

수직 개구부의 형상변화가 환기부족 구획화재 특성에 미치는 영향

문선여 · 황철홍 · 박설현*

대전대학교 소방방재학과, *한국항공우주연구원 항공우주융합기술연구소

구획화재에서 외부로부터 공기 유입량이 제한된 환기부족화재는 심각한 인명피해를 야기할 수 있으며, 플래시오버의 동반 가능성뿐만 아니라 화재로 인한 구조물의 안전과도 매우 밀접하게 관련된다. 특히 개구부의 크기, 형상 및 위치의 변화는 구획 내부의 열 및 화학적 특성을 크게 변화시키며, 매우 복잡한 화염거동을 보이게 된다. 본 연구에서는 heptane pool 화재의 질량 감소율과 이론적 최대 공기 유입량을 결정하는 개구부의 $A\sqrt{h}$ 를 동일하게 설정하여, 개구부의 형상 및 위치변화에 따른 화재특성의 독립적인 변화를 수치해석을 통해 검토하였다.

실규모 ISO-9705 표준화재실에서 환기부족화재의 생성을 위하여 출입구의 폭을 0.2m로 축소 한 선행 실험결과가 수치해의 검증에 위해 사용되었다. 개구부의 형상 및 위치 변화는 Figure 1과 같이 총 7가지가 고려되었으며, Part I은 개구부의 종횡비를 변화시킨 조건이다. Part II는 동일 형상의 개구부를 하부, 중간 및 상부에 위치시켜 개구부의 위치변화에 따른 영향을 고려한 조건이며 Part III는 공기 유입구와 화염 출구를 동일 면적으로 분리한 조건이다. 본 연구는 FDS (ver. 5.1.6, SVN 1710)가 사용되었으며, 평균 5.0cm 크기의 격자와 개구부 근처의 1.25cm 추가 미세격자 삽입으로 총 80만개 격자가 사용되었다.

Figure 2에서 Part I의 조건은 종횡비 증가에 따라 온도의 감소 및 CO의 증가가 발생되며, 개구부의 위치가 변경된 Part II의 경우 역시 온도, 농도 및 화재지속시간에 상당한 차이가 발생됨을 확인할 수 있다. 즉 개구부의 위치변화는 다차원 화염거동 및 화재 지속시간을 포함한 화재특성에 큰 차이를 보이고 있다. Part III는 다른 조건들에 비해 높은 온도, 짧은 화재지속시간 및 낮은 CO 농도를 갖는다. 보다 정량적인 분석을 위하여 200s ≤ t ≤ 500s 동안의 평균 공기유량을 보면 W08D는 다른 조건들에 비해 3배 정도 많은 공기의 유입으로 인해 화재강도가 크게 증가되었음을 알 수 있다. Figure 3은 x=1.2m의 y-z 단면에서 200s~500s 동안 시간 평균된 단위 체적당 열발생율, 속도벡터, 유선 및 이론 화염면을 도시한 결과이다. W08L과 W08H는 다른 베나

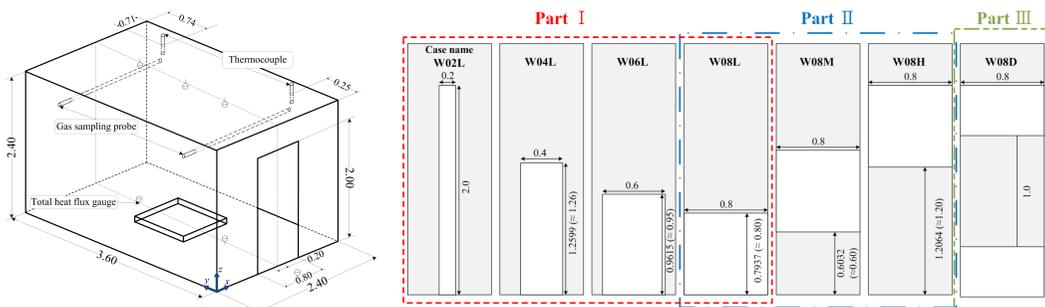


Figure 1. Schematic of ISO 9705 room and vertical opening configurations with an identical ventilation factor $A\sqrt{h}$.

콘트랙타 효과(vena contracta effect)를 갖으며 이들의 비교를 통해 개구부의 위치 변화는 화염 거동 뿐만 아니라 구획 내부의 유동구조에도 큰 변화를 가져온다. W08D의 화염면은 다른 조건과 매우 다른 형상을 갖으며, 천장 근처에 이론 화염면이 존재함에도 불구하고 낮은 O₂ 농도로 인하여 국부적 소염이 발생되었음을 예측할 수 있다.

주요 결과로서, 개구부의 중횡비를 변화는 공기유입량 및 개구부 속도장의 변화로 구획 내부의 열 및 화학적특성 변화에 큰 영향을 미치는 반면에, 개구부 위치의 변화는 화재지속시간 및 재순환 유동구조를 포함한 추가적인 화재특성의 복잡한 변화를 초래한다. 이들 결과는 개구부 유동 및 연료/공기의 혼합현상을 포함한 다차원 유동 및 화재특성을 통해 상세히 분석될 수 있다. 본 연구결과는 환기부족화재에서 개구부의 형상 및 위치 변화가 구획 내부의 열 및 화학적특성에 미치는 영향을 이해하고, 나아가 플래시오버, 화재 지속시간 및 독성물질 배출을 포함한 비정상 다차원 화염거동을 이해하는데 중요한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

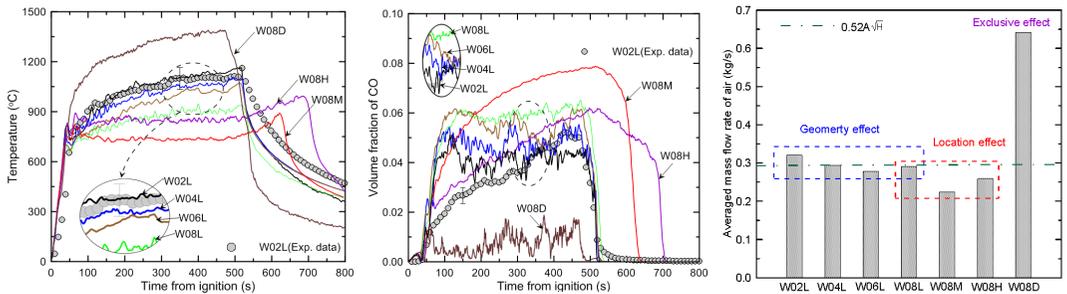


Figure 2. Gas temperature, CO at the ceiling and mass flow rate of air with the change in opening configuration.

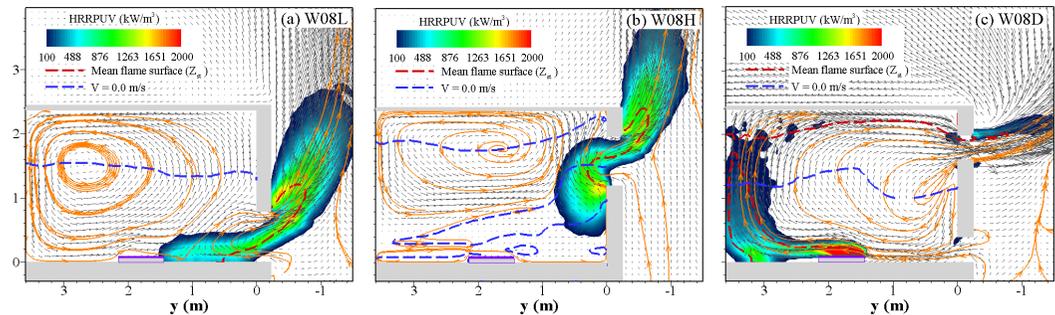


Figure 3. Mean distributions of HRRPUV, velocity vector and flow streamline on y-z plane(at x=1.2m) with the change in opening configuration.

감사의 글

본 연구는 2012년도 대전대학교 연구 조성비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.