

## PC6) 대기확산에서 CFD 활용연구(I)

### Application CFD in the Atmospheric Dispersion(I)

최 대 련 · 구 윤 서

안양대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

현재 우리나라는 대기 환경 평가를 위하여 미국 EPA에서 권장하는 ISC, AERMOD, CALPUFF 모델 등을 사용하고 있다. 이러한 모델들은 주어진 영역의 오염물질 이동 및 확산을 표현하지만 도시와 건물들에 의한 영향을 세부적으로 반영을 하지 못하고 있다. 따라서 세부적인 도시지역의 오염물질 확산 및 바람의 흐름을 평가하기 위한 전산유체역학(computational fluid dynamics, CFD) 모형이 현재 많이 사용되고 있다. 보통 CFD는 기계공학 분야에서 주로 사용되고 보급화 되었지만 현재 들어서는 유체가 흐르는 모든 분야에서 적용되고 있고, 대기 환경 분야에도 많은 연구가 진행되어 왔다.

세부적인 건물의 영향에 대한 지난 몇 년간 연구로서, 도시 도로 협곡 등의 확산 흐름에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 건물의 외관비(aspect ratio)의 차이를 이용하여 건물 후면의 흐름체계를 분류하는 실험(Baik and Kim, 2005), 3차원 비대칭 건물을 이용하여 오염물질의 확산을 비교한 실험(Park and Baik, 2007) 등 연구가 수행되어 왔다.

대기 환경을 정확히 모사하기 위해서 가장 고려되어야 할 부분은 난류 조건에 대한 해석이다. 지난 연구들 중 난류 해석은 standard k- $\epsilon$  model, RNG(Renormalization-group) k- $\epsilon$  model을 주로 사용하였다(Baik and Kim, 2005). 이들 연구 중 RNG k- $\epsilon$  모델보다 난류흐름 특성과 난류에 의한 분산 패턴을 한 단계 더 높은 차원에서 조사하기 위하여 LES(Large Eddy Simulation)모형을 이용할 필요성을 고찰하였다(Park and Baik, 2007). 그러나 LES 모형을 이용하게 된다면 난류 흐름의 계산에 대한 정확도는 높아지겠지만 계산시간과 control volume이 확대되어질 경우 계산의 어려움이 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 FLUENT user's guide에 소개된 streamline curvature, swirl, rotation, and rapid changes in strain rate의 모사가 one equation, two equation turbulent model 보다 우수한 특징을 가지고 있는 RANS(Reynolds-averaged Navier-Stokes) 모델의 한 종류인 RSM(Reynolds Stress Model)을 사용하여 기존의 RNG k- $\epsilon$  모델을 사용한 수치연구결과(Baik and Kim, 2005) 중 빌딩 뒤에 재순환 영역(reattachment point)을 비교하여 대기 환경에 RSM 모델을 적용 가능성을 평가 하였다.

#### 2. 연구 방법

실험 설계는 Baik and Kim(2005)와 동일하게 하였다. 건물 높이(H=20m)와 건물 길이(L=20m)로 일정하고 건물 폭(W)가 다른 3가지 경우(W/H=1,2,3)를 고려하였다. 격자 간격은 그림 1에 나타내었다. 모형의 계산 영역 크기는 x와 z방향은 각각 240m, 60m이고, y방향은 W/H=1일 때 100m이며 W/H에 따라 20씩 증가한다. 모델의 조건은 표 2에 나타나있다. 모델은 steady state 상태에서 수행하였고, Turbulent model은 RSM 모형을 사용하며, Standard wall function보다 near wall에서 정확도가 높은 Enhance wall treatment를 사용하였다. 각 profile은 Baik and Kim(2005)과 같은 조건으로 프로그래밍 하였다.

Table 1. Method of modeling.

모델 항목	모델 조건
Algorithm	SIMPLE(Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equation)
Time	Steady state
Turbulent Model	Reynolds Stress Model
Wall function	Enhanced wall treatment
Boundary condition profiles	logarithmic profile of x_velocity, kinetic energy, dissipation rate.

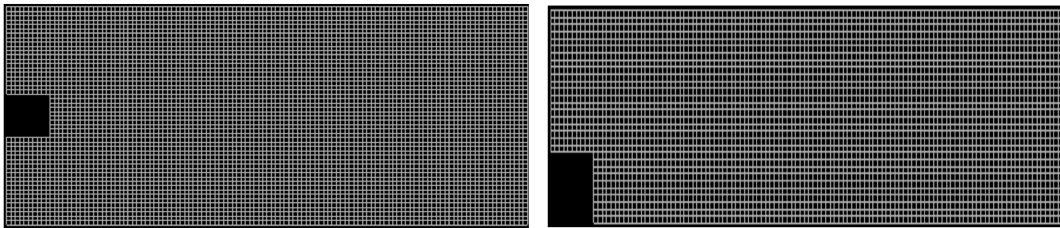


Fig. 1. Top view(left) and side view(right) of the computational domain and grid system(W/H=1).

### 3. 결과 및 고찰

표 2는 RNG  $k-\epsilon$  모델과 RSM의 수치모의 결과 중 Reattachment point를 비교하였다. RNG  $k-\epsilon$  model 과 RSM 모델은 CASE 1에서 Reattachment point가 각각 1.5H, 1.35H로 나타났다(그림 2). 이는 이전에 수행된 많은 풍동 실험과 큰 에디 모사 수치 실험 결과에 따르면 입방체 장애물 후면에서 형성 되는 재순환 지역의 크기는 장애물 높이(L/H=1)의 약 1.2~1.45배 정도(Tutar and Oguz, 2002; Murakami, 1997)의 범위에 해당하므로 CASE 1은 두 모델 다 정확도가 높다.

하지만 건물의 폭이 넓어지면서 Reattachment point 차이가 나타났다. 현재 건물 폭의 변화에 따른 풍동실험의 결과 연구가 존재하지 않으므로 직접적인 비교는 불가하나 RNG  $k-\epsilon$  model보다 RSM 이 상대적으로 건물 뒤에 흐름현상을 과소평가하고 있다고 판단된다. 향후 RSM을 대기 환경 분야에 적용 하기 위해서는 풍동실험 데이터 확보 또는 현재 도시지역을 포함하는 지형을 유사하게 모사하여 측정 데이터와 비교하여 정확도를 평가하는 방법이 필요할 것이다.

Table 2. Comparison of the Reattachment point on each turbulent model.

CASE \ Turbulent Model	RNG $k-\epsilon$ model (Baik and Kim,2005)	RSM
CASE1(W/H=1)	1.5H(m)	1.35H(m)
CASE2(W/H=2)	2.7H(m)	2.1H(m)
CASE3(W/H=3)	3.5H(m)	3H(m)

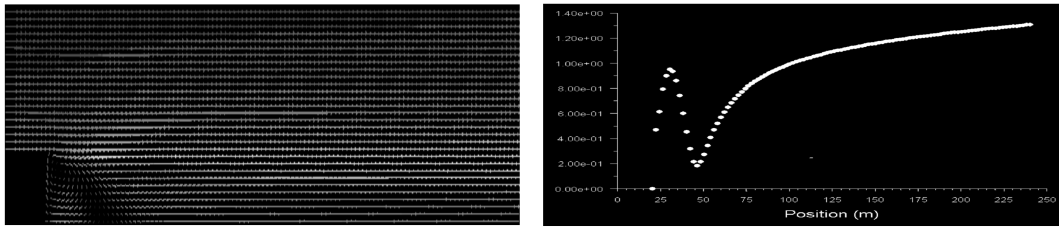


Fig. 2. Wind vector fields at  $y=50$ (left) and velocity profile with downwind distance from the building position(right) in the case of  $W/H=1$ (CASE1).

### 참 고 문 헌

- 김재진, 백종진 (2005) CFD 모형을 이용한 도시 도로 협곡에서의 흐름 체계 분류.  
 박승부, 백종진 (2007) CFD 모형을 이용한 3차원 비대칭 도로 협곡에서의 흐름 및 오염물질 분산연구.  
 Tutar, M. and G. Oguz (2002) Large eddy simulation of wind flow around parallel buildings with varying configurations.