

14. 수평축 풍력발전용 터빈의 3차원 유동특성 및 성능평가에 관한 연구

기계공학과 김 범 석
지도교수 이 영 호

최근 국제적으로 거론되고있는 기후변화 협약 및 각종 국제 협약으로 인한 환경문제의 심각성에 대한 관심이 상당히 높아가고 있으며, 1970년대 유류파동 이후, 전 세계적으로 안정적인 에너지원의 확보에 대한 심각한 필요성을 지각하게되었다. 세계 에너지 소비량은 1950년 이후부터 연 3.9%씩 급격히 증가하여 1990년에는 1950년 소비량의 4.7배로 증가하였다. 제 2차 세계대전 후의 세계적인 공업화 추세와 인구증가 등의 원인에 의하여 화석에너지의 사용량이 급격한 비율로 증가하였다. 세계의 총인구는 현재 60억 명으로써 연 1.7%씩 증가하고 있으며, 현재의 증가속도라면 40년 후에는 2배로 증가할 것으로 전망되며, 다시 한번 심각한 에너지 위기가 닥칠 것이라고 전망된다. 차후, 에너지 기기의 효율이 향상되고, 재활용 등에 의한 에너지 절약 성과가 계속 나아진다 하더라도, 이러한 인구증가와 개발도상국의 공업화에 의한 에너지 수요의 증대 추세는 피할 수 없을 것으로 생각된다. 따라서, 21세기에 있어서의 전 세계 에너지 수요량이 2060년에는 현재의 2배에 이를 것으로 예측되고, 2100년에는 선진국의 에너지 절약과 개발도상국에 있어서의 인구 억제정책이 순조롭게 추진된다고 하더라도 에너지 수요량은 약 30TW/Year에 달할 것으로 예측되므로, 이제는 더 이상 유한 에너지자원인 화석연료에만 의존할 수 없다는 것은 자명한 일이다.

이미, 화석연료의 유한성과 지구 환경문제의 심각성을 지각한 선진국가들을 중심으로 새로운 에너지원을 확보하기 위한 신 재생 대체에너지 개발에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 대체 에너지가 차지하는 비중은 2010년까지 전 세계에너지 소비량의 약 4.7%를 담당할 것으로 전망되고 있다. 대체 에너지로써 풍력, 파력, 태양열, 지열 등 다양한 종류의 발전방식들 중, 현재 가장 효율적이고 경제적으로 에너지를 공급할 수 있는 방식이 풍력발전이다.

이미 선진 각국은 관련기술에 관한 집중적인 투자를 통하여 현재 상당한 기술을 축적하였으며, 풍력발전이 이미 상용화되어 전체 에너지 소비량의 상당부분을 담당하고 있다. 하지만 국내에서는 최근 들어 풍력발전에 대한 관심이 증가하여, 풍황자원이 비교적 우수한 제주도 행정지역, 강원도 대관령지역, 포항 호미 곳에 풍력발전 단지를 조성, 시범운용 중에 있다. 실제 풍력발전용 터빈의 설계에 관련한 기초적인 수준의 기술 외 성능평가, 효율적인 최적 로터 블레이드 설계, 구조적 문제 등 핵심 기술에 대한 기술축적은 거의 전무한 실정이다.

본 논문에서는 한국해양대학교내 해상풍력발전단지 조성을 위한 기초적 연구의 한 부분으로써 기존에 제시되어있는 한국해양대학교내 풍황자원 데이터를 바탕으로 입지에 적합한 풍

력발전용 터빈의 설계를 위한 데이터로써 제 가공하여 제시하였으며, 풍력발전용 터빈의 효율적인 최적 설계 방법을 정리하고, 낮은 풍황자원을 가지는 지역에서도 충분한 전력을 생산할 수 있는 로터 블레이드 설계를 위하여, 범용 유동해석 코드인 FLUENT를 이용해 기계적 구조가 단순한 고 양력장치인 Gurney flap을 장착한 익형에 대하여 수치해석적 연구를 수행하였다. NACA 63215 익형에 대해 최적의 flap 각도 및 크기를 결정할 수 있었으며, 이로 인한 양항비의 상승을 확인하였다. 또한, 실제 설계자의 입장에서 가장 핵심적인 부분인, 설계된 로터 블레이드의 성능평가 및 3차원적 유동해석에 대하여, 보다 효율적인 피드백(feed back) 설계가 가능하도록 CFD 기법을 이용하여 네덜란드 델프트(Delft University of Technology) 대학의 풍력에너지 팀에서 새로운 익형으로 설계된 500kW 급 3 블레이드 수평축 풍력터빈에 대해 범용 CFD 코드인 CFX-TASCflow를 이용하여 수치해석적 연구를 수행하였다. 풍력발전 단지 조성시 터빈의 설치 간격 및 전체적인 배치를 하는데 필수적인 후류(wake)에 관한 유동해석과, 보다 우수한 성능을 가지는 로터 블레이드 설계에 필수적인 로터 블레이드 표면 3차원 실속현상에 관한 유동해석, 그리고 블레이드 표면 압력분포 등 다양한 3차원적 유동해석을 통해, 정량적·정성적인 데이터를 제시하였다. 성능평가를 통해 제시된 풍력터빈의 동력계수(C_p)는 델프트 대학에서 BEM(blade element method, BEM)법으로 해석한 결과와 오차 범위 10% 이내에서 서로 잘 일치하고 있음을 알 수 있었으며, 후류에 대한 유동해석 결과는 NREL(national renewable energy laboratory)에서 스모크(smoke)를 이용한 가시화결과와 정성적으로 상당히 잘 일치하고 있음을 확인 할 수 있었다. 또한, 보다 적절한 상용 CFD 코드의 적용성 평가를 위해, ICFM-CFD를 이용하여 최적화된 격자계를 구성하고 2 블레이드 로터에 관한 수치 해석적 연구를 수행하였으며, 이를 바탕으로 풍력발전용 로터 블레이드 성능평가 및 3차원적 유동해석을 위한 도구로써 상용 CFD 코드의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

우리나라는 삼면이 바다로 둘러 쌓여있으며, 비교적 우수한 풍황자원을 확보하고 있다고 평가된다. 따라서, 이러한 지리적 이점을 충분히 활용하고, 지속적인 연구개발에 대한 관심과 국가적인 투자가 뒤따른다면, 매년 소비되는 막대한 에너지의 대부분을 수입에 의존하는 현재의 실정을 비추어 볼 때, 풍력발전은 에너지 자급도 향상에 상당한 기여를 할 것임에 틀림 없으며, 국가 경쟁력 향상에 상당한 기여를 할 것으로 생각된다.