

CA13) 도시 협곡내 skimming flow 내의 농도장에 주변 건물이 미치는 영향에 관한 수치 해석적 연구

A numerical study for near building effects on concentration fields of the skimming flow in an urban street canyon

정상진

경기대학교 환경공학과

1. 서론

도시협곡 내에서 형성되는 전형적인 유동장은 협곡내부에서 형성되는 회전류(vortex)이다(Berkowicz, 1998). Oke(1988)에 따르면 단면비가 큰 경우 ($W/H > 2.5$), 도시 협곡내 유동장은 isolated roughness flow, 단면비가 중간인 경우 ($1.538 < W/H < 2.5$) wake interface flow, 단면비가 작은 경우 ($W/H < 1.538$)는 skimming flow 등 3가지로 분류된다. Oke(1988)에 의한 도시협곡내의 유동장에 대한 분류는 잘 확립되어 있지만, Sini 등(1996)에 따르면 단면비가 작은 경우 ($W/H < 1.538$) 단면비가 감소함에 따라 단일(단면비가 $0.60-0.65 < W/H < 1.5-1.6$ 인 경우) 또는 2개 이상 ($W/H < 0.60-0.65$ 인 경우) 회전류가 형성된다. 다수의 회전류가 발생하는 skimming flow에서는 평균 유속이 감소하게 되고, 도시협곡 내부에서 외부로의 오염물의 이동을 저지된다. 또한 도심에는 건물이 밀집되어 인접 건물에 의하여 변화된 유동장은 대상 도시협곡내 오염물의 확산에 영향을 줄 것이다.

본 연구에서는 단면비가 작은 skimming flow에서 형성되는 농도장에 미치는 주변 건물의 영향을 도시협곡 주변 유동장 해석에 널리 사용되는 표준 $k-\epsilon$ 난류모형을 사용하여 조사하였다. 조사된 결과는 Kastner와 Plate(1999)의 풍동실험 결과와 비교하였다.

2. 모형과 계산조건

유동장은 식(2-1)로 표시되는 정상상태 난류유동에 대한 연속식과 운동량방정식을 사용하여 계산하였다.

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \left[\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right] u_i u_j \right) \quad (2-1)$$

여기서 U_i 와 u_i 는 유속의 평균과 변동성분을 나타내고, P 는 평균압력, ρ 는 유체밀도, ν 는 점성계수이다. 식(2-1)에서 레이놀즈 응력은 Boussinesq 에디점성 가정을 사용하였다. 편미분 방정식을 풀기 위하여 2차원 수치코드인 TEACH-2E를 사용하였다.

사용한 초기조건으로 유입구의 유속으로 $U_{in} = 7.7\text{m/s}$, 난류강도는 $k/U_{in}^2 = 0.003$ 이다. 유입구의 유속 프로파일은 Kastner와 Plate(1999)의 풍동실험 결과에서 나온 풍속의 지수법칙을 사용하고 사용한 풍배지수는 0.23이다. 벽면부근의 경계조건은 Sini 등(1996)이 사용한 경계조건을 사용하였다. 농도장은 유동장 계산에서 구한 에디 점성계수를 사용하여 확산 방정식을 풀이하였다.

3. 계산결과 및 고찰

그림 3-1에서는 Kastner와 Plate(1999)의 풍동실험 결과 중 참조 case(상류에 다른 건물이 없고, 단면비 $W/H=1.0$)를 모의한 결과를 나타내었다. 그림 3-1(a)에서 표시된 유선에서 협곡내에서는 단일 회전류가 나타난 전형적인 경우를 나타낸다. 그림 3-1(b)는 협곡 상류에서 오염물이 배출될 때, 형성되는 무차원 평균농도장을 나타내었고, 그림 3-1(c)는 협곡하류에 오염원이 있는 경우 협곡내 형성되는 무차원 평균농도장을 나타내었다.

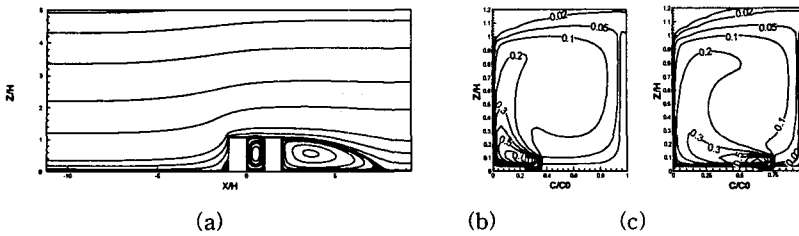


Fig. 3-1 Typical streamline and dimensionless concentration contour of simulated street canyon. (a) streamline of simulated domain (b) dimensionless concentration of leeward source, (c) dimensionless concentration of windward source.

그림 3-2에서는 참조 case의 경우 본 연구의 결과와 Kastner과 Plate(1999)의 풍동실험 결과를 비교해 보기 위하여 협곡 벽면 상 하류 부근에서 형성되는 오염물 농도의 수직방향 변화를 나타낸 것이다. 수치해석 결과는 풍동실험 결과의 전체적인 변화 패턴을 잘 모의하는 것으로 나타났다.

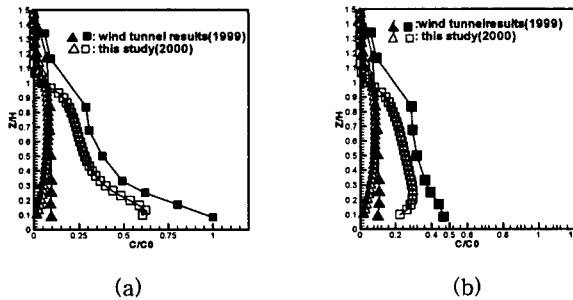


Fig.3-2 Comparison of experimental to simulated dimensionless concentration profile. (a) leeward source (b) windward source.

참고문헌

- Berkowicz, R.(1998) Street Scale Models in Urban Air Pollution, edited by Fenge, J, Hertel O., and Palmgren, F, Kluwer Academic Publishers, 223-252.
- Oke, T.R.(1988) Street Design and Urban Canopy Layer Climate, Energy and Buildings, 11, 103-113.
- Kastner-Klein, P. and Plate, E.J.(1999) Wind tunnel study of concentration fields in street canyons, *Atm. Env.*, 33, 3973-3979.
- Sini, J.F., Anquetin, S., Mestayer, P.G.(1996), Pollutant Dispersion and Thermal Effects in Urban Street Canyons, *Atm. Env.*, 30(15), 2659-2677.