

## 1D3) 지형학적 방법을 사용한 도심지 바람장 모델에 대한 평가 Evaluation of Morphological Models for Wind Flow at Urban Street

김병국 · 이창훈 · 김석철<sup>1)</sup> · 주석준<sup>2)</sup> · 장동두<sup>2)</sup> · 심우섭<sup>3)</sup>

연세대학교 기계공학과, <sup>1)</sup>Boolt Simulation, <sup>2)</sup>TESolution, <sup>3)</sup>국방과학연구소

### 1. 서 론

도시지형에서 화생방 공격이나 사고 또는 의도적으로 방출된 독성오염물질로 인한 인적 물적 피해 가능성이 증대하고 있다 따라서 이를 예측할 수 있는 시스템의 개발이 필요한 시점이다. 외국에서 개발된 여러 도심지 확산모형은(Hanna & Britter, 2002; Grimmond and Oke, 1999; MacDonald et al., 1998; Theurer, 1993) 이상적인 조건에서 개발 검증된 모델이다. 제한적이지만 국내에서 수행된 모형에 의한 선행연구결과에 의하면 기존의 도심지 확산모형이 서울과 같은 균질하지 않은 건물로 구성된 도심지에서의 확산은 제대로 예측하지 못한 것으로 보고되고 있다. 더불어 아직까지 체계적으로 도심지모형이 평가되고 한계점들이 밝혀지지 않은 상황이다. 신뢰할 만한 도심지모형 알고리즘을 개발하기 위해서는 풍동실험이나 수치실험을 통한 검증이 필요하다. 본 연구에서는 기존에 존재하는 도시모형에 대한 조사를 수행하여 정확도를 평가하였다. 이를 위해 3가지 형태의 균질도시모형에 대하여 풍동실험과 LES(Large-eddy simulation)를 이용한 수치실험으로 부터 얻은 자료를 사용하였다.

### 2. 풍동실험 및 수치해석

풍동실험은 도심지모형의 검증을 위한 자료축적 및 CFD(computational Fluid Dynamics) 해석결과의 신뢰도를 평가하기 위해서 수행하였다. 실험모형은 이상화된 도시지형조건을 가정하여 형태가 동일한 블록모형을 그림 1과 같이 규칙적으로 배열하였다. 본 실험에서 측정된 항목은 모형별 각 지점의 고도에 따른 평균풍속 및 난류강도이며 측정점은 그림 1과 같다. 실험에 사용한 풍동은 대형 경계층 풍동으로서 open-circuit (suction) 형식이며, 측정부의 크기는 8.0(W)×2.5(H)×23.2m(L)이다. 각 도시모형별 장애물의 치수는 모형 A, B, C에 대하여 가로 세로가 각각 4cm×4cm, 4cm×12cm, 8cm×24cm이고 높이는 20cm로 동일하며 간격은 가로 세로 방향으로 각각 28cm, 28cm, 40cm이다.

또한 본 연구에서는 LES를 부가적으로 수행하였으며 사용한 모델은 Smagorinsky의 모델이다(Smagorinsky, 1963).

### 3. 도시모형

유동파라미터를 구하기 위해 지형피복도를 사용하는 것은 오차가 큰 단점이 있고, 수치해석은 상대적으로 정확하지만 큰 비용이 들며 대규모 도시지역에서는 현실적으로 적용하기가 불가능하다. 따라서 장애물 또는 거칠기 요소로 부터 유동파라미터를 구하는 지형학적방법(morphological method)이 도시모형을 위한 새로운 방법으로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 도시모형을 편의상 세 가지 모델로 구분하였다. 첫 째 유동변수에 대한 지형모형(morphological model), 두 번째로 바람장에 대한 속도모델(velocity model)이다. 세 번째, 난류량에 대한 난류모델이다. 그림 2는 도시모형으로서 지형인자의 정의를 나타내며 이로부터 면적비( $\lambda_p = A_p/A_T$ )와 전면 면적비( $\lambda_f = A_f/A_T$ ) 및 canopy 높이( $H$ )를 정의할 수 있다.

지금까지 제안된 지형모델 중 유동 파라미터인 거칠기길이  $z_0$ , 배제두께  $d$ 를 동시에 제안하는 네 가지모델(Hanna & Britter, 2002; Grimmond & Oke, 1999; MacDonald et al., 1998; Theurer, 1993)을 대상으로 조사를 수행하였다.

지형모델 및 속도모델을 본 연구에서 수행된 풍동실험 및 LES 자료와 비교 검증 하여 모델의 성능을 평가하였다. 네 가지 지형모델과 세 가지 속도모델로부터 12가지 모델 조합이 가능하며 풍동모형 A, B, C에 대하여 평가를 수행하였다.

먼저 지형모델을 평가한 결과 비록 오차는 크지만 MacDonald의 모델이 가장 정확한 것으로 나타났다. 다

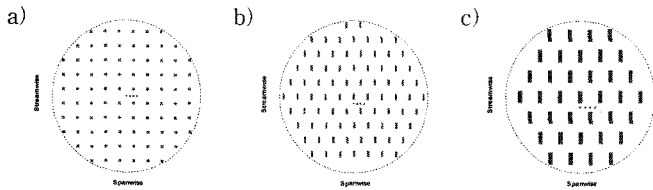


Fig. 1. Schematic plan view for obstacle arrays A, B and C.

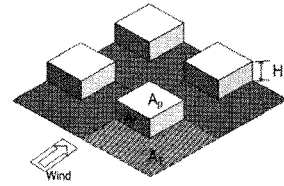


Fig. 2. Definitions of morphological parameter.

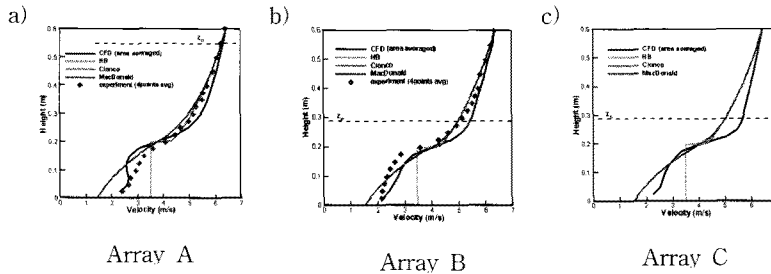


Fig. 3. Velocity profiles obtained by wind tunnel experiments, CFD, and models.

음으로 속도모델에 대한 평가를 수행하였다. 그림 3에 풍동 실험, CFD 및 모델로부터 얻어진 속도를 비교하였다. Hanna & Britter 모델의 경우 대수층 속도분포는 잘 들어맞고 있으나 canopy 하부에서 항상 과대평가하는 경향이 있다. 이는 대수층의 오차와 마찬가지로 마찰속도가 과대평가되었기 때문이다. Cionco 모델은 대수층에서 같은 모델을 사용하나 canopy 층에서는 지수분포를 사용하므로 보다 현실감 있는 속도분포를 기대할 수 있다. 마지막 평가로서 난류모델에 대한 평가를 수행한 결과 실험값보다 2-4배 과대예측하고 있음을 확인하였다. 특히 횡방향 난류의 경우 주유동방 및 수직방향 난류에 비해 확산에 크게 영향을 미치므로 확산 모델로부터 예측된 농도분포는 실제보다 낮게 예측될 것으로 예상할 수 있다.

#### 4. 결 론

기존에 제시된 도시모델의 정확도를 평가하기 위해 풍동실험 및 LES 결과와 비교하였다. 모든 모델에서 유동 파라미터가 큰 차이를 보였다. 이로 인해 속도는 canopy 내부에서 큰 오차를 보였으며 난류량의 경우 경계층 전체에서 큰 오차를 보였다. 도시모델의 최종관심 대상인 확산예측에서도 큰 오차를 보일 것으로 예상할 수 있다. 현재 단계에서 어느 모델이 가장 정확한지 판단하기는 힘들다. 만약 유동파라미터의 '참' 값을 구할 수 있다면 모델의 성능을 직접적으로 평가하고 개선할 수 있는 기준을 마련할 수 있을 것이며, 현재 이와 관련된 연구가 진행되고 있다.

#### 참 고 문 헌

- Grimmond, C.S.B. and T.R. Oke (1999) Aerodynamic Properties of Urban Areas Derived from Analysis of Surface Form, *J. Appl. Meteorol.*, 38, 1261-1292.
- Hanna, S.R. and R.E. Britter (2002) Wind flow and vapor cloud dispersion at industrial and urban sites, CCPS, New York.
- MacDonald, R.W., R.F. Griffiths, and D.J. Hall (1998) An improved method for the estimation of surface roughness of obstacle arrays, *atmospheric environment*, 32(11), 1857-1864.
- Smagorinsky, J. (1963) General Circulation Experiments with the Primitive Equations. I. The Basic Experiment, *Monthly Weather Review*, 91, 99-164.
- Theurer, W. (1993) Dispersion of ground-level emissions in complex built-up areas, Doctoral thesis, University of Karlsruhe, German.