

Wind Tunnel Study on Dispersion of Pollutants
from Poryong Power Plant

결남호, 김영성[†], 김영배[‡]

한국에너지기술연구소, [†]한국과학기술연구원, [‡]한전전력연구원

I. 서론

보령 화력 발전소로부터 배출된 오염물질이 산지지형인 주변지역을 따라 이동할 때의 확산 특성을 밝히기 위해 물리적 모델링(Physical Modeling)중의 하나인 풍동실험을 수행하였다. 보령화력 발전소 배가스의 대기확산에 관해 8방위를 고려해 보면 N, NW, W, SW, S 방향으로서는 거의 평탄한 지역(Flat Terrain)이므로 수학적 모델링으로 충분히 예측이 가능하다. 나머지 3방위, 즉 SE, E, NE으로의 지형은 구릉지대로서 복잡지형(Complex Terrain)에 속하므로 수학적 모델링으로는 예측하기가 어려운 지역이며, 이러한 복잡지형에서의 확산에 대해서는 물리적 모델링이 적합하다 (Schulze, 1990; Snyder, 1981). 당 연구에서는 풍동내에 중립상태의 두꺼운 경계층을 생성시키고 축소 지형모델을 사용하여 전술한 세 방향의 풍향에서 지표면의 농도분포를 측정하여 복잡지형에서의 확산을 예측하였다.

II. 실험 장치 및 방법

본 실험에서 사용된 풍동은 Suction Type, 경계층 풍동으로 수축면적비(Contraction Area Ratio)가 3:1이다. 풍동 시험부 단면의 크기는 1.2m X 1.2m, 길이는 6.0m 이며 길이는 더 확장이 가능하다. 추적자로는 일산화탄소 99.9%를 사용하였고 축소모델상의 6개의 연들로 가스가 균등하게 분배되도록 직경 150 mm, 높이 200 mm의 가스 분배기를 제작하였다. 분배기의 각 토출구에는 Needle Valve를 설치하여 유량을 조절할 수 있도록 하였다. 풍동내에 두꺼운 경계층을 발생시키기 위해 Fence와 삼각형 Spire의 조합을 사용하였으며 도포면을 통과한 유동은 풍동시험부 즉, 축소모델 직전에서 두께 220mm, 지수 1/7의 Power law 유속분포를 가지는 경계층을 형성하였다. 보령화력 주변지역의 복잡지형 모델은 풍동의 크기를 고려하여 Rossby number의 영향이 없도록 오염원으로부터 5km 지역을 주대상으로 하고 축척은 1/3,500로 선정하였다. 농도측정점의 간격은 50mm로서 실제로는 175m에 해당되었다. 대기경계층의 유속측정은 열선풍속계(Hot Wire Anemometer)를 사용하였으며 일산화탄소 가스분석은 Thermo Environmental Instruments의 Model 48을 사용하였다.

III. 실험결과 및 토의

풍동 경계층내의 난류확산 특성을 알기 위해 먼저 지형지물이 없는 평판에서의 확산을 조사하였다. 연돌출구의 유속이 5.26 m/s일 때와 8.77 m/s일 때를 실험하여 현장 규모로 확대한 후 ISC (Industrial Source Complex) 계산과 비교한 결과 중립조건에서의 실험임에도 풍동실험의 확산특성은 대체로 Pasquill Category B와 C의 중간정도에 해당되었다.

복서풍이 불 때 6개의 발전소 연돌중 3개의 연돌에서만 오염물질이 배출될 때 실제 지형 조건에서의 농도 분포는 평지 확산과 비교하여 확산범위가 넓고 오염농도의 최대점이 여러곳에서 나타났다. 6개 발전소에서 모두 가스를 배출했을 때 오염농도는 3개의 경우보다 1.5 내지 2배가량 높는데 비해 Plume의 폭은 그다지 넓지 않았다. 좌표의 원점을 가장 동쪽에 있는 연돌의 위치로 설정하면 3개 연돌 경우나 6개 연돌 경우나 오염농도가 크게 높아지는 지점의 (X, Y) 좌표는¹⁾ A (1.4, -0.5), B (2.5, -0.75), C (3.2, -0.5) 등이었다. 연돌에서 상당히 가까운 지역에서도 오염농도가 높아지고 있는데 이 현상은 풍동 실험의 Plume 배출유속이 너무 낮아서 발생한 Stack Downwash나, 후류쪽의 건물에 의한 Downwash

1) 실제 지형내 좌표로 단위는 km.

때문으로 추정되었다. A지점은 바람부는 방향에서 만나는 첫번째 구룡지역, B지점은 "조금닐" 근처 그리고 C지점은 "송학저수지"의 해변쪽 부근이다. 농도는 A지점과 B지점 사이가 C지점 부근보다 높았다.

서풍이 불 때 지형은 발전소 연둠에서 바람부는 방향으로 점점 깊어지는 계곡의 형상을 지니고 있으며 북서풍이 불 때 수직으로 가로막던 우상단의 산맥이 여기에서는 45° 각도로 비스듬히 Pocket과 같은 형태를 이루고 있다. 전체적 확산양상은 연둠이 3개인 경우나 6개인 경우가 대동소이하지만 북서풍 조건과 비교하면 전혀 다른 확산특성을 보였다. 연둠에서 가장 가까운 고농도 지점은 연둠과 1 km 정도 떨어진 D (1.0~1.4, -0.2) 지점으로 북서풍 때보다 2배 가량 높았다. 이러한 현상은 서풍이 불 때에도 실험상 Stack Downwash는 불가피하지만 풍하류쪽에 건물이 없어서 건물에 의한 Downwash의 영향이 없기 때문인 것으로 생각되었다. 그외의 고농도지점은 E (2.57, 0.2~-0.5), F (3.4~3.8, -1.4) 지점이었으며, D지점은 오염원 풍하류에 처음으로 만나는 해발 100m 정도의 구룡지역, E지역은 수정동 마을 부근, F지역은 전술한 Pocket과 같은 지역이다. 등농도 곡선을 살펴보면 Plume이 풍하류쪽으로 진행하다가 계곡을 따라 북쪽으로 휘어가며 우하단쪽에 비스듬히 가로막은 산맥쪽의 오염농도가 상대적으로 높은 경향을 보였다.

IV. 결론

보령화력발전소의 주변지역을 축척 3,500:1로 축소모델화하여 풍동에 의한 물리적 모델링을 수행하였다. 축소모델은 그 지역의 주풍향인 북서풍과 서풍에 대해 각각 제작하였고 추적자로는 일산화탄소를 사용하여, 기존의 3개 연둠에서 추적자가스를 방출할 때와 장차 가동예정인 연둠을 포함한 6개 연둠에서 추적자가스를 방출할 때 모델내 확산특성을 실험하였다. 풍동내 경계층의 평지 확산특성은 대기 안정도가 Pasquill Category B와 C의 중간정도에 해당되며 ISC 모델과 비교적 잘 일치하였다.

복잡지형의 확산양상은 평지확산과 달리 대체로 확산 폭이 크고 고농도 지점이 여러 곳에 나타나고 있었다. 확산되어 가는 방향에 지형지물의 존재여부 및 형태에 따라 유동특성의 변화로 인해 확산양상이 크게 바뀌었다. 북서풍이 불 때 고농도 지점은 발전소의 가장 동쪽에 있는 연둠을 원점으로 하고 바람이 불어가는 방향을 X 좌표로 할 때 A (1.4, -0.5), B (2.5, -0.75), C (3.2, -0.5) 등이 대표적이며 서풍일 때 고농도 지점은 D (1.0~1.4, -0.2), E (2.57, -0.2~-0.5), F (3.4~3.8, -1.4) 등이 현저하였다.

참고문헌

- Briggs, G. A. (1972) Discussion of Chimney Plumes In Neutral and Stable Surroundings, *Atmos. Environ.*, 6, 507-510.
- Cermak, J. E. (1971) Laboratory Simulation of the Atmospheric Boundary Layer, *AIAA J.*, 9, 1746-1754.
- Cermak, J. E. (1975) Applications of Fluid Mechanics to Wind Engineering. A Freeman Scholar Lecture, *J. Fluids Engr.*, 97, 9-38.
- Counihan, J. (1969) An Improved Method of Simulating an Atmospheric Boundary Layer in a Wind Tunnel, *Atmos. Environ.*, 3, 197-214.
- Schulze, R. H. (1990) Practical Guide to Atmospheric Dispersion Modeling, Trinity Consultants, Dallas, TX.
- Snyder, W. H. (1981) Guideline for Fluid Modeling of Atmospheric Diffusion, EPA-600/8-81-009, Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.