

## 축소모형을 이용한 개구부 분출화염성상 연구

남동군\*·소수현\*·임우섭\*·이장원\*·김남혁\*\*·신이철\*\*·권영진\*\*

한국소방산업기술원 소방산업연구소\* · 호서대학교 소방방재학과\*\*

### Characterization of Fire Plume Ejected from an Opening

Nam, Dong Gun · So, Soo Hyun · Lim, Woo Sub · Lee, Jang Won · Kim, Nam Hyuk

Shin, Yi Shul · Kwon, Young Jin

Korea Institute of Fire Industry & Technology\* · Hoseo University\*\*

#### 요 약

건축물의 창문 등에서 분출하는 화염 특성은 건축물의 화재안전성을 확보하는데 중요한 과제이다. 본 연구에서는 분출화염의 특성을 파악하여 건축물의 화재안전설계에 활용하기 위해 축소모형을 이용하여 화재실험을 실행하였다. 실험에서는 소규모 모형을 제작하고 가스버너를 화원으로 하여 개구부와 화원의 크기에 따른 분출열기류의 온도분포성상을 파악하였다.

#### 1. 서 론

건축물 화재는 화재실의 출화물에서 주위가연물에 연소확대하여 화재규모가 커지면서 플래시오버에 이르게 되며 창문 등의 개구부를 통해 화염이 분출하게 된다. 이처럼 분출한 화염이 건물의 상층부를 가열하면서 상층부에 화염전파하여 건축물 전체의 화재 위험성을 크게 증가시킨다. 상층부의 화염전파가 빠르면 건축물의 체실자가 충분한 피난시간을 확보하기 어려우므로 인명안전측면에서도 분출화염의 특성을 파악할 필요성이 크다. 또한, 시가지의 화재확대를 예방하는 측면에서도 분출화염성상은 중요한 과제이다. 즉, 분출화염이 발생하면 인접건물을 가열하여 화염전파하면서 시가지화재로 확대될 가능성도 크다. 이처럼 건축물의 창문 등에서 분출하는 화염 특성은 건축물의 화재안전성을 확보하는데 중요한 과제이지만, 분출화염의 특성을 파악하여 건축물 화재안전성을 확보하기 위해 실행된 화재실험은 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 소규모 모형을 이용한 화재실험을 통해 건축물 분출화염의 온도분포성상을 파악하여 건축물의 화재안전설계에 활용하고자 수행하였다. 화재실험에서는 축소모형을 제작하여 가스버너를 화원으로 한 화염분출실험을 실행하여 개구부 특성에 따른 분출화염의 온도분포성상을 파악하였다.

#### 2. 실험 개요

실험에서는 개구부를 통해 분출되는 열기류의 온도 분포를 측정하기 위해 벽면에 개구부를 포함한 축소 모형을 제작하였다. 축소 모형에는 크기가 다른 개구부를 설치하여 그

크기에 따른 분출화염의 온도 분포를 파악하였다. 또한 모형 내부에는 가스버너를 설치하였으며, 가스유량제어기로 화원의 크기를 조절하여 그 크기에 따른 분출화염의 온도변화를 측정하였다. 본 실험에서 사용된 모형의 단면도 및 계통도를 그림 1에 나타내었다.

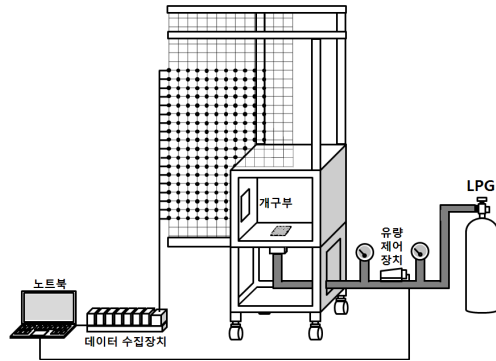


그림 1. 실험 모형

실험 모형은 고온에도 변형이나 손상이 없어야 하므로, 불연성 소재인 세라믹 보드 (0.5m×0.5m×0.5m, 두께 0.05m)로 제작하였다. 모형의 중앙 바닥면에는 가스버너 (0.1m×0.2m)를 제작하여 설치하였다. 화원의 크기에 따른 분출 열기류의 온도분포를 비교하기 위해 실험 1~4에서는 가스유량 5ℓ/min(열방출률 7.5kW)로 가열하고 실험 5~8에서는 가스유량 8ℓ/min(열방출률 12kW)로 가열하였다. 가스 유량은 LPG 용기와 모형 사이에 가스유량제어기를 설치하여 조절하였다. 또한 실험에서는 개구부의 크기에 따른 분출 화염의 온도분포를 비교하기 위해 개구부의 크기를 변화시켰다(표 1참조).

표 1. 개구부 형태 및 화원 크기

실험 NO.	화원		폭(m)	높이(m)
	가스유량 (ℓ/min)	열방출률 Q(kW)		
1	5	7.5	0.2	0.2
2			0.1	0.2
3			0.2	0.1
4			0.1	0.1
5	8	12	0.2	0.2
6			0.1	0.2
7			0.2	0.1
8			0.1	0.1

실험에서는 개구부를 통해 분출되는 열기류의 온도 분포를 열전대로 측정하였다. 분출 열기류의 온도 측정을 위하여 K타입의 열전대가 사용되었으며, 열전대 설치를 위하여 불연성 스테인리스 소재의 거치대를 제작하여 개구부의 중앙으로부터 수직으로 설치하였다. 거치대의 각 교차지점마다 위치를 선정하여 열전대를 설치하였으며, 온도는 1초 단위로 측정하였다. 분출화염의 온도 분포는 준 정상상태에 도달한 2분 동안의 온도 데이터를 평균화하여 표면형(조감도)차트로 나타내었다. 열전대의 배치도를 그림 2에 나타내었다.

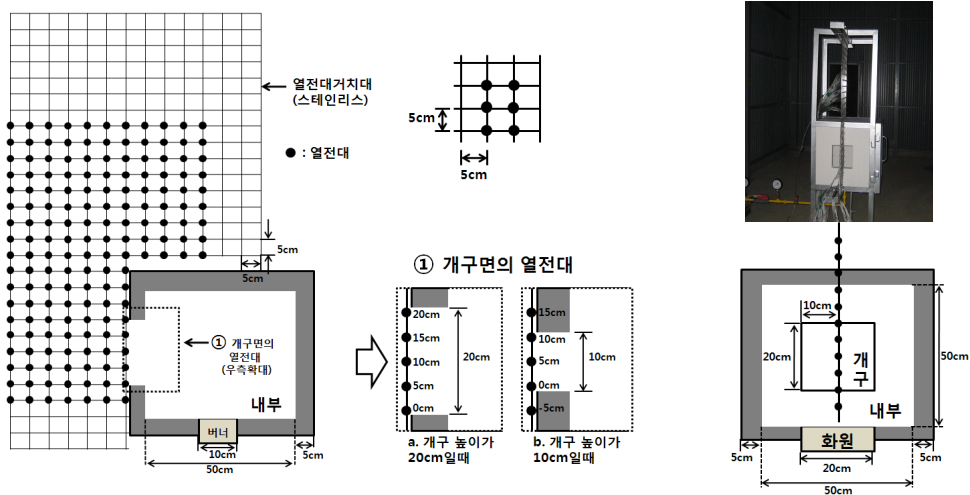


그림 2. 열전대의 배치도

### 3. 실험 결과

#### (1) 실험 1~4(화원 크기: 7.5kW)

실험1~4의 분출화염의 온도분포도를 그림3에 나타내었다. 간헐화염(300~400℃)의 높이를 보면 실험 1(개구부 크기: 0.2m×0.2m)은 개구부 하단을 기준으로 21.32cm이고 실험 2(개구부 크기: 0.1m×0.2m)는 20.8cm이고, 실험 3(개구부 크기: 0.2m×0.1m)은 18.11cm이었다.

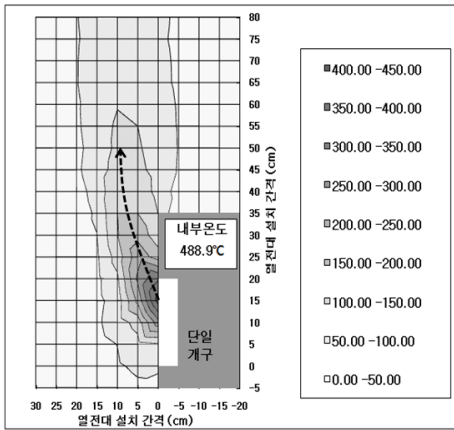
실험 1(개구부 크기: 0.2m×0.2m)과 실험 2(개구부 크기: 0.1m×0.2m)의 온도 분포도를 보면 실험 2의 폭이 실험 1보다 작지만 유사한 경향을 보인다. 실험 3(개구부 크기: 0.2m×0.1m)과 실험 1(개구부 크기: 0.2m×0.2m)을 비교해 보면 실험 3의 열기류 캐도가 실험 1보다 개구부 상단 벽에 밀착하고 있는 것을 알 수 있다. 즉 개구부의 폭이 같아도 높이가 낮아지면 화원의 열기류가 분출한 후에 곧바로 수직 방향으로 상승한다. 이는 건축물 화재시 창문 등의 개구부의 높이가 작을수록 열기류가 상층부 벽면에 근접하여 상층부 벽면을 가열하므로 상층부에 쉽게 화염전파할 가능성이 있다.

실험 4 (개구부 크기: 0.1m×0.1m)에서는 가스버너에 착화 한 후 단시간 동안 연소하였으나 공기유입량 부족으로 인해 단시간에 진화하였다.

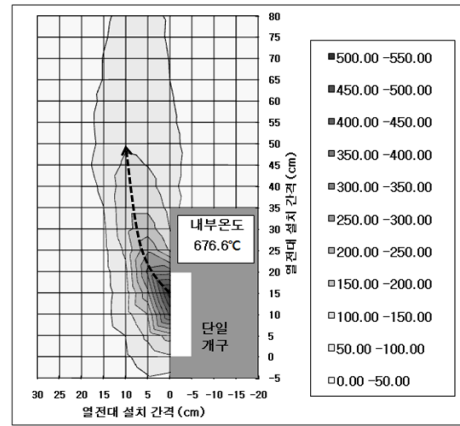
#### (2) 실험 5~8(화원 크기: 12kW)

실험5~8의 분출화염의 온도분포도를 그림3에 나타내었다. 간헐화염(300~400℃)의 높이를 보면 실험 5(개구부 크기: 0.2m×0.2m)는 개구면 하단을 기준으로 28.31cm이고 실험 6(개구부 크기: 0.1m×0.2m)은 21.32cm이었다. 실험 6에서는 연속화염(800~900℃)의 높이가 개구면 하단을 기준으로 15.11cm이었다.

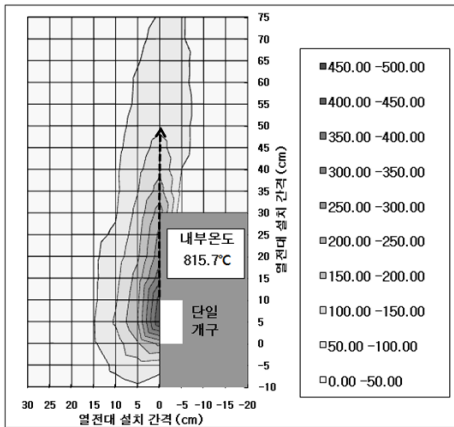
실험 5(12kW, 개구부 크기: 0.2m×0.2m)와 실험 1(7.5kW, 개구부 크기: 0.2m×0.2m)은 개구부 형태가 같으나 화원 크기가 다른데, 실험 5가 실험 1보다 전체적인 온도분포가 높았다. 실험 6(화원 12kW, 개구부 크기: 0.1m×0.2m)과 실험 2(화원 7.5kW, 개구부 크기:



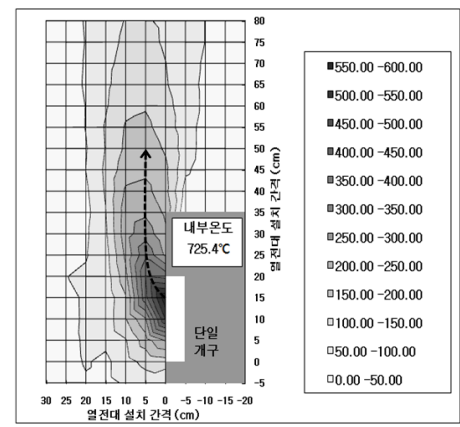
a. 실험 1 (7.5kW, B0.2m×H0.2m)



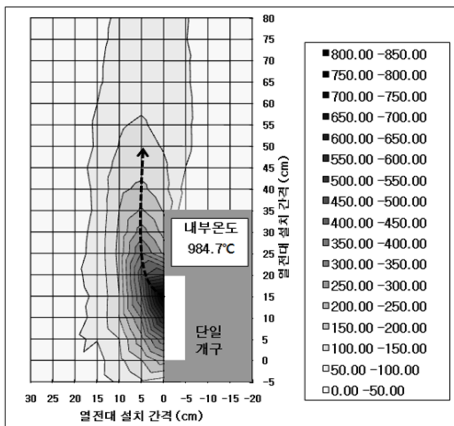
b. 실험 2 (7.5kW, B0.1m×H0.2m)



c. 실험 3 (7.5kW, B0.2m×H0.1m)



d. 실험 5 (12kW, B0.2m×H0.2m)



e. 실험 6 (12kW, B0.1m×H0.2m)

그림 3. 분출 화염의 온도분포도 및 궤도

0.1m×0.2m)의 결과를 보면 화원 규모가 커지면 고온의 열기류가 저온보다 분출 직후 수직상승하는 것을 알 수 있다.

실험 7(화원 12kW, 개구부 크기: 0.2m×0.1m)에서는 가스버너에 착화하면서 산소부족에 의해 불안정 연소를 보였으며, 실험 시작 후, 약 12분에 가스버너의 화염이 외부로 직접적으로 분출하였으므로 실험을 종료하였다.

실험 8 (화원 12kW, 개구부 크기: 0.1m×0.1m)에서는 가스버너 착화 후, 모형 내부의 산소가 전부 소비되면서 급방 진화하였다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 개구부 분출화염의 온도분포특성을 파악하기 위해 소규모 모형을 이용한 화재실험을 시행하였다. 실험에서는 개구부 크기와 화원 규모 등을 변화하여 분출 열기류의 온도분포와 열기류 궤도의 특징을 파악하였는데, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

##### a. 개구부 크기의 변화에 따른 특성

분출 열기류의 궤도는 개구부의 높이가 같고 폭을 1/2로 축소하면 거의 유사한 경향을 보이지만, 개구부의 폭이 같고 높이를 1/2로 축소하면 높이가 작을수록 열기류가 분출 직후에 수직상승하여 개구부 상부면에 근접하는 특성을 보였다.

##### b. 화원 크기의 변화에 따른 특성

분출 열기류의 궤도는 화원규모가 커질수록 모형 내부의 상태가 급속히 고온이 되면서 고온의 열기류가 저온일 때보다 분출 직후에 수직상승하여 개구부 상부면에 근접하는 특성을 보였다.

개구부의 분출화염특성은 개구부의 수량, 처마의 유무, 인접건물의 거리 등에 따라 영향을 받는다. 따라서 건축물의 화재안전설계에 활용하기 위해서는 향후에도 다양한 실험이 수행되어 분출화염특성을 모델화할 필요가 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 2009년도 소방방재청 국제공동연구인 『도시화재의 물리적 연소상상에측모델의 개발과 이를 이용한 화재리스크 평가기법의 개발』 지원에 의해 수행하였습니다.

#### 참고문헌

1. 黄 弘, 大岡龍三, 加藤信介 외 3명(2007). “有風下における區畫火災燃焼性状に關する火災風洞實驗” 日本建築學會學術講演會
2. 小玉直史, 林吉彦, 大宮喜文, 岩見達也(2007). “有風下における噴出火炎性状の實驗的解明とモデルへの適用” 日本建築學會學術講演會
3. 柳澤晶人, 城明秀, 大宮喜文 외 2명(2006). “半解放空間における開口噴出熱氣流性状” 日本建築學會學術講演會
4. 中村正壽, 上川大輔, 間瀬亮平, 長谷見雄二(2006). “區畫火災の燃焼率” 日本建築學會學術講演會
5. 高橋洋, 林吉彦, 佐藤英人, 大宮喜文(2005). “有風下における實大區畫の開口噴出火炎” 日本建築學會學術講演會