

고층 건축물의 화재확대방지를 위한 기존 문헌 조사

An Investigation on the Existing Literature to Prevent Fire Spread of High-rise Buildings

이 병 훈*

Lee, Byeong-Heun

권 영 진**

Kwon, Young-Jin

Abstract

In Korea, starting with the Busan residential-commercial fire in 2010, the frequency of fire expansion in high-rise buildings has been continuously increasing. In the case of such large-scale fires, most of the fires generated from the inside tend to expand to the upper floors by riding the exterior material or exterior wall panels through the process of being ejected to the outside. It has been revised so that combustible exterior materials cannot be used in buildings. However, due to the legal fluoride level, the fire risk of high-rise buildings is still high, such as the case of a 33-story residential-commercial fire in Ulsan. In order to prevent such fire expansion, it is considered that it is necessary to first understand the nature of the fire occurring inside and the mechanism of the fire expansion in the upper floor. The purpose of this study is to propose improvements in domestic fire safety design through a review of existing literature to prevent fire expansion of high-rise buildings.

키 워 드 : 초고층 주상복합빌딩, 화재안전설계, 화재확대

Keywords : high-rise residential and commercial buildings, fire Safety, fire expand

1. 서 론

고층건축물은 경제성장의 상징이자 랜드마크로서 순기능적인 측면이 있지만, 화재와 같은 재해 등에 있어서 치명적인 결과를 초래할 수 있는 위험요인을 내포하고 있다. 과거에도 대연각 호텔 화재, 부산 대아호텔화재 등과 같이 고층건축물의 화재 위험성에 대해서는 이미 경험을 한 바 있으며, 2017년 발생한 그렌펠타워화재 역시 전 세계에 고층건축물의 화재위험성을 보여준 사례로 남아있다. 이러한 대형 화재의 확산을 방지하기 위해 국내에서는 2019년 11월부터 건축법 제 61조 2항에 의거하여 3층 이상 9m 이상인 건축물에 대한 가연성 외장재 금지 규정을 마련하고 있다. 하지만, 2020년 10월 33층 규모의 울산 주상복합에서 가연성 외장재를 통해 화재가 확대되어 건축물 전체가 화염에 휩싸여 화재피해 비율이 40% 이상 발생하고 90여명의 부상자가 발생하는 등 도시 지역의 화재위험성은 여전히 높은 실정이다.

이러한 화재확대는 외부에서 발생한 화재가 가연성 외장재를 통해 확대되거나 또는 내부에서 발생한 화재가 외부로 확대되는 분출화염을 통해 이뤄진다. 구획 내에서 발생한 화재는 초기에 화원이 성장하고, 인접가연물로 확대되며, 이에 따라 플래시오버가 발생하게 된다. 플래시오버 이후에 화재는 연료지배형에서 환기지배형으로 성상이 변화하고 개구부 등의 외부 환기인자와 반응하며 화염이 발생한다. 이 때 내부에서 발생한 화재가 외부로 분출되었을 때 상층부에 직접적으로 화염이 부딪히게 되며 창의 탈락 및 용융에 일어나고 상부층 내부로 화재확대가 이뤄진다. 기존의 연구에서는 무차원 온도와 무차원 높이를 기반으로 분출 열기류의 보유 열량을 계산하고 있으며, 이 때 발생하는 복사열에 대한 연구가 주를 이루고 있다.

본 연구에서는 기존의 화재사례조사 및 화재확대방지에 관한 기존의 이론 및 문헌조사를 통해 향후 고층 건축물의 화재안전설계의 개선점을 도출하는 것에 목적이 있다.

2. 기존 화재사례 조사

단일 구획에서 발생한 화재가 플래시오버를 거쳐 분출되는 열기류 성상에 관한 연구는 이전부터 현재까지 지속적으로 이뤄지고 있으며, Yokoi¹⁾가 제안한 개구분출화염의 중심축 궤도 및 온도를 추정하는 평가방법을 기반으로 연구가 이뤄지고 있다. Thomas Law 등은²⁾ 축소모형실험을 통해 화염의 길이 및 연소속도가 무차원화 가능하다는 것을 입증하였고, 분출열기류의 예측식을 제시하였다. Haggiund³⁾ 등은 가연성 물질로 목재 크리브를 이용한 구획 모형 실험을 실시하고 분출화염의 발생 유무를 열방출률로 결정하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 분출화염의 발생조건으로 발생 한계 열방출률이 존재하는 것으로 도출되었으며, 구획 내의 열방출률이

* 호서대학교 소방방재학과 박사과정

** 호서대학교 안전소방학부 교수, 교신저자(jungangman@naver.com)

발생 한계 열방출률보다 큰 경우에는 개구부에서 분출기류가 화염으로 발생하는 것으로 제안했다. Hasemi⁴⁾는 가스버너를 이용한 실규모 화재실험의 결과와 구획 모형 화재실험결과를 비교했으며, 분출 화염이 발생하는 한계 열방출률이 있다고 판단했다. 다만, Haggiund 등이 변수로 판단한 개구요인 이외에도 구획의 크기가 발생 한계 열방출률에 영향을 주는 것으로 판단했으며 이를 온도인자 $A_T/AH^{1/2}$ 의 관계로 제안했다. Oleszkewicz⁵⁾는 개구분출화염에 관해 실험실실험을 실시하였고 개구분출화염에 관한 실험실실험을 실시하였고, 개구분출화염이 건축물의 외벽에 미칠 영향 및 화원의 열방출률, 개구의 형상변화에 관한 연구를 실시하였다. Suzuki⁶⁾는 개구분출 화염이 발코니에 미치는 영향을 1/7, 1/15의 축소모형실험을 실시하였고, 화원의 종류에 따른 변수를 통해 발코니의 길이 및 형태별 분출화염의 성상을 분석하였다.

Yamaguchi⁷⁾ 등은 분출 열기류의 기류축을 포함한 모든 영역에서 무차원 온도의 분포는 개구 및 발코니의 형상에 의존하는 것으로 판단했고 개구 형상과 발코니 등 건축 요소에 의한 상층부 연소확대방지 효과를 평가하기 위해 모형실험을 진행했다. 신이철은 인접 건물로 복사열유속 위험성 추정 알고리즘을 구축하고 이에 대한 검증실험을 ISO 13785-2 실험규모 외벽 화재실험을 통해 진행했다. 그 결과 제안한 알고리즘의 계산결과와 검증 실험결과가 유사한 경향을 나타내는 것으로 제안했다. 이상의 기존연구는 플래시오버를 거쳐 분출되는 열기류의 성상에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 또한, 내부에서 분출된 열기류가 상층부로 확대되는 대처방안으로 발코니를 대책으로 제안하거나 인접건축물로의 화재확대방지를 위한 복사열 측정 예측으로 연구가 이뤄지고 있다. 따라서, 외벽을 통한 상층부 확대에 대한 평가방법의 필요성을 확인할 수 있다.

3. 결 론

구획공간에서 발생한 화재는 외부로 확대되기 위해 환기지배형으로 성상이 변하고 이후 환기량이 공급되는 개구부를 통해 폭발적인 연소현상을 일으킨다. 이를 분출화염 또는 분출 열기류로 정의하고 있으며, 이는 개구부의 형상 및 크기에 영향을 받는다. 국외에서는 발코니 등을 통해 화재확대를 방지하고 있으나 국내의 경우 발코니 확장 합법화로 인해 이러한 방지대책이 전무한 실정이다. 따라서, 외부 확대범위 예측을 통해 층간 방화구획 및 화재확산구조의 범위 예측에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 소방청 소방대응력 향상을 위한 연구개발사업(2020-NFA002-010)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Sizuo Yokoi, "Study on the Prevention of Fire-Spread Caused by Hot Upward Current", BRI Report. Building Research Institute, Ministry of Construction, Japan, Vol.34, 960
2. H. Thomas and M. Law, "The Projection of Flames from Burning Buildings on Fire", Fire Prevention Science and Technology 10), pp.19~26, 1974
3. Haggiund Jansson Onnermark, "Fire Development in Residential Rooms after Ignition from Nuclear Explosions", Foersvarets Forskningsanstalt, Stockholm (Sweden), 1974
4. Yuji Hasemi, "Fuel Shape Effect on the Deterministic Properties of Turbulent Diffusion Flames", Bulletin of Japan Association for Fire Science and Engineering, Vol.38, No.2, pp.29~4, 1989
5. Oleszkewicz, "Fire exposure to exterior walls and flame spread on combustible cladding", Journal of Fire Technology, Vol.26, No.4, pp.357~375, 1990
6. Takeshi Suzuki, "An Experimental Study of Ejected Flames and Combustion Efficiency", Proceedings of the fifth international symposium Fire Safety Science pp.903~914, 2003
7. Yamaguchi, I., Iwai, Y., Tanaka, T., Harada, K., Ohmiya, Y., and Wakamatsu, T., "Applicability of Nondimensional Temperature for Scaling ~e Temperatures of Window Jet Plume", J. Archit. Plann. Environ. Eng., No.513, pp.1~7, 1998