

Compound bow 최적설계

2013017347 황승택
2013020507 옥민석



Index

1

설계 주제

2

설계 & 최적화

3

모델 검증

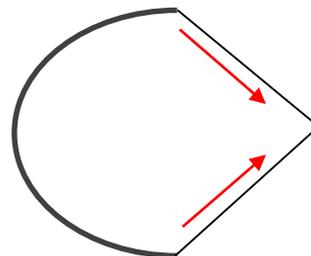
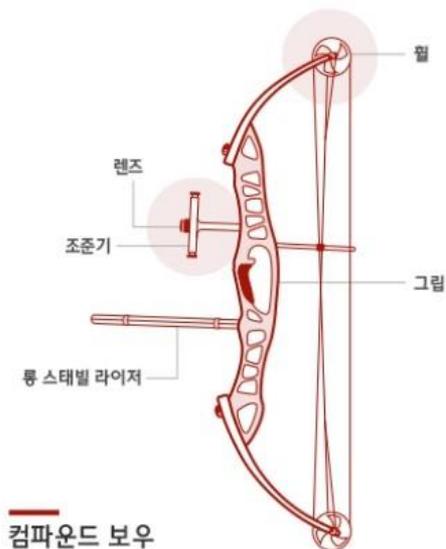
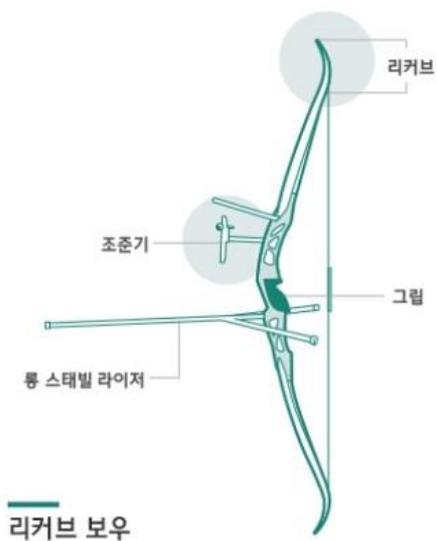
4

결론 및 고찰

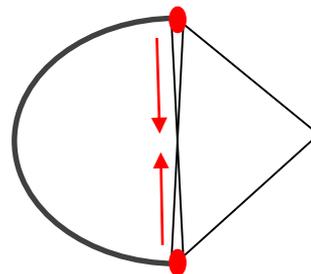
1. 설계 주제



» 컴파운드 보우란?



리커브 보우 장력 방향

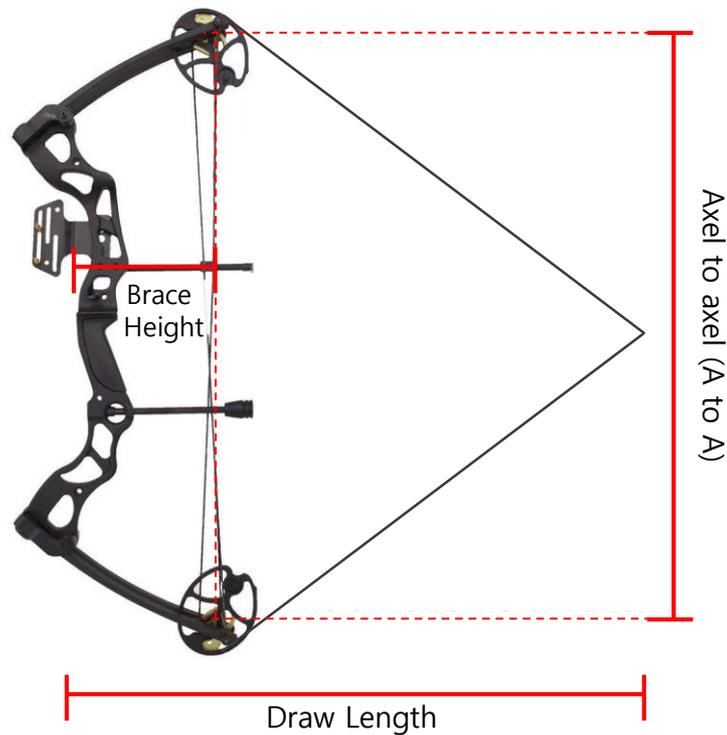


컴파운드 보우 장력 방향

1. 설계 주제



용어 및 부품설명



1. 설계 주제



Reference Model – Lazertec(2006) (Hoyt , Corp.)



A to A

- 34.5 in

Draw Length

- 31.5 in

Brace Height

- 7.5 in

Draw Weight

- 70 lb

Material

Riser - 6061 Aluminium

Limb - CFRP(Carbon Fiber Reinforced Polymer)

$$E = 140000 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 1.6 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$$

$$S_{ut} = 2500 \text{ N/mm}^2$$

String – BCY-X(Dynaflight 97)

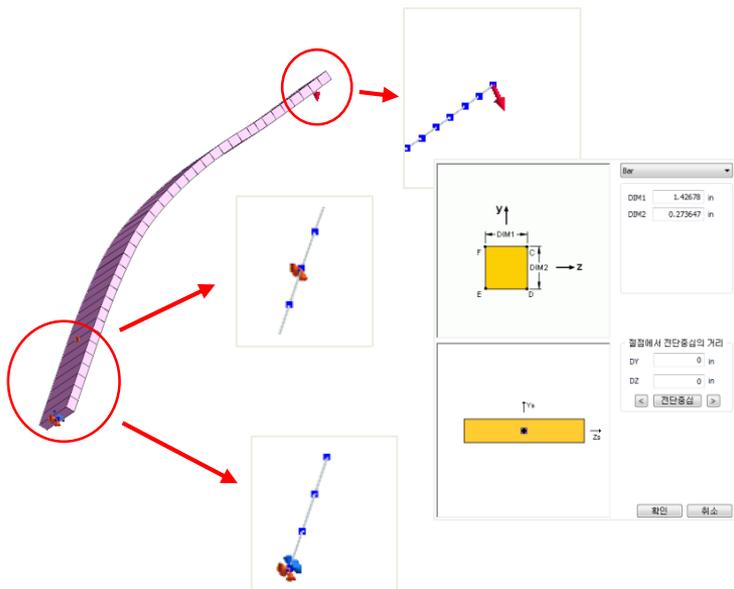
$$D = 0.003 \text{ kg/m}$$

2. 설계 & 최적화

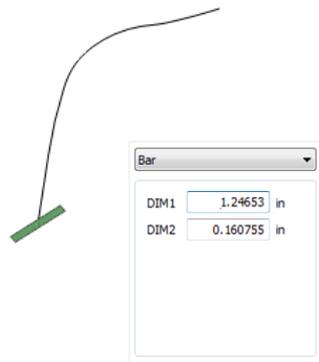


1) 림의 치수최적화

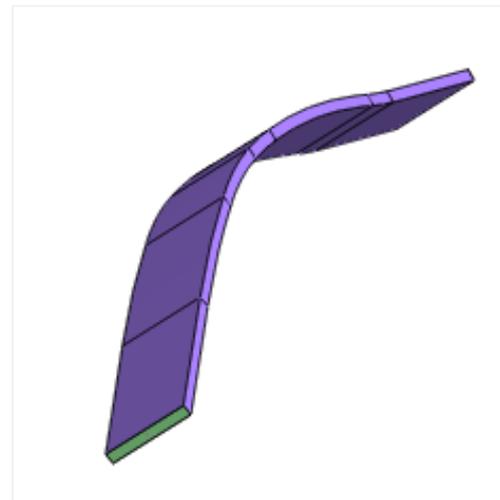
1-D Model



치수최적화



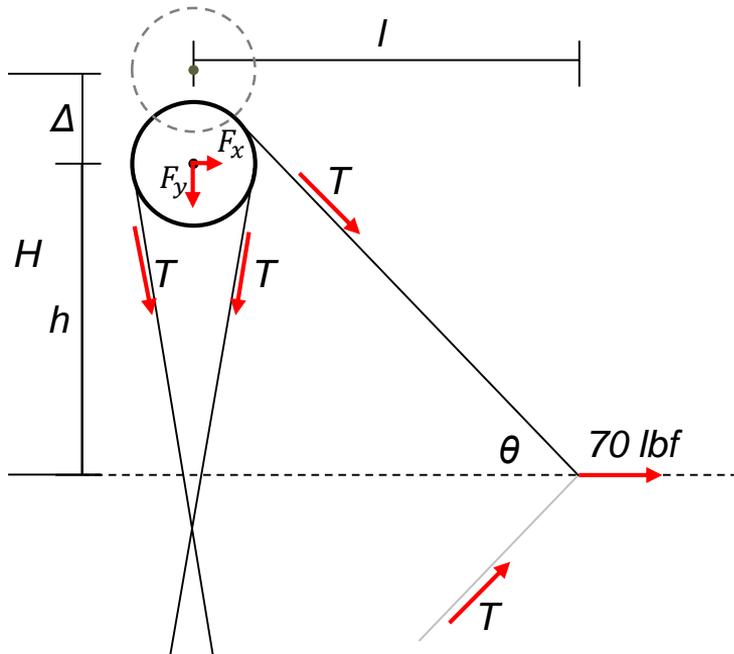
3-D Model



2. 설계 & 최적화



1) 림의 치수최적화



$$H : (A \text{ to } A)/2 = 17.25 \text{ in}$$

$$l : (\text{drawing length}) - (\text{brace length}) = 24 \text{ in}$$

- 줄 길이 보존
 - $3 \times (A \text{ to } A) = 4h + 2\sqrt{l^2 + h^2}$
 - $h = 12.27 \text{ in}$, $\Delta = 4.98 \text{ in}$
- 장력 계산
 - $2T \cos\theta = 70 \text{ lbf}$
 - $F_y = 2T + T \sin\theta$, $F_x = T \cos\theta$
 - $F_y = 96.39 \text{ lbf}$, $F_x = 35 \text{ lbf}$

2. 설계 & 최적화



1) 림의 치수최적화

설계세트

번호	이름	최소값	초기값	최대값	변수종류	미산값	설명
1	limb_wid	1.181100	1.574800	3.000000	연속	X	특성, 1차원 특성, DIM 1
2	limb_height	0.030000	0.196850	0.590551	연속	X	특성, 1차원 특성, DIM 2

목적함수

번호	이름	설계응답	가중치
1	변위	변위	1.0000

제약조건

설계응답	하한값	상한값
변위	0.000000	4.980000
응력	0.000000	180000.000

[알림] 단위변환이 지원되지 않습니다.

센서 결과조합 SUM
조건 MAX

- 설계세트
 - 단면의 가로길이, 단면의 세로길이
- 목적함수
 - 하중점의 y변위가 최대가 되게끔 (최대 에너지)
- 제약조건
 - 하중점의 y변위 (0~4.98 in)
 - 응력 (0~180000 lbf/in^2) (안전계수 : 2)

2. 설계 & 최적화



1) 림의 치수최적화

최적설계 결과 요약

최적화 케이스 치수최적

설계변수 이름	초기값	최소값	최대값	설계안 1	설계안 2	설계안 3	사용자 설계안		
입력									
limb_wid	1.6	1.2	3	1.4	1.5	1.2	1.4		
limb_height	0.2	0.03	0.59	0.15	0.15	0.16	0.15		
출력 (예상값 / 해석값)									
목적함수 변화율 (%)	0	0		1.3e+002	1.4e+002	1.3e+002	1.5e+002	1.3e+002	1.3e+002
제약조건 최대위배율 (%)	0	0		0	0	0.01	0.01	0.29	0.29
변위	2.5	2.2		5	5.2	5	5.6	5	5.1
변위	2.5	2.5	0	5	5	5	5	5	5
응력	8.9e+004	8.7e+004	0	1.8e+005	1.6e+005	1.6e+005	1.6e+005	1.6e+005	1.6e+005

사용자 설계안 확인

예상값 확인

해석값 확인

Bar

DIM1 in

DIM2 in

절점에서 전단중심의 거리

DY in

DZ in

< 전단중심 >

확인

취소

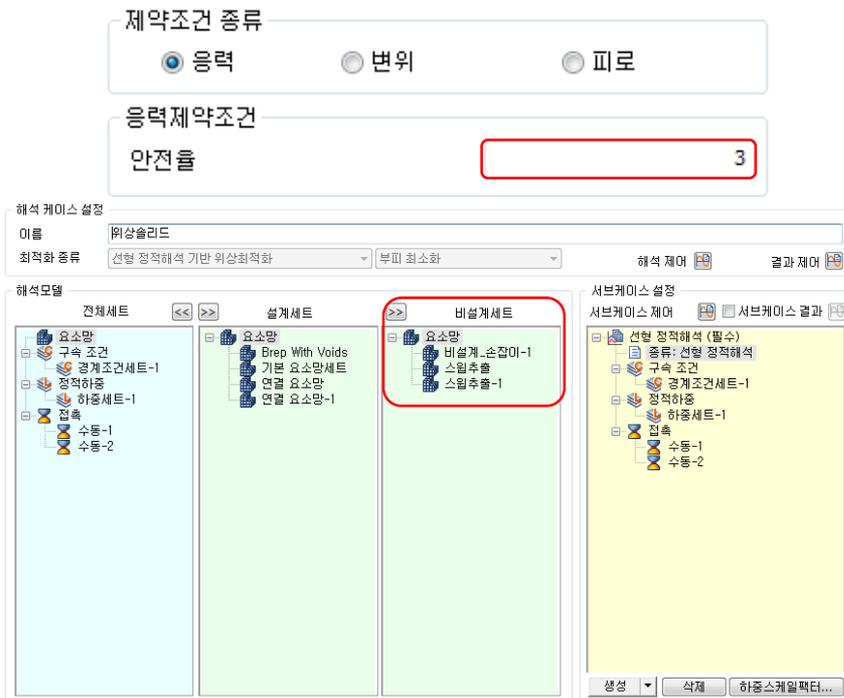
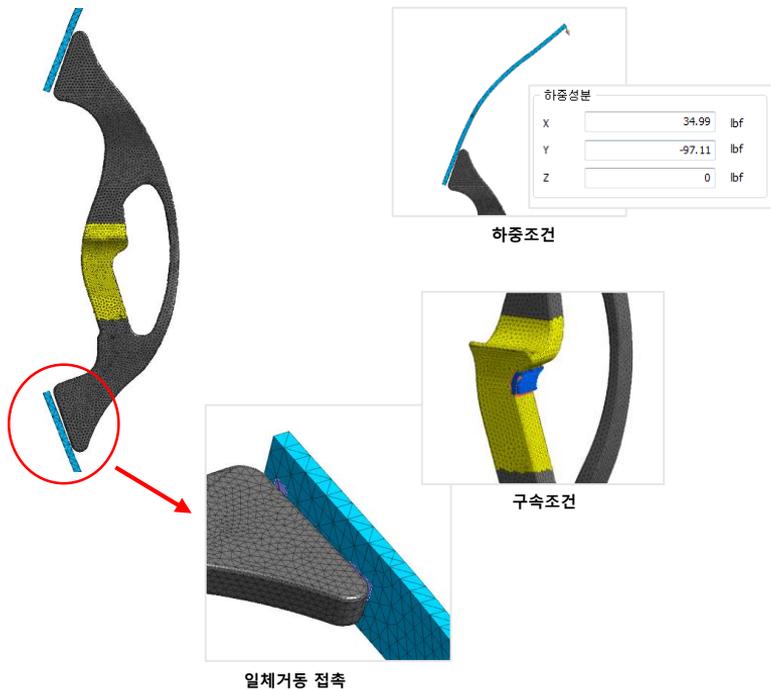
- 예상값과 해석값이 가장 비슷한 설계안 3 선택

- 치수최적화 결과 1.247 x 0.16 in (31.661 x 4.083 mm)

2. 설계 & 최적화



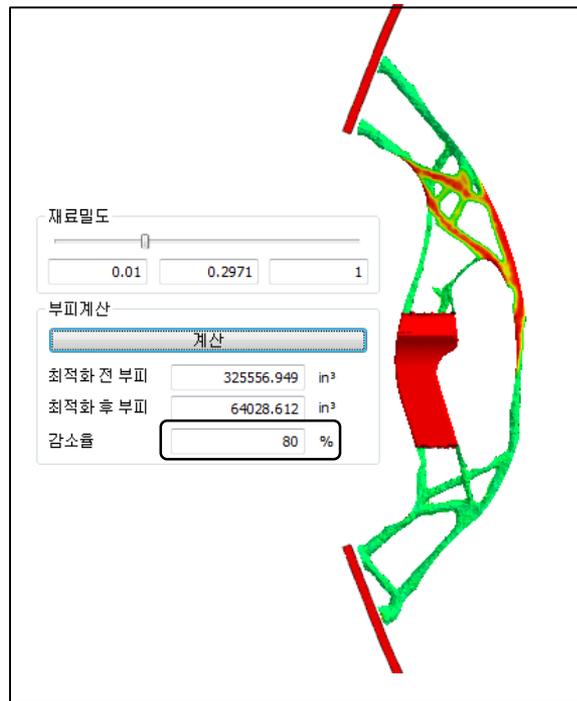
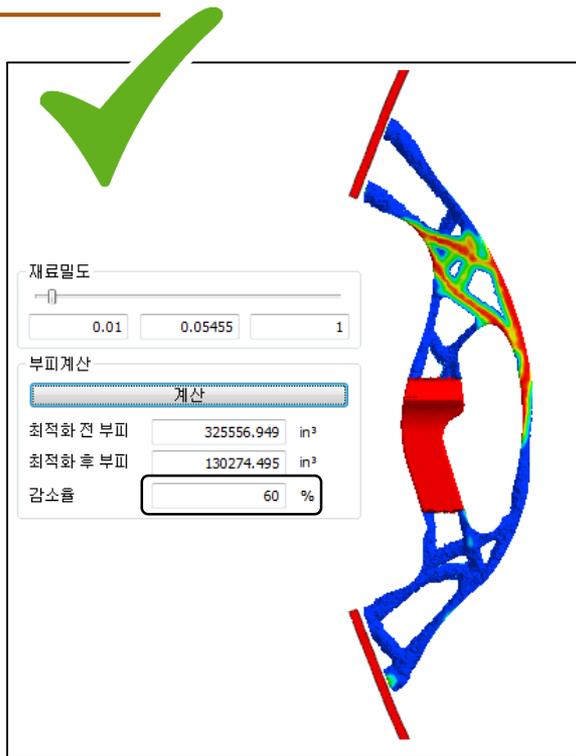
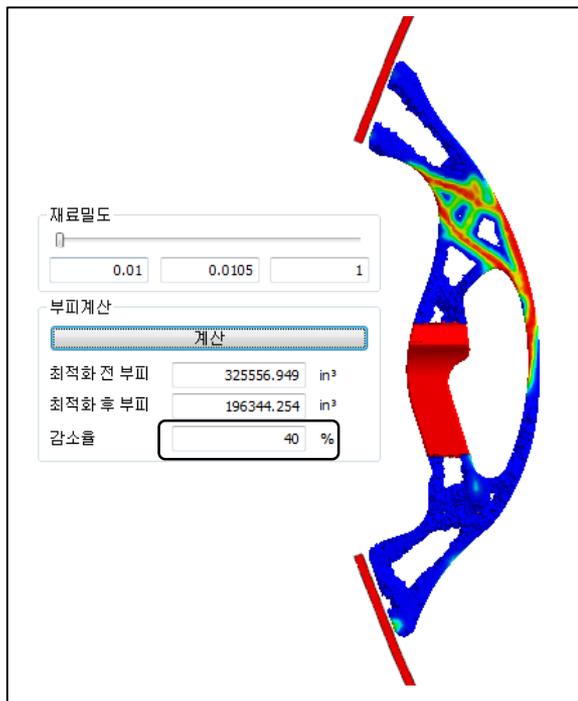
2) 라이저 위상최적화



2. 설계 & 최적화



2) 라이저 위상최적화



3. 모델 검증



1) 라이저 경량화



Ref. Model



위상최적화 Model

종류	총 합계
<input checked="" type="checkbox"/> 길이 (1D)	0 m
<input checked="" type="checkbox"/> 면적 (2D)	0 m ²
<input checked="" type="checkbox"/> 부피 (2D)	0 m ³
<input checked="" type="checkbox"/> 부피 (3D)	0.00023066435 m ³
<input checked="" type="checkbox"/> 질량	0.622793746 kg
<input checked="" type="checkbox"/> 질량 중심	X 0.0337719109 m
	Y -0.0147615105 m
	Z -0.0321580642 m

계산

- 무게 감소율
 - 위상 최적화 Model VS Ref. Model
 - 라이저 재질 : 6061 Aluminium
 - $M_{Riser} = 0.623 \text{ kg}$
 - 무게 감소율 : 34.3%
- Reference Model spec.
 - $M_{ref.Riser} = 0.948 \text{ kg}$

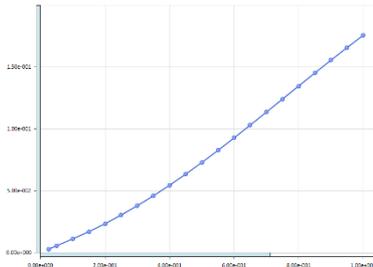
3. 모델 검증



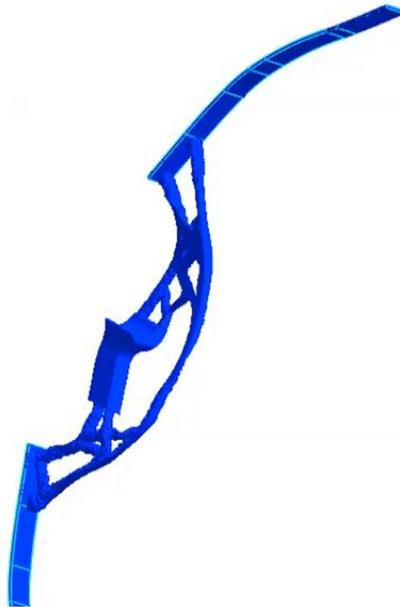
2) 화살 속도

요소결과

<input checked="" type="checkbox"/> 부재력	요소망세트...
<input checked="" type="checkbox"/> 응력	요소망세트...
<input checked="" type="checkbox"/> 변형률	요소망세트...
<input checked="" type="checkbox"/> 변형에너지	요소망세트...
<input checked="" type="checkbox"/> 비선형 재료 결과	요소망세트...
<input type="checkbox"/> Shell Thickness	요소망세트...



비선형 정적해석

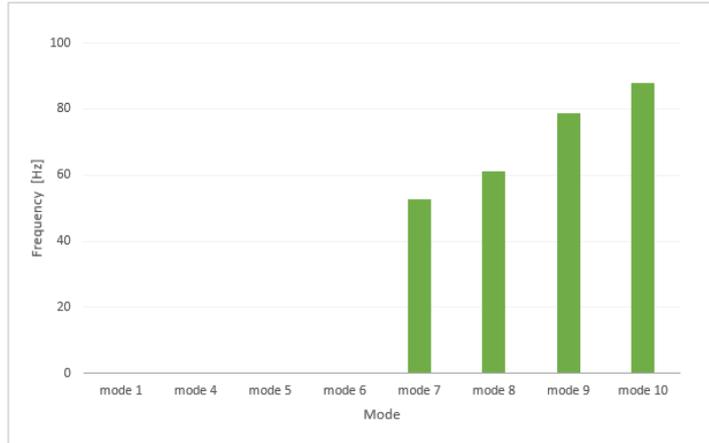
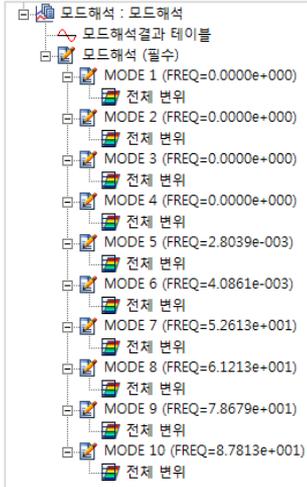


- 에너지 보존
 - $E_{Total} = \frac{1}{2} m_{arrow} v^2$
 - 에너지 변환율 : 90% , 화살 질량 : 350 grain
 - $87.93 \times 0.9 = \frac{1}{2} \times 0.022 v^2$
 - $v = 84.8 \text{ m/s}$
 - 부속 파트 없이 유의미한 속도 검출
- Reference Model spec.
 - $v_{ref} = 275 \text{ fps} = 83.82 \text{ m/s}$

3. 모델 검증



3) 고유 진동수



- Frequency Response

- Input freq. : 현의 기본진동

- $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{D}} = 138 \text{ Hz}$

- Mode 1~4 : Mode freq. = 0

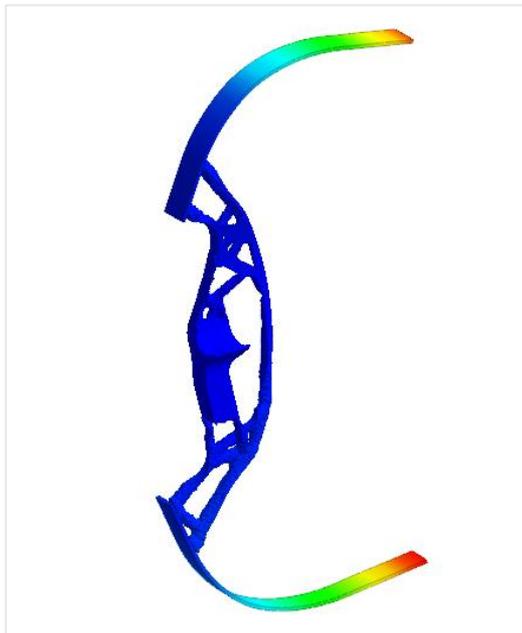
- Mode 5~10 : Mode freq. \neq input freq.

- 공진 여부, 변형 형상 확인



fundamental mode (n = 1)

4. 결론 및 고찰



비교 스펙표

	Opt. Model	Lazertec (2006)
Axle to axle [in]	35.7	34.5
Brace height [in]	7.3	7.5
Draw Length [in]	32	31.5
Arrow speed [fps]	278	275
Riser Weight [lbf]	1.38	2.08

- 최종모델의 비선형 해석 결과와 설계 목표의 오차
- Solid - 1D, 선형 - 비선형의 차이
- 시위를 당길 때 동적 하중이 고려되지 않음

A hunter in full camouflage gear is shown from the side, aiming a compound bow. The hunter is positioned in a tree stand, with a black strap labeled "Feather Strap Position" and "Secondary Tree Strap" visible on the tree trunk. A set of antlers is mounted on the tree trunk below the hunter. The background is a blurred forest scene.

Thank you.