1B3) 비대칭형 도시거리협곡에서의 자동차 대기오염물질의 확산 특성

Dispersion Characteristics of Vehicle Emission in Asymmetric Urban Street Canyons

박성규 · 김신도 · 이희관[1] · 황의현[2]
서울시립대학교 환경공학과, [1]인천대학교 토목환경시스템공학과, [2]경도대학 토목과

1. 서 론

도심 도로변의 대기질은 주변의 고층 건물로 인한 거리 협곡으로 인하여 가장 빈번하게 기준을 초과하고 있다. 도시거리협곡의 자동차에서 배출되는 대기오염물질은 운전자, 보행자, 도로변 작업자, 자동차 승객 등의 건강에 직접적으로 영향을 미칠 수 있다. 자동차 대기오염물질은 지표면에서 발생되기 때문에 거리협곡의 형태에 따라 확산 특성이 상이하게 나타나게 된다. 이에 자동차에서 배출되는 대기오염물질이 주변지역에 미치는 영향인자 등을 파악하여 대도시의 도시 및 교통계획시 도시거리협곡에 따른 대기오염 영향을 최소화 할 수 있는 인자 도출 등에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 대칭형 협곡(symmetric canyon)에 대한 선행 연구 결과를 토대로 비대칭형 협곡(asymmetric canyon)에 대한 풍동실험을 추가로 실시하여 비대칭 협곡일 때의 협곡 내부의 대기오염물질 확산 특성을 비교 · 분석하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 실제 현장의 특성을 파악하여 대칭형 협곡으로는 도로변이 고층 건물에 배치되어 있는 일반협곡(W/H=1.39)을 선정하였으며, 비대칭형 협곡으로는 도로변을 기준으로 한쪽은 고층 건물, 다른 한쪽은 저층 건물이 배치되어 있는 Step-up canyon과 Step-down canyon 지역을 선정하였으며, 이를 바탕으로 하여 1/500의 축소 모형을 각각 제작하였다. 이용된 풍동은 개방 토출형 환경풍동(wind tunnel)으로 형상부의 바람 재현은 경계층 상층부의 풍속 2 m/s를 기준으로 하였다. 이때 생성된 경계층의 높이는 24 cm이고, power-law에 대한 지수 값은 약 0.25로 도시지역의 중립상태에 해당되는 바람을 재현하도록 하였다(Park et al., 2004). 제작된 협곡모형을 순서에 따라 풍동내의 회전판에 설치/실험이 수행되었으며, CO 추적가스를 협곡 중심부에서 선상으로 발생시켜 움직이는 자동차로부터의 오염발생을 재현하였다.

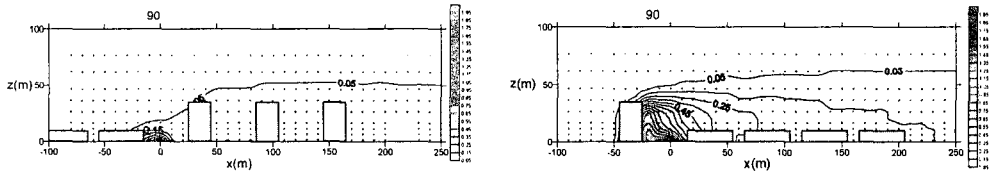
3. 결과 및 고찰

대칭형 보통협곡(W/H=1.39) 내의 대기오염물질 농도장 및 가시화와 수직농도 분포도를 살펴보면, 풍상 측에서 고농도가 뚜렷하게 형성되고, 발생원이 있는 첫 번째 협곡 내에서 양호하게 희석·확산됨을 나타내고 있다. 가시화 결과는 모형 지면에서 배출된 연기의 확산 특성을 파악하기 위하여 PIV를 이용하여 촬영하였다. 보통협곡에서 도로와 직각을 이루는 바람인 경우 협곡 내에는 완전한 큰 와류가 뚜렷하게 나타나고, 협곡 내의 풍상측 건물 쪽으로 와류가 형성 되는 풍상풍이 형성됨을 알 수 있다. 건물의 와류로 인하여 발생원 근처가 연기가 가장 짙게 나타나고, 건물높이에서부터 난류 희석이 되면서 연기의 농도가 옅게 나타남을 알 수 있다(Park et al., 2004). 협곡의 풍상측(leeward side)과 도로 중심(center), 풍하측(windward side) 지점에서의 수직 농도 분포도를 살펴보면, 전체적으로 협곡 내의 오염물질의 수직분포는 지수감소식을 나타내고 있다. 각 지점에서의 농도는 풍상측이 가장 높게 나타나고 있는데, 이는 협곡 상공의 외부 바람이 협곡 내부 아래로 몰리면서 오염물질을 정체시키는 것에 기인한다고 판단된다.

Fig. 1(a)과 Fig. 2는 협곡 형태가 대칭형이 아닌 비대칭형의 step-up canyon 일 때 바람각이 90°

즉, 도로축과 직각을 이루는 바람 일 때의 협곡 내의 농도분포 및 가시화와 수직농도 분포도를 나타낸 것이다. 풍상측의 건물이 낮고, 풍하측의 건물이 높을 때의 확산 분포로서 전체적으로 협곡 내에는 발생원에서만 고농도가 나타나고 그 외에는 저농도를 나타냈었다. 가시화 실험 결과와 풍상측과 도로 중심, 풍하측 지점에서의 수직 농도 분포도를 살펴보면, 풍상측이 건물이 낮은 step-up canyon에서는 낮은 쪽 건물높이 만큼 고농도가 분포하는 것으로 나타났다. 즉, 풍상측의 건물이 낮을수록 대기오염 확산에 유리하다고 판단된다.

Fig. 1(b)와 Fig. 3은 step-down canyon인 경우로서 대칭형 협곡과 같이 풍상측에서 고농도가 뚜렷하게 형성되고, 상대적으로 희석 · 확산이 양호하지 못한 것으로 나타났다. step-down canyon의 대기오염물질 확산 특성을 파악하기 위한 가시화 실험 결과 풍상측의 높은 건물에 의하여 협곡 내에 완전한 와류가 형성되는 것으로 나타났으며, 수직농도 분포에서 풍상측에서 고농도가 나타나는 대칭형 협곡과 유사한 농도 패턴을 나타내었다. 따라서, 비대칭형 협곡인 경우는 협곡 내의 농도는 풍상측 건물 높이가 중요한 영향인자인 것으로 판단된다.



(a) step-up canyon (b) step-down canyon

Fig. 1. Dispersion of vehicle emission at the asymmetric street canyon in wind tunnel test (Note : A perpendicular flow directed along the canyon axis).

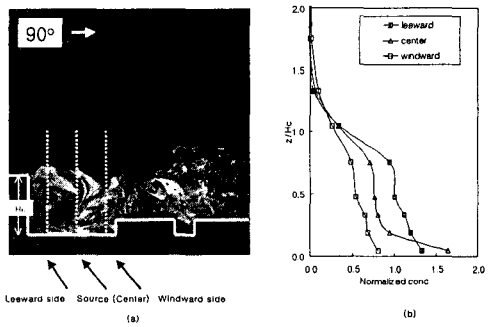


Fig. 2. Smoke visualized air flow (a) and vertical profile of contaminant concentration (b) in the asymmetric step-up street canyon.

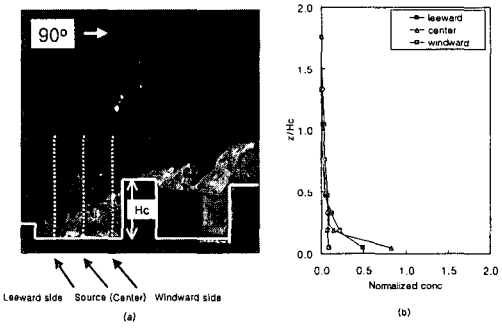


Fig. 3. Smoke visualized air flow (a) and vertical profile of contaminant concentration (b) in the asymmetric step-down street canyon.

참 고 문 헌

Assimakopoulos V.D., H.M. ApSimon , N. Moussiopoulos, 2003, A numerical study of atmospheric pollutant dispersion in different two-dimensional street canyon configurations, Atmospheric Environment 37, 4037-4049.

Park S.K., S.D. Kim, H.K. Lee, 2004, Dispersion characteristics of vehicle emission in an urban street canyon, Science of the Total Environment 323, pp.263~271.

Vardoulakis S., B.E.A. Fisher, K. Pericleous, 2003, Modeling air quality in street canyon : a review, Atmospheric Environment 37, 155-182.