



풍력발전단지에서의 소음 및 저주파음 측정 시 고려사항

정태량
((주)엔브이티)

1. 머리말

최근 신재생에너지 중 풍력발전시설에 대한 관심이 증가되고 있으며 제주도를 비롯하여 많은 산간 지역에 풍력발전시설이 개발되고 있다. 2016년 말 기준 국내 대형 풍력발전설비 누적 설치량은 1GW 이상이 운영 중에 있다. 정부에서도 에너지 기본계획에서 2035년까지 신재생에너지 비율 중 풍력발전의 비율을 18.2%로 목표를 설정하고 있어 앞으로도 지속적으로 풍력발전시설이 국내에 설치될 것으로 보인다. 하지만 기존에 설치된 풍력발전단지 주변의 소음 민원도 함께 증가되고 있어 기존 및 신규 풍력발전시설에 대한 지속적인 검토가 필요한 실정이다. 현재 환경영향평거나 민원 등에 대응하기 위해서 소음 및 저주파음을 측정하고 있지만 국내에는 명확한 측정방법이나 고려사항을 제시하고 있지 않아 측정 시 풍력 사업자나 측정업체가 어려움을 겪고 있는 실정이다. 그러므로 이 글에서는 소음과 저주파음의 차이 및 풍력발전시설에 발생하는 소음 및 저주파음의 측정 시 고려할 점에 대하여 소개하고자 한다.

2. 저주파음과 소음의 구분

저주파음에 대해서는 구체적으로 정의가 되어

있지 않다. 일반적으로 소음은 20 Hz ~ 20,000 Hz의 대역이며 저주파음은 그 기준이 없어 국내의 기준으로 판단해볼 때 80 Hz 이하 또는 250 Hz 이하의 범위를 나타낸다. 저주파음의 평가는 소음과 같이 청각보정(A, C 특성)이 아닌 인체감각보정(G특성)을 사용하고 있다. 일반적으로 생활진동의 평가영역은 1 Hz ~ 90 Hz이며 이 평가 영역은 저주파음의 영역대에 포함된다. 저주파음의 국가별 범위 및 생리적 반응은 다음과 같다.

3. 저주파음의 발생

우리가 생활하는 모든 환경에서는 저주파음에 항상 노출되어 있다. 철도, 도로, 공사장 등의 실외공간뿐만 아니라 가정에서 이용하는 세탁기, 청소기 등 실내공간에서도 발생한다. 버스나 철도 이용시 100 dB(G) 이상에 지속적으로 노출되고 있으며, 특히 도심지에서는 도로교통소음이 항상 발생하기 때문에 도심지에 사는 사람은 저주파음에 항상 노출되어 있다고 할 수 있다. 그림 1은 도로에서 50 m 떨어진 지점에서의 저주파음을 하루 이상 연속 측정한 자료이다.

저주파음은 일반적인 소음과 달리 그 평가기준이 높다. 이는 청각이 아닌 인체감각을 기준으로 한 것으로, 일본의 경우 저주파음에 대한 기준이 92 dB(G) 이하가 될 것을 권장하고 있으나, 국내

표 1 저주파음의 국가별 주파수 범위(G특성)

국가	범 위	참고문헌
미국	1 Hz ~ 80 Hz	ANSI S3.29-1983(R1996) (Federal interagency committee on aviation Noise)
네덜란드	20 Hz ~ 100 Hz	A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, 2003 (NSG, 1999; van den Berg and passchier-Vermeer, 1999)
스웨덴	31.5 Hz ~ 200 Hz	A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, 2003 (Socialstyrelsen-Sweden, 1996)
덴마크	10 Hz ~ 160 Hz	A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, 2003 (Jakobsen, 2001)
독일	10 Hz ~ 100 Hz	A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, 2003 (DIN 45680, 1997)
폴란드	10 Hz ~ 250 Hz	A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, 2003 (Mirowska, 2001)
영국	~100 Hz, 150 Hz	Neighbourhood Noise Policies and Practice for Local Authorities - a Management Guide, 2006
뉴질랜드	20 Hz ~ 200 Hz	NOISE Z6808-DZ6808
일본	~100 Hz	저주파음의 측정방법에 관한 매뉴얼

자료: 박영민, 정태량, 2009, 풍력발전시설에서 발생하는 환경소음 및 저주파음의 영향, KEI.

표 2 도로에서 발생하는 저주파음의 특성(G특성)

순환기계	심박수 감소 또는 증가, 수축기 협압감소
호흡기계	호흡수의 경도 감소 혹은 증가, 호흡과형 변화
신경계	뇌파: α 파, β 파, θ 파의 진폭증가나 한계 레벨에서 α 파 진폭감소
내분비계(스트레스 반응)	2 Hz ~ 20 Hz 100 dB 정도, 90분 폭로 시 아드레날린, 도파민의 증가
기타(전기생리학적 반응)	눈에 진동이 발생하거나 소실, 눈의 깜박임 수 증가
수면영향	수면 심도가 낮아짐, 각성반응의 발생
동물실험	호흡수의 증가(8시간 폭로) 소화기계: 집토끼의 위 운동의 억제(4주간 폭로)

자료: 정성수, 2011, 저주파 소음, 표준과학연구원 표준과 표준화 연구, 제1권, 제1호, p.43~51

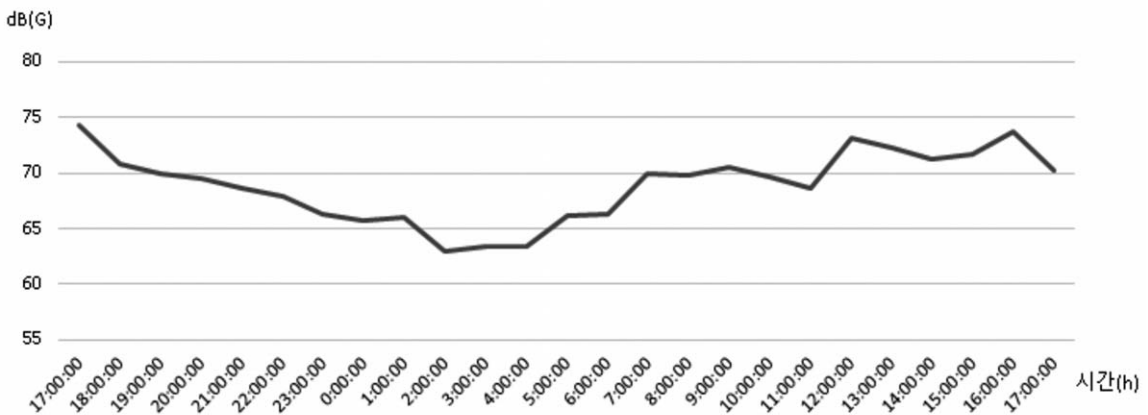


그림 1 도로에서 발생하는 저주파음의 특성 사례(G특성, 50 m 이격지점)

의 경우에서 아직까지 규제나 권장사항이 아니다. 우리가 버스나 기차를 장기간 승차하고 있을 경우 피로감이 증가하는 것은 저주파음에 지속적으로 노출되어 있기 때문이라고도 할 수 있다.

4. 풍력발전단지에서의 저주파음 및 소음의 문제

풍력발전단지에서의 저주파음이 문제가 되는 것은 대부분 도심지보다 매우 조용한 지역(배경소음 45 dB(A)이하)인 산간 농촌지역이나 어촌마을 등에 건설되기 때문이며, 풍력발전단지에서 발생하는 저주파음 및 소음은 기존에 살던 주민에게 영향을 미치게 된다. 또한 풍력발전단지의 운영특성상 365일 24시간 동안 운영되어 저주파음 및 소음이 지속적으로 발생되고, 이에 주간뿐만 아니라 야간에도 저주파음 및 소음에 지속적으로 노출되기 때문에 낮은 소음 및 저주파음에 더 민감해지게 된다. 또한 자신의 의도와 달리 풍력발전단지가 건설됨에 따라 저주파음 및 소음의 피해를 지속적으로 받기 때문에 민원이 지속적으로 발생하게 된다.

5. 풍력발전단지의 소음 및 저주파음의 측정 시 고려사항

5.1 풍력발전단지 측정 시기

풍력발전단지에서의 소음 및 저주파음의 측정은 일반 환경소음측정과 달리 풍력발전기가 정상적으로 운영되고 있는 상태에서 측정을 하여야 하기 때문에 조건이 까다롭다. 소음 및 저주파음의 민원을 살펴보면 대부분 풍속이 7 m/s 이상인 경우에 민원이 발생하는데, 풍속은 초 단위로 변하기 때문에 이러한 풍속이 발생한 시점은 맞추는 것이 어렵다. 실제 현장에서 소음 및 저주파음을 측정하려고 하여도 바람이 발생하는 시기를 못 맞출 경우 장기간 연속 측정하여도 데이터를 취득할 수 없는 경우도 발생한다. 대부분 국내의 바람자원 및 필자의 경험으로는 연중 11월 ~ 4

월(초겨울 ~ 초봄)에 측정을 하는 것이 데이터를 취득하기가 보다 수월하며 바람자원이 발생할 경우 최소 2일에서 1주일이상 연속측정을 하여야 신뢰할 수 있는 데이터를 취득할 수 있다.

5.2 저주파음 측정 시 마이크로폰의 사용

저주파음의 측정은 일반적으로 환경소음을 측정하는 마이크로폰을 사용하기 어렵다. 풍력발전기의 회전은 적은 경우, 분당 20회 이하로 회전하며, 이에 기본 주파수가 1 Hz 이하로 형성되지만, 1 Hz 이하의 주파수를 측정하는 것은 매우 어렵기 때문에 최소 1 Hz 이상의 주파수를 측정할 수 있는 마이크로폰을 사용하는 것이 좋다. 일반적인 환경소음을 측정하는 1/2인치 마이크로폰의 경우 3 Hz ~ 4 Hz 또는 8 Hz 이상의 주파수부터 측정할 수 있기 때문에 1 Hz부터 측정하기 위해서는 low-noise 마이크로폰을 사용하여야 한다.

5.3 저주파음 및 소음 측정 시 방풍망 및 고려사항

풍력발전기의 소음측정 시 방풍망을 사용하게 되는데, 일반적인 환경소음 측정에 사용되는 방풍망(직경 10 cm 이하)의 경우 5 m/s 이상부터는 바람의 영향을 많이 받게 되어, 저주파대역에서의 정확한 소음측정이 어렵게 된다. 이를 방지하기 위하여 풍력발전단지에서의 소음이나 저주파음 측정 시 20 cm 이상의 방풍망을 사용하거나 이중 방풍망을 사용하게 된다. 이중 방풍망을 사용하거나 방풍망의 직경이 클수록 바람의 영향을 덜 받게 되며 이에 저주파대역의 소음 데이터를 보다 정확하게 취득할 수 있다. 하지만 고주파대역의 소음에서는 측정소음도에 영향을 받기 때문에 데이터의 분석범위와 현장 측정지점에서의 풍속을 고려한 방풍망 선택이 필요하다. 즉, 저주파음 대역을 측정할 경우 바람의 영향을 최소화할 수 있는 20 cm 이상 또는 이중 방풍망의 사용이 필요하며 환경소음의 대역을 측정할 경우 소음의 주파수 상한 범위를 어느 정도까지 측정할 것인가에 대한 고려를 통하여 방풍망의 선택이 필요하다. 다음은 다양한 방풍망에 따른 소음 및

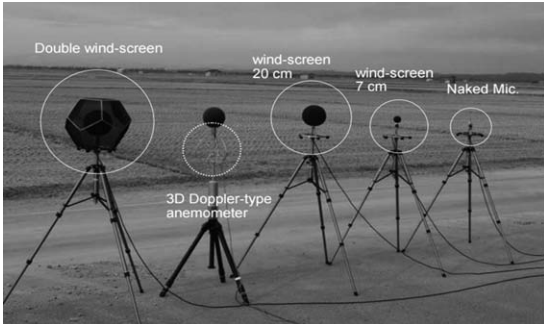


그림 2 다양한 방풍망 종류⁽¹⁾

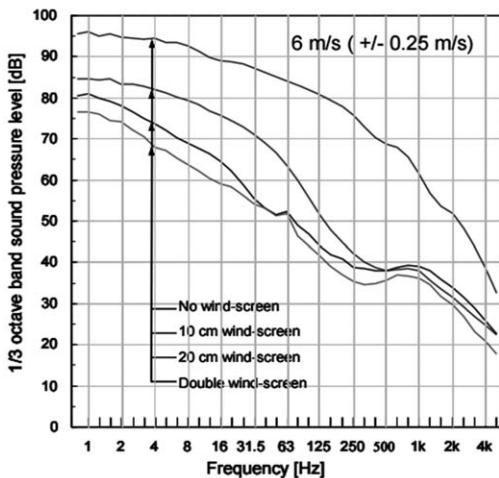


그림 3 방풍망 종류에 음압레벨 측정값 비교(6 m/s)⁽¹⁾

저주파음의 영역대의 영향을 나타낸 것이다.

5.4 풍향풍속계의 사용

풍력발전단지에서 소음 및 저주파음 측정 시, 풍력발전단지 인근에서는 바람의 세기가 커져 정확한 데이터를 취득하기가 어렵다. 측정지점이 멀리 이격되어 있거나 산간에서의 측정처럼 고도의 차이가 크게 발생할 경우 측정지점에서는 바람이 거의 없어 측정이 용이한 경우도 발생한다. 하지만 대부분의 측정지점에서는 풍속이 세기가 크기 때문에 방풍망을 사용하여도 잘못된 데이터(방풍망으로 허용할 수 있는 바람의 세기를 초과한 데이터)를 취득할 수 있으므로 보다 정확한 측정데이터를 취득하기 위해서는 측정기가 설치된 지점에서 동시에 풍향·풍속을 주기적으로 측정·확인하여 현장여건에 맞는 방

풍망 사용 및 풍속에 따른 데이터 필터링이 필요하다. 현장 경험상 측정지점에서 풍속을 확인하고 필터링을 하지 않을 경우 풍속에 따라 5 dB 이상의 오차가 발생하기도 한다.

5.5 온습도계의 사용

정온시설에서의 풍력소음 및 저주파음의 측정은 온습도 측정이 필요하다. 일반적인 교통소음과 달리 풍력발전기 소음은 원거리에서의 측정이 이루어지는 경우가 많으며 이에 대기상태에 따라 대기의 흡음 및 굴절 등의 영향을 받기 때문에 동일한 풍속의 경우에 측정을 하더라도 측정 결과가 다른 경우가 있어 측정 시의 기상 조건 및 온·습도의 기록이 필요하다.

5.6 측정지점의 선정

저주파음 및 소음의 피해가 우려되는 정온시설에서의 측정은 고정점으로 지속적인 측정이 필요한 반면, 풍속에 따른 거리감쇠 등을 파악하기 위해서는 지속적으로 풍향이 변하기 때문에 측정지점을 풍향에 맞도록 설정하여야 하며 지역과 지형의 특성을 고려하여야 한다.

6. 맺음말

우리나라는 풍력발전단지 도입을 적극 권장하고 있으나 이에 대한 구체적인 가이드라인이나 기준 등을 제시하고 있지 않기 때문에 풍력발전단지 사업자나 발전단지 인근 주민에게도 많은 피해를 주고 있다. 이 중심에 풍력발전단지에서 발생하는 저주파음과 소음이 가장 큰 문제를 차지하고 있으며 이를 해결하기 위한 전문가들의 노력이 필요한 실정이다. **KSNVE**

참고문헌

- (1) Tachibana, H. et al., 2013, Assessment of Wind Turbine Noise in Immission Area, 5th International Conference on Wind Turbine Noise.