보우로 크게 나눌 수 있다. 올림픽에서 정식 종목의 활로 사용되고 일반인들도 레저 활동으로 즐길 수 있게 나와 있는 대중적인 활은 리커브 보우 형태의 활이다. Fig. 1-1은 리커브 보우의 구조를 보여준다.

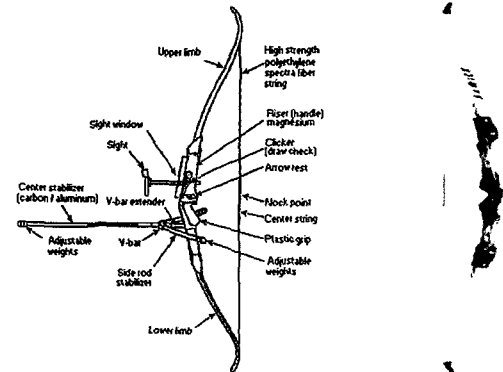


Figure 1-1 Illustration of recurve bow

\* 창원대학교 기계설계공학과 교수

\*\* 창원대학교 기계설계공학과 대학원

우리나라는 1979년 제 30회 베를린 세계 선수권 대회에 김진호 선수가 각 거리와 개인 종합에서 우승하여 5관왕을 차지하였다. 1984년 LA 올림픽에 처음 출전한 남·여 선수들은 여자부 서향순 선수의 금메달과 김진호 선수의 동메달을 땀고 1988년 제 24회 서울 올림픽에서 남·여 단체전과 여자 개인전 1, 2, 3위를 독차지하여 세계 언론을 깜짝 놀라게 하였다. 1992년 제 25회 바르셀로나 올림픽에서 조운정 선수의 개인전과 단체전의 2관왕 및 1994년 제 1회 서울 국제 양궁 대회에서 남자부의 한승훈 선수가 30m에서 퍼펙트(perfect)를 기록하여 양궁 기록의 신기원을 이룩하였다. 또한 2000년 시드니 올림픽에서 여자부 윤미진 선수가 개인전과 단체전에서 2관왕을 하여 한국은 올림픽 4회 연속 2관왕이라는 업적을 이룩하였다. 앞으로도 세계 정상을 차지하기 위해서는 선수들의 피나는 훈련과 함께 양궁 장비 과학의 발전이 함께 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 T300 Carbon/Epoxy 복합재료를 이용하여 새로운 활날개를 제작하고 기존 활과의 비교 실험을 하였다.

## 2. 기존 활날개의 특성 및 실험

### 2.1 기존 활날개의 F-X 곡선

현재 활연구에서 활시위를 일정한 지점까지 당겨서 하중을 표시하는 F-X 곡선은 활날개의 성능을 평가하는데 있어 중요하다. Fig.2-1에서 활의 성능 특성 곡선을 보여준다. [11]

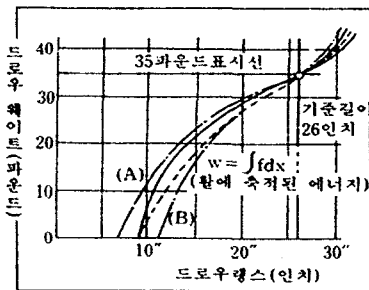


Figure 2-1 F-X curve provided by W&W Archery. Co., Ltd.

### 2.2 F-X 곡선 특성 실험 검증

활세기를 나타내고 활의 특성을 알 수 있는 F-X 곡선은 활의 성능을 평가하는데 있어 중요하다. WIN & WIN Archery Co., Ltd.에서 생산된 Winact Feel 44lbs 활을 선택하고 실험을 하였다.

기존 활의 시험을 위해서 활 핸들을 고정 시킬

수 있는 치구를 Aluminum profile, Joint 등을 이용해 만들었다.

시험에 사용된 기계는 INSTRON 5567 시험기 (Fig. 2-2)이고, 실험시 실내온도 23℃, 상대습도는 30%였고, 기계의 cross head speed는 100mm/min로 하였다.

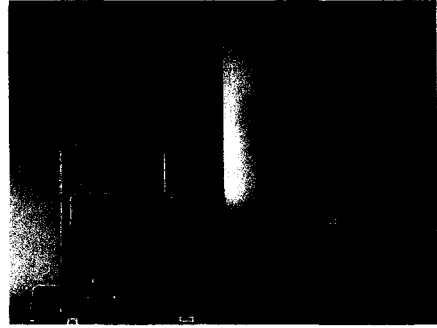


Figure 2-2 44lbs archery bow test on INSTRON 5567

아래 Fig.2-3은 44lbs 활의 F-X 곡선을 보여준다. 에너지는 F-X 곡선 아래의 면적으로 아래의 식 (2.1)을 이용해서 구할 수 있다.

$$E = \int_a^b f(x)dx \quad (2.1)$$

여기서, a는 활세기 측정의 시작점 "0", b는 활의 백(Back)으로부터 28인치 당긴 지점의 위치 변위, f(x)는 곡선함수를 의미한다. 그림에서 44lbs 활에 축적된 에너지는 7440kgf\*mm로 나타났다.

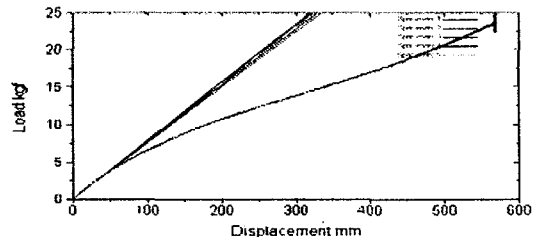


Figure 2-3 Load-displacement curve of 44lbs archery bow

## 3. 복합재 활날개 설계 및 개발

### 3.1 활날개의 재료특성

활날개의 재료로 T300 Carbon/Epoxy prepreg를 사용하였다. 일반적인 섬유강화 복합재료(Fiber-reinforced Composite Material)는 높은 비강도(High

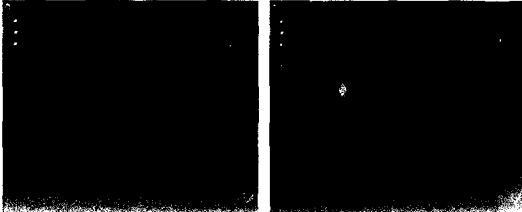
Specific Strength), 높은 비강성(High Specific Modulus), 높은 감쇠(High Damping)등의 특성을 가지고 있다. 물질의 특성값은 아래 Table 3-1 과 같다. [1]

Table3-1 The properties of T300 Unidirectional Carbon/Epoxy Prepreg

T300 Unidirectional Carbon/Epoxy Prepreg		
$E_{11}=139.4\text{Gpa}$	$E_{22}=10.16\text{Gpa}$	$E_{33}=10.16\text{Gpa}$
$\nu_{12} = 0.3$	$\nu_{13} = 0.3$	$\nu_{23} = 0.436$
$G_{12}=4.6\text{Gpa}$	$G_{13}=4.6\text{Gpa}$	$G_{23}=3.54\text{Gpa}$

### 3.2 활날개의 형상 설계

현재 양궁 활 형상을 기초로 Curve 부분을 기존 활보다 더 휘게하여 새로운 형상을 가지는 활날개를 설계했다. Fig. 3-1 은 CATIA 에서 설계한 활날개의 형상을 보여준다.



(a) (b)

Figure 3-1 (a) current limb (b) designed limb

### 3.3 시제품개발

#### 3.3.1 시제품 성형공정

활날개의 재료로 SK 케미칼에서 생산된 복합재료 Carbon/Epoxy prepreg 를 사용하였다. 성형장비로 한국기계연구원(KIMM) 복합재료그룹에 설치되어 있는 Autoclave(United McGill Corporation)를 사용했다. 성형공정시 실내온도는 17℃, 상대습도는 32% 였다. 성형 순서는 아래와 같다. (①~⑩, Fig. 3-2)

- ① 금형을 깨끗하게 닦은 다음 이형액을 도포한다.
- ② 금형 위에 이형필름을 깔고 적층된 프리프레그를 놓는다.
- ③ 코르크캡 설치
- ④ 프리프레그 위에 균일하게 구멍이 뚫린 테플론 필름을 놓는다.
- ⑤ 블리드(Bleed)
- ⑥ 윗판
- ⑦ 테플론 필름
- ⑧ Air breather
- ⑨ 진공백 필름(Vacuum bag film)
- ⑩ 밀폐를 위해 진공백 필름 가장자리에 봉합제

(Sealant)를 접착한다.

- ⑪ 지름 5~7 mm 정도의 구멍을 뚫고 진공 라인과 연결한다.
- ⑫ 진공백 밀폐를 확인후 진공을 걸어준다.
- ⑬ 오토클레이브 안에 넣고 진공 라인과 연결한 뒤 입구 문을 밀폐한다.

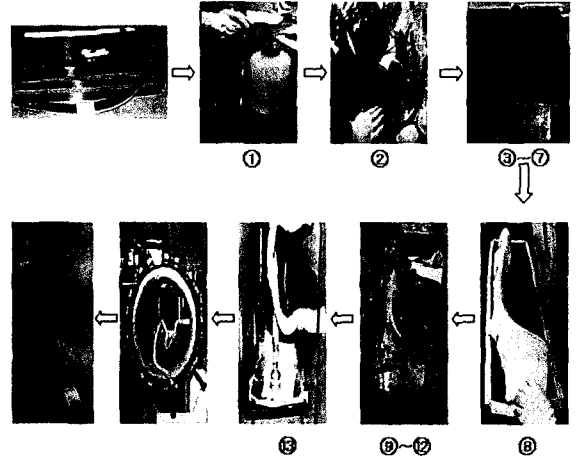


Figure 3-2 Manufacturing process of composite archery bow limb

성형 공정시 진공은 76cmHg, 유지 압력은 5 atm, 유지 온도는 127℃, 온도 상승률은 3℃/min, 유지 시간은 2hour, 냉각시간은 1hour 였다.

Fig. 3-3 은 성형공정시의 curing cycle 을 보여준다.

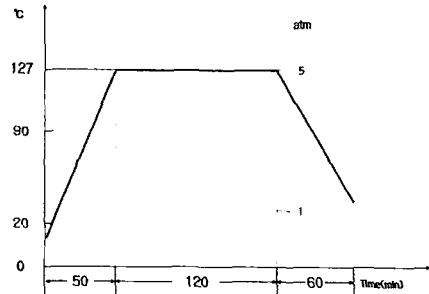


Figure 3-3 Curing cycle of autoclaving process

#### 3.3.2 시제품 실험

기존 제품과 시제품의 비교 실험을 위해 Instron 5567 시험기(Fig. 2-2)를 사용하였다. 실험시 실내 온도 20℃, 상대습도는 34%였고, 기계의 cross head speed 는 100mm/min 로 하였다.. Fig. 3-4 는 복합재료 시제품 활의 하중-변위 곡선을 보여준다.

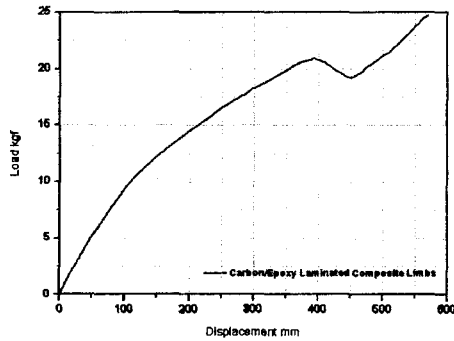


Figure 3-4 Load-displacement curve of prototype composite archery bow

### 3.3.3 실험 결과해석 및 평가

기존 활날개의 비교 대상으로 정한 WIN&WIN Archery Company에서 생산된 Winact Feel 44lbs 활날개와 Carbon/Epoxy prepreg 를 사용하여 만든 시제품 활날개의 성능을 실험하여 비교한 결과 기존 활날개의 에너지는 7440 kgf\*mm 이고, 시제품 복합재료 활날개의 에너지는 8939 kgf\*mm 로 나왔다. 시제품 활날개가 기존 활날개 보다 20.1% 에너지가 더 많음을 확인했다. 아래 그래프(fig. 3-5)에서 볼 수 있는 것과 같이 약 400mm 지점에서부터 하중이 떨어진다. 이것은 처음 당겼을때는 강하지만 클릭커 사용 지점에 접근할수록 당기는 힘이 적어져 부드럽게 당겨지며 화살의 발사시에 더 빨리 속도가 증가됨을 의미한다. Fig. 3-5 는 WIN&WIN 44lbs 활날개와 복합재료 시제품 활날개의 F-X 곡선을 비교한 것이다.

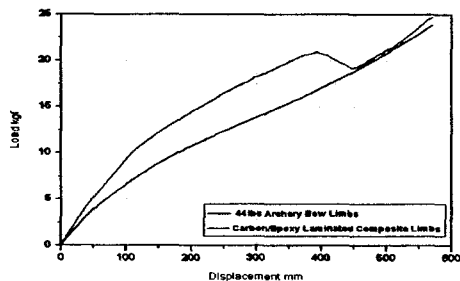


Figure 3-5 Comparison of W&W 44lbs limbs and prototype of composite limbs

## 4. 결론

본 연구에서는 기존 활날개 보다 발전된 새로운 형상의 양궁 활날개를 설계 및 개발했다. 기존 활날개의 F-X 특성 곡선을 먼저 이해하고 보다 높은 에너지를 가지며 좌우 뒤틀림이 적고 좋은 진

동 특성을 갖는 활날개를 얻기 위해 복합재료 활날개가 설계 및 제작 되었다.

Carbon/Epoxy 복합재료 양궁 활날개는 오토클레이브를 사용하여 만들어졌으며 INSTRON 5567 시험기를 통해 기존 활날개와 비교 실험을 한 결과 기존 활날개의 에너지(W&W Archery Company에서 생산된 Winact Feel 44lbs limb)는 7440 kgf\*mm 이고, 시제품 복합재료 활날개의 에너지는 8939 kgf\*mm 로 나왔다. 시제품 활날개가 기존 활날개 보다 20.1% 에너지가 더 많음을 확인했다. 활에 있어 축적된 에너지가 높다는 것은 화살의 속도를 빠르게 하며 직중력이 좋은 활이라는 것을 의미한다.

본 연구에서 설계 및 개발된 복합재료 양궁 활날개는 비교된 기존 활날개보다 에너지가 더 높으며 좌우 뒤틀림이 적은 안정된 활날개임을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- (1) Ronald Krueger and T. Kevin O'Brien, A Shell/3D Modeling Technique for the Analysis of Delaminated Composite Laminates, NASA Langley Research Center, Hampton, VA 23681, 2000
- (2) 김기찬 "양궁경기의 지도이론과 실제", 대경출판사, 1996
- (3) 장용수, 김기찬, 김진호 "ARCHERY", 대경북스, 2000
- (4) "원심분리기용 초고속 복합재 로터의 구조설계 및 생산기술 연구", 통상 산업부 공업 기반 기술 개발사업
- (5) 천병선의 2 명 공저, "재료강도와 파괴", 학문사, 1996
- (6) 이억섭, 한민구 편저, "복합재료 파괴역학", 원창출판사, 1993
- (7) 전의진의 3 명 공저, "최신 복합재료", 교학사, 1995
- (8) 이대길의 2 명 공저, "복합재료역학 및 제조기술", 시그마프레스, 1998
- (9) Timothy G. Gutowski, "Advanced Composite Manufacturing", JOHN WILEY & SONS INC., New York, 1997
- (10) Ronald F. Gibson, "Principles of Composite Material Mechanics", McGraw-Hill, 1994
- (11) <http://www.win-archery.com>
- (12) <http://www.elikorea.co.kr/kor/index.htm>
- (13) <http://www.archery.co.kr>
- (14) <http://www.samicksports.com>