

복합신소재를 적용한 풍력발전기술의 현황 및 전망

A Review and Prospect of Wind Power Technologies Using ACM



이상열(Sang-Youl Lee) 이사 | 안동대학교 토목공학과 | 조교수 | lsy@andong.ac.kr

1. 서론

90%이상의 에너지를 해외에서 수입하고 있는 우리나라에서 풍력에너지의 활용은 원유 수입 절감을 통한 단순한 외화 절약뿐만 아니라 화석연료의 고갈에 대비하는 재생 가능한 에너지원 확보 비산 유국으로서 에너지 자립 등을 위해 반드시 필요하다. 신재생 에너지 산업은 전 지구적 환경산업으로 경제협약으로 발전되고 있는 기후변화 협약에 대응하는 가장 확실한 해결책의 하나로 볼 수 있다. 또한 삼면이 바다인 우리나라 자연환경에서 풍력은 청정그린에너지로 향후 신재생에너지 확보 방안으로 크게 각광받을 것으로 기대된다. 이러한 풍력발전설비는 운반 및 시공, 그리고 유지관리가 원활해야 한다. 따라서 복합신소재와 같은 강도 대비 경량이면서 유지관리가 수월한 신재료의 적용이 바람직할 것이다. 본 기사에서는 풍력기술 전반에 대해 소개하고 풍력발전기의 보급현황, 전망 및 기술적 동향 등에 대해 기술하고 풍력발전설비를 위한 복합신소재의 적용 현황 및 방안 등에 대하여 개략적으로 다루고자 한다.

2. 풍력발전기술 현황 및 전망

풍력발전이란 공기의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환시키고 이로부터 전기를 얻는 기술을 의미한다. 풍력 발전의 원리는 공기역학에 의해 날개처럼 생긴 로터(Rotor)가 돌아가면서 발생하는 기계적 운동에너지를 발전기를 통해 전기에너지로 변환하는 것을 말한다. 풍력발전기의 주요 구성은 그림 1과 같다. 바람의 힘을 회전력으로 변환하는 회전자(Blade)와 이 회전력을 발전기로 전달하는 동력전달장치(Nacelle), 기계적 회전력을 전기에너지로 변환하는 발전장치 및 이들 구성품들을 고정하고 지지하는 구조물(Tower), 그리고 계통 연계 및 보호기능과 시스템을 운전, 감시, 제어하는 제어기기로 구성된다.

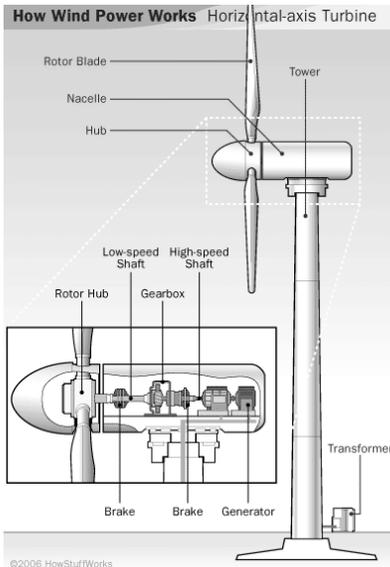


그림 1 풍력발전기의 구조

풍력발전은 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 적고, 국토의 효율적 이용이 가능하다. 또한, 대규모 발전단지의 경우에는 발전 단가도 기존의 발전방식과 경쟁 가능한 수준의 신 에너지 발전기술이라 할 수 있다. 국내 풍력발전 보급현황은 발전 시설 용량 약 175MW가 설치되어 있으며, 시설 용량별 발전량은 MW급 이상이 74기로 발전량의 대부분을 차지한다. 지역별로 보면 국내 총 시설용량 175,595kW 중 영덕풍력발전단지가 약 1.65MW 24기 설치로 총 시설용량 39.6MW이다. 평창 대관령 풍력발전단지는 2MW 44기로 총 시설용량 98MW로 국내 풍력 에너지 보급량의 약 78%를 차지한다. 그림 2는 국내 풍력발전의 현황 및 향후 전력수요 전망을 보여준다. 해외의 경우 유럽의 해상 풍력발전 위주로 개발되어 왔으나, 2000년 이후 미국, 중국시장 확대에 따라 유럽 중심의 세계풍력시장 구도가 변화되고 있다. 또한 연평균 27%이상의 높은 성장률을 유지하고 있다. 그림 3은 미국 풍력발전의 현황과 전망을 보여준다.

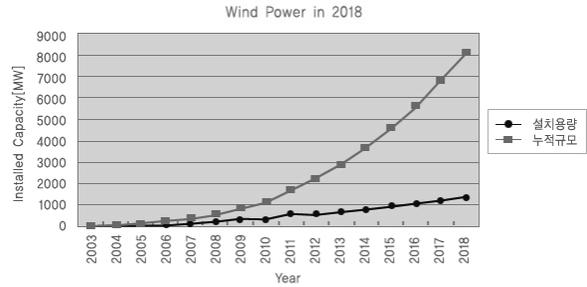


그림 2 국내 풍력발전 현황 및 전망

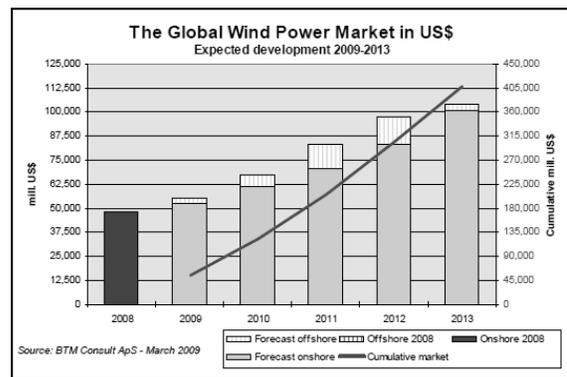


그림 3 미국 풍력발전 현황 및 전망

우리나라도 미래 신재생에너지 창출의 일환으로 풍력발전을 위한 다양한 기술개발 및 연구가 진행되고 있다. 국내에서는 육상과 더불어 해상풍력단지를 건설하기 위한 다양한 계획이 추진되고 있으며, 지식경제부와 국토해양부를 중심으로 연구사업 발주를 진행하고 있다.

3. 풍력발전설비를 위한 복합신소재의 적용

전술한 바와 같이 풍력발전설비는 다양한 구성으로 이루어져 있어 설계 및 시공은 첨단기술을 필요로 하고 있다. 특히 날개부(Blade)는 대용량 풍력발전의 추세와 함께 대형화되고 있어 높은 강도를 유지하면서도 가벼운 구조이어야 한다. 현재 생산되는 풍력 터빈 날개는 100~120m의 범위에서 표준으로 직경을 통해 80m 정도의 크기로 제조된

다. 2001년에는 섬유소재로 적층된 5천만kg으로 추산되는 재료가 풍력 터빈 블레이드에 사용되었다. 신 재료와 제조 방법은 보다 크고 강력한 블레이드를 생산 가능하게 해 풍력 터빈의 효율성을 향상시키기 위한 기회를 제시하고 있다. 대형 날개 시스템을 설계할 때 유념해야 할 부분 중 하나는 날개 중량을 조절할 수 있어야 한다는 점이다. 그림 4와 같이 8~10MW급 대용량 풍력발전을 건설

하기 위하여 날개는 항공기 날개 전체길이의 두배 이상인 직경 160m의 초대형 구조를 가져야 한다. 현재 날개부는 유리섬유 또는 탄소섬유 복합소재로 제작되어 있으며, 초대형화되는 추세에 적합한 최적의 소재로 인식되고 있다. 그림 5는 길이 44m, 중량 10.6ton의 복합신소재 풍력날개부의 제작 예를 보여준다.

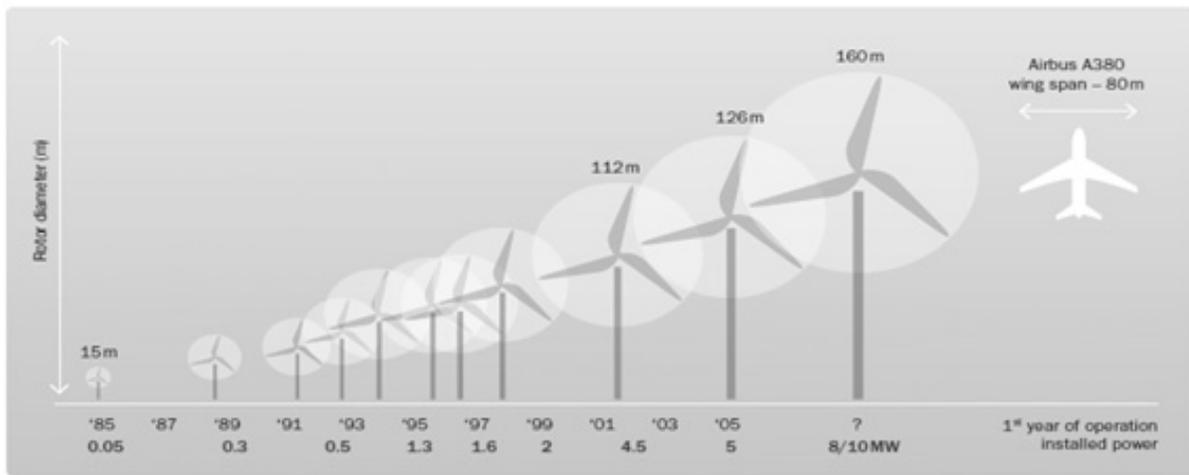


그림 4 풍력 날개부(Blade)의 대형화 추이 및 전망



그림 5 복합소재 풍력발전 날개부 제작 예(길이 44m, 중량 10.6ton)

탄소섬유의 사용은 섬유유리 적층 부분의 두께를 절감시키는 이점이 있고 더 나아가 조밀한 레이업 부분의 수지 습식과 관련되어 문제점을 해결할 수 있다는 장점이 있다. 각 업체들의 선전도에 눈에 띄고 있다. 세계적 다국적 기업인 BASF와 Dow도 풍력 터빈 블레이드 시장에 뛰어들고 있다. 이들 업체는 차세대 에너지로서 풍력에너지에 깊은 관심을 보이고 있으며 시장에서 선도적인 위치를 차지하기 위해 활발한 움직임을 보이고 있다. BASF는 이를 위해 풍력 터빈 회전축 블레이드 생산을 위한 섬유 강화제 복합 특수 에폭시 수지 시스템을 출시, 판매망을 확대해오고 있다. 오늘날 풍력 터빈의 현대식 회전축 블레이드는 보다 높은

효율성을 위해, 점점 더 대형화되는 추세에 있다. 회전축을 가공하기 위해 90m 길이를 초과할 경우 예외적으로 고성능 재료를 필요로 한다.



그림 6 영국에서 개발한 스텔스 풍력 날개의 시공(길이 44m)

현재 우리나라는 태양광의 경우 선진국과 격차를 줄이고 있지만 풍력발전의 기술은 여전히 미비한 상태다. 국내 현실상 발전소를 건설시 건설 단가가 비싸다는 단점이 있다. 게다가 좁은 지형과 국토를 이용해 운송해야 하는 어려움 (그림 7)과 풍력의 질이 그다지 높지 않은 점도 애로사항으로 지적되고 있다. 그렇기에 육상용보다는 해상용 풍력 발전에 더욱 힘을 실어야 한다는 주장이 나오고 있다. 물론 해상용의 설치비가 육상용보다는 비싸고 염분과 바닷바람에 견딜 수 있는 재료를 선택해야 한다는 단점이 있지만 소음 문제를 해결할 수 있다는 것과 바람의 질을 높일 수 있다는 것도 장점으로 작용하고 있다 (그림 8). 최근 국내 대기업도 속속 풍력 발전 사업에 뛰어들고 있다. 2008년 기준 풍력터빈 시장규모는 약 46조원 수준으로 추산되며 이중 풍력블레이드 시장규모는 20% 수준인 약 9조 3000억원, 풍력블레이드 중 에폭시수지가 차지하는 비중이 약 25%인 점을 감안하면 풍력블레이드용 에폭시 시장규모는 약 2조 3000억원에 달할 것으로 추산되고 있다.



그림 7 풍력발전 날개부 운송

전술한바와 같이 풍력발전용 회전날개는 대형화될수록 가벼워야 하는 것이 관건이다. 따라서 보다 높은 성능을 발휘할 수 있는 다양한 날개부 개발이 진행되고 있다. 예로서 독일 바이엘은(Bayer Material Science)은 탄소나노튜브를 풍력발전용 날개는 유리섬유나 탄소섬유가 마치 페인트와 같은 에폭시 수지를 결합시키고 이를 굳혀 완성시켰다. 그런데 이 경우는 카본나노튜브로 섬유를 만들어 에폭시 수지(플라스틱)와 결합시키면서 풍력발전 날개를 더욱 가볍게 하면서도 날개의 내구수명은 더 증가시키는 장점을 갖게 된다. 또 다른 예로서 최근 풍력발전 날개가 대형화되고 빠르게 돌면서 풍력 날개에서 나오는 신호를 항공기로 오인하게 되는 경우가 빈번해지고 있다. 이러한 경우 스텔스 전투기는 레이더파를 흡수하는 특수페인트를 사용하지만, 풍력발전 날개에 페인트를 사용하게 되면 무게가 약 1.2ton 정도 증가하게 되어 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 복합소재 날개부 자체에 레이더파를 소멸시키는 신물질을 혼합하여 스텔스 기능을 갖게 하도록 개발하여 생산 단계에 이르고 있다.



그림 8 북유럽 해상풍력 단지

4. 결론

풍력발전을 위한 복합신소재의 적용은 현재 날개부의 개발에 집중되어 있다. 향후 날개부가 대형화됨에 따라 강도 및 중량 문제에 대한 대안 및 신기술 개발도 점진적으로 이루어질 것이다. 특히 탄소 및 유리섬유 복합소재를 적용한 풍력 날개부는 다양한 제조공법과 설계기술 발전으로 더욱 수요가 증가할 것으로 예측된다. 직경 160m급 초대형 블레이드는 단순 제조가 아닌 건설규모의 기술을 필요로 한다. 현재 국내에서는 탄소섬유 복합소재와 같은 재료는 단가가 높아 건설용으로는 적용이 어렵다는 시각이 있으나, 단가가 낮은 유리섬유 등과 적절하게 혼합하여 최적화된 하이브리드 단면 설계를 하여 경제성을 높일 수 있는 방안을 연구한다면 충분히 가능하다고 사료된다. 특히, 운송

및 시공, 유지관리의 효율성 등을 감안하면 충분한 복합신소재의 적용은 경제성과 시장성을 확보할 수 있을 것이다. 또한, 블레이드가 대형화되면서 이를 지탱하는 타워구조도 대형화 및 경량화할 수 있는 기술이 필요한데 기존의 강재로 이루어진 타워와 더불어 복합신소재가 적용된 타워 개발도 가능할 것이다. 해상 풍력의 경우, 염해에 의한 강재의 부식문제가 발생하므로 해상 풍력발전기의 기초말뚝에도 복합소재의 적용은 매우 유용할 것이다. 결론적으로 복합신소재를 적용한 풍력발전 기술은 원천 기술 확보 및 해외 수출이 충분히 가능할 것으로 전망되므로 향후 폭넓은 연구와 개발이 진행될 필요가 있다.

참고문헌

1. ABS Energy Research Ed5 (2008) The wind power report.
2. EWEA (2009) Wind energy-the facts: Executive summary.
3. NREL Report (2010) Large-scale offshore wind power in the united states: Assessment of opportunities and barriers.
4. Dimos J. P., Ioannis G. R., Nibong U. (2009), "Static and dynamic characteristics of multi-cell jointed GFRP wind turbine towers", Composite structures, Vol.90, pp.34~42.
5. DWTMA (2005) Danish wind turbine manufactures association.