



인간동력항공기의 날개 버팀줄 해석 기법

Techniques to Analyze Bracing Wires in Human Powered Aircraft

저자 (Authors)	권기주, 박배선, 강선영, 이현웅, 이학태 Ki Ju Kwon, Bae-Seon Park, Seon Young Kang, HyeonWoong Lee, Hak-Tae Lee
출처 (Source)	한국항공우주학회 학술발표회 논문집 , 2016.4, 678-680 (3 pages)
발행처 (Publisher)	한국항공우주학회 The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07068113
APA Style	권기주, 박배선, 강선영, 이현웅, 이학태 (2016). 인간동력항공기의 날개 버팀줄 해석 기법. 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, 678-680.
이용정보 (Accessed)	인하대학교 165.246.75.*** 2018/03/20 12:15 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

인간동력항공기의 날개 버팀줄 해석 기법

권기주*, 박배선, 강선영, 이현웅, 이학태
인하대학교

Techniques to Analyze Bracing Wires in Human Powered Aircraft

Ki Ju Kwon*, Bae-Seon Park, Seon Young Kang, HyeonWoong Lee, and Hak-Tae Lee

초 록

인간동력항공기는 종횡비가 큰 경량의 날개가 요구되는데, 일반적으로 하나의 버팀줄을 이용하여 스파의 굽힘 모멘트를 경감시켜 주는 방식이 사용된다. 특히 동력 소모를 최소화 하는 설계로 인하여 비행 속도가 느리기 때문에, 버팀줄을 사용함으로써 구조 중량을 줄이는 것이 버팀줄 때문에 생기는 부가적인 항력을 감안해서도 이득임이 알려져 있다. 이를 해석하기 위해서는 공력 하중과 날개의 구조 변형, 버팀줄의 인장 변형을 동시에 해석해야 하는 어려움이 있는데, 본 논문에서는 디커플링을 이용하여 비교적 단순하게 버팀줄을 해석할 수 있는 기법을 제시한다.

ABSTRACT

Human Powered Aircraft (HPA) require very light wings with high aspect ratios. To reduce the bending moments on the spars, generally a single bracing wire is attached to the wing. Due to the low power requirement, HPAs tend to fly at low speeds. Because of this low flight speed, it is known that, despite the additional drag from the wire, reduction in the structural weight of the spar is more beneficial. However, analyzing the bracing wire can be complicated because the aerodynamic load, structural deformation, and wire elongation are all coupled. In this paper, a simple wire analysis methodology based on decoupling technique is presented.

Key Words : Human Power Aircraft (인간동력항공기), Bracing Wire (날개 버팀줄), Decoupling (디커플링)

1. 서 론

인간동력항공기(Human Powered Aircraft, HPA)는 19 ~ 30 사이의 높은 종횡비와 6 ~ 9 m/s의 저속으로 비행하는 특징이 있다. 중량은 100 kg 가까이 되어 대략 1.2가량의 높은 양력계수가 요구된다.⁽¹⁾ 높은 종횡비를 지닌 주익이 큰 양력을 버틸 수 있도록 구조설계가 이뤄져야 하지만 탑승하는 조종사의 무게를 제외한 공허중량이 평균 35 kg으로 상대적으로 작다.

일반 항공기에 사용되는 외팔보의 형태로 설계할 경우 스파의 중량이 너무 커지는 문제가 있어

조종석의 하단부와 주익 사이에 버팀줄을 이용하여 스파의 중량을 줄이는 설계가 많이 사용된다.

⁽²⁾ 그러나, 이를 해석하기 위해서는 공력하중, 주익의 변형, 그리고 버팀줄의 인장을 동시에 해석해야 하는 어려움이 있다.

본 논문에서는 디커플링 기법을 도입하여, 비교적 단순한 iteration을 통해 버팀줄을 해석하는 방법을 제시한다.

2. 디커플링 기법

2.1 Spar Construction

본 논문에서 해석에 사용한 항공기는 2015년 인공동력항공기 경진대회에 참가하여 비행에 성공한 인하대학교 AOA15 기체의 주익이다. 주익 스파의 제작에는 Carbon Preprag를 사용하였으며 적층 패턴 및 형상정보는 Fig. 1과 같다.

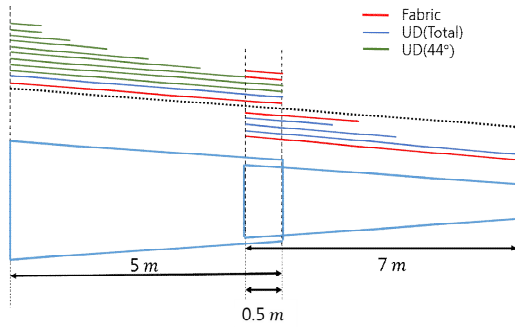


Fig. 1. Spar Construction and Layup Pattern.

주익의 길이는 23 m로 본 논문에서는 모든 해석을 우측 절반을 기준으로 수행하였다. Mold의 길이제한으로 인해 두 스파를 연결하여 Span 길이를 만족하는 모습을 보이며 연결부위는 따로 제작하지 않고 바깥쪽 스파를 안쪽 스파에 관통시켜 0.5 m의 겹치는 부분이 존재하도록 제작되었다.

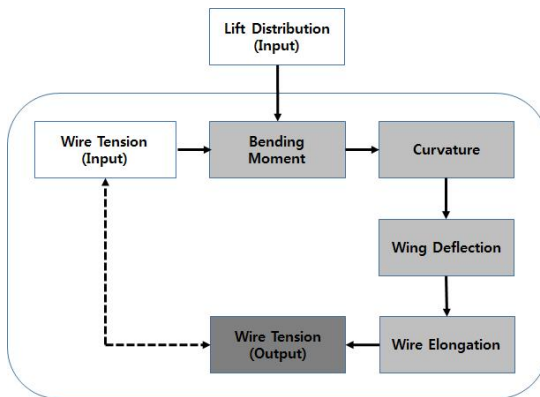


Fig. 2. Iteration Process.

2.2 Iteration Process

본 논문에서 사용한 iteration 기법의 전체적인 과정은 Fig. 2와 같이 표현할 수 있으며 식 (1)로 정리할 수 있다. 또한 기법에 사용된 변수들의 의미를 이해하기 쉽게 Fig. 3에 표현했다.

우선 버팀줄에 작용하는 임의의 장력(T_{w1})과 날개에 버팀줄이 체결되는 위치(Y_w, Z_w)를 입력으로 설정한다. 버팀줄의 길이(φ_{w1})는 체결위치에

따라 계산된다. 이후 가정한 초기조건과 식 (2)에 제시된 Euler-Bernoulli 굽힘 방정식을 통해 날개의 span 방향 요소 (δy) 에 각각 작용하는 굽힘 모멘트를 구한다.

$$T_{w_2} = f(Y_{w_1}, Z_{w_1}, T_{w_1}) \tag{1}$$

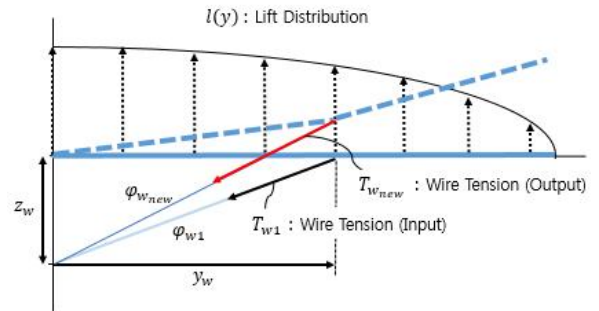


Fig. 3. Wing Deflection and Wire Elongation.

$$M = -EI \frac{d^2 w}{dy^2} \tag{2}$$

이를 통해 주어진 공력하중과 입력된 장력에 의해 변형된 스파의 형상을 얻을 수 있다. 이 형상으로부터 인장된 버팀줄의 길이(φ_{w_2})를 얻는다. φ_{w1} 와 φ_{w_2} 의 차이를 통해 버팀줄에 작용하는 장력(T_{w_2})을 얻는다. T_{w1} 과 T_{w_2} 는 어느 한 값이 크면 다른 한 값은 작아지는 양상을 띠며, 이는 두 값이 같아지는 지점이 존재함을 보여준다. T_{w1} 와 T_{w_2} 의 차이가 0에 수렴할 때 주어진 공력하중에 해당하는 날개의 변형과 버팀줄의 장력이라 판단할 수 있으며, 간단한 iteration을 통해 찾을 수 있다. 마지막으로 Y_w 를 바꿔가면서 해석을 수행하여, 최적의 위치를 찾을 수 있다.

3. 결 과

양력분포는 항공기 중량 100 kg 기준의 트림 조건으로 타원형이라 가정하였다. 버팀줄의 위치는 조종석에서의 체결위치(Z_w)를 Fig. 4에서 보이는 바와 같이 1.5 m로 고정하였으며 스파의 변위는 지면에 수직인 방향만 고려하였다. 기법에 사용된 버팀줄의 물성치는 직경 2 mm의 피아노선을 적용하였다. 만족해야 하는 형상조건은 날개 끝의 변형을 기준으로 하였으며 본 논문에서는 1 m로 설정하였다.

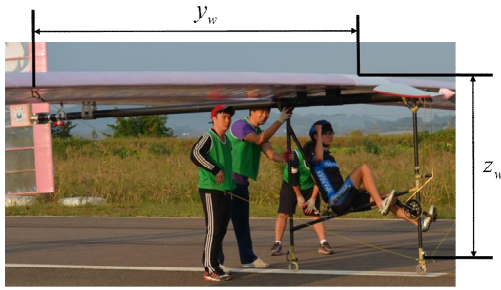


Fig. 4. Actual Wire Configuration.

Fig. 5는 본 기법에서 실제 T_{w1} 과 T_{w2} 이 같아 지는 지점이 존재함을 보여준다.

Fig. 6는 Y_w 를 4 ~ 8 m 범위에서 0.25 m 간격으로 설정한 후 각 위치에서의 날개 끝의 변형이 각각 얼마나 발생하는지를 보여준다. 버팀줄의 위치가 날개 끝에 가까울수록 변형이 작게 발생하고 6 m 지점에서부터 주어진 날개 끝단의 변형 조건을 만족함을 알 수 있다.

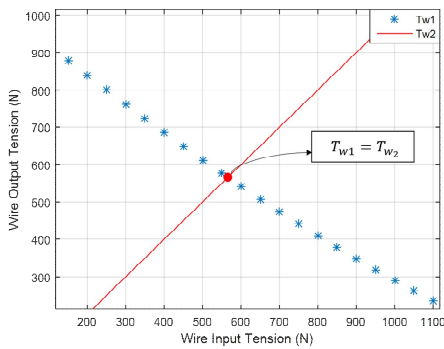


Fig. 5. Finding Balanced Wire Tension ($T_{w1} = T_{w2}$).

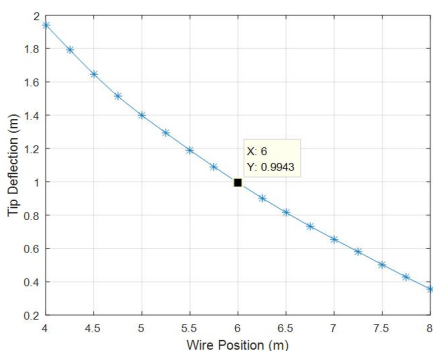


Fig. 6. Wing Tip Deflection with Respect to Y_w .

마지막으로 Fig. 7은 버팀줄의 적용 여부에 따른 형상의 차이를 보여준다. 버팀줄이 없을 때의 날개 끝 변형이 대략 3 m 증가함을 알 수 있다.

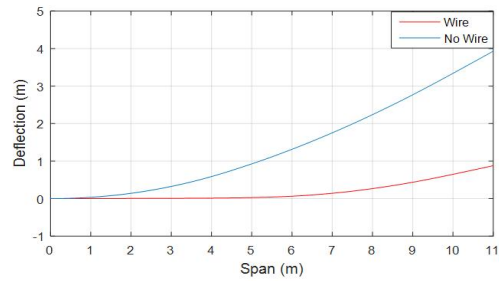


Fig. 7. Comparison of Results with and without the Wire ($Y_w = 6$ m).

4. 결론

본 논문에서는 간단한 iteration 과정을 통해 버팀줄의 장력과 이를 포함한 날개의 변형을 해석할 수 있는 기법을 제시하였다. 이를 통해 요구되는 조건에 맞게 버팀줄의 부착 위치를 정할 수 있음을 확인하였다. 향후 carbon preprag의 적층패턴, 버팀줄의 소재와 지름 등을 고려한 최적 설계가 가능할 것이다.

후기

이 논문은 정부 (교육부)의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 제작됨.

참고문헌

- 1) Park, B. S., Lee, H. T., "Aircraft Conceptual Design Techniques to Assign Lift Coefficient Separately to Main Wing and Horizontal Tail", *Proceeding of the 2014 KSAS Fall Conference*, 2014, pp. 899-902
- 2) Langford, J. S., et al., "The Frasibility of A Human-Powered Flight Between Crete and the Mainland of Greece", Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Techology and Smithsonia Institution, 1986
- 3) Park, J. H., Kim, H. D., Choi, K. R., Park, J. S., "Design and Structual Test of KAU Human Powered Aircraft's Main Spar," *Proceeding of the 2013 KSAS Fall Conference*, 2013, pp. 218-222
- 4) Woo, D. H., Lim, J. S., Kim, S. C., Shin, J. W., Kim, T. U., Kim, S. H., "Main Wing Structual Analysis for Human Powered Aircraft," *The Korean Society of Mechanical Engineers Conferance*, 2014. 11, pp. 2331-2334