

건축물 화재성상 시뮬레이션을 위한 연소확대 모델 개발 및 적용사례(Ⅲ)

- 외장재에 기인한 연소확대모델 -

권영진*, 김동은, 홍해리, 김세종, 한정철, 서윤정
호서대학교 소방방재학과
호서대학교 소방방재학과 교수*

Application and development of Combustion Model for Fire Simulation in Building(Ⅲ)

Young Jin Kwon, Kim Dong Eun, Hong Hae Ri, Kim Se Jong, Han Jung Chul, Seo Yoon Jeong
Dept. Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ.
Professor/Ph.D, Dep. Fire & Disaster Prevention, Hoseo Univ.*

요 약

최근 건축물은 초고층화의 경향을 보이고 있으며 이에 따라 하중감소 및 에너지 절약을 위한 외장재를 사용하고 있으나 화재 안전성은 고려되지 않아 화재 위험성이 증가되고 있다. 또한 높은 층수에 의한 바람의 영향이 증가하여 화재 시 큰 변수로 작용될 위험성이 있다고 판단되었다. 이에 초고층에서의 화재 안전과 관련 규정이 추진되고 있으나 여전히 미흡한 실정이며 화재 안전 대책이 강구되고 있다. 이에 본 연구에서는 초고층건축물의 화재 시 외장재와 바람이 화재 성상에 미치는 영향을 알아보고자 2010년 부산에서 발생한 초고층 주상복합건축물의 화재 사고를 FDS를 통해 분석한 결과, 화재 시 풍속을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우에 비해 빠른 수직, 수평 화염 확대를 보였으며, 높은 최대 HRR값을 보였다.

1. 서론

최근 공동주택 및 주상복합건축물 등이 50층 이상의 초고층화 경향을 보이고 있으며, 많은 초고층건축물이 계획되어지고 있다. 초고층건축물의 경우 굵은 골재의 사용과 더불어 에너지 효율의 최적화를 위하여 경량 및 단열 효과에 적합한 외장재를 사용하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 외장재는 단열 효과로 화재 시 실의 열을 차단하여 빠른 온도 상승과 화재 하중의 리스크가 높아 이에 적합한 규정이 필요하나 현재 외장재에 대한 규정은 미흡한 실정이다. 또한 초고층건축물의 경우 높은 층수에 의해 바람에 의한 영향을 많이 받기 때문에 화재 시 바람이 화재 성상에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그러나 화재 성상 예측 시 바람에 대해 고려하지 않고 있어 예상치 못한 화재 성상이 발생할 수 있을 것이라 사료된다.

따라서, 본 연구는 초고층건축물의 화재 시 수직 화재 확대 경로가 되는 외장재와 초고층건축물의 화재 성상에 변수로 작용할 것이라 판단되는 바람의 화재 위험성을 분석하고자 2010년 부산에서 발생한 초고층 주상복합건축물의 화재 사례를 NIST에서 개발한 FDS5를 사용하여 분석하였다. 이를 통해 향후, 초고층건축물의 화재시 외장재 및 바람의 영향에 대한 기초 자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 외장재 관련 규정

국내 건축기준법의 외장재 관련 규정은 표1과 같다. 건축법 제 51조에서는 방화지구 안의 건축물의 외벽을 내화구조로 하여야 한다고 규정하고 있으나 정량적인 평가 및 시험방법의 체계는 규정되어 있지 않다. 또한 제 52조에서 대통령령이 정하는 건축물의 외벽에 사용하는 마감재로는 방화에 지장이 없는 재료를 사용하라는 규정만 있을 뿐 외장재에 대한 정량화된 규정은 없는 실정이다.

표 1. 외장재 관련 규정

건축법 제 51조(방화지구 안의 건축물)	
① 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 방화지구 안에서는 건축물의 주요구조부와 외벽을 내화구조로 하여야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.	
② 방화지구 안의 공작물로서 간판, 광고탑, 그 밖에 대통령령으로 정하는 공작물 중 건축물의 지붕 위에 설치하는 공작물이나 높이 3미터 이상의 공작물은 주요부를 불연(不燃)재료로 하여야 한다.	
③ 방화지구 안의 지붕·방화문 및 인접 대지 경계선에 접하는 외벽은 국토해양부령으로 정하는 구조 및 재료로 하여야 한다.	
건축법 제 52조(건축물의 마감재료)	
① 대통령령으로 정하는 용도 및 규모의 건축물의 내부 마감재로는 방화에 지장이 없는 재료로 하되, 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」 제5조 및 제6조에 따른 실내공기질 유지기준 및 권고기준을 고려하고 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 국토해양부령으로 정하는 기준에 따른 것이어야 한다.	
② 대통령령으로 정하는 건축물의 외벽에 사용하는 마감재로는 방화에 지장이 없는 재료로 하여야 한다. 이 경우 마감재료의 기준은 국토해양부령으로 정한다.	

3. 초고층공동주택의 화재사례 조사 분석

3.1 화재 사고개요

표 2. 화재사고의 개요

일시	2010.10.01 am11:33
장소	부산시해운대구우동WooShinGoldsweet
구조	철골철근콘크리트조, 지상37층, 지하4층
원인	4층의 미화원작업실에서 전기 스파크로 인해 화재 발생

표 3. 건물의 층별 용도 및 면적

층별	계	지하 1층	지하 2-4층	지상 1-3층	지상 4층	지상 5-38층
용도	지하4층 지상38층	기계실 등	주차장	근린 생활 시설	PIT	업무 시설
상면적	68917m ²	3939m ²	3571m ²	1352m ²	1398m ²	1398m ²

표 4. 소방시설의 현황

소화 기구	옥내 소화전	스프링 클러	자탐 설비	비상 방송	유도 등	제연 설비	비상 조명등
291	78	7665/89	791/98	333	670	급기108 배기216	1185
※ PIT층 : 감지기, 소화기설치							

표 2는 2010년 부산에서 발생한 초고층주상복합건축물의 화재 사고의 개요를 나타내고 있으며, 표 3, 4는 화재 피해 건축물의 용도 및 면적과 소방 설비 등의 현황을 나타내고 있다. 본 화재는 지상 4층의 PIT층 미화원작업실에서 전기 스파크에 의한 화재가 내부의 재활용을 위한 분리수거 적치물이 연소하면서 발생하였다. 그 이후 화염이 PIT층의 창문을 통해 건물의외부 마감재에 확대되어 건물의외벽과 마감재 사이 공간의 상승기류로 의해 상층부로 화염이 급격히 확산되었다. 이 화재로 거주자 3명, 소방관 1명, 인접상가 3명이 가벼운 화상 등의 인명피해가 발생하였고, 건물의외벽과 일부 층의 내부가 전소되어, 약 57억 원의 재산피해가 발생하였다.

3.2 연소 확대

화재는 전술한 바와 같이 밀폐된 PIT층에서 발화하여, PIT층에 존재하는 다량의 가연성물질을 의해 급격한 연소 확산이 발생하였다. 연소확산이 된 관통구는 방화구획이 미비하여 발화지점의 강한 화열이 외부로 분출되어 인화성외벽 마감재로의 확산이 일어나 순간최대풍속8~9m/s에 의해 화염이동이 가속화된 사례로, 방화구획의 미비 및 인화성 외장재의 문제가 도출되었다.

3.3 건축물의 외장재 특성

화재가 발생한 건축물의 외장재는 AL복합패널로 무게가 가볍고 단열성이 좋아 초고층 건축물에서 많이 사용되고 있으며 구성은 그림 1과 같다. 이 패널의 경우 현장에서 조립하여 시공하는 방법인 스틱시스템과 공장에서 일체식으로 조립한 유니트 단위로 출하하여 시공하는 유니트시스템의 2가지 공법을 사용하여 설치하며 구성은 그림2, 3와 같다.

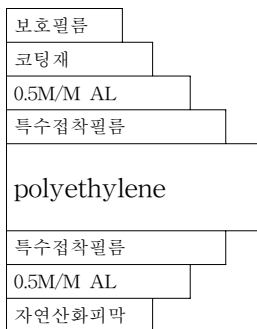


그림 1. AL복합패널의 구조

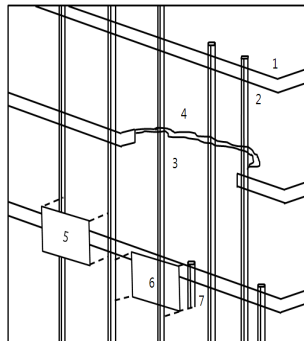


그림 2. 스틱시스템

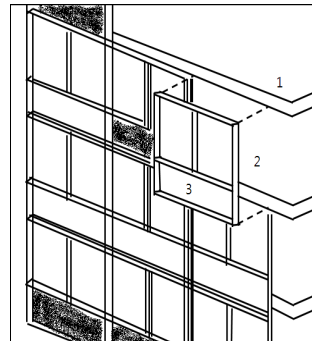


그림 3. 유니트시스템

4. FDS를 이용한 화재 분석

화재 시 외장재에 발화가 발생하였을 때, 화재의 거동을 해석하고 바람에 의한 화재의 변화를 알아보기 위해 앞서 조사한 화재사례의 건물을 FDS를 이용하여 그림 2와 같이 재구성하였다. 화재가 발생하였던 건물은 사진 1과 같다.

FDS모델은 바람의 영향을 해명하기 위해 화재 사례의 상황과 유사한 풍속 8m/s를 적용한 모델과 적용하지 않은 모델로 구분하여 수행하였다.



사진 1. 부산 해운대 38층 우신골드스위트 건물 화재

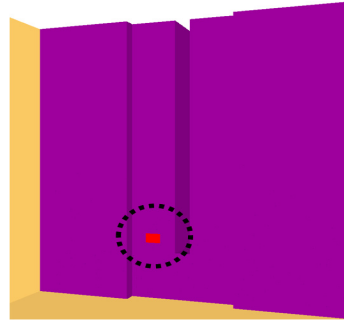


그림 4. 부산 해운대 38층 우신골드스위트 FDS모델

4.1 가연물의 설정

건물의 외벽에 0.1m의 외장재가 장착되어 있는 것으로 하고, 재질의 열물성치는 표 5의 데이터를 사용하였다. FDS는 고체의 열분해 반응을 예측하는 모델이 있지만, 외장재의 열분해 특성의 데이터가 존재하지 않기 때문에, 발화 온도를 250℃, 발화 후는 500 kW/m²의 발열 속도로 연소하는 것으로 설정하였다.

표 5. 외장재의 열물성치

밀도(kg/m ³)	40
비열(kJ.kg)	1
열전도율(W/m/K)	0.05

4.2 화원의 설정

화원은 실내화재가 외장재로 확대된 순간을 가정하여 앞서 조사한 건물의 화재가 4층에서 발생한 것을 기준으로 높이 12m인 그림 4에 표시된 위치에 화원을 설정하였다. 발열 면적은 1m²에 발열속도는 2500kw/m³로 하였다.

4.3 결과 및 분석

풍속을 적용하지 않은 FDS모델의 결과는 그림 5와 같으며 풍속 8m/s를 적용한 FDS모델의 결과는 그림 6과 같다.

풍속이 없는 모델의 경우 화재가 수직 확대의 위험성이 있을 것이라 예상하였으나 시뮬레이션을 실행한 30초까지 화재 확대의 범위가 크지 않음을 볼 수 있었다. 풍속 8m/s를 적용한 FDS모델의 경우 발화 후 15초 만에 화재의 수직 확대뿐만 아니라 바람이 부는 방향으로의 수평 확대가 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 30초 만에 건물의 최고층까지 화염이 확대가 된 것을 알 수 있었다. 이는 실제 화재 사례의 상황과 비교하였을 때 유사하여 이 모델을 이용한 바람에 따른 화재 성장 예측이 가능할 것이라 판단된다.

두 모델의 최대 HRR값은 풍속이 없는 모델의 경우 3초에서 4500kw의 값을 보였고 풍속 8m/s를 적용한 모델의 경우 234초에서 783000kw의 값을 보였다.

따라서 바람의 유무에 따라 화재 확대 속도와 발열량의 차이가 크므로 건물의 가연물 뿐만 아닌 외장재 및 바람 등의 변수에 대한 데이터를 구축과 화재 성장 예측 시 적용할 필요가 있다고 판단된다.

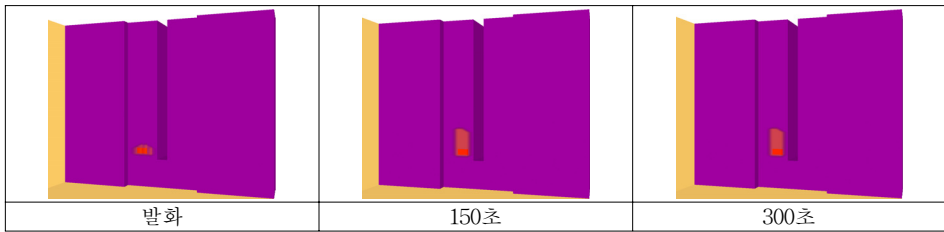


그림 5. 바람이 없는 경우 시간에 따른 화재 성상

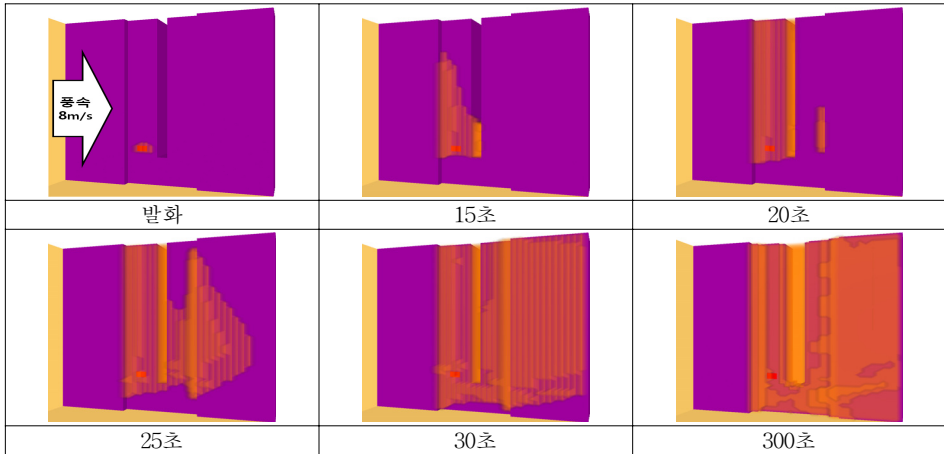


그림 6. 바람이 있는 경우 시간에 따른 화재 성상

5. 결론

초고층 건축물의 화재 시 외장재 및 풍속에 의한 화재 성상에 대해 2010년 부산에서 발생한 초고층복합건물의 화재사고를 중심으로 조사해본 결과, 화재 시의 바람이 작용하는 경우 바람이 없는 경우에 비해 빠른 화재 확대가 발생하며, 최고HRR값 또한 풍속이 없는 모델의 4500kw에 비해 풍속 8m/s를 적용한 모델이 783000kw로 큰 차이를 보임을 알 수 있었다. 이에 따라 바람의 유무에 따라 위험성이 증가됨을 알 수 있었으며 초고층의 경우 높은 층수에 따라 바람 세기가 강해 더 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

향후, 외장재 및 바람을 화재 성상 예측 모델에 적용하기 위한 데이터 구축이 필요하다고 사료되며 초고층 건축물의 화재안전에 대한 대응책이 요망된다.

[감사의 글]

본 연구는 한국 중소기업청 “건축 구조물의 가연물 및 개구부 조건에 대한 화재 성상 예측 시뮬레이션 개발”에 의한 것으로 관계자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 부산소방본부, 해운대 WooShinGoldsweet 화재발생보고, 2010.10
- 2) 신진동 외, 부산시초고층건축물의 화재사고사례, 방재연구, 제12권 제4호 pp76~85 2010.1
- 3) 윤정은, 알루미늄복합패널 외장재 화재 시 상층으로의 연소 확대에 관한 연구, 경원대학교 환경대학원 석사학위 논문, 2010. 6