

Flatback 에어포일의 뒷전 두께에 따른 공력 특성 연구

A Study on Aerodynamic Characteristics of Flatback Airfoils

문찬웅^{1*}, 최태훈¹

전북대학교 항공우주공학과¹

초 록

본 연구는 전산유체해석 프로그램인 EDISON_CFD를 이용하여 NACA63-425 에어포일과 이 에어포일을 기반으로 만든 뒷전 두께가 2% 4%인 NACA63-425G02, NACA63-425G04에 대하여 두께 변화에 따른 공력 특성 변화를 수치해석을 수행 하였다. 난류점성내의 압축성 조건에서 받음각에 따른 양력계수, 항력계수, 양항비 등을 비교하여 Flatback 에어포일의 장단점에 대하여 결과를 분석해 보았다.

Key Words : CFD(전산유체역학), Flatback Airfoil(끝이 뽕뽕한 익형), C_l (양력계수) C_d (항력계수), Angle of Attack(받음각), Trailing Edge(뒷전), Stall(실속).

1. 서 론

화석에너지의 문제점을 해결하고 기후변화에 대응하기 위해서 세계 각국은 풍력발전에 관심을 가지고 투자하며 풍력에너지에 비중을 늘리는 데 노력하고 있다. 이러한 변화에 발맞추어 우리나라에서도 많은 기업체들이 풍력터빈 개발에 참여하여 활발한 연구가 진행 중이다.

풍력발전기의 설계를 위해 가장 기초적이고 중요한 문제는 풍력터빈 블레이드의 형상설계와 성능 예측이다. 특히 풍력터빈 블레이드의 공력 특성에 대해 예측하는 것은 구조설계 및 동특성을 파악하는데 매우 중요한 기초자료로 활용될 수 있다. 블레이드의 공력 특성을 예측하기 위해서는 블레이드에 사용된 에어포일의 공력 자료를 가지고 있어야 만이 가능하다. 에어포일의 공력 특성 이란 최대양력계수, 양력계수, 항력계수, 양항비 등을 말한다. 에어포일의 형상에 따라 이들의 계수 값이 달라지며 공력특성이 변하게 된다. 익형의 공력특성 해석은 주로 풍동실험이나 전산유체해석을 통하여 시행되어지는데, 풍동 실험을 이용한 해석은 물체의 기하학적 상태 및 마하수, 레이놀즈수를 일치시켜야 한다.⁽¹⁾ 이러한 점에 있어서 풍동실험을 통한 해석은 다양한 레이놀즈수 영역 및 마하수에 대한 자료를 얻는데 다소 어려움이 있기 때문에 전산유체해석을 활용하여 보다 다양하고 세밀한 공력특성 자료를 얻을 수 있다면 특히 에어포일 개발단계에서는 많은 장점을 지닐 수 있다.

2. 본론

2.1 해석모델

본 연구에서는 전산 유체해석 프로그램 중 하나인 EDISON_CFD를 이용하여 5MW급 이상 대형 풍력 터빈의 레이놀즈수에 해당하는 레이놀즈수 $Re=10^7$ 인 난류점성 조건에서 압축성 유동 내에서 마하수 0.2인 조건으로 각각 두께비가 0%, 2%, 4% 인 NACA63-425, NACA63-425G02,

NACA63-425G04에 대하여 뒷전 두께 변화에 따른 공력 특성 변화를 실험 하였다. G 다음의 숫자는 뒷전 두께의 값을 코드길이의 %로 나타낸 값이다. 본 연구에서 사용한 Flatback 에어포일 형상들을 Fig. 1에 나타내었다. 이번 해석에서 수행한 결과는 $Re=10^7$ 에서 받음각에 따른 C_l (양력계수), C_d (항력계수) 및 C_l/C_d (양항비)에 대한 결과를 3가지의 뒷전의 두께비에 따라 비교 분석 하였다. EDISON_CFD에서 Fig. 2 에 나타난 격자모델을 사용하여 해석을 수행하였다.

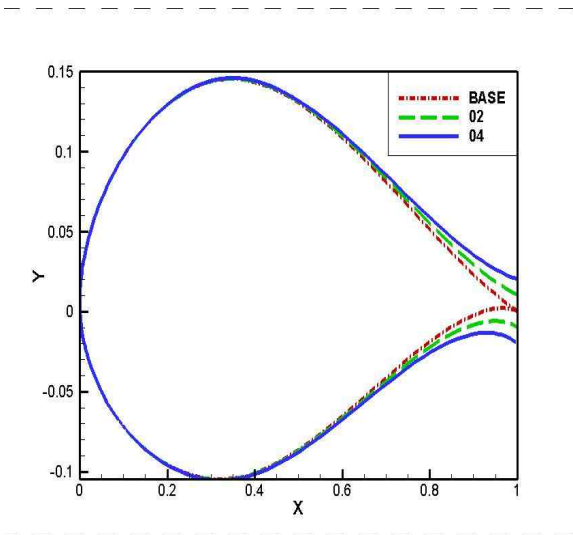


Fig. 1. Flatback 에어포일의 형상

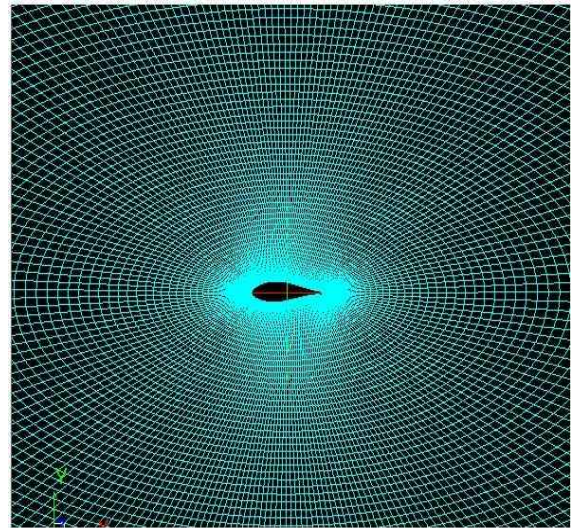


Fig. 2. Flatback 에어포일의 격자계

2.2 격자계 구성 및 영역

본 연구에서 Flatback 에어포일의 경우 격자계 구성을 격자가 꼬이지 않게 하기 위해서 에어포일을 둘러싸는 경계를 타원을 이용하여 약 4만개의 격자로 구성하였으며, 이는 i방향 포인트 230개와 j방향 포인트 200개로 이루어졌고, 타원2개를 이용해 격자 두 개를 생성 후 j방향으로 합쳐주는 방법을 사용했다. 이때 사용된 작은 타원은 장축 2, 단축 1 이고, 큰 타원은 장축이 30, 단축이 15 이다. $y^+=1$ 을 계산해서 최초격자 y값이 2.48×10^{-7} 으로 나왔고 타원의 반경을 고려하여 1×10^{-7} 로 격자를 구성하였다 이러한 격자의 형태는 Fig. 2에 나타나있다.

유동조건은 완전 난류를 선택했고 수치기법으로는 Roe의 FDS 스킴⁽²⁾ 을 선택했다. 이는 리만 문제의 근사해에 기본을 두고 유동의 수치 계산의 높은 정확도를 보여준다.

2.3 결과 분석 및 논의

본 연구에서는 뒷전이 날카로운 에어포일 형상과 두께비가 각각 2%, 4% 인 에어포일 형상의 결과 값들을 비교 분석하여 보았다. 먼저 받음각에 따른 양력 계수를 에어포일 형상 별로 비교해 놓은 것이 Fig. 3에 나타나 있다. 보통 받음각이 낮을 때 에어포일에 흐르는 유체는 형상을 따라 흐르지만 받음각이 점점 커지면서 날개의 뒷전부분에서부터 박리가 일어나게 되고, 양력이 줄어들면서 실속 상태에 이르러 에어포일의 양력 값이 감소하게 된다고 알려져 있다. Fig. 3에 나와 있는 받음각에 따른 양력계수 그래프를 분석해보면 받음각이 낮은 $0^\circ \sim 5^\circ$ 부근까지는 Flatback 에어포일과 baseline의 양력 계수 값은 큰 차이가 없다. 하지만 받음각이 10° 이상이 되면 Flatback 에어포일의 C_{lmax} 값이 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 Flatback 에어포일이 양력을 더 잘 발생시킨다는 것을 뜻하는데 이것의 원인은 Fig. 6에 나와 있다.

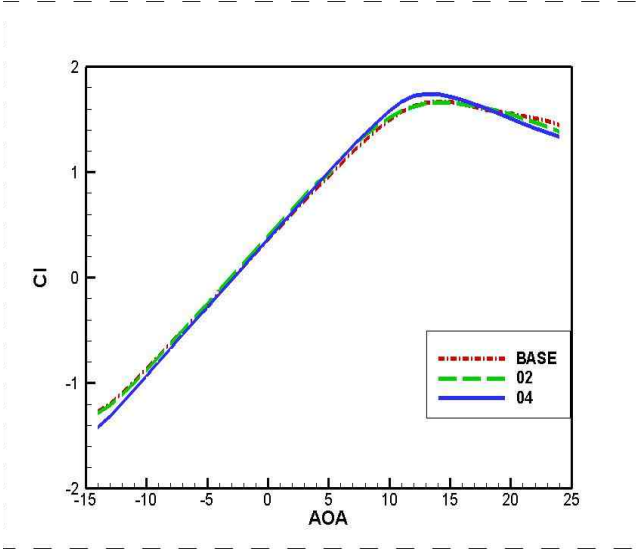


Fig. 3. 받음각에 따른 양력계수

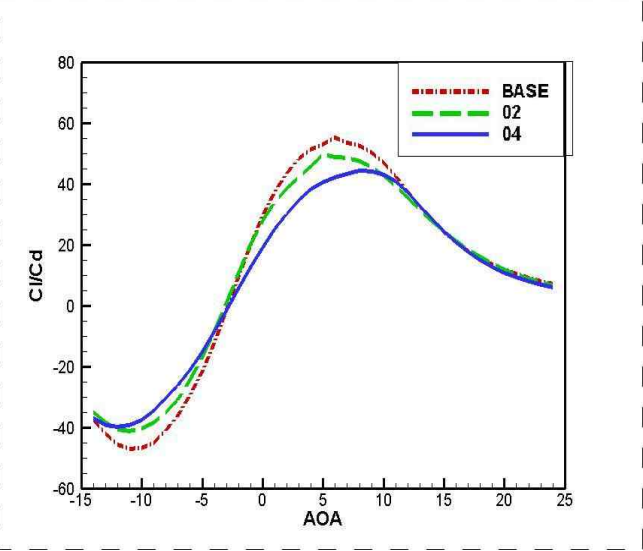


Fig. 4. 받음각에 따른 양항비

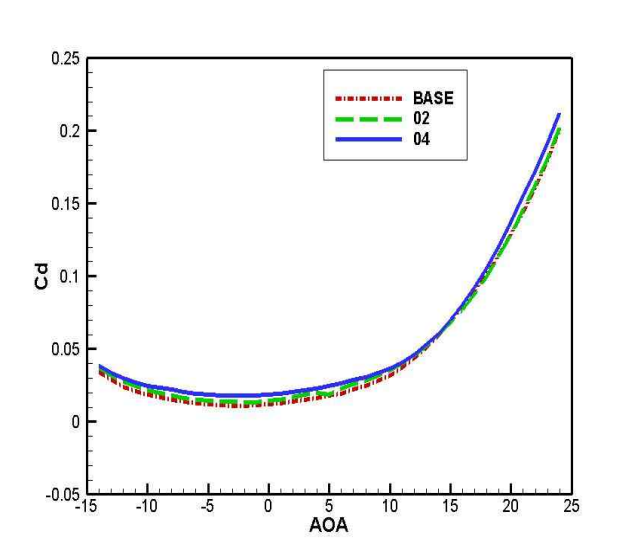


Fig. 5. 받음각에 따른 항력계수

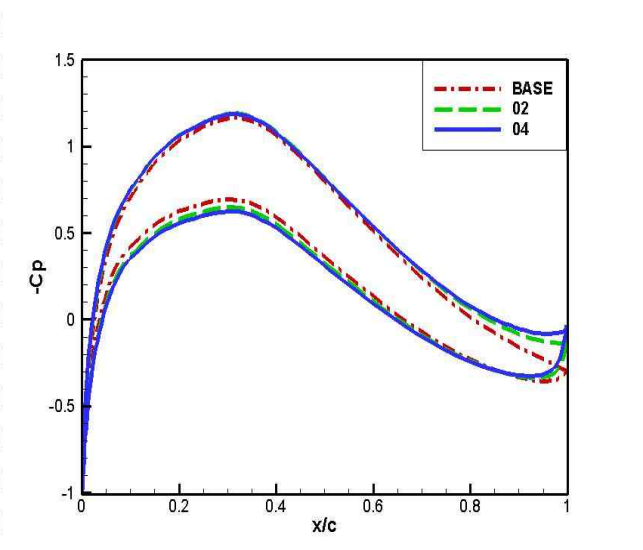


Fig. 6. 받음각 0°에서 압력분포

Fig. 6을 보면 Flatback의 두께가 두꺼워질수록 뒷전부분에서 압력이 낮은 부분이 넓게 나타나는 것이 보인다. 이것으로부터 Flatback 에어포일이 양력계수가 더 큰 원인으로 작용된 것을 알 수 있다. Fig. 3에서 받음각이 18°가 넘어가면 Flatback 에어포일의 양력계수 값이 기본 에어포일보다 급격히 감소하는 것 역시 알 수 있다. 또한 Fig. 4의 받음각에 따른 양항비 그래프를 보면 뒷전 두께가 커질수록 최대 양항비 값이 감소하고, 그 값이 발생하는 받음각 위치는 증가함을 볼 수 있다. 이러한 결과가 나오는 원인은 일정 받음각 이상에서는 날개 뒷전부터 박리가 시작되어 양력감소가 나타나지만 Flatback 에어포일이 박리 발생을 지연시키는 것으로 보인다.⁽³⁾

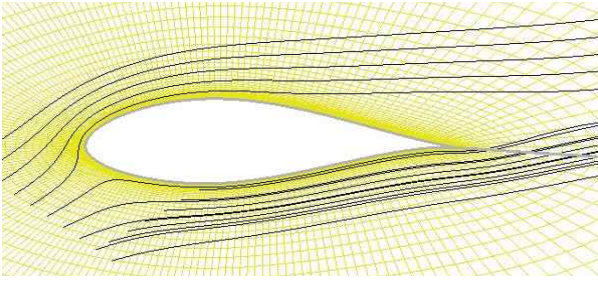


Fig. 7 받음각 16°에서 NACA63-425에어포일의 유선

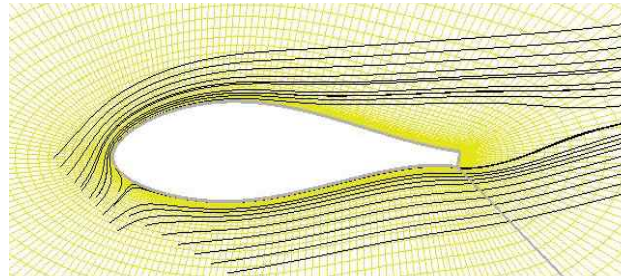


Fig. 8 받음각 16°에서 NACA63-425G04에어포일의 유선

Fig. 7과 Fig. 8 에는 NACA63-425G04에어포일의 박리가 좀 더 뒷부분에서 일어나는 걸 볼 수 있다. Flatback 에어포일이 이처럼 양력에 이득을 얻을 수 있지만 항력 또한 양력과 같이 증가하게 되는데 항력의 증가가 양력의 증가보다 상대적으로 높아 양항비의 값은 더 낮게 나오는 것으로 보인다. 이러한 항력의 증가는 Fig. 6와 같이 Flatback 에어포일에서 뒷전의 두께의 증가가 뒷전 저압부 면적의 증가로 작용하여 결국 Fig. 5에서처럼 항력을 증가시킨 요인으로 보고 있다. 그러나 양력계수가 증가하는 양보다 항력계수가 증가하는 양이 더 커서 뒷전의 두께가 큰 에어포일의 양항비가 작은 것으로 실험결과가 보여주고 있다.

3. 결 론

NACA63-425를 기반으로 만든 Flatback 에어포일 NACA63-425G02 와 NACA63-425G04 에어포일들을 EDISON_CFD를 이용하여 수치해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻어내었다.

1. 뒷전 두께가 증가 할수록 양항비의 값이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 양력의 증가보다 항력의 증가가 더 크기 때문으로 보인다.
2. 뒷전 두께를 갖는 경우 최대 양항비가 발생하는 각도가 증가되는 경향을 보인다.
3. 뒷면 압력 분포는 뒷전 두께가 증가할수록 저압부 영역이 증가하여 항력증가의 원인으로 작용한다.

후 기

본 연구는 지식경제부 및 한국에너지기술연구원의 지원으로 연구되었으며, 프로그램 수행에 도움을 주신 서울대학교 공력 시뮬레이션 및 디자인 연구실과 KISTI 그리고 전북대학교 항공우주공학과 유기완 교수님께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 김철완, 이윤교, 2010, “전산해석을 활용한 풍력터빈 익형의 공력특성 예측.” 풍력에너지저널, 제2권 2호, pp. 43~47.
- (2) C. Hirsh, 1988, “Numerical Computation of Internal and External Flows. Vol. I & II, John Wiley & Sons
- (3) 이경세, 이성건, 석상민, 정진화, 2011, “Blunt Trailing Edge 에어포일의 공력학적 특성.” 한국풍력에너지학회 2011년도 추계학술대회 논문집, pp. 18~23.
- (4) KISTI, 2012, EDISON_CFD Manuals