C-6

발코니 확장에 따른 수직화염 확대 위험성에 관한 실험적 연구

신이철 · 윤유혁 · 이주희* · 권영진
호서대학교 소방방재학과
호서대학교 혁신기술·경영융합대학원 메카트로닉스공학과 교수*

An Experimental Study on the Risk of Vertical Flame for a Extended-Balcony

Shin, Yi Chul · Youn, Yoo Hyuk · Lee, Ju Hee* · Kwon, Young Jin
Fire & Disaster Protection Engineering of Hoseo Univ.
Department of Mechatronics Eng. Hoseo Univ.*

Abstract

Since installing a balcony can significantly reduce the spread of fire, fire spread to the upper levels was confirmed, comparing the cases with and without balcony extension. It was confirmed that the fire can spread not only to the next higher level but also to two levels higher due to the outburst of flame which reached a significant temperature in the case without balcony, while the possibility of fire spread to the upper level reduced considerably with the balcony.

this study is compared and analyzed to vertical diffusion appearance of an externally venting flame. An installed balcony is also applied to fire test 6.54kW to analyze about effect of a balcony.

1. 서 론

최근 발코니 확장이 일반화 되면서 기존 공동주택에 대한 발코니 확장은 물론 신축되고 있는 공동주택에서 확장을 전제로 한 평면들이 제시되고 있다. 또한 공동주택 전문 업체들은 이러한 발코니 확장을 통해 평면구성에 다양성을 가진다는 점을 부각시켜 마케팅의 한 요소로 활용하고 있다. 2005년 12월 아파트 발코니 확장이 합법화 된 이후 발코니를 주거전용공간으로 전용하는 상황을 둘러싸고 자원 낭비, 건축 밀도 상승, 삭막한 도시환경, 화재안전 등의 여러 가지 문제점들이 지적되어져 왔다. 그 중 화재로부터의 안전문제의 경우 발코니는 공동주택에 있어서의 화재발생시 화염 및 연기의 수직 확대를 차단하여 발화층의 상층부 거주자의 피난시간을 확보해주며 주변건물로의 화재전파를 동시에 차

단하는 여러 가지의 역할을 한다. 이러한 발코니 확장은 외국에서 유사사례를 찾아볼 수 없는 문제로 이에 대한 해결책이 조속히 필요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 국내의 발코니 법과 외국의 법을 비교·분석하고 발코니 확장으로 인한 노출된 상층부 열기류 확산을 실험적으로 분석하고 문제점을 확인하여 우리나라의 현 실정에 적절한 해결방안을 모색하고자 하였다.

2. 발코니 관련 국내외 기준 비교

해외 기준을 살펴보면 일본에서는 화재확산의 방지를 위해 아파트의 발코니에 창문을 설치하는 것조차 금지하고 있다. 미국은 건물 시공 및 안전에 관한 코드(NFPA 5000)에서 공간으로 수직적인 화재확산을 차단하기 위해 3층 이상되는 건물로 스프링클러가 NFPA 13 기준으로 설치되어 있지 않은 모든 건축물에 대하여 범위를 지정하고 있다. 세부사항으로는 수직적인 층간방화벽은 1시간이상의 내화성능을 지닌 것으로 바닥에서부터 최소 0.9m 이상 확보되어야 하며, 벽으로부터 수평적으로 돌출된 부분(발코니 등)은 1시간 이상의 내화성능을 지닌 것으로 최소 0.76m이상 돌출되어야 한다고 규정하고 있다.

국내의 경우 2005년 12월 발코니 확장을 허용하는 건축법시행령을 공고하여 구조변경 절차 및 설치기준을 제정하였다. 기준은 아파트 2층 이상의 층에서 스프링클러의 살수범위에 포함되지 않는 발코니를 구조변경 하는 경우에는 발코니 끝부분에 바닥판 두께를 포함하여 높이가 90cm 이상의 방화판 또는 방화유리창을 설치하여야 하며, 방화유리창에서 방화유리는 한국산업규격에서 규정하고 있는 시험방법에 따라 비차열 30분 이상의 성능을 가져야 한다고 규정하고 있다.

국내기준과 미국기준을 비교해 보면 미국은 건물에 스프링클러가 NFPA 13 기준으로 설치되어 있지 않는 모든 건축물로 규정하고 있어 국내법에 비하여 적용범위가 넓다. 방호설비의 경우 국내외 모두 수직벽의 높이를 90cm 이상으로 규정하고 있으나 방화벽의 내화시간은 국내는 30분 이상, 미국은 1시간 이상으로 규정하고 있다.

3. 실험 계획 및 방법

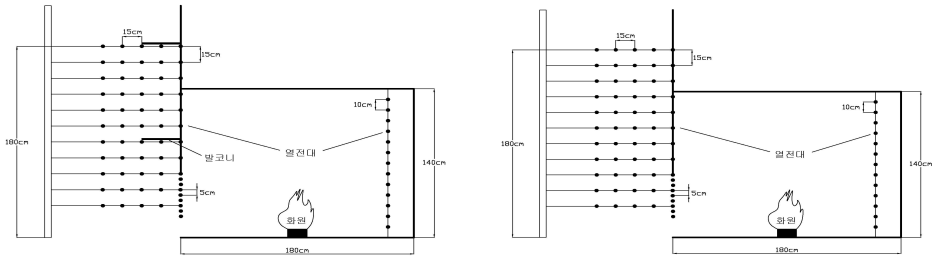
발코니 실험은 발코니 화염을 실물실험이 여러 가지 제약으로 어렵기 때문에 그림 1과 같이 실험체를 제작하여 발코니의 유무에 따라서 분출 열기류의 온도분포를 측정하였다.

실험 개요는 표 1에 나타낸 바와 같이 180cm×180cm×140cm 실험체에 개구부의 크기를 종횡비에 따라 3가지로 나누고 이를 발코니의 유무에 따라 총 6종류의 실험을 실시하였다. 화원은 메틸알콜을 사용하였으며 화원에 사용되는 용기는 정사각형으로 한 변의 길이가 15cm인 사각용기를 사용하였으며 용기의 두께는 2mm 철판을 사용하여 제작하였다.

$$\dot{Q} = \dot{m}'' A \Delta H_c \qquad (1)$$

$\dot{m}''$ = 질량연소유속[g/m^2·s]
A = 기화되는 면적 [m^2]
ΔH_c = 연소열[kJ/g]

화원의 에너지 방출속도 $\dot{Q}$[kW]는 10분 동안의 질량 감소율을 측정한 평균치를 식 (1)에 적용하여 6.54kW로 산출되었다. 열전대는 일반적으로 사용하는 K-type을 사용하였으며, 그림 1과 같이 실내부에 10cm간격으로 설치하였고 외부는 발코니에서의 온도 분포를 측정하기 위해 상하좌우 15cm씩 이격하여 설치하였다. 특히 개구부는 분출 열기류의 온도 분포를 세밀하게 계측하기 위하여 5cm간격으로 열전대를 설치하였다. 온도 측정은 데이터로거를 통하여 1초단위로 계측하여 기록하였으며, 실험 시작 후 실험체 실 내부의 온도가 일정해진 10분에서의 온도 데이터를 수집하여 비교·분석 하였다.



(a) 발코니 유 (b) 발코니 무

그림 1. 개구부 분출 열기류 온도 분포 실험 장치

표 1. 개구부 분출 열기류 온도분포 실험 계획 (단위 : cm)

실험체	발코니 설치	화원	개구부 크기 (가로×세로)	열전대
가로 : 180 세로 : 180 높이 : 140	有/無	크기 : 15cm×15cm 용액 : 메틸알콜 발열량 : 6.54 kW	30×60	K-type 그림 1
			60×60	
			60×30	

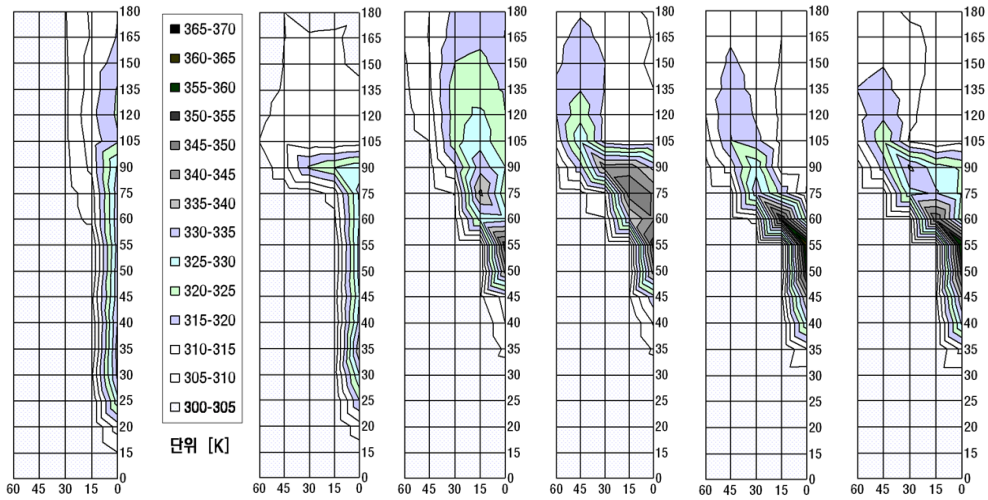
(a) Fire plate (b) 저울(AND) (c) 데이터로거 (d) 실험체

그림 2. 실험장비 및 실험체

4. 실험 결과 및 분석

4.1 분출 열기류의 온도분포 측정 결과 및 분석

본 연구에서 수행된 실험의 개구부부터 상하좌우 15cm간격으로 설치한 열전대에서의 발코니 유무에 따른 개구부 분출 열기류의 온도분포 측정결과 그림 3과 같은 결과가 나타났다. 분석해 본 결과 발코니의 직하부의 온도는 발코니가 없는 경우보다 더 높게 나타났으나, 발코니의 가장 중요한 역할인 수직화염 확대를 효과적으로 차단한다는 것을 실험결과 확인 할 수 있었다.



(a) 60cm(W)×30cm(L) (b) 60cm(W)×60cm(L) (c) 30cm(W)×60cm(L)

그림 3. 개구부의 크기 및 발코니 유무에 따른 분출열기류 온도분포

4.2 종횡비에 따른 개구부 분출 열기류 결과

종횡비에 따른 개구부 분출 열기류는 종방향이 횡방향에 비하여 더 넓은 온도 분포를 보였으며, 이는 개구부로부터의 분출 열기류는 개구면을 통과하는 시점으로 거의 수평방향의 속도백터를 가지지만 분출 후는 부력에 의해 위쪽으로 가속되기 때문에 속도벡터는 점차 위쪽으로 향하게 된다. 이러한 기류축 개구부로부터의 분출 열기류의 성상은 Yokoi에 의해 가장 체계적으로 연구되어져 왔다. 그는 일반적인 경우 창문 위쪽에 벽이 없는 자유공간에서는 종방향으로 긴 창문은 분출 열기류가 외벽에서 멀어지며, 횡 방향으로 긴 창문에서는 외벽에서 벗어난 후 다시 외벽 가까이로 이동하는 현상을 식 (2)로 나타내었다.

(2)

여기서 x 및 z는 그림 4에 나타나 있는 바와 같은 창문상단으로부터의 수평 및 수직 거리이며, x_0는 분출기류의 가상선원까지의 거리, H''은 창문개구상단과 중성대와의 거리, β는 공기의 팽창계수(β=1/273)이다. 또한 x_0/H''는 창문치수에 의하지 않고 0.0558의 값을 취하는 것을 밝혀냈다. 또한 그림 5는 위쪽에 외벽이 있는 창문의 종횡비 n이 여러 가지일 경우에 대한 기류축을 창문 상단으로부터의 수직거리 z 및 수평거리 x를 H''으로 무차원화한 좌표그래프이다.

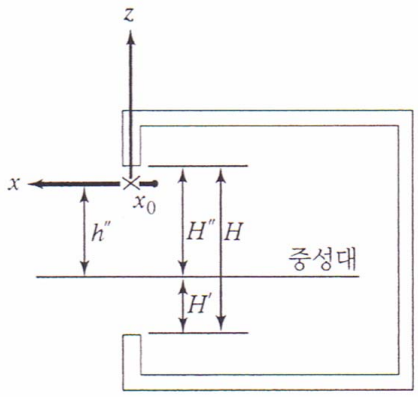
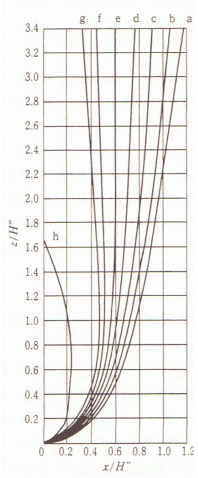


그림 4. 분출 열기류의 trajectory의 좌표



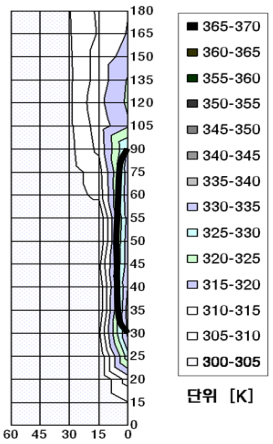
a. 창의 위쪽이 자유공간인 경우

b~h.는 창의 위쪽에 벽이 있는 경우 창의 종횡비의 정도에 따라 다음과 같이 분류된다.

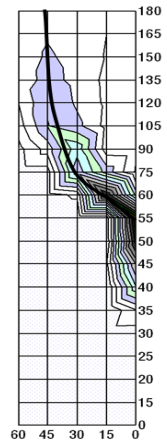
$b.\ n=1$
$c.\ n=1.5$
$d.\ n=2$
$e.\ n=2.5$
$f.\ n=3$
$g.\ n=3.4$
$h.\ n=6.4$

단, n은 창의 가로폭을 세로길이의 절반으로 나눈 값이다.

그림 5. 창문의 종횡비 n(=2B/H)과 분출 열기류의 trajectory



(a) 60cm(W)×30cm(L)



(c) 30cm(W)×60cm(L)

그림 6. 실험의 개구부 종횡비에 따른 trajectory

실험에서의 60cm(W)×30cm(L)는 n이 4가 되며, 30cm(W)×60cm(L)의 경우는 n이 1이 된다. 즉 그림 6에 나타낸 trajectory와 같이 60cm(W)×30cm(L)는 g보다 더 안쪽으로 위치하며, 30cm(W)×60cm(L)는 b에 근사한 열기류 이동을 보이므로 실험결과와 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 발코니의 창문이 횡방향으로 긴 경우 수직 화염확대의 위험성이 더 높다는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

2005년 12월 발코니 확장이 법적으로 허용된 이후 건설사들은 발코니의 확장으로 인한 실용성을 마케팅의 전략으로 내세우고 있는 추세이나, 현재 발코니 확장에 관한 국내외법을 살펴본 결과 우리나라의 발코니 확장의 합법화는 외국에서는 찾아볼 수 없는 이래적인 사례이다. 또한 적용범위 및 내화시간에 대한 규제가 미약한 것을 알 수 있었다.

이러한 발코니의 유무에 따른 화재시 위험성을 실험을 통해 분석해 본 결과 발코니의 역할 중 하나인 화염 및 연기의 수직 확산을 효과적으로 차단하는 것으로 판단되었다. 또한 종횡비를 비교해 보았을 때 횡방향 보다는 종방향일 때 높은 온도분포와 넓은 확산범위가 나타났으며, 횡방향일 경우 수직 화염확대의 위험성이 더 큰 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 발코니 확장허용에 대한 강력한 대응책이 필요하며, 향후 발코니 확장에 따른 화재 위험성에 관한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2008년 한국과학재단 특정기초연구과제 R01200800020527020008 지원에 의하여 수행하였으며 관계자께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 田中哮義, 日本建築センター (2002). “建築火災安全工学入門” 第7章 pp 213~226
2. 한인경 (2007). “공동주택의 발코니 구조변경에 따른 상층부로의 화재전이특성에 관한 연구” 호서대학교 석사학위논문
3. 김회천 (2006). “아파트 화재시 발코니 유무에 따른 연소성 평가” 한국생활환경학회지 Vol. 13, No. 4, pp 327~335
4. 이무철 (2006). “고층건물 발코니 확장에 관한 성능위주방화설계 연구” 서울산업대학교 산업대학원 안전공학과 석사학위논문