

구획실 화재 현상에 대한 수평 개구부 위치의 영향 검토

Examination on Effect of Horizontal Vent Position on Fire Phenomena in Enclosure

박유미¹ · 이치영^{2*}

Park, Yu Mi¹ · Lee, Chi Young^{2*}

Abstract

In the present study, the effect of horizontal vent position on fire phenomena in the enclosure with vertical and horizontal vents was examined using numerical simulation. Case 1 indicates the condition that the horizontal vent is in the center of the ceiling. Case 3 indicates the condition that the horizontal vent is far away from the vertical vent. Case 2 indicates the condition that the horizontal vent is installed between Case 1 and Case 3. The temperature distribution, smoke layer temperature, velocity distribution, and mass flow rate of horizontal vent flow were analyzed. In Case 2, the temperatures were lowest and the mass flow rate through the horizontal vent was largest. This is because the flame is inclined by the inflow through the vertical vent. Hence, to determine the proper horizontal vent location for the high smoke ventilation performance, the inflow through the vertical vent and its effect on flame behavior should be considered.

키 워 드 : 수평 개구부 위치, 화재 현상, 구획실 화재, 화재시뮬레이션

Keywords : horizontal vent location, fire phenomena, enclosure fire, fire simulation

1. 서 론

화재 시 발생하는 연기는 가시거리를 감소시키고 독성 물질을 포함하고 있어 재실자의 피난에 부정적인 영향을 미친다. 화재 시 발생하는 연기를 외부로 배출하기 위해 일반적으로 배연 설비를 설치하는데, 배연 설비는 자연 배연 설비와 기계 배연 설비로 분류할 수 있다. 자연 배연 설비는 강제적인 방법을 통한 유동 발생 없이 뜨거운 연기의 부력을 이용하여 자연 배연구를 통해 외부로 연기를 배출하는 방법이다. 일반적으로 자연 배연구를 통한 유출 질량 유량은 구획실 내 온도, 연기층 온도, 연기층 높이 등과 같은 화재 현상과 밀접한 관련이 있다. 따라서 구획실 내 화재 현상을 예측하기 위해서는 자연 배연구 조건이 화재 현상에 미치는 영향에 대한 다양한 연구가 수행되어야 한다.

본 연구 그룹에서는 자연 배연구가 설치된 구획실 내 화재 현상에 대한 연구를 수행한 바 있다. 단일 수평 개구부가 설치된 구획실에 대해, Park[1]은 화원이 구획실 내 중앙에 위치한 상황에서 자연 배연구 면적과 화원의 열방출률이 구획실 내 온도 분포와 개구부 유동 특성에 미치는 영향에 대해 화재시뮬레이션을 이용하여 검토하였다. 이후 해당 연구[1]를 바탕으로 Park[2]은 수평 개구부가 설치된 공연장 무대부 축소 모형을 대상으로 자연 배연구 면적과 화원 위치가 구획실 내 화재 현상에 미치는 영향에 대한 전산해석 연구를 추가적으로 수행하여 결과를 보고한 바 있다. 한편, 수평 및 수직 개구부가 설치된 구획실에 대해, Baek et al.[3]과 Yang et al.[4]은 공연장 축소 모형을 이용하여 자연 배출구와 방화막이 화재 현상에 미치는 영향을 각각 실험과 전산시뮬레이션을 통해 검토하였다. 하지만 기존 연구[1-4]에서는 모두 수평 개구부가 중앙에 위치하는 조건에 대해서만 연구가 이루어졌고, 그 이외의 위치에 대해서는 연구가 수행되지 않았다. 앞서 언급한 바와 같이 수평 개구부 조건은 구획실 내 화재 현상에 지대한 영향을 미칠 수 있고, 수평 개구부 조건 중 하나가 수평 개구부 위치이므로 이에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

본 연구에서는 수평 및 수직 개구부가 설치된 구획실에서 천장에 있는 수평 개구부 위치가 구획실 화재 현상에 미치는 영향을 전산시뮬레이션을 통해 파악하였다. 수평 개구부 위치 변화에 대해 구획실 내 온도 분포, 수평 개구부 유동의 속도 분포 및 유출 질량 유량을 비교하였다. 본 연구 결과는 수평 및 수직 개구부가 설치된 구획실에서 화재 시 효과적인 연기 배출을 위한 최적의 배연구 위치를 도출하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1) 부경대학교, 석사 과정

2) 부경대학교, 교수, 교신저자(cylee@pknu.ac.kr)

2. 전산시뮬레이션 조건 및 결과

동일한 면적의 수평 개구부 및 수직 개구부가 설치된 구획실에 대해 전산시뮬레이션을 수행하였다. 전산시뮬레이션을 위해 fire dynamics simulator(FDS)를 이용하였다. 화원의 열방출률은 모두 동일하고 화원의 위치 또한 구획실 바닥 중앙으로 모두 동일하게 설정하였다. 측면 하부에 수직 개구부를 설정하였고, 천장의 중앙에 설치된 수평 개구부 조건을 Case1, 수직 개구부로부터 가장 먼 지점에 설치된 수평 개구부 조건을 Case3, Case1과 Case3 사이 지점에 설치된 수평 개구부 조건을 Case 2로 명명하였다.

구획실 내 온도 분포의 경우, Case2 조건에서 가장 낮고 Case3 조건에서 가장 높게 나타났다. 수평 개구부를 통한 유동의 속도 분포의 경우, Case1 조건에서는 수직 개구부에서 멀어질수록 속도가 상승하고, Case2 조건에서는 수평 개구부 중앙에서 속도가 가장 빠르게 나타났다. 한편, Case3 조건에서는 수직 개구부와 가장 가까운 속도 측정 위치에서 속도가 가장 빠른 것으로 측정되었다. 수평 개구부를 통한 유동의 유출 질량 유량의 경우, Case2 조건에서 가장 많고 Case1, Case3 조건 순서로 감소하는 것으로 나타났다. 전산시뮬레이션 결과를 토대로 볼 때, Case2 조건에서 유출 질량 유량이 가장 많으므로 구획실 내 온도가 가장 낮은 것으로 판단된다. Case2 조건에서 유출 질량 유량이 가장 많은 것으로 나타난 이유는 수직 개구부를 통해 유입되는 유동에 의해 화염이 기울기 때문으로 판단되며, 이를 가시화 결과에서도 확인할 수 있었다. 본 연구 결과를 토대로 볼 때, 높은 배연 성능을 확보하기 위한 수평 배연구의 위치는 수직 개구부를 통한 유입 유동과 이로 인한 화염 거동의 변화와 밀접한 관련이 있다고 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 전산시뮬레이션을 통해 수평 및 수직 개구부가 설치된 구획실에서 수평 개구부 위치에 따른 구획실 내 화재 현상의 변화를 검토하였다. 수평 개구부가 천장 중앙에 설치된 조건(Case1), 수직 개구부로부터 멀리 떨어진 조건(Case3), Case1과 Case3 사이에 설치된 조건(Case2)에 대해 구획실 내 온도 분포, 수평 개구부 유동의 속도 분포 및 유출 질량 유량을 분석하였다. Case2 조건에서 온도가 가장 낮은 것으로 관찰되었는데 이는 수평 개구부를 통한 유출 질량 유량이 가장 많기 때문이다. 이러한 경향이 나타난 이유는 수직 개구부를 통한 유입 유동에 의해 화염의 기울어짐 현상이 나타나기 때문으로 판단된다. 따라서 높은 배연 성능을 확보하기 위한 수평 개구부의 위치 설정 시 수직 개구부를 통한 유입 유동 및 화염 거동을 고려할 필요가 있다고 생각된다. 추후 전산시뮬레이션 및 실험을 통해 다양한 조건(예를 들면, 다양한 화원의 위치, 열방출률, 개구부 크기 조건 등)에서의 추가적인 연구가 수행될 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 소방청 "국민소방협력 초기대응 현장지원 기술개발사업(20016433)"의 지원을 받아 작성되었음.

참고 문헌

1. 박민영, 양지현, 이치영, 수평 자연 개구부 면적 및 열방출률이 소규모 구획실 내 온도 분포 및 개구부 유동에 미치는 영향에 대한 전산시뮬레이션, 한국화재소방학회 논문지, 2021, Vol. 35, No. 3, pp. 23-33.
2. 박민영, 이치영, 공연장 무대부 화재에 대한 전산해석 연구: 자연 배연구 면적과 화원 위치 영향, 한국안전학회지, 2022, Vol. 37, No. 1, pp. 1-11.
3. 백선아, 양지현, 정찬석, 이치영, 김동균, 공연장 무대부 화재 시 자연배출구 및 방화막 영향 검토를 위한 축소모형 실험, 한국화재소방학회 논문지, 2019, Vol. 33, No. 4, pp. 41-49.
4. 양지현, 백선아, 이치영, 김동균, 공연장 화재 축소모형을 이용한 전산시뮬레이션 검토: 방화막 및 무대부 자연 배연구 영향, 한국화재소방학회 논문지, 2019, Vol. 33, No. 5, pp. 37-47.