

A Similarity of Emission Condition for Diffusion Test in Wind Tunnel

불 춘 근 · 안 기 석 · 김 신 도

서울시립대학교 환경공학과

1. 서 론

굴뚝 및 다른 배출원으로부터 배출된 오염물질의 주변의 지형적 조건 및 기상적 조건에 따라 어떻게 이동해 가는지를 파악하는 것은 수용점에서의 영향을 최소화 하는 대안을 마련할 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 보통 어떠한 배출원이 건설되기 전에 이에 대한 영향을 검토하게 되는데, 검토방법으로는 기존에 개발되어 있는 수치모델링을 이용하는 방법과 평가대상 지역에 대하여 축소모형을 제작하고 상사 기준에 맞추어 풍동내에서 실험을 하는 방법이 있다. 풍동실험을 위해서는 주변의 지형을 정확하게 축소해야 하는 기하학적 상사와 운동학적 상사 그리고 역학적 상사를 일치시키는 조건이 충족되어야 한다. 또한 흐름에 대한 상사조건이 만족되었을 경우에는 배출되는 상황에 대한 상사도 반드시 고려된 후 실험을 실시하여야 만이 신뢰성 있는 평가 결과를 얻을 수 있다. 배출에 관한 조건을 상사시키기 위해 사용되는 방법으로는 여러 가지가 있는데, 최근에 가장 많이 사용되는 것으로는 배출원에서의 조건과 실험조건에 관하여 프루드 수(N_{Fr} , Froude Number) 조건의 일치율을 가장 많이 사용하고 있다. 그러나 N_{Fr} 를 만족하였다 할 지라도 풍동내에 재현시킬 수 있는 풍속이 제약받기 때문에, 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해서는 풍동내에서의 확산장에 대한 예비실험을 실시하여야 할 것이다. 본 연구에서는 소형 풍동내에서의 확산장 실험을 위해 필요한 상사조건을 고려한 후, 가장 적절한 실험조건을 도출하고, 소형 풍동내에서의 확산장 실험의 적합성 여부를 판단하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구는 소형 풍동(L6.0m×W0.3m×H0.3m)에서의 확산 실험을 위한 배출조건의 상사를 검토하기 위한 실험으로써, 풍속, 토출속도, 프루드 수, 레이놀즈 수 등의 실험조건은 표1에 나타난 바와 같다. 풍동내에 설치한 굴뚝의 높이(H_s)는 5cm였으며, 굴뚝으로부터 4 H_s , 8 H_s , 12 H_s , 16 H_s , 20 H_s , 24 H_s 떨어진 지점에서 수직 농도분포를 측정하였다. 또한 PIV 시스템을 이용하여 굴뚝으로부터 배출된 연기가 확산하는 과정을 촬영하여, 확산을 가시화하였다.

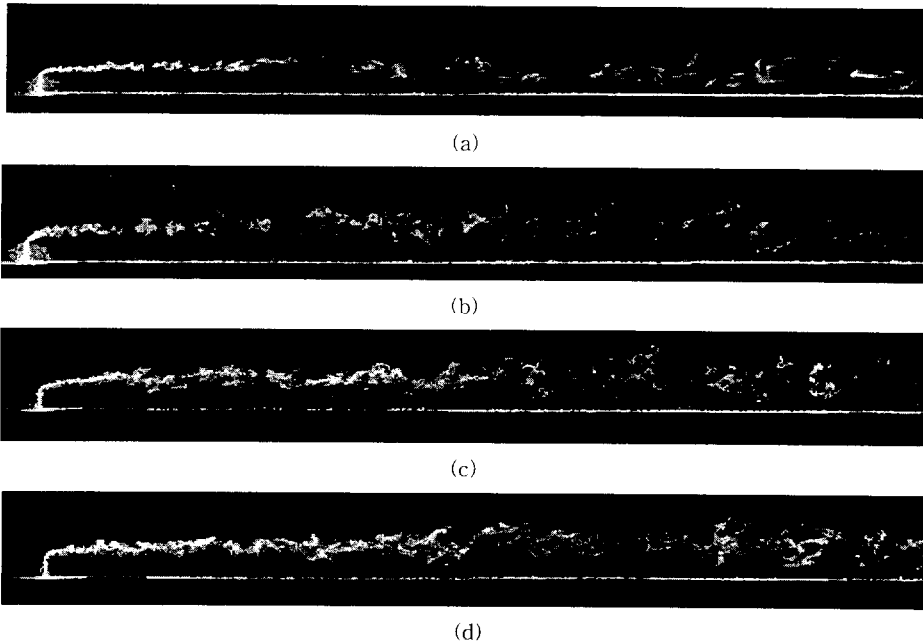
Table 1. Experimental condition for similarity test

구분	U_s (m/s)	V_s (m/s)	V_s/U_R	D_m (mm)	Fr	Re	유량 (lpm)	비 고
Actual 1	8.40	25.20	3	1000	2.68	1.2×10^7	1,186,920	
Exp.1	0.40	1.20	3	2.30	2.68	1.3×10^3	0.299	Fr _d 를 정확하게 상사
Exp.2	0.80	2.40	3	2.30	28.39	2.7×10^3	0.598	풍속과 토출속도 비(3배)
Exp.3	1.20	3.60	3	2.30	63.89	4.0×10^3	0.897	
Exp.4	1.60	4.80	3	2.30	113.58	5.3×10^3	1.196	
Exp.5	1.20	1.20	1	2.30	63.89	4.0×10^3	0.299	풍속과 토출속도 비 (1배)
Exp.6	0.80	8.00	10	2.30	28.39	2.7×10^3	1.993	풍속과 토출속도 비(10배)
Exp.7	0.47	1.40	3	3.10	2.68	1.6×10^3	0.635	굴뚝직경의 변화
Exp.8	0.52	1.56	3	3.85	2.68	1.7×10^3	1.092	
Actual 2	10.96	25.20	2.3	1000	3.50	6.1×10^6	1,186,920	보완 실험
Exp.9	0.81	1.87	2.3	5.50	3.50	2.7×10^3	2.663	
Exp.10	1.62	3.73	2.3	5.50	48.69	5.4×10^3	5.309	

3. 결과 및 고찰

실험 가시화 결과를 그림 1로 나타냈다. 표 1에서 Exp. 1 ~ Exp. 8의 실험결과 전체적인 확산경향은 Exp. 2 ~ Exp. 4에서 매우 유사한 결과를 얻을 수 있었으며, Exp. 5는 배출원 가까운 영역에서 고농도로 검출되었으며, Exp. 6은 전반적으로 농도가 낮게 검출되는 특성을 보였다. Exp. 5와 Exp. 6은 배출속도와 풍속의 비가 달라 이로 인한 영향으로 생각되며, Exp. 7과 Exp. 8은 Exp. 1과 유사한 경향을 나타내었다. Exp. 9와 Exp. 10은 풍속을 0.8m/s 이상으로 하고, 푸르드 수에 정확하게 상사한 경우와 토출속도와 풍속의 비만을 일치시킨 것으로써, 풍속이 높은 경우에는 토출속도와 풍속의 비를 일치시킬 경우 농도분포는 유사함을 알 수 있었다.

이 결과로부터 본 실험에 사용된 풍동에서는, 배출원 높이 5 cm를 기준으로 한 풍속 조건이 0.8m/s 이상이고, 풍속과 배출속도의 비가 동일할 경우 확산형태가 매우 유사하게 나타남을 알 수 있었다. 가시화를 통한 실험에서도 풍속이 0.4 m/s에서는 뒤로 갈수록 연기가 정상적으로 확산되지 않고 연기의 중심축이 가라앉는 경향을 보였으며, 풍속 0.8m/s 이상에서는 전반적인 확산분포가 유사함을 알 수 있었다.



(a)0.4 m/s (b)0.8 m/s (c)1.2 m/s (d)1.6 m/s
Fig. 1 Visualization of plume diffusion in wind tunnel.

참 고 문 헌

- W. H. Snyder(1981) Guideline for fluid modeling of atmospheric diffusion, Environmental Sciences Research Laboratory EPA-600/8-81-009
- Akashi Mochida et al(1994) The similarity requirement for wind tunnel model studies of gas diffusion, J. of Wind Engineering, pp23 - 28
- R. Zegadi et al(1994) Effect of a two-dimensional low hill in a thermally neutral and stably stratified turbulent boundary layer, Atmospheric Environment, Vol. 28, No. 11, pp. 1871 -1878
- Nijs Jan Duijm(1996) Dispersion over complex terrain: wind-tunnel modeling and analysis techniques, Atmospheric Environment, Vol. 30, No. 16, pp. 2839 -2852