

연기거동을 고려한 대피프로그램 개발

김수영 · 이춘하 · 김응식 · 김홍 · 강영구 · 정기창 · 구동철*

호서대학교 환경안전공학부 · *중앙소방학교 연구소

1. 서 론

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. 이 대책으로써 무엇보다도 건물내의 방화관리자나 건물내 거주자들에 대한 직접적인 교육이 필요하나 건물의 대형화 및 재실자들의 불확실성으로 인하여 교육의 어려움과 무엇보다도 화재의 특성상 실제상황과 같은 구현을 통하여 교육하기에는 불가능한 실정이다. 따라서 외국에서는 일찍이 컴퓨터 simulation 프로그램을 통하여 건물내의 화재와 건물의 구조 및 재실자들의 인원, 성별, 나이에 따른 대피상황을 분석 및 평가하고 있다. 대피 simulation 프로그램에 있어서는 기존에 건물내 구조 조건 및 피난자의 조건을 text 상으로 입력 및 출력되어진 program들이 활용되어졌으나 근래에는 computer 성능의 발달로 인하여 건물 도면과 대피조건의 입력들을 통하여 피난 상황들을 실시간으로 monitoring 할 수 있는 프로그램들의 개발 및 활용이 늘어나고 있는 추세이다. 본 연구는 건물내 연기의 유동 특성을 분석 및 피난자의 영향을 분석하기 위하여 20m로 제작된 복도에서의 연기유동 실험 및 이의 축소모델실험을 통하여 연기의 유동 특성을 하였으며, 기존에 호서대에서 개발된 피난자의 자연스러운 대피동선을 실시간으로 나타낼 수 있는 대피프로그램에 연기유동 특성을 적용하여 피난자의 대피상황을 볼 수 있는 프로그램의 개발 연구를 수행하였다.

2. 이 론

연기란 공기 중에 고체나 액체의 미립자가 떠다니고 있는 상태를 말한다. 화재 시에 있어서 연기란 물질의 열분해 생성물, 즉 유리탄소입자, 액적 입자 등이 발생한 gas와 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 연기 선단은 천정부분에서 복도끝까지 이르르게 되며 이후 연기의 하강이 이루어져 피난자

에게 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. 실험

실험에 사용된 공간은 Fig. 1 및 Fig.2와 같이 ISO Room Corner-Test(9705)기준인 길이 3.6m, 폭 2.4m, 높이 2.4m의 치수로 만들어진 화재실과 이화재실과 직각으로 총 길이는 20m이고 내부공간의 높이는 2.3m, 폭 3.6m인 합판으로 이루어진 복도로 이루어졌고 복도 끝 중앙에 폭 0.8m, 높이 2.0m의 개구부를 두었다. 가연물로는 매 실험마다 등유(3L), 등유+폴리우레탄(500g), 등유+UPE(560g)을 사용하여 복도공간과 연결되어 있는 화재실에서 직경 30cm인 Pool Fire로 연소시켰으며 이를 통하여 발생되어지는 연소생성물인 연기 및 연소가스들에 대한 복도에서의 유동현상을 관찰하였다.

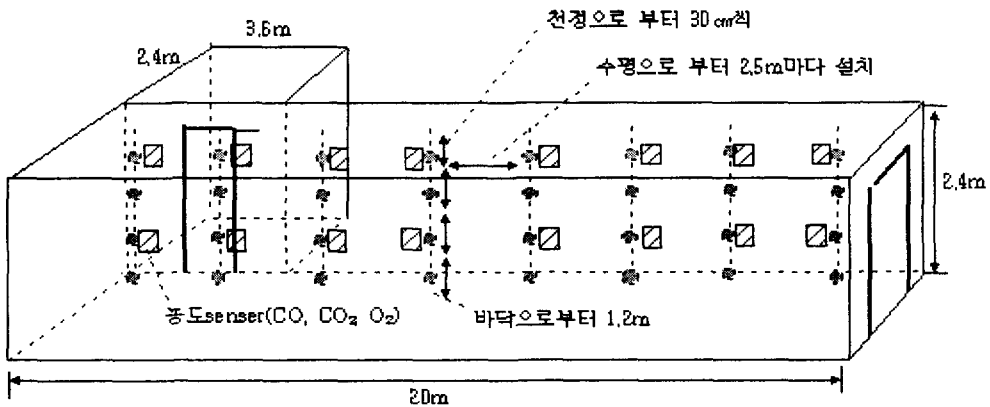


Fig 1. 간략화된 실험실 및 센서들의 규격도

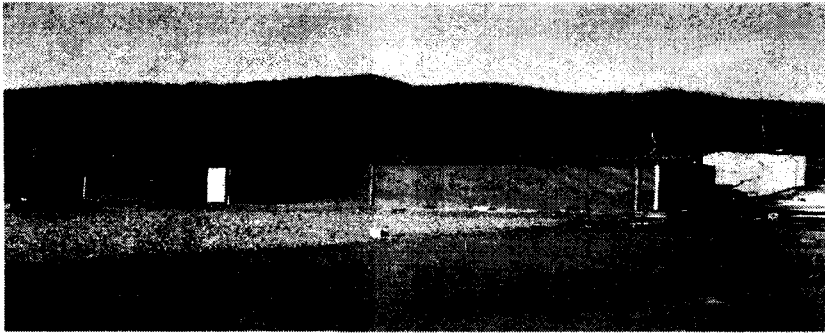


Fig 2. 실험실 전경

연기 선단의 이동현상을 복도내에서의 온도의 변화특성으로 분석하기 위하여 Fig. 3-5~7과 같이 열전대를 천장을 따라서 수평으로 2.5m마다 설치하였고, 연층의 높이 변화를 관찰하기 위해 천장에 설치된 열전대를 수직으로 30cm간격인 천장으로 부터 30cm, 60cm, 90cm, 120cm 지점으로 설치하였다. 또한 대피자에게 가장 많이 영향을 주는 연소가스의 농도를 측정하기 위하여 CO, CO₂, 및 O₂농도계와 연기의 가시거리를 측정하기 위해 연기농도계를 수평으로 2.5m마다, 천장으로 부터 각각 30cm, 90cm지점으로 설치하여 컴퓨터를 통해서 매초마다 저장하도록 하였으며 이를 통하여 연소가스의 확산을 시간별, 장소별로 관찰하였다.

또한 연기유동 특성을 구체적으로 확인하기 위하여 Fig.3과 같이 15%의 축소모델 실험을 통하여 연기의 구체적인 특성을 시각적으로 분석하였다.

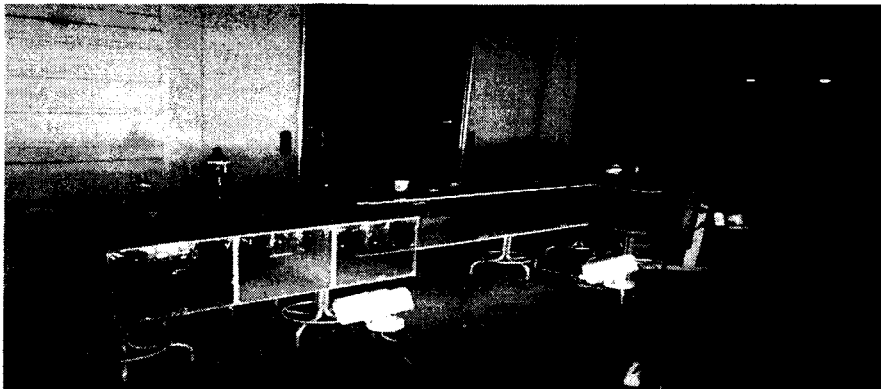
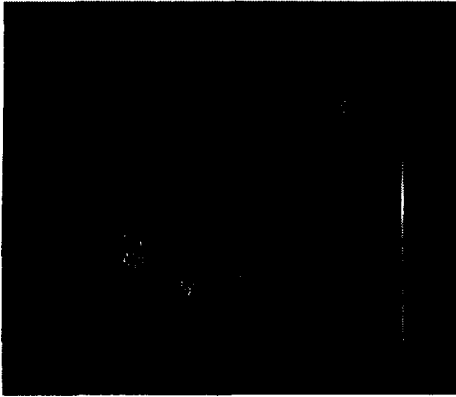
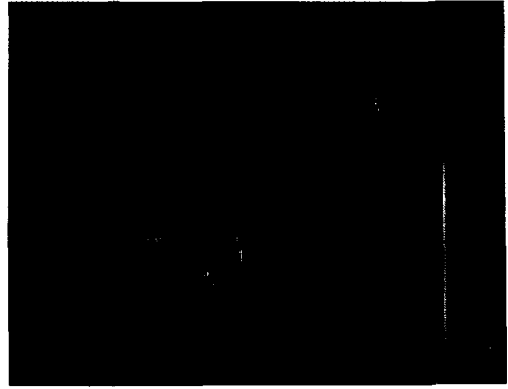


Fig 3. 15%축소모델 실험

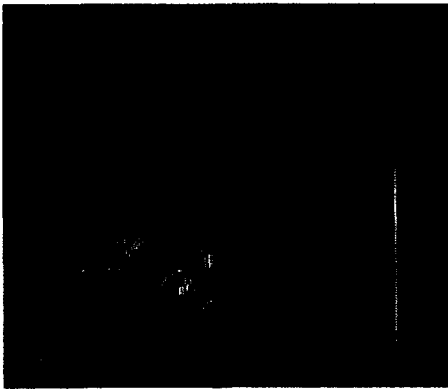
특히 이의 연기유동 특성은 Fig.4에서 보여 주듯이 30,600개의 셀로서 Transient 로서 CFD에 의하여 해석되어 진 결과에 의하여 더욱 명확히 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig 4. CFD에 의하여 해석된 transient 130°C의 Isothermer

4. 결론

본 실험에서 분석되어진 연기유동의 특성은 피난자에게 직접적으로 호흡을 통하여 직접적으로 미치기 까지 이론에서 언급하였듯이 대부분 연기의 선단이 수평으로 확산이 이루어진 후 하강이 이루어 졌다. 따라서 본 실험의 결과를 근거로 Fig 5~Fig 7과 같이 입력된 cad도면에 사용자의 화재지점의 설정, 피난 및 연기확산의 진행, 연기의 호흡위치까지의 하강. 호흡위치(지상1.6m) 하강에서시점인 건물내 재실자 위치에서부터 최종출구까지 호흡량의 근거로 연기의 흡입량의 계산이 적용되는 형태의 연기의 유동이 고려된 대피프로그램의 개발 연구가 수행되어졌다.

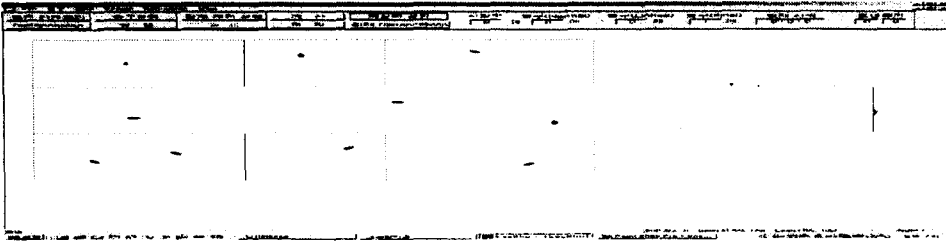


Fig 5. 피난자의 설정 및 화재지점의 설정

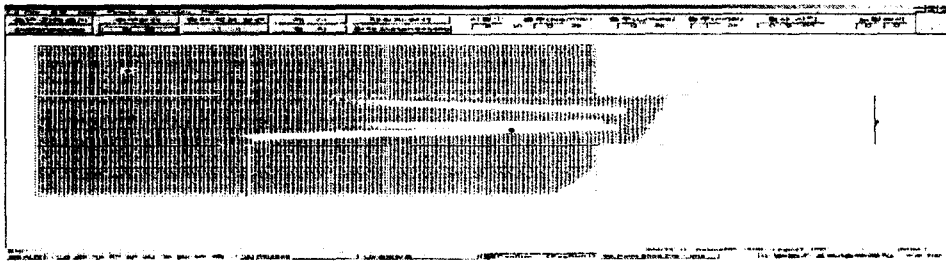


Fig 6. 대피 및 연기선단의 확산 과정

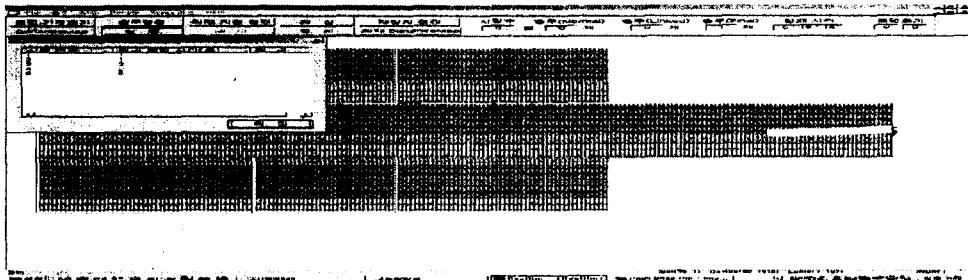


Fig 7. 연기의 하강 후 최종대피까지 건물내 피난자의 연기 흡입량

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.