

## 계산 유체역학 모델을 사용한 빌딩 주변의 유체 흐름 및 확산에 관한 수치실험

류 찬 수

조선대학교 지구과학과

### 1. 서론

군 및 산업체 관련 가스 방출 사고에 대한 해석을 위해 복잡한 계산 모델이 사용되는 경우가 증가하고 있다. 이들 중 대표적인 예가 빌딩 주변에서의 독성 가스 확산에 관한 연구이다 (project EMU) [1]. 빌딩 주변에서의 유체 흐름 및 확산에 관한 연구는 수년 동안 진행되어 왔으며, 특히 wind engineering 및 환경오염 분야에서 그러하다. 경사가 급한 장애물 주변에서의 유체 흐름 특성에 관한 상세한 연구가 1980년대에 행해졌다 [2]. 그러한 연구들은 실험에 기초하여 행해졌다. 여러 관점에서 볼 때 그러한 연구들은 정성적이었다.

슈퍼컴의 등장은 유체 연구에 있어서 1980년대의 연구 경향과는 완전히 다른 방법이 등장할 수 있음을 시사했다. 그 첫 번째 단계로서, 2차원 지배방정식[3], 또는 3차원 지배방정식 [4, 5]의 해를 슈퍼컴으로 직접 구하는 것이다. 3차원 CFD 기법은 지형이나 빌딩 같은 장애물 주변에서의 실제적인 유체 흐름 시뮬레이션을 가능하게 한다. 비록 CFD 모델을 이용한 확산 시뮬레이션의 수요가 증가하고 있지만, 그 정확성에 대한 검증은 아직 잘 이루어져 있지 않다.

본 연구에서는 3차원 확산 시뮬레이션에서의 CFD모델의 정확성을 검증하였다. 이를 위해 2가지 경우의 시뮬레이션을 행하였다. Case I은 유체 점성 효과를 고려하지 않은 오일러(Euler equations)방정식, 그리고 Case II는  $k-\epsilon$ 모델로서 난류 과정을 고려하는

레이놀즈 (Reynolds-averaged Navier-Stokes equations) 방정식을 사용하였다. 이들 2가지 경우의 결과들은 같은 조건하에서의 풍동실험으로부터 측정된 확산 농도 자료와 비교하였다.

Section 2에서는 CFD모델을 사용한 일반적인 시뮬레이션시 각 단계별로 필요한 모듈에 대한 설명이다. 본 연구의 시뮬레이션 환경은 section 3, 그리고 사용된 지배 방정식들은 section 4에서 설명되었다. Section 5는 모델의 결과에 관하여, section 6은 모델 결과와 풍동실험치를 비교하였다. Section 7에서는 본 연구의 결론 및 앞으로의 연구 방향을 제시하였다.

### 2. CFD모델의 적용과정

CFD모델을 사용하여 문제 해결을 하고자 할 경우 일련의 정해진 과정을 밟아야한다. Diagram 1은 이러한 일련의 과정을 보여 준다. 그러한 과정들은 다음과 같이 요약될 수

있다.

과정 I : pre-processing과정이라고 하며, 해결하고자 하는 대상의 형상정의 (Geometry definition)를 한다. CAD로서 형상정의를 하면 편리하다.

과정 II : 계산 영역을 Cover하는 격자망 형성. 본 연구에서는 수치 해법의 첨단 기법인 unstructured meshes [6, 7, 8, 9] 기법을 사용하였다. 이 기법으로 아무리 복잡한 장애물의 격자망도 자동적으로 형성이 가능하다. 이 과정의 input파일은 과정I에서 형성된 CAD파일이다.

과정III : 주어진 격자망 상에서 유체 흐름을 지배하는 기초 방정식들의 해를 구한다 [10]. CFD모델은 압축 또는 비압축 유체에 관하여 수치 해를 구한다.

과정 VI : post-processing이라고 하며, 과정 III에서 구해진 수치 해를 분석한다. 화상 처리 시스템을 사용하면 효율적이다[11, 12, 13].

### 3. 결론 및 전망

본 연구에서는 빌딩 주변의 유체 흐름으로 인한 확산을 시뮬레이션 하기 위해 난류 효과를 고려하지 않은 CASE I과 난류 효과를 고려한 Case II의 농도를 CFD 모델로부터 계산하였다. 그리고 그 결과를 풍동실험치와 비교하였다. 그 결과 Case II의 농도 분포가 Case I보다 풍동실험치와 잘 일치하였다. 이것은 CFD모델로서 빌딩 주변의 유체 시뮬레이션시 유체의 점성에 의한 확산이 중요한 요소임을 의미한다.

도시나 빌딩과 같은 작은 규모에서의 유체 시뮬레이션은 여전히 어려운 문제중의 하나이다[14]. 실험실에서 행해진 일련의 실험들과 CFD모델의 결합은 보다 좋은 연구 결과를 얻기 위해 중요하다. 작은 규모의 연구에서 CFD모델은 좋은 결과를 산출하였지만, 앞으로 지속적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 중립대기에 가까운 조건하에서 방출원이 있었을 때의 시뮬레이션 결과를 제시하였다. 모델 결과는 mesh 구성, 기초방정식의 요소화 기법, 그리고 난류 모델에 의존하였다. 이것은 놀라운 사실이 아니지만 CFD 모델을 사용하여 빌딩 주변의 유체 흐름 및 확산 시뮬레이션에 있어서 매우 중요하다. 또한 지표면의 경계 조건, 계산 영역, mesh 형태 등도 간과할 수 없는 중요한 요소이다.