P-29

대공간 화재해석을 위한 난류모델의 특성 연구

안찬솔 · 김정엽
한국건설기술연구원

FDS(Fire Dynamics Simulator)는 국내에서 화재해석을 위해 사용되고 있는 가장 보편적인 소프트웨어 중의 하나이다. 미국의 NIST에서 25년간 지속적인 업그레이드를 통해 개발되어 오고 있으며 인터넷 상에서 무료로 배포되고 있어 전 세계의 화재관련 연구자 및 학생들이 연구 및 학습의 목적으로 사용하고 긴 기간동안 많은 전문가들에 의해 검증되어온 소프트웨어이다. 하지만 FDS가 난류해석을 위해 사용하고 있는 Smagorinsky의 LES(Large Eddy Simulation)모델은 현재까지 발표된 LES모델 중 가장 초기의 모델로서 건축물과 같이 복잡한 형상을 갖는 계산영역에서는 결과의 신뢰성이 많이 떨어지는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 FDS의 대공간의 화재해석 성능을 평가하는 것을 목적으로 스페인 Murcia에서 수행된 Murcia Atrium Fire Test를 해석 대상으로 하여 FDS가 사용하고 있는 Smagorinsky의 LES모델 및 3가지의 다른 LES모델을 사용하여 대공간 내부의 연기유동을 해석하였으며 그 결과를 비교하였다.

1. 분석 방법

대공간의 화재실험을 위해 만들어진 Murcia fore test facility는 19.5×19.5×20.0 m의 크기에 벽과 천장은 6 mm 두께의 철판으로 만들어 졌으며, 바닥은 콘크리트로 구성되어있다. 천장에는 4개의 배연 송풍기가 설치되어 있고, 각각의 직경은 0.56 m 이고 기준풍량은 3.8 CMS 이다. 벽의 하단부에는 8개의 그릴형 흡입구가 설치되어 있으며 각각의 흡입구는 4.88×2.5 m 의 크기를 갖는다. 해석대상의 벽과 중앙단면 및 전장에는 모두 61개의 센서가 설치되어 있어서 온도와 풍속 및 압력을 측정할 수 있다. 화재재현을 위해 실험실 바닥의 중앙에서 pool fire를 설치했으며 헵탄 44리터를 837초 동안 연소하였다. Figure 1은 해석대상의 전체적인 개요를 보여주고 있다.

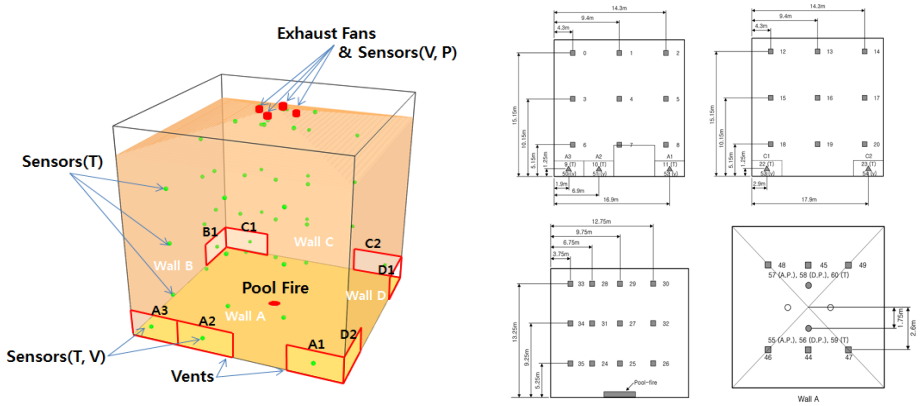

Figure 1. Sketch of the Fire test facility(left) and main dimensions(right)

실험실의 내부 공간에서 pool fire의 수직 상부는 화재에 의한 강한 난류성 유동과 연소가스의 수직상승 부력, 흡기구로부터 유입된 공기의 충돌이 발생하여 난류해석 모델의 성능이 가장 중요

한 부분이다. 이 부분에서 측정된 3개의 온도데이터를 실험값과 비교하여 난류모델의 성능을 평가하였다. 대공간 화재해석에 사용된 LES모델은 FDS v.5.3에서 사용하고 있는 Smagorinsky 모델과 이 후에 발표된 Dynamic 모델, Deardorff 모델, Vreman 모델의 4가지이며, Murcia fire test에서 사용된 실험조건과 동일한 조건으로 각각의 LES모델별로 화재해석을 수행하였다.

2. 분석 결과

실험실에 설치된 61개의 센서 중 화염의 상부 온도측정을 위해 설치된 25, 27, 29번 온도 센서로부터 측정된 실험값과 4개의 LES모델로 분석된 동일 위치의 온도계산 결과를 비교한 내용이 Figure 2에 도시되어있다. 그림(a)는 pool fire의 수직 상부 5.25 m 지점(25번 온도센서)에서 측정한 결과이고 그림(b)는 수직 상부 9.25 m 지점(27번 온도센서), 그림(c)는 수직 상부 13.25 m 지점(29번 온도센서)에서 측정한 결과이다. 각 LES모델 별로 가장 많은 차이를 보이는 곳은 5.25 m 지점으로 화염에 의한 난류 생성이 가장 활발하기 때문으로 추정되며, 상부로 올라가면서 LES모델별 차이가 감소하는 것으로 분석되었다. 특히 Smagorinsky 모델은 모든 지점에서 실험값과 가장 큰 오차를 보였으며 과잉예측하는 현상을 보였다. 평가에 사용된 LES모델 중 가장 정확하게 예측하고 있는 것은 Dynamic 모델로써, model constant 값인 Cs의 값이 유동특성에 따라 변화하도록 Smagorinsky 모델을 변형한 모델이다.

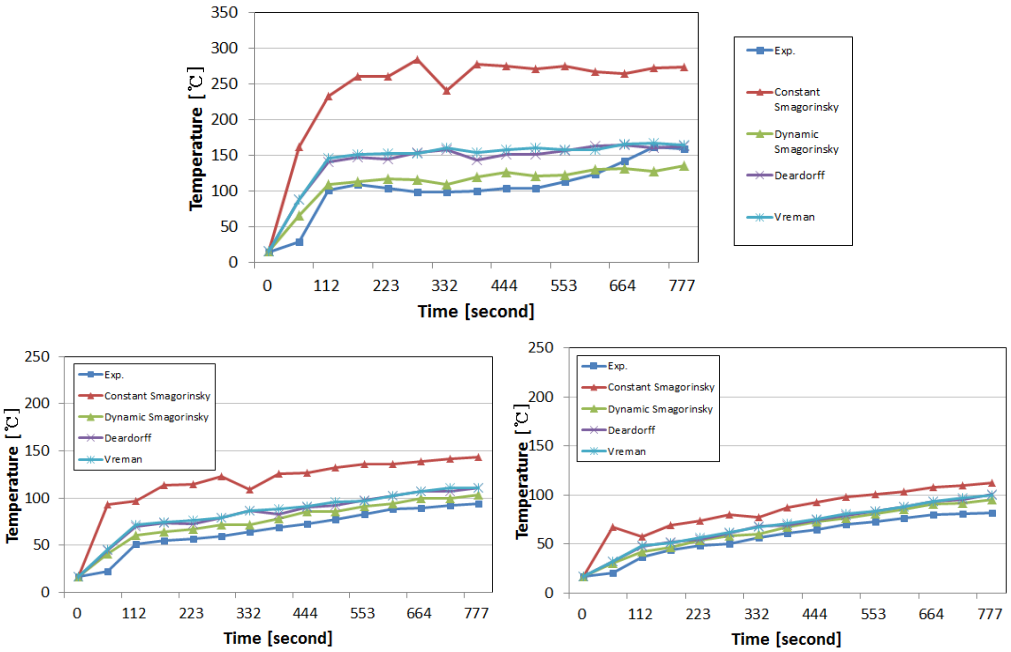

Figure 2. Comparisons of Numerical analysis result at 5.25m(top);(a), 9.25m(bottom-left);(b), 13.25m(bottom-reght);(c).

3. 결 론

현재 화재해석을 위해 사용되고 있는 FDS v.5.3은 대형화재 해석에 사용하기에는 많은 오차를 포함하고 있으며, 작은 규모의 화재해석이라도 복잡하고 난류강도가 강한 유동의 경우 많은 오차를 발생할 우려가 있으며, 화재해석시 이에 대한 세심한 고려를 함께 해 주어야 할 것이다.