

4B2) 도심 협곡 내의 자동차에서 발생된 대기오염물질의 확산 특성 Characteristics of Air Pollutant Dispersion from Vehicle Emission in the Street Canyons

박성규·김신도·이희관¹⁾

서울시립대학교 환경공학과, ¹⁾인천대학교 토목환경시스템공학과

1. 서론

대기질의 예측에는 여러 가지 물리적 또는 수치적 모델링 기술이 이용되고 있다. 최근 들어 급격한 컴퓨터의 발달과 더불어 수치모델을 이용한 예측 기술이 활발히 개발 이용되고 있다. 그러나 이러한 수치 모델링 기술은 대도시 특히, 높은 건물과 그들에 의해 형성된 도심 협곡을 고려하는 경우 현재의 수치 모델이 가지고 있는 여러 가지 가정에 의해 많은 어려움을 직면하고 있는 실정이다.

도시 전체 지역을 고려하는 도시규모 모델 (urban scale model)과 단일 도심 협곡 (urban street canyon)이나 몇 개의 도심 블록을 고려하는 국지 규모 모델 (local or micro scale model)로 구분하여 고려해야 한다. 도시규모의 확산 모델의 대부분은 도심 경계층 내에 놓여있는 빌딩과 다른 장애물을 정확하게 다루어지지 않고, 단지 거칠기 (roughness) 인자화로 처리된다. 빌딩은 와류 (vortex)와 다른 재순환 (recirculation) 등을 포함하여 대기의 흐름을 전적으로 바꿀 수 있기 때문에 도시 규모 모델은 도심 거리 협곡 내의 농도 양상을 정확하게 평가할 수 없다. 이러한 도심 협곡에서의 와류와 재순환 영역에서는 국지 고농도 영역이 유발되고, 결과적으로 도심 협곡에서는 대기질 기준을 가장 빈번하게 초과하는 지역으로 이 국지 규모 모델 (micro scale model)은 도시의 복잡한 공기 흐름과 국지 고농도 영역의 특성을 고려할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 이와 같은 수치 모델링 분야에서 쉽게 해결되지 않는 도심 내의 협곡에 위치한 도로상의 자동차로부터 발생된 대기오염물질의 확산 특성을 연구하였다. 이를 위해 환경 풍동을 이용하여 대표적인 도심 협곡을 분류하여 각각의 도심 협곡 특성과 도로와 풍향각 등에 따른 대기오염물질 확산 특성을 실험하였다.

2. 연구 방법

도심 거리 협곡 (urban street canyon)의 분류는 서울에서 대표적인 도시를 형성하고 있는 서초·강남구를 대상으로 하여 도로 폭과 도로변의 건물 높이에 따라 1 type ($W/H=2.38$), 2 type ($W/H=1.39$), 3 type ($W/H=0.64$)으로 구분하였다.

사용한 풍동은 전장이 17.46 m인 개방 토출형 환경 풍동 (wind tunnel)을 이용하였으며, 다점풍속계 (Kanomax, Japan)를 이용하였다. 본 풍동 실험에서 재현된 자연풍의 경계층 높이는 24 cm이고, power-law에 대한 지수 값은 약 0.25 정도로서 도심지역의 중립상태에 해당되는 바람을 잘 모사하도록 하였다. 실제 지형과 지물은 입체적으로 축적비 1:500으로 축소하여 기하학적으로 상사를 만족시킨 모형으로 풍동실험을 하였다. 도심 협곡 내의 유동의 가시화 및 특성을 분석하기 위하여 PIV system (Tsi, USA)을 사용하였다.

추적 가스 (trace gas)는 대표적인 자동차 배출가스 중 비반응성 물질인 일산화탄소 (CO , 4189ppm)를 사용하였다. 풍동 내에서 선오염원 발생 장치는 모형 도로면의 중앙선에 설치하여 발생원의 길이 (L_s) 1,000mm, 폭 (W_s) 4mm로 하였으며, 발생원 표면에 다공성 금속 박막 (metal filter)을 부착하여 지표면 바닥에서 좀더 양호하게 확산되도록 하였다. 농도의 측정은 비분산적외선법 (NDIR)을 이용하는 COX-2 (Sibata, Japan)를 이용하였으며, 도로와 바람각 (θ)에 따른 도심 협곡의 확산 특성을 파악하기 위하여 θ 는 0° , 45° , 90° 로 구분하였으며, 풍동에서의 재현 풍속은 접근 유속이 1%, 2%로 하였다. 또한, 측정된 농도는 무차원화 하여 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

표면 거칠기만을 설치 한 평탄지형 모형에서의 선오염원의 배출은 양호하였으며, 실험에 사용한 선오염원 배출장치는 각각의 협곡 형태에 따른 농도장 실험에 적합하다고 판단하였다. 또한, 확산 특성을 확인하기 위한 가시화 결과 전반적인 확산 특성은 유사하게 나타났지만, 상대적으로 풍속이 낮은 경우는 수직확산의 폭이 증가하고, 풍속이 높을 경우는 수직확산의 폭이 감소함을 확인하였으며, 정상적인 평가를 위하여 농도장을 측정하였다.

그림 1은 도로와 바람각 (θ)이 90° 일 때 협곡 형태에 따른 농도장 분포를 나타낸 것으로 W/H 값이 작을수록, 즉 협곡이 좁아질수록 협곡 내의 농도가 증가함을 알 수 있다. 도로와 바람각 (θ) 측면에서는 θ 값이 작을수록 협곡 내에 고농도가 나타나고, 주변지역으로의 확산 범위는 좁게 나타났으며, 이는 지상풍이 도로와 평행할수록 도로 주변의 건물이 계곡 효과 (valley effect)를 나타내어 대기오염물질이 도로 방향으로 흘러감을 알 수 있다. 또한, θ 가 클수록 협곡 내의 농도는 낮고 주변지역으로의 확산 범위는 넓게 나타남을 알 수 있다. 그림 2는 2 type의 도로와 바람각이 90° 일 때의 각 지점에서 수직 농도분포를 도시한 것으로 도심 협곡 내에서 지면부근과 leeward side에서 최고농도가 나타남을 알 수 있다.

참고 문헌

- 봉춘근, 김신도, 이희관 (2000) 풍동실험에서 상사조건이 실험결과에 미치는 영향에 관한 연구, 한국대기환경학회지 제 18권 제 6호, pp. 351~361.
- Joseph V. Spadaro, Ari Rabl (2001) Damage costs due to automotive air pollution and the influence of street canyons, Atmospheric Environment 35 4763~4775.
- Stern R., R.J. Yamartino (2001) Development and first evaluation of micro-calgrid: a 3-D, urban-canopy-scale photochemical model, Atmospheric Environment 35 Supplement, No. 1 S149~S165.

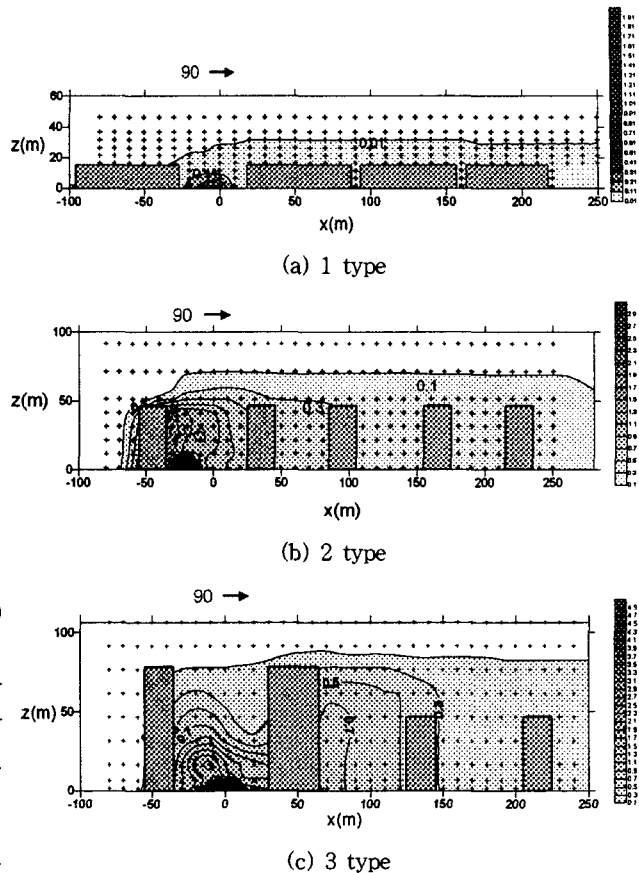


Fig. 1. Characteristics of line source dispersion a roadway-wind in the street canyons

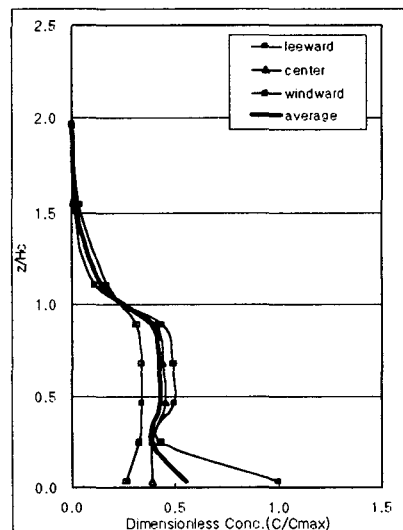


Fig. 2. Vertical profiles of pollutant concentration (type 2, $\theta=90^\circ$)