

피난자의 연기영향을 고려한 피난 시뮬레이션 알고리즘 연구

조성룡, 김응식, 김홍, 김수영,

Seong -Yong Cho, Eung-Sik Kim, Hong Kim, Soo-Young Kim

호서대학교 환경안전공학부

1. 서론

국내의 화재로 인한 대형 인명피해를 보면 대부분이 직접적인 화재의 열에 의한 것이 아니라 연기유동을 통한 유해가스들의 흡입을 통하여 또는 대피시 재실자들 간의 사고로 인하여 생기는 것으로서 이를 방지하기 위한 대책이 시급한 상황이다. 따라서 본 연구는 피난자의 연기영향을 평가하기 위하여 화재실의 화재 성상을 FPETOOL program 실험식들을 이용하여 window program화 하였으며 이들 계산결과치를 이용하여 피난 건물의 연기 확산에 적용하였다. 이는 기존에 호서대에서 개발된 대피프로그램에서 CAD 입력과 사용자의 건물의 입력조건을 이용하여 건물의 용적계산을 기반으로 하여 연기유동특성을 적용하였으며 이에 피난자의 대피상황과 연기흡입량을 계산하였다.

2. 연기 계산식 적용 및 연기영향 평가

(1) 계산식 적용

본 대피프로그램에 적용된 연기확산은 미국의 NIST에서 개발한 FPETOOL program에서 화재실에서 개구부를 통한 복도로의 연기확산 실험식들을 적용하였으며 복도에서의 연기의 유동특성을 고려하여 천장으로의 확산 및 연기의 하강을 적용하였다. 이는 건물내 실용적 및 화재실에서 공기의 유입으로 인한 중성대의 생성을 고려하여 연기의 발생량과 유출량을 고려하였으며 건물내 용적을 기본으로 계산하여 프로그램에 적용하였다. 여기에 건물내 제연의 성능을 고려하여 확산속도를 정하였다.

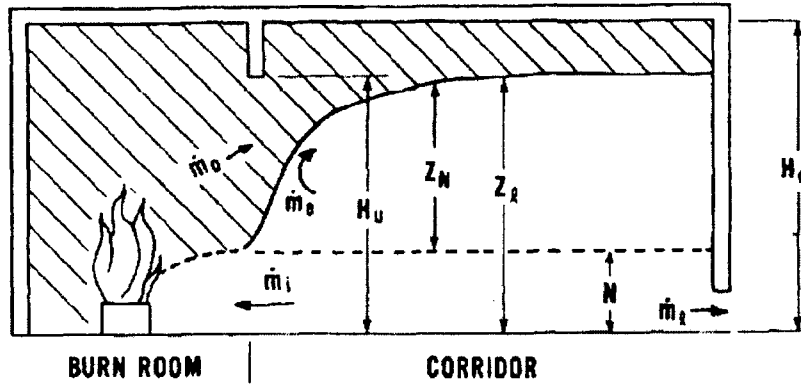


Fig. 1 건물내 연기의 유동 특성

특히 연기의 유동 특성은 Fig. 11에서와 같이 James G.Quintiere의 실험에 의한 연기의 유동 특성을 적용하였으며 연기 확산 계산 순서는 Fig. 2와 같다.

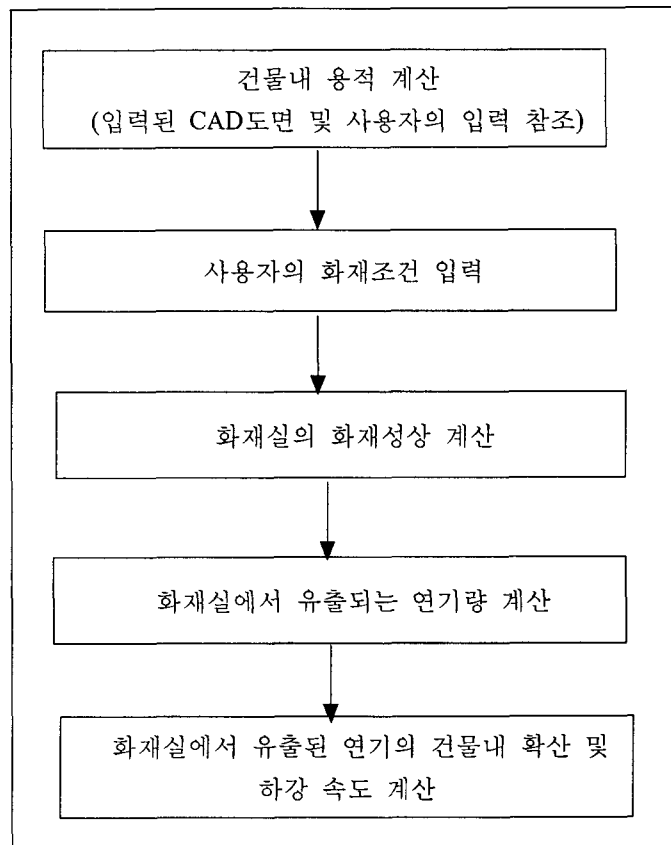


Fig. 2 건물내 연기확산 계산 순서

(2) 피난자의 연기영향 평가

피난자들의 연기영향 평가는 가연물의 종류 및 화재시 공기유입량에 따라 매우 다른 형태를 보인다.

따라서 본 피난자의 기본 연기 영향 평가는 건물내 연기가 피난자의 호흡위치 까지 도달 하였을 시각을과 피난자의 호흡량을 근거로 하여 산정하였다. 피난자의 영향평가는 피난하는 피난자들이 연기가 재실자의 호흡위치에 도달하였을때의 건물 위치에서부터 최종 출구까지의 이르는 시간을 산출하여 재실자다 흡입한 연기의 호흡량을 구하였다. 이는 아래의 공식들 기초로 하고 있다.

$$\text{재실자의 시간당 흡입량} \times \text{재실자가 연기를 흡입한 시간} = \text{총흡입량}$$

재실자의 흡입량 : 0.5 Liter/sec

재실자가 연기를 흡입한 시간 : 최종출구 토출 시각-연기가 호흡위치까지 하강한 시각

이의 결과를 토대로 유해가스(CO, CO₂, HCN등)의 생성량을 알면 재실자가 유해가스별 흡입한 량을 알 수 있게 된다.

연기란 공기 중에 고체나 액체의 미립자가 떠다니고 있는 상태를 말한다. 화재 시에 있어서 연기란 물질의 열분해 생성물, 즉 유리탄소입자, 액적 입자 등이 발생한 가스와 동시에 공기 중에 부유, 확산한 상태를 말한다.

물질의 연소에 의해 발생하는 연기는 발생 즉시 열을 받아 부력을 발생하여 윗 방향으로 상승하여 천정에 부딪혀 방향을 바꾸고 천장기류를 형성하여 수평으로 확산해 간다. 이 경우 연기의 온도 강하가 없다면 고온의 연기인 채로 주위의 공기와는 확실히 분류된 층류, 즉 2개 층을 형성해 흐르게 된다. 특히 화재실로부터 복도로 유입된 연기선단은 천정부분에서 복도끝까지 이르르게 되며 이후 연기의 하강이 이루어져 피난자에게 영향을 주는 지상으로부터 1.6m에 까지 이르게 된다. 이 과정 중에서 건물내 환기의 조건 및 가연물의 종류와 하중에 의한 변수들의 영향을 받게 된다.

연기의 하강이 이루어지고 이로 인한 피난자들의 연기의 영향을 분석하면 가시거리의 감소 및 여러심리적인 영향등의 많은 영향등을 예상할 수 있으나 가장 큰 영향인 피난자의 직접적인 연기흡입의 고려는 Haber(1942)의 제안식(haber's law)에 의하여유독가스에 노출된 경우, 그 피해는 가스의 농도와 노출 시간에 관련된다고 제시되어 졌다.

$$K = C t$$

여기서 K = 노출 효과 (ppm/min) C = 가스 농도 (ppm) t = 노출 시간 (min)

3. 대피프로그램의 적용

Fig.3 ~5는 연기 유동이 적용된 피난프로그램 실행 예 이다.

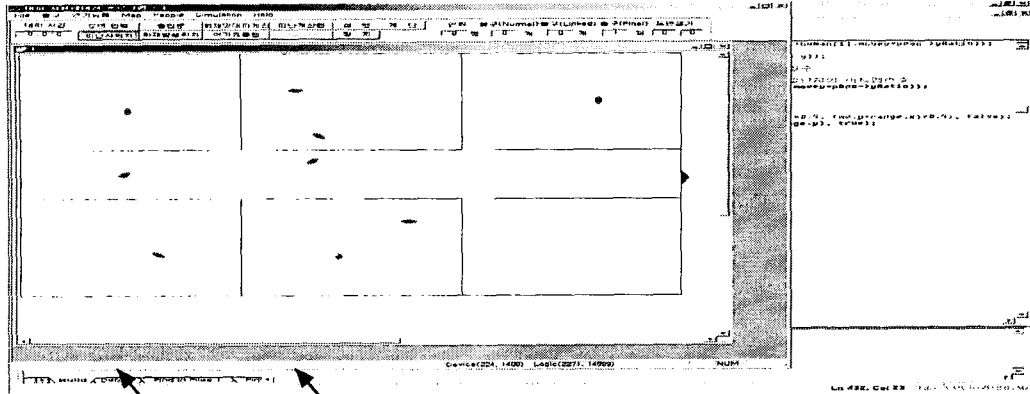


Fig. 3 재실자들의 설정 및 화재지점의 설정

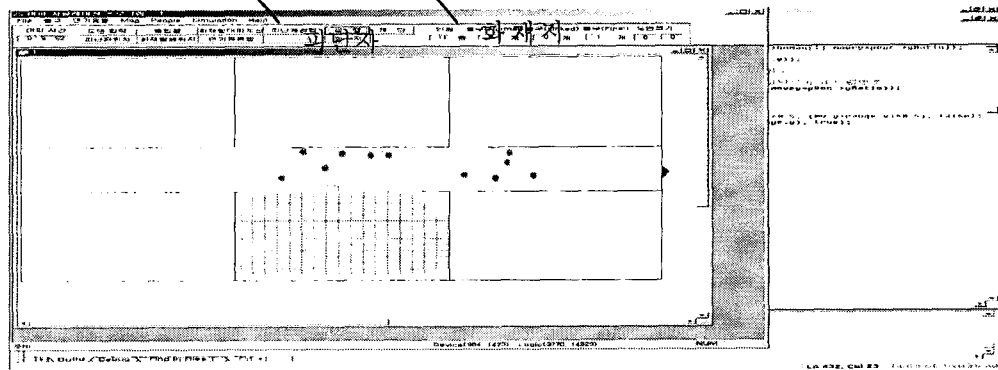


Fig. 4 연기의 확산 및 피난모습

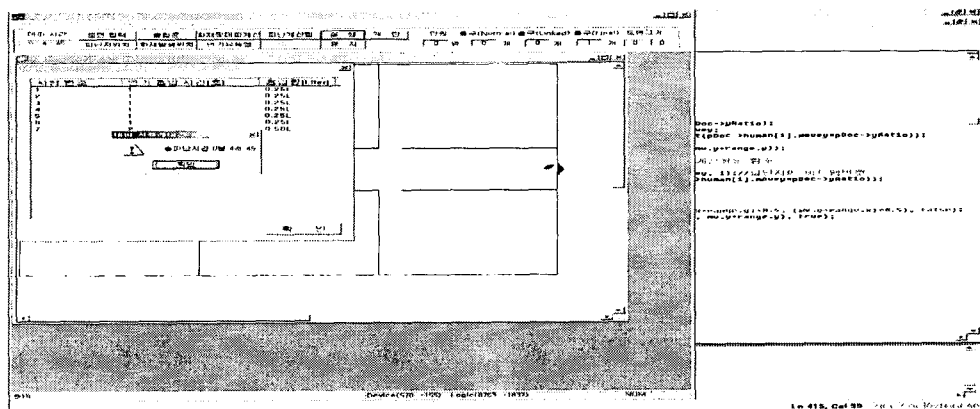


Fig. 5 피난자들의 총 연기호흡량 계산

4. 결론

본 연구는 FPETOOL program의 수식을 이용하여 연기유동확산을 적용하였으며 피난자

연기확산 영향아래에서 피난시간을 계산하여 총 연기흡입량을 계산하였다.1 따라서 본 실험의 결과를 근거로 Fig 3~Fig 4과 같이 입력된 cad도면에 사용자의 화재지점의 설정, 피난 및 연기확산의 진행, 연기의 호흡위치까지의 하강. 호흡위치(지상1.6m) 하강에서시점인 건물내 재실자 위치에서부터 종출구까지 호흡량의 근거로 연기의 흡입량의 계산이 적용되는 형태의 연기의 유동이 고려된 대피프로그램의 개발 연구가 수행되어졌다.

5. 참고문헌

- 1) 김명배외,1, “공공 건물의 화재안전진단 및 피난구조 기술개발“ 한국기계연구원, 1998.10.
- 2) Harland, W. A. and Anderson, R. A., “Causes of Deah in Fires" Proceedongs Smoke and Toxic Gases from buring plastics, Vol. 15, London, 1982
- 3) 김운형 외2, “건축재료의 연기위험도 실험”, 화재소방 춘계학술논문집, 2000년
- 4) Arthur Cote, P.E. and Percy Bughee "Principle of Fire Protection, NFPA, 1988
- 5) Baum, H.R., and Rehm, R. G., 1984, “Calculation of Three Dimentional Buoyant Plumes in Enclosures", Combstion Science and Technology, Vol 40, 55-77.