

도시미기후수값모형에 의한 축섬지구의 바람분포특성연구

정상일, 김현우

화석연료자원이 고갈되어가고있는 오늘날 세계적으로 풍력, 태양열, 지열을 비롯한 자연에너지를 적극 리용하는것이 하나의 추세로 되고있는데 세계의 여러 나라들에서 풍력에너지를 리용한 전력생산을 위한 연구에 많은 투자를 하는것과 동시에 풍력발전 기설치장소를 바로 정하고 발전기들을 집중배치하는데 힘을 넣고있다.[1]

풍력발전기는 바람을 동력으로 하여 전기를 생산하는것만큼 지형구조와 주위환경의 영향으로 인한 복잡한 지면공기흐름상태를 연구하는것은 발전능력타산과 계획작성에서 중요한 문제로 나신다.[2]

우리는 최근시기 개발되어 세계적으로 널리 리용되고있으며 그 실용성이 인정되고있는 도시미기후수값모형 ENVI-Met 4.0[4]을 리용하여 평양시의 대동강에 있는 축섬지구의 바람분포특성을 분석하였다.

1. 미기후수값모형 ENVI-Met

ENVI-Met는 대기와 토양, 식물, 건물사이의 교환과정모의에 리용되는데 바람속도와 방향, 공기온도와 토양온도, 공기습도와 토양습도, 막흐름, 복사흐름과 같은 량들을 계산하는데서 여러가지 보조모형들을 리용한다.

ENVI-Met의 대기막흐름모형에서는 1.5수준 $E-\varepsilon$ 막흐름폐합을 리용한다.

막흐름운동에너지(E)와 그것의 일산속도(ε)를 결정하는 수송방정식[3]은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} + u_i \frac{\partial E}{\partial x_i} &= K_E \left(\frac{\partial^2 E}{\partial x_i^2} \right) + Pr - Th + Q_E - \varepsilon \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} &= K_\varepsilon \left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x_i^2} \right) + c_1 \frac{\varepsilon}{E} Pr - c_3 \frac{\varepsilon}{E} Th - c_2 \frac{\varepsilon^2}{E} + Q_\varepsilon \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 Q_E 와 Q_ε 은 식물체주위에서 발생하는 막흐름정도를 나타내는 항이며 Pr 와 Th 는 바람절변과 열성층에 의한 막흐름에너지의 생성 및 소멸항인데 다음의 식들로 계산한다.

$$Pr = K_m \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j}, \quad Th = \frac{g}{\theta_{ref}(z)} K_h \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Q_E &= c_{d,f} LAD(z) W^3 - 4c_{d,f} LAD(z) |W| E \\ Q_\varepsilon &= 1.5c_{d,f} LAD(z) W^3 - 6c_{d,f} LAD(z) |W| \varepsilon \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $\theta_{ref}(z)$ 는 류입경계에서의 포텐셜온도이며 안정성층인 경우에 Th 항은 무시된다. 그리고 ε 은 콜모고로브관계식($\varepsilon=0.16E^{3/2}/l$)을 리용하여 구한다.

계산된 $E-\varepsilon$ 마당으로부터 국지적막흐름의 등방성가정밑에 막흐름교환결수들을 다음과 같이 결정한다.

$$K_m = c_\mu \frac{E^2}{\varepsilon}, K_h = K_q = 1.35K_m, K_E = \frac{K_m}{\sigma_E}, K_\varepsilon = \frac{K_m}{\sigma_\varepsilon} \quad (4)$$

2. 축섬지구의 바람특성분석

풍력발전기를 설치할 위치주변에 큰 건축물이 있는 경우에는 회전타빈이 받는 바람 속도에 미치는 건축물의 영향을 고려하여야 한다.[3, 4]

일반적으로 풍력발전기는 주위에 지면장애물이 없는 넓은 공지에 세우는것이 원칙이지만 축섬지구는 조밀한 도시건물들로 둘러싸이고 강복판의 섬인것으로 하여 부지면적도 제한되어있다. 이로부터 축섬지구에서 바람마당에 미치는 건축물의 영향을 정확히 고려하여 풍력발전기의 위치를 합리적으로 정하는 문제가 제기된다.

우리는 축섬지구의 바람마당을 평가하기 위하여 주변의 기상관측지점(평양, 만경대, 강남)들의 시각별바람관측자료에 기초하여 미기후수값모의분석을 진행하였다. 바닥지형자료는 100m 분해능 DEM자료를 리용하였으며 Surfer에서 지형을 생성하였다.

ENVI-Met의 지형 및 지면자료입력도구인 Spaces에서 건물 및 식피구역, 토양과 지형 자료를 입력한다. 모의분석에서는 관측지점의 30년간 바람관측자료를 배경바람으로 설정하였다. 계산결과 축섬지구의 바람특성을 보면 30년간 무풍률은 평균 30.5%이다. 바람이 분 날들의 평균바람속도는 3.5m/s, 최대바람속도는 18.5m/s, 주풍은 북서풍이다.

풍속세기별발생빈도률을 보면 2m/s이상은 65.2%, 3m/s이상은 63.0%, 5m/s이상은 57.0%, 9m/s이상은 45.6%, 10m/s이상은 37.4%이다.

다음 미기후수값모형을 리용하여 과학기술전당건물과 그 주위에 배치된 구조물 및 원림상태가 바람마당에 미치는 영향을 분석하기 위하여 각이한 방향의 바람이 불 때 건물주위에 형성되는 바람분포마당을 수값모의하였다. 각이한 방향의 바람이 불 때 건물이 바람마당에 미치는 영향거리(건물을 기준으로 하였을 때 바람속도감소구역을 바람맞이방향 및 바람그늘방향으로 켜 거리)는 표 1과 같다.

표 1. 바람마당에 미치는 건물의 영향거리(바람방향별)

바람방향	바람맞이방향/m	바람그늘방향/m
북풍	295	300
북동풍	236	240
동풍	472	531
남동풍	295	649
남풍	300	354
남서풍	330	354
서풍	354	472
북서풍	413	365

표 1에서 보는바와 같이 건물의 영향은 바람방향에 따라 다르지만 최대영향거리는 기본건물로부터 바람맞이쪽인 경우 472m, 바람그늘쪽인 경우 649m이다.

지면장애물이 바람마당에 미치는 영향은 높이에 따라서도 다르므로 각이한 높이에서

표 2. 바람마당에 미치는 건물의 영향거리(높이별)

높이/m	바람맞이방향/m	바람그늘방향/m
6	649	472
10	413	365
14	284	236
18	177	200

바람마당에 미치는 건물의 영향거리는 표 2와 같다.

표 2에서 보는바와 같이 쑥섬지구
의 과학기술전당과 원림상태가 바람마
당에 미치는 영향은 바람방향에 따라
달라지며 최대영향거리는 기본건물로부터
649m이다. 그리고 높이가 높을수록

전당건물이 미치는 바람영향거리는 현저히 줄어들며 18m 높이에서 200m까지 작아진다.

맺는말

넓은 면적의 록지구역은 바람마당에 큰 영향을 미치며 록지로부터 500m이상 떨어진
곳에 풍력발전기를 설치하는것이 합리적이다.

참고문헌

- [1] 정상일 등; 기상학, 김일성종합대학출판사, 344~415, 주체101(2012).
- [2] C. L. Archer; Journal of Geophysical Research, 110, 7, 2005.
- [3] T. Foken; Micrometeorology, Springer, 20~55, 2008.
- [4] S. Huttner et al.; The 7th International Conference on Urban Climate, 29, 2009.

주체105(2016)년 3월 5일 원고접수

Characteristics of Wind Distribution in Ssuk Islet Area by using the Urban Microclimate Numerical Model

Jong Sang Il, Kim Hyon U

A wind power plant is affected by the terrain and surrounding obstacles within surface layer. We analyzed the wind characteristics of the area to build a wind power plant in Ssuk Islet by using the urban microclimate numerical model.

Key words: microclimate, numerical model, wind characteristics