

PC8) 풍동을 이용한 지표 바람장 변화 특성에 관한 연구

Study on characteristic of variation wind profile at surface using wind tunnel

장 미 · 김정원 · 김신도
서울시립대학교 환경공학과

1. 서 론

우리의 생활 주변에는 자연적으로 배출되는 오염물질과 인간의 사회활동을 통해서 발생하는 인위적인 오염물질이 있다. 배출원에서 발생하는 오염물질은 배출조건이나 주변지역의 장애물, 또는 기상조건 등과 같은 많은 변수들 때문에 오염물질의 확산에 많은 영향을 받는다. 따라서 실제 대기 중의 복잡한 확산특성을 이해하기 위해서는 바람특성에 대한 보다 정확한 정보가 필요하다. 이러한 확산조건을 정확히 파악하기 위해서는 현장에서 장기간의 시간을 가지고 실측 데이터를 얻는 것이 가장 좋으나 이는 경제적 또는 실험적인 한계로 인해 불가능하다. 이러한 확산조건을 예측 설명할 수 있는 방법에는 수치해석(numerical analysis) 기법을 도입하는 수학 모델과 축소모형을 이용하여 실제에 가까운 현상을 시뮬레이션(simulation)하는 물리 모델이 있다. 특히 풍동실험은 실제 표면 경계층과 유사한 바람을 풍동내에 발생시켜 실험 모형(pattern)을 통과하게 하고, 그 주위의 유동장과 농도장을 측정함으로써 실제에 가장 가깝게 현상을 모사할 수 있는 장점이 있다. 즉 풍동실험은 실제 공기를 이용하고, 기하학적 상사에 의해 측정 대상지역을 풍동 내에 재현시키고 실험하기 때문에 많은 비용과 시간을 투입하지 않고도 실측 조사에 상응하는 정확하고 상세한 측정치를 얻을 수 있는 장점이 있다.

그러나 풍동실험에서는 무엇보다도 실험결과가 실제 자연풍 현상과 대응하고 있는가가 확인하는 것이 가장 중요하며, 모형과 실제 지형간의 기하학적 상사, 관성력과 점성력의 비를 나타내는 레이놀즈수 상사, 그리고 대기경계층을 모사하는 풍속 연직분포상사와 난류강도 상사, 이론값과 실험값의 최대 농도가 나타나는 지점의 일치 등을 통하여 축소모형의 조건을 실제 현상과 같게 조건을 모사한다. 본 연구에서는 해륙풍의 영향을 받는 대상지역의 건물 입주 전과 후의 바람장의 변화 특성을 알아보기 위하여 해당지역의 지형과 건물등을 고려하여 모형을 제작 후 바람장의 변화를 알아보기 위하여 풍동실험을 수행하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 이용된 풍동은 개방 토출형 환경풍동으로 전장이 17.46m이며, 수축부와 측정부의 수축면적비는 4 : 1 이다. 측정부의 길이는 6m이고, 단면은 폭 1.7m x 높이 1.3m 이다. 풍동내의 풍속변화를 조절하기 위해 확대부에 2개, Setting Chamber에 4개의 스크린이 설치되어 있다. Setting Chamber 시작부에는 Honeycomb을 설치하여 바람의 균질화를 유도하였다. 측정부에는 축소모형을 제작, 설치하도록 직경 1.6m 의 원판이 설치되어 있으며, 풍향에 따른 실험이 가능하도록 360°회전할 수 있도록 하였다. 그림 1 에 풍동의 체원을 나타내었다. 풍동에서의 풍속 조절은 invert 에 의해 출력 주파수를 조절함으로써, 송풍기의 회전수를 조절하여 원하는 풍속을 만들 수 있도록 되어있다. 그림 2는 실험에 사용된 바람장(wind profile)을 나타낸 것이다. 기존 연구자들에 의하면 실제 건물의 경우 N_{Re} 는 $10^7 \sim 10^8$ 의 영역에 있지만, 축소모형을 사용한 풍동실험의 경우에는 $10^4 \sim 10^5$ 사이의 영역에서 흐름의 상태가 실제와 같은 형상으로 지속적으로 유지하는 것으로 보고하고 있다. 따라서 본 연구에서는 레이놀즈 값을 3.2×10^5 으로 실험을 수행하였다. 풍동실험에서 평균 풍속에 대한 수직분포는 평가 대상지역에 대한 대기 경계층에서의 수직분포와 동일하여야 하기 때문에 이에 대한 상사는 풍속지수 p값을 이용하여 상사하였다. 본 연구의 대상지역은 도시와 시골의 중간지역으로 풍동에서 재현한 풍속지수 p값은 0.2로 하였으며, 난류강도는 0.17로 하였다.

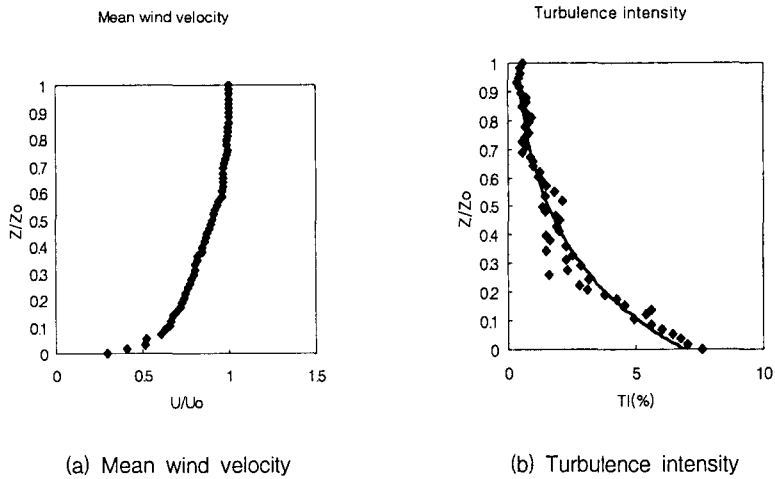


Fig. 1. Vertical profiles of wind velocity and turbulence intensity approaching flows in wind tunnel

본 연구에서는 풍동내의 안정도 등급을 확인하기 위해 풍동내에 모형굴뚝을 설치하고 풍하거리에 따른 수평 농도분포를 측정하였다. 배출원으로부터 추적가스(tracer gas)를 배출시키면서 풍하방향 거리 100, 400, 800, 1200, 1600mm 지점에서 매 20mm마다 수평방향으로 가스의 농도를 측정하였다. 풍속과 유량은 1m/s 일 때 0.3 l/min, 1.5m/s 일 때 0.45 l/min 두 가지 경우를 실험하였으며, 두 실험의 결과 1.5m/s, 0.45 l/min 일 때 대기안정도 등급 C-D등급에 속함을 알 수 있었으며, 이 실험값으로 본 연구를 수행하였다.

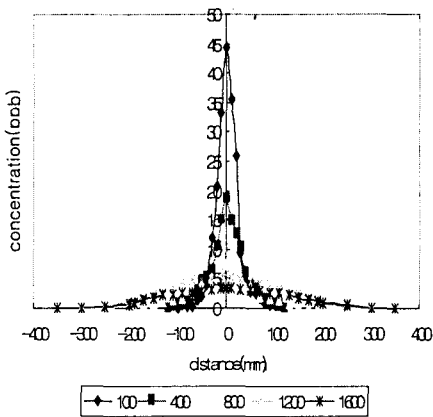


Fig. 2. Normalized Concentration field

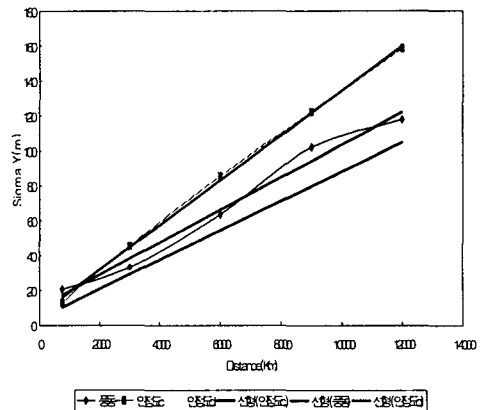


Fig. 3. Horizontal Dispersion Coefficients

이 지역은 해륙풍의 영향을 받는 지역으로 S공단과, B공단에 배출되는 배출량을 모사하기 위하여 배출원을 위치시키고, 공단에서 발생하는 오염물질이 확산과 바람에 의해 미치는 영향을 살펴보았다. 즉, S공단에서 바람이 부는 경우의 풍향과(W), 산지지형에서 부는 바람(NW), B공단에서 바람이 부는 풍향(SW, S)만을 고려하여 1 : 1,000의 모형을 제작하여 모형실험을 행하였다. 본 연구는 건물이 세워지기 전과 세워진 후를 구분하여 24개의 측정점을 선정하여 바람장(wind profile)과 풍속측정 실험을 수행하였다.



(a) Not Exist Building



(b) Stand Building

Fig. 4. Photograph of constructed Model

3. 결과 및 고찰

본 연구는 모두 네 풍향(NW, W, SW, S)으로 실험을 수행하였으며, 건축 전과 건축 후의 바람장의 변화특성에 대하여 알아보았다. 건축 후의 실험결과 건축 전에 비해서 풍향의 변화가 크게 나타났다. 북서풍의 바람이 불 경우 고층의 건물과, 건물의 형태, 북서쪽에 위치한 산지지형에 의해서 바람의 정체가 일어나거나 풍향이 바뀌는 것을 알 수 있었다. 서풍에서 바람이 불어올 경우 북쪽, 남쪽, 서쪽의 산지지형의 영향으로 바람이 통과하지 못하고 정체되어 와류가 발생하는 것으로 나타났다. 특히 3지점에서는 유입풍향에 대해서 90°이상의 풍향각의 차이를 나타내었다. 오염이 발생했을 때 가장 큰 문제가 되는 지역은 남풍과 남서풍으로 측정되었다. 남서풍의 경우, 서풍과 마찬가지로 주변의 산지지형으로 인하여 바람이 확산되지 못하는 것으로 나타났으며, 유입풍향과 90°의 차이를 나타내는 풍향이 1지점으로 나타났다. 남풍의 풍향에서는 산지지형과, 고층의 건물, 건물의 형태에 의해서 풍향의 변화가 나타났으며, 특히 유입풍향과 90°이상의 차이를 나타내는 풍향이 무려 4지점에서 측정되었다.

풍속은 건축 전과 건축 후의 풍속을 측정하여 그 비율로 나타내었으며, 1보다 작은 값일수록 풍속이 건축 전에 비해서 낮아지는 지역으로 바람이 정체되어 확산되지 못하는 것을 알 수 있다. 이 곳에 오염이 발생하였을 경우 낮은 풍속으로 인하여 오염문제를 야기할 가능성이 높은 것으로 나타났다.

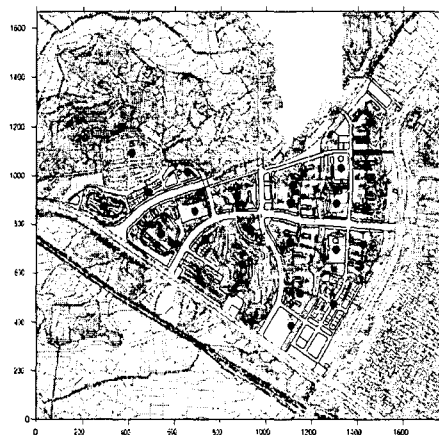
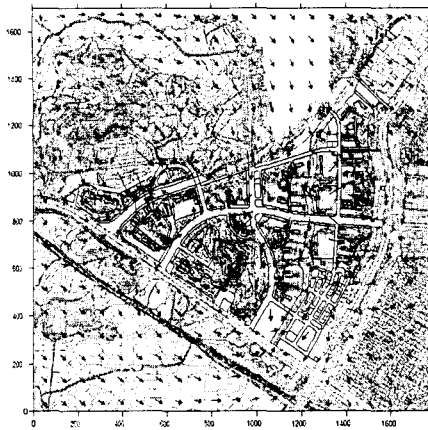
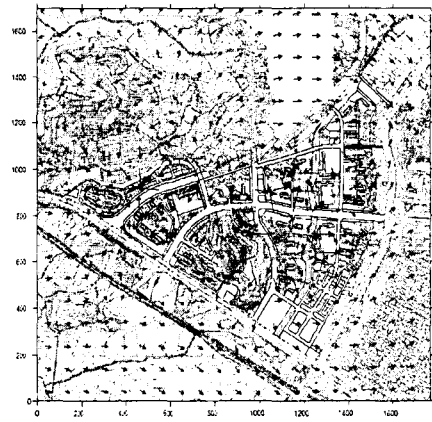


Fig. 5. Sampling points

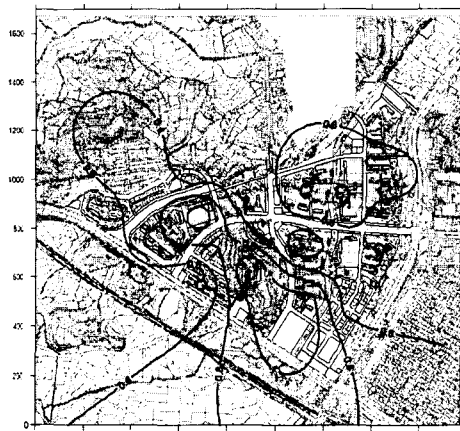


(a) NW : Not Exist Building

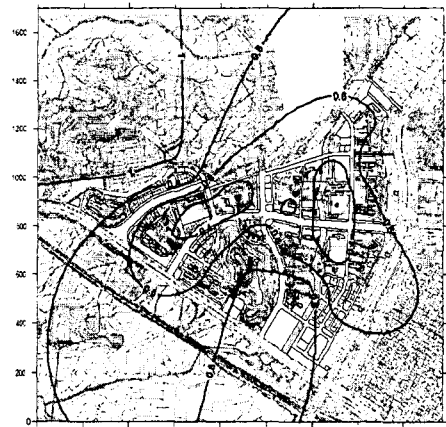


(b) NW : Stand Building

Fig. 6. Wind field of model at NW



(a) NW



(b) W

Fig. 7. u/u_0 ratio stream line of model

참고 문헌

- Henry W. Tieleman (1990) Wind Tunnel Simulation of the Turbulence in the Surface Layer, *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 36 1309-1318
- Kim, S. D., D. S. Kim, H. K. Kim, and Y. J. DO, 1992, A Study on the Distributions of Fugitive Coal-dust Using a Wind Tunnel, *J. of KSEE*, Vol. 14, 169~176.
- 풍공학연구소 편 (1996) 빌딩풍의 지식, 일광
- 봉춘근(2000) 풍동을 이용한 건물 후류에서의 오염물질 분산에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위논문