

1D1) 지역별 풍속전단 형태분석에 관한 연구

A Study on Analysis of Wind Shear Patterns by Region

김현구 · 윤정은 · 경남호 · 이영섭¹⁾

한국에너지기술연구원 풍력연구센터, ¹⁾동국대학교 통계학과

1. 서 론

풍력발전 단지조성을 위한 풍력자원 평가 시 중요한 평가요소 중 하나는 풍속전단이다. 지속적인 풍력발전기의 대형화에 따라 회전자(rotor)의 직경 증가와 함께 풍력발전기가 고층화되고 있으나 현재 풍황측정은 풍력발전기의 허브(hub) 높이보다 낮은 높이에서 관측되는 경우가 대부분이다. 따라서 제한된 높이의 저층 측정값을 허브 높이의 고층으로 외삽(extrapolation)하여 풍력발전량을 산정하게 되는데, 풍력에너지는 풍속의 세제곱에 비례함을 고려한다면 풍속의 외삽계산을 위해 풍속전단의 정확한 형태를 분석하는 것은 사업 경제성 평가의 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 한편 풍력발전기 국제 설계인 증인 IEC(International Electrotechnical Commission), 그 외 공인인증인 DNV(Det Norske Veritas), GL(Germanischer Lloyd)의 풍속분포지수 제안기준은 다소 엇갈리고 있어 특히 복잡지형인 국내의 경우 이러한 기준의 임의선택은 실제적으로 상당한 설계오차 및 경제성 평가의 왜곡을 가져올 수 있음에 유의할 필요가 있다. 김현구 등(2005)에 의하면 우리나라는 해안지역의 풍력자원이 내륙에 비하여 상대적으로 우수한 것으로 평가되었는데, 우리나라 해안지역에서는 해륙풍에 의한 일간 풍향, 풍속변동이 상존하며 특히 해풍일 경우에는 바람이 해수면을 지나서 유입되므로 풍속전단이 작은데 반하여 육풍일 경우에는 육상의 지형지물에 의한 풍속전단이 크게 발생하므로 정밀한 풍속전단 형태분석이 필요하다고 사료된다.

Table 1. Summary of wind turbine design certifications.

	IEC	DNV	GL
Wind shear exponents for normal operating conditions	$\alpha=0.2$ For all wind speed classes	Unstable $\alpha=0.16$ Neutral $\alpha=0.22$ Stable $\alpha=0.35$	$\alpha=0.16$ For wind class I and II sites
Wind shear exponents for extreme events	Equivalent to shear exponent $\alpha=1.13$ in steady flow	Discussed but no firm recommendation	Equivalent to shear exponent $\alpha=0.55$ in steady flow

2. 연구 방법

대기경계층(atmospheric boundary layer)은 난류경계층의 일종으로, 풍속의 연직분포형태는 로그법칙(logarithmic-law)이나 지수법칙(power-law)으로 근사할 수 있으며 공학적인 용도로는 활용이 간편한 지수분포식이 주로 사용된다. 본 연구에서는 한국에너지기술연구원에서 풍력자원 조사를 위하여 전국 각 지역에서 측정된 풍황자료를 바탕으로 지역별 풍속전단 형태분석을 수행하여 지역별 풍속분포지수(wind profile exponent, α)를 산출하였다. 이때 풍속분포지수는 풍황측정탑의 각기 다른 높이에서의 풍속 측정값을 통계적으로 곡선집합하여 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 풍속분포지수를 지역별에 따라 연평균과 월별, 풍향별, 시간대별, 대기안정도별로 구분하여 산정하여 기상학적, 지리학적 상관성을 고찰하였다. 일례로 포항지역에서는 포항제철소 부지내와 호미곶 선단 및 산지능선을 따라 풍황측정이 수행되었는데, 그림 1은 그 중 포항제철소 부지내의 풍황 측정결과로부터 산정된 월별 풍속분포지수이다. 초지에서 측정된 경우라면 식물생장에 의해 하계의 풍속분포지수가 높은 것이 일반적이지만(김현구와 최재우, 2002) 포항제철소 부지내 측정지점은 식물생장

의 영향이 없는 곳이며, 따라서 동계에 포항제철소를 거쳐 바다로 환기되는 남서풍 계열이 탁월한 관계로 풍상부에 위치한 공장건물과 연돌 등의 인위적 거칠기 요소의 영향으로 동계 풍속분포지수가 높게 나타나고 있다.

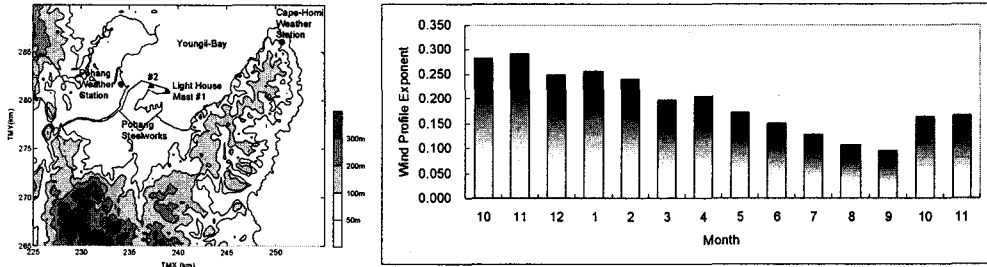


Fig. 1. Wind measurement layout at Pohang and monthly wind profile exponents.

한편 표 2는 여러 가지 조건에 따라 산정된 풍속분포지수를 이용한 풍속외삽시의 예측오차를 비교하기 위하여 포항제철소 부지내 풍황측정탑 30m 높이에서의 측정값으로부터 40m 높이에서의 풍력에너지밀도를 예측하고 이를 실제 40m 높이에서의 관측값과 비교분석한 결과를 요약한 것이다. 풍력에너지밀도 예측오차를 보면 주간/야간별 풍속분포지수를 적용한 경우가 가장 누적오차가 적게 나타나고 있으며 이는 포항지역의 풍계가 주야로 바뀌는 해륙풍 특성이 지배적임과도 일치하는 결과이다(이화운 등, 2003). 이와 같이 국내에서 수행된 풍황측정 결과를 바탕으로 지역별 풍속전단 형태분석을 통하여 지형적, 기상적 특성에 따른 풍속분포지수를 산출함으로써 일차적으로는 풍력에너지밀도의 산정을 위한 기준을 제시하고 이차적으로는 지면부근에서의 풍속분포의 정확한 정보를 제공하여 대기확산영향평가 및 풍하중 산정 등의 다양한 분야에서 중요한 기초자료 및 설계자료로 활용하고자 한다.

Table 2. Comparison of the predicted energy density at 40m-height by using 30m-height data.

Methods	Exponent, α	WED [W/m^2]	% Difference	L2-Norm
Mast at 40m	-	257.29	-	-
Monthly	12 months	245.54	-4.6%	8.965
Annual	0.193	250.65	-2.6%	8.496
Day/Night	0.17/0.22	250.83	-2.5%	8.533
Directional	12 directions	244.61	-4.9%	-
IEC	0.20	251.92	-2.1%	8.545
DNV	0.22	257.32	-0.1%	8.600

* Night: 22:00~06:00

참 고 문 헌

- 김현구, 최재우 (2002) Calculation of Wind Profile Exponent in Pohang Area, 한국풍공학회지, 6(1), 47~52.
- 김현구 (2003) 포항제철소 내 가용 대체에너지원에 대한 경제성 평가 및 적합성 연구, 포항산업과학연구원 연구보고서, 2003A315, 포스코.
- 김현구, 이화운, 정우식 (2005) 한반도 바람지도 구축에 관한 연구 - I. 원격탐사자료를 이용한 해상풍력 자원 평가, 한국대기환경학회지, 21(1), 63~72.
- 이화운, 정우식, 김현구, 이순환 (2003) 포항지역의 기후요소별 분석, 한국지구과학회지, 24(5), 449~455.