

DR11) 부산광역시 도심지에서 Street Canyon Model을 이용한 NO₂ 농도의 수치 모의

A Numerical Simulation for NO₂ Concentration Using Street Canyon Model in Pusan Metropolitan City

장 난심 · 이 화운 · 김 유근
 부산대학교 대기과학과

1. 서론

대도시의 국소지역인 도심지 도로변 양측은 빌딩에 의해 둘러싸여 있어 canyon으로 비유되어 street canyon이라고 하며 도로에 관한 선행연구는 도로변에 관한 것과 street canyon에 관한 것 그리고 두 경우를 전부 포함하는 경우로 분류할 수 있다. 도로변에 있어서 자동차 배출가스의 확산 예측에 관한 연구는 가우시안형 해석해 모형이 가장 많고 그 외 비가우시안형 해석해 모형, 반경험식 모형, 수치해 모형으로 분류되고 있다.

본 연구는 1차 난류 종결 방법을 포함하는 Argonne National Laboratory Street Canyon모형(Lee et al., 1995)에 1.5차 난류 종결 방법을 삽입시킨 Street Canyon model을 이용하여 부산광역시 도심지 실제 지형과 기상장을 적용시켜 부산광역시 도심지 street canyon내에서의 유동장 및 농도장의 특성을 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 Street Canyon model의 지배 방정식

열적 효과를 고려하지 않은 2차원 유동에 대한 지배 방정식은 다음과 같다.
 운동량 방정식은

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho U) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho U U) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho W U) = - \frac{\partial P}{\partial x} - \rho \frac{\partial}{\partial x} \overline{uu} - \rho \frac{\partial}{\partial z} \overline{uw}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho W) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho U W) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho W W) = - \frac{\partial P}{\partial z} - \rho \frac{\partial}{\partial x} \overline{uw} - \rho \frac{\partial}{\partial z} \overline{ww}$$

질량 보존 방정식은

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho U) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho W) = 0$$

난류 운동 에너지(E) 및 소멸율(ε) 방정식은

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho E) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho U E) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho W E) \\ = - \rho \left\{ \overline{uu} \frac{\partial U}{\partial x} + \overline{uw} \frac{\partial U}{\partial z} + \overline{uw} \frac{\partial W}{\partial x} + \overline{ww} \frac{\partial W}{\partial z} \right\} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho \frac{\nu_t}{\sigma_E} \frac{\partial E}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho \frac{\nu_t}{\sigma_E} \frac{\partial E}{\partial z} \right) - \rho \epsilon \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho U \epsilon) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho W \epsilon) \\ = - C_{\epsilon_1} \frac{\rho \epsilon}{E} \left\{ \overline{uu} \frac{\partial U}{\partial x} + \overline{uw} \frac{\partial U}{\partial z} + \overline{uw} \frac{\partial W}{\partial x} + \overline{ww} \frac{\partial W}{\partial z} \right\} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho \frac{\nu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho \frac{\nu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \right) - \rho C_{\epsilon_2} \frac{\epsilon^2}{E} \end{aligned}$$

오염 물질의 수송 방정식은

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho C) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho UC) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho WC) = -\rho \frac{\partial}{\partial x} \overline{uc} - \rho \frac{\partial}{\partial z} \overline{wc} + S_0 + S_i$$

2.2 Street Canyon model의 초기 및 경계 조건

부산광역시의 도심지 주요 도로 중 street canyon형 도로로서 대청로, 영주로, 양정로, 연산로를 선정 하였고 초기 및 경계 조건은 다음과 같다.

대청로는 수평 방향과 연직 방향 격자수는 각각 83개와 100개이고 수평 방향 과 연직 방향 격자 간격 은 각각 1 m이며, 시간 간격은 0.2초로 설정하였다. 영주로는 수평 방향과 연직 방향 격자수는 각각 85 개와 100개, 양정로는 각각 47개와 100개, 연산로는 각각 81개와 100개였다. 나머지 조건은 대청로와 같 다. 건물 표면과 지면에서는 no-slip 경계 조건이 적용되고 유입류는 항상 일정하다고 가정된다.

3. Street Canyon model에 의한 결과

모형에 입력한 지형 자료는 표 1과 같다.

Table 1. Topography and wind speed data for Street Canyon model.

Site	Building Height(m)		Width(m)	Aspect Ratio (H/W)	Wind Speed(m/s)
	leeward	windward			
Daech'ong-Ro	30	27	14	2.14	3.56
Yongju-Ro	83	68	40	2.08	
Yangjong-Ro	15	15	28	0.54	
Yonsan-Ro	45	12	33	1.36	

지형 자료는 실측한 각 도로에서 Street Canyon model 수치모의를 위하여 현장 조사하여 구하였다. 각 도로에서 도로에 접한 빌딩의 길이가 가장 긴 빌딩을 각 도로의 대표적인 빌딩으로 지정하여 각 도 로의 입력 조건을 실측하였다. 대상 오염물질은 NO₂이고 Street canyon 지면에 각 도로의 차선수(부산 광역시, 1998)만큼 배출원 수를 설정하였다. 각 배출원에서의 매초당 배출률은 1998년 4월의 부산광역시 경찰청의 실시간 교통량 자료와 NO_x 배출 계수를 사용하여 NO₂ 배출량을 산정 한 뒤 각 도로의 차선 수로 나누어서 결정하였다.

4. 결론

Street Canyon model을 이용하여 NO₂ 농도 수치모의의 한 결과 양정로는 유선이 skimming flow를 보 였고 대청로의 농도가 가장 높게 나타났다. 난류운동에너지는 영주로가 가장 컸고 소멸률도 영주로가 가장 크게 나타났다.

참고 문헌

- 김재진 (1996) Urban Street Canyon에서의 유동과 오염 물질의 수송에 관한 수치 연구, 광주과학기술원 환경공학과 석사학위논문.
- 정상진 (1993) 수로장치 내에서 측정방법의 공동영역 주변의 확산에 관한 실험적 연구, 한국대기보전학 회지, 9(4), 295-302.
- Eskridge, R. E. and W. B. Petersen (1991) Turbulent dispersion behind vehicles : effect of traffic speed on pollutant concentration, JAWMA, 41, 312-317.
- Hoydysh, W. G. and W. F. Dabberdt (1988) Kinematics and dispersion characteristics of flows in asymmetric street canyons, Atmos. Environ., 22, 2677-2689.
- Johnson, G. T. and L. J. Hunter (1995) A numerical study of dispersion of passive scalars in city canyons, Boundary-Layer Meteorology, 75, 235-262.