

아파트 발코니를 통한 수직화재전파분석

김환진*, 김원국**

(주)리스크매니지먼트씨포트*, 명지대학교 과학기술사회연구소**

Analysis of Vertical Fire Spread through the Balcony in an Apartment

Hwan-Jin Kim*, Won-Kook Kim**

Risk Management Support Co.*,

Myoung-Ji Univ. Institute of Science Technology Society, Professor**

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

고층 아파트화재는 주거시설 화재 중에서 가장 위험한 화재이다. 2002년과 2003년도의 고층건물 화재통계를 살펴보면, 2002년도에 고층건물 화재 중 고층 아파트에서의 화재가 79%를 차지하고 2003년도에는 무려 83% 이상 차지하고 있음을 알 수 있다.¹⁾ 고층건물에서의 화재의 또 다른 문제점은 16층 이상의 층에서는 소방대의 피난 및 화재 진압장비가 미치지 못하기 때문이다.

최근 공동주택의 발코니 확장이 합법화되면서 건축분야는 물론 소방분야에 많은 토론과 문제점에 대한 성토가 이루어지고 있다. 정부 및 건교부의 규제완화라는 명목으로 2006년 1월 1일부터 시행한 이 법은 충분한 관련 전문가와 협의 없이 이루어져 뒤늦게 화재 안전규정을 마련하는 등의 혼란을 야기 시키고 있다.

공동주택에서의 발코니는 여러 가지 기능을 가지고 있다. 건축적으로는 건축물의 내부와 외부를 연결하는 완충공간으로서 전망휴식 등의 목적으로 건축물 외벽에 접하여 부가적으로 설치되는 공간을 확보하며, 화재안전 측면으로는 건축물내에 수직화재전파를 지연시키거나 혹은 방지하는 기능을 지닌다. 고층 아파트 건물의 발코니에 의한 화재전파의 지연과 방지는 소방관들에게 화재가 발생한 층 위의 거주자들에게 대피 가능한 시간을 확보해주고, 다른 층이나 주변 건물로의 화재전파로부터 화재를 제어할 시간을 확보해준다.²⁾

따라서 본 연구에서는 발코니 확장에 대한 화재안전상의 문제점을 해외연구와 법 그리고 시험결과 및 경험식으로 평가해 봄으로써 현 발코니 확장법의 문제점과 내용을 살펴보고 정리된 결과자료를 통해 발코니 확장 합법화에 의한 국내 고층 아파트의 발코니를 통한 수직화재전파 가능성을 경험식으로 살펴보고 그 결과에 따른 추후 연구 방향을 잡아보고자 한다.

2. 분석방법

2.1 발코니 관련 법규 및 Test 조사

국내 발코니 관련 법규를 2006년 1월1일 이전과 이후로 나누어 보면 [표-1]과 같다.

[표-1] 국내 발코니 관련 법규 개정전후³⁾

구분	발코니 확장여부	내용
2006년 1월 1일 이전	X	- 발코니 확장 불가 발코니 넓이 1.5m 이하 단, 간이화단 설치 시 2m 이하까지 허용
2006년 1월 1일 이후	○	- 발코니 확장하지 않을 시 발코니 너비 1.5m 이하 - 발코니 확장 시 발코니 너비 1.5m 이하 대피공간 필요 (신축 공용 3m ² , 기존 가구별 2m ²) 스프링클러 설치 혹은 층간 방화벽 0.9m 이상 설치

* 1992.6.1 이전 건축물에 대하여는 건축사 또는 구조기술사의 구조안전점검확인서 제출 필요

[표-1]에 나타난 바와 같이 새로 발효된 발코니 관련법 중 확장에 관해서는 발코니 너비 1.5m이하로 대피공간을 지녀야 하며 스프링클러 혹은 층간 방화벽 0.9m 이상 설치하여야 한다.

한편 미국 건물 시공 및 안전에 관한 코드 NFPA 5000 Chapter 37.1.4를 살펴보면 외부 공간으로 수직적인 화재전파를 막기 위한 조항으로 '3층이상 되는 건물로 스프링클러가 NFPA 13 기준으로 설치되어 있지 않은 모든 건축물은 아래와 같은 기준을 따라야 한다'라고 기술되어 있다.

- (1) 개구부는 NFPA 5000 Section 7.3의 조건으로 보호되어야 한다.
- (2) 수직적인 층간방화벽은 1시간 이상의 내화성능을 지닌 것으로 바닥에서부터 최소 0.9m 이상 돌출되어야 한다.
- (3) 벽으로부터 수평적으로 돌출된 (예를 들면 발코니) 부분은 1시간 이상의 내화성능을 지닌 것으로 최소 0.76m 이상 돌출되어야 한다.

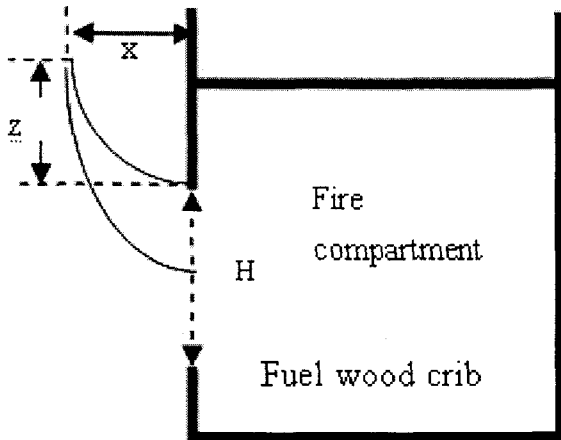
위의 내용만 보면 국내의 기준은 미국의 NFPA 5000 Chapter 37.1.4의 (2)항을 따르고 있어 큰 문제가 없어 보인다. 이 규정의 배경을 살펴보면 1960년 Yokoi의 나무화재 Full Scale Test에 따른 것으로 수평적 돌출부는 0.76m, 수직적인 돌출부는 0.9m 이상을 필요하다고 제안했다. 하지만 현대 건물의 많은 재료 (특히 플라스틱 등의 재료)를 고려해 볼 때, 길이는 재검증 받아야 할 것으로 보인다.

한편 NRCC (National Research Council of Canada)의 Oleszkiewicz는 수직화재전파에 관하여 수직 및 수평적 돌출부의 영향을 조사했다.⁴⁾ 그 결과 수평적인 돌출부는 창문위의 벽의 Heat Flux를 약 90% 감소시켰으나, 수직적인 돌출부는 약 50% 증가시키는 것으로 나타났다.⁴⁾ 이러한 시험결과는 창문위의 표면의 온도를 낮추는데 있어 수평

적 돌출부분의 효율성을 잘 나타내고 있다. 최근 2001년 Suzuki의 연구⁵⁾와 2004년 John H. Mammoser II 와 Francine Battaglia의 공동연구²⁾ 내용 역시 비슷한 결과를 보여주고 있다.

2.2 Thomas and Law's correlation

Thomas와 Law는 Yokoi와 Seigel의 1972년 시험데이터로부터 화염의 길이의 경험식을 만들어 냈다. 연료로는 나무가 사용되었고 화염의 길이와 수평적인 길이의 산정에서는 바람의 영향을 배제했다. 화염의 높이와 길이는 온도가 540℃ 화염 끝을 기준으로 산정했다.



[그림-1] 화재 발생실로부터 화염의 돌출

$$z + H = 12.8 \left(\frac{\dot{m}}{B} \right)^{2/3} \quad \text{식(1)}$$

$$\frac{x}{H} = \frac{0.454}{n^{0.53}} \quad \text{식(2)}$$

- H, B : 창문의 높이 및 너비 [m]
- z : 창문 위쪽으로부터 화염 끝의 높이 [m]
- x : 건물 표면에서부터 화염의 수평적 거리 [m]
- \dot{m} : 연소속도 [kg/s]
- n : $\frac{2B}{H}$ (Shape factor)

2.3 연료지배형 및 환기지배형 화재

Thomas와 Law의 경험식에서 연소속도 및 창문의 높이 너비가 변수이다. 이때 연소속도는 두 가지 조건에 따라 달리 적용되는데 하나는 연료지배형 화재이고 다른 하나는 환기지배형 화재이다. 1981년 Law와 O'Brien은 연소속도에 적용할 식을 각각 아래와 같이 제안하였다.

- 연료지배형 화재

$$\dot{m} = \frac{M}{1200} \text{ kg/s} \quad \text{식(3)}$$

M : 화재하중(대부분 가구는 20분 안에 모두 탄다는 가정)

- 환기지배형 화재

$$\frac{\dot{m}}{A_w H^{1/2}} \cdot \left(\frac{D}{W}\right)^{1/2} = 0.18 \left[1 - \exp\left(-\frac{0.036 A_T}{A_w H^{1/2}}\right) \right] \quad \text{식(4)}$$

D, W : 화재발생실의 길이와 너비

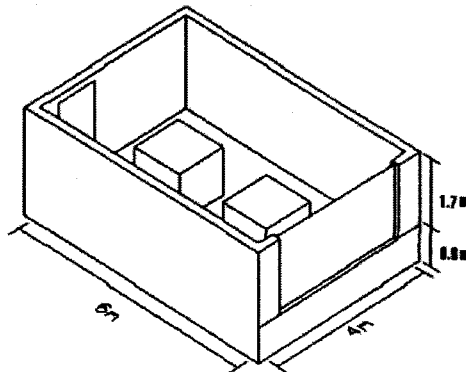
A_w : 창문의 넓이

H : 창문의 높이 (여러 개의 창문이 있을 때 평균 창문 높이)

연소속도를 적용하는데 있어서 연료지배형과 환기지배형의 화재를 구분할 때, Opening factor $A_T/A_w H^{1/2}$ 를 사용한다. 여기서 A_T는 창문의 넓이 A_w을 제외한 벽과 천정의 모든 면적이다. 이 값이 8-10m^{1/2} 이면 연료지배형 화재로 적용하고, 그 외의 경우는 환기지배형 화재로 적용한다.

2.4 화재 발생실 및 연료의 배열

경험식과 FDS의 시뮬레이션의 결과를 비교하기 위한 화재 발생실은 6m(길이) x 4m(너비) x 2.6m(높이)로 가정하고, 층간 방화벽은 0.9m 으로 잡았다. 내부벽과 천정 그리고 층은 석고보드로 가정하고 하나의 출입문과 하나의 창문을 가정했다. 출입문은 2시간 내화를 갖는 방화문으로 가정하고, 이 경우에는 열린공간으로 가정하지 않았다. 창문은 측면 4m에 중심에 위치하며 3.2m(너비) X 1.6m(높이)의 형태를 지닌다.



[그림-2] 화재발생실 및 연료의 배열

2.5 화염 높이 및 길이 수계산

Thomas 및 Law의 경험식 식(1), 식(2)과 Law와 O'Brien의 제안에 따른 연소속도 식

(3), 식(4)로 부터 화염의 높이는 계산 가능하다. 각 식에 따라 계산을 수행해보면 opening factor $A_T/A_wH^{1/2}$ 는 14.2가 나온다. 즉 화재는 환기지배형의 화재이며 그에 따른 최대 연소속도 \dot{m} 은 0.44kg/s 최대 화염 수평길이는 0.38m 최대 화염 수직길이는 1.73m로 계산된다.

건축 시행령에서 요구하는 발코니 층간 방화벽길이 0.9m로 Thomas 및 Law식으로 계산된 최대 수직화염길이 1.73m보다 짧다. 따라서 발코니를 통한 화재전파 위험이 상당한 것으로 보인다. 더욱이 이 Thomas 및 Law식은 나무화재에 의한 경험식이므로 현재 우리가 사용하고 있는 많은 플라스틱류의 화재가 평균적으로 나무화재보다 더 빠르게 화재가 성장하고 더 많은 열방출속도(Heat Release Rate)를 나타내고 있는 것을 보면, 실제 상황에서 발코니를 통한 수직 화재전파는 더 위험한 것으로 본다. 이에 관련한 나무 파렛 및 TV의 연소성질을 [표-2]에 비교해 놓았다. 다만 수직화재전파를 평가하기위해 가정된 화재 발생실이 실제 고층 아파트와 발코니 형상과 다르다라는 점은 이 결과가 일반화 되기에 한계가 있다.

[표-2] 나무 파렛 및 TV의 연소성질 비교

성 질	나무 파렛	TV
화재하중	14.3kg/m ²	14.3kg/m ²
Heat of combustion	12MJ/kg	39.7MJ/kg
Total heat released	4118MJ	4118MJ
무게	342kg	103.7kg
밀도	500kg/m ³	1050kg/m ³

3. 결 론

본 연구를 통한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 국내 발코니 확장법은 미국의 NFPA 5000과 비교하여 같은 수준의 수직화재전파에 대한 대비를 하고 있다.

둘째, 해외의 수직화재전파에 관련된 시험 및 연구 결과에 따르면 수직적 화재전파를 방지하기 위해서는 수직적인 층간 방화벽보다는 수평적인 돌출부 즉 발코니와 같은 공간이 더 효율적인 것으로 나타났다.

셋째, 본 연구에서 가정된 화재 발생공간을 Thomas 및 Law식의 경험식으로 계산한 결과 층간방화벽 0.9m의 길이는 수직화재전파를 막기에는 부족하다. (단 가정된 공간은 실제 고층 아파트의 형태와 다르므로 일반화 하기에는 한계가 있다.)

넷째, 본 연구에 결과에 따라 실제 아파트 형상에 맞는 발코니를 통한 수직화재전파를 평가해 볼 필요성이 대두되며, 나무화재가 아닌 실제 건축마감재를 반영하여 수직화재전파 가능성을 파악할 필요가 있다. 따라서 이 연구는 추후 수행할 예정이다.

참고문헌

1. "2003년도 특수건물 화재조사분석", 한국화재보험협회, 2004
2. John H. Mammoser III, Francine Battaglia, "A computational study on the use

- of balconies to reduce flame spread in high-rise apartment fires", 2004, Fire Safety Journal, pp. 277-296
3. 건축법 시행령 제46조
 4. Oleszkiewicz I, "Vertical separation of windows using Spandrel walls and horizontal projections", Fire Technology, 1991;27(4), pp. 334-340
 5. Suzuki T, Sekizawa A, Yamada T, Yanai E, Satoh H, Kurioka H, Kimura Y, "An experimental study of ejected flames of a high-rise buildings", Technical report, National Research Institute of Fire and Disaster, Japan, 2001, pp 363-373
 6. Vytenis Babrauskas, SFPE handbook of fire protection engineering 2nd edition, NFPA, chapter 3-1 Heat Release Rate