

# 건축물 화재안전설계를 위한 주योग연물조사 및 화재성장률 예측에 관한 연구

## A Forecast Study on the Fire Growth Rate and Investigation of Combustible for Fire Safety Design in Building

서 동 구\*      김 동 은\*      김 봉 찬\*\*      권 영 진\*\*\*

Seo, Dong-Goo   Kim, Dong-Eun   Kim, Bong-Chan   Kwon, Young-Jin

### Abstract

The Fire growth rate(kW/s<sup>2</sup>) is significant impact on initial fire behavior in fire safety design of buildings. As a result of domestic existing combustibles, this study analyzed considering matters in techniques for calculating caloric values, and then made an investigation sheet. By utilizing written combustion sheets, the study could suggest a standard model at common houses and dense ones after getting caloric value information in dense ones. As a result, fire growth rate is experiment 1(0.01), experiment 2(0.0048), FDS(0.0072), MATSUYAMA equation(0.0144).

키 워 드 : 화재성장률, 화재안전설계, 가연물조사, 초기화재성장

Keywords : fire growth rate, fire safety design, combustible investigation, initial fire behavior

## 1. 서 론

최근 부산 해운대구 초고층 주상복합 건축물구조물 화재 등 대규모 화재사고의 빈발로 인하여 건축공간에서의 화재안전이 범국가적인 관심으로 고조되고 있다. 이에 대하여 국내는 건축구조물의 화재 및 피난안전을 목적으로 성능설계(PBD), 화재영향평가제도, 초고층 및 지하연계 복합건축물의 재난관리에 관한 특별법 등 많은 제도가 2009년부터 시행되고 있다. 이러한 측면에서 건축구조물내의 화재안전성능을 확보하는 방법을 보다 과학적으로 증명하고, 이론화시킴으로서 화재안전설계에 적용할 수 있는 방안이 필요하다.

화재안전설계에서 화재성상은 가연물의 양·재질·노출표면적 등의 가연물 특성에 크게 의존한다. 특히 화재성상 중 초기의 경우, 화재성장률(화재확대속도), 단일가연물의 최대발열속도, 가연물간의 이격거리, 천정·바닥 등 고정가연물의 연소확대 예측이 중요하다. 이 중 화재성장률은  $\alpha$ [kW/s]을 사용하여,  $\alpha t^2$ 으로 표현되며, 가연물의 양·재질·배치상황 등과 밀접한 관계가 있다.

이에 따라 화재성상을 면밀하게 파악하기 위해 건축구조물의

화재성장률의 예측은 중요한 과제이다. 하지만 국내에서는 내화안전성능을 확보하기 위해 최성기 등과 같은 현상에 집중하여, 화재하중 등을 상정하기 위한 가연물조사가 진행되고 있을 뿐 초기 화재성상에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 화재성상 중 초기화재성상을 예측하는 방법의 일환으로서, 주거시설의 가연물실태조사결과<sup>1)</sup>를 토대로, 일본 松山<sup>2)</sup>의 화재성장률 예측모델을 사용하여 도출하였다. 또한 그 결과를 단일구획 화재실험과 FDS의 화재성장률과 비교검토를 실시하여, 향후 국내 화재안전설계에 기초자료로 활용하는데 목적이 있다.

## 2. 단일구획공간실험 및 화재성장률 산정모델

### 2.1 실험(ISO 9705) 및 FDS모델링 개요

표1. 가연물의 상세목록

가연물명	SIZE (W×D×H)[m]	노출 표면적[m <sup>2</sup> ]	가연물 중량[kg]
TV	0.50×0.45×0.47	1118.0	3.53
TV Shelf	1.20×0.50×0.40	828.8	23.35
Carpet	1.95×2.67×0.01	410.3	3.15
Desk	1.20×0.45×0.67	1659.1	33.15
Chair	0.54×0.57×0.77	1434.8	9.4
Mat	1.19×2.00×0.02	223.1	2.75
Bedclothes	0.81×0.53×0.03	429.4	1.7
Pillow	0.48×0.31×0.07	148.9	0.4
Wastebasket	0.22×0.22×0.41	0.4	0.75

\* 호서대학교 소방방재학과 박사과정(tjehdrn2@naver.com)

\*\* 호서대학교 소방방재학과 석사과정

\*\*\* 호서대학교 소방방재학과 교수·공학박사

그림1은 주거시설의 가연물배치모델에서 개인방의 가연물배치 상황을 나타낸 것이다. ISO-9705(Room corner test)의 실험규격에 준하는 3.6m(W)×2.4m(D)×2.4m(H)의 크기로 설정하였으며, 발열속도(HRR)를 측정하였다. 배치된 각 가연물의 크기, 노출표면적, 중량은 표1과 같다.

또한 표2는 FDS의 모델링의 개요를 나타낸 것으로서, 가연물의 단위면적당 발열속도에 대한 값은 기존 각 단위별가연물 발열량 DB<sup>3)</sup>를 사용하였다.

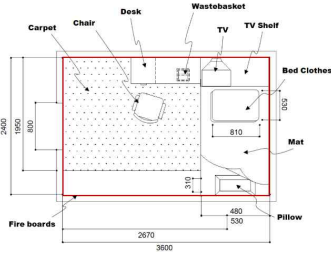


표2. FDS 모델링의 입력데이터

구분	내용
Cell Size [m]	0.1(W)×0.1(D)×0.1(H)
Number of cells for mesh	75,000
Combustibles input data	호서대학교 데이터베이스 <sup>3)</sup>
HRRPUA [kW/m <sup>2</sup> ]	10 [kW/m <sup>2</sup> ]; 착화원(휴지통)

2.2 화재성장을 산정방법

NFPA 72<sup>4)</sup>에서는 가연물의 화재성장율의 계수 Slow, Medium, Fast, Ultra-fast로 구분하고 있다. 건축물내에 있어서, 수납가연물의 연소특성을 고려하면, 화재성장율은 목재발열속도 보다 극도로 높은 연소특성은 아니기 때문에 평균적인 연소특성으로 식(1)과 같다.

$$Q_f = 0.0469t^2 \quad (1)$$

여기서, 0.0469의 계수는 단위가연물별 화재성장율  $\alpha_s$  [kW/s<sup>2</sup>]이다. 가연물의 최대발열속도  $Q_{peak}$ 는 가연물표면적[m<sup>2</sup>]와 면적당 발열속도[kW/m<sup>2</sup>]에 의해 산출된다. 실험결과 최대발열속도는 2,572[kW]로서, 松山가 제시한 식(2)를 이용하여, 3,000[kW]으로 산출하는 것으로 한다. 여기서  $W$ 는 가연물의 중량[kg]이다.

$$90 W^{2/3} \quad (2)$$

또한 화염으로부터 복사에 의한 착화는 지향성 없는 4 $\pi$ 입체각에 대하여 지속적으로 방출되는 것으로 생각하여, 이격거리에 따른 입사열유속  $q''$  [kW/m<sup>2</sup>]는 식(3)과 같다.

$$q'' = \frac{1}{4\pi X_{ave}^2} \frac{Q_f}{3} \quad (3)$$

표3. 가연물특성 및 이격거리상정

계산 범위의 바닥면적 [m <sup>2</sup> ]	가연물 밀도 [kg/m <sup>3</sup> ]	총가연물 중량 [kg]	가연물 대수 [대]	가연물 1대당 가연물 중량 [kg/대]	가연물 개수 [개]	가연물 중량 [kg]	가연물 간 거리 [m]	화재 성장율 [kW/s <sup>2</sup> ]
8,64	9,04	78,18	9	8,69	36	19,55	0,545	0,0144

여기서,  $q''$ 는 입사열유속,  $Q_f$ 는 가연물의 발열속도,  $X_{ave}$ 는 가연물의 평균이격거리이다. 일반적으로 복사열로 잃어버리는 비율은 0.15~0.6의 범위로 발생함에 따라 1/3의 비율계수를 적용하였다. 표3은 이상의 내용에서 도출되는 값을 정리한 것이다.

3. 실험결과와 예측모델과의 비교분석

그림2는 실험, FDS, 예측모델을 통한 화재성장율을 나타낸 것으로서, 실험은 동일한 조건에서 착화원을 변경하여 2회 실시한 결과를 나타낸다. 각실험1, 실험2의 화재성장율은 각각 0.01, 0.0048이 도출되었으며, FDS의 화재성장율은 0.0072가 도출되었다. 화재성장율은 예측식과 비교시 다소 빠른 분포를 보였으나, NFPA 72기준 적용시 실험2를 제외하고는 Medium값의 범위에 존재하였다. 화재성장율의 값은 차이가 있었지만, 예측식은 환기 인자와 천정·벽 등의 연소성상을 고려하지 않았기 때문에 더욱 빨라진 것으로 사료된다.

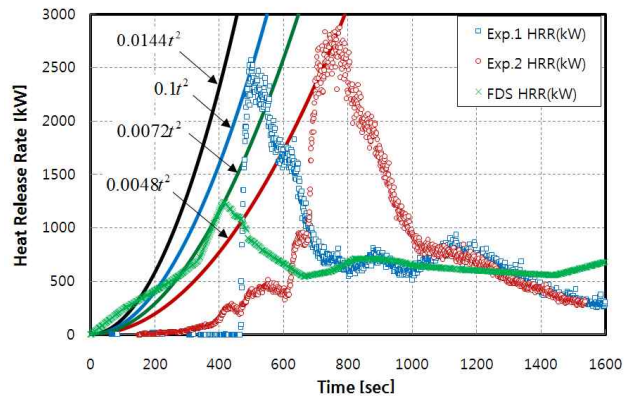


그림2. 실험, FDS, 예측식의 화재성장율 비교

4. 결론 및 향후 연구방향

건축물의 화재안전설계를 위하여 단일구획공간 실험과 FDS 해석, 그리고 예측식의 화재성장율을 비교한 결과, 최대발열속도 관계를 통해 예측식은 0.0144가 도출되었고, 실험1, 실험2, 각각 0.01, 0.0048이 도출되었다. 또한 FDS는 0.0072가 도출됨으로서, 실험2를 제외하고는 NFPA 72 Medium에 속하는 결과를 확인하였다. 하지만 화재성장율 차이에 따른 환기인자 및 고정가연

물 연소특성을 고려한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2011년 소방방재청 차세대 핵심소방안전기술개발 과제 1665005762 [NEMA-차세대-2011-3] 지원에 의하여 수행하였으며, 관계자들에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 김동은, 住居施設の 火災分析을 위한 FDS 適用方案에 관한 基礎的 研究, 호서대학교 석사학위 논문, 2011
2. 김동은 외 4인, Cone Calorimeter와 Furniture Calorimeter를 활용한 주거시설의 대표적 가연물 연소 특성, 한국화재소방학회 2011년 추계 학술 논문발표회 논문집, PP.193~196 2011
3. 松山 賢, “性能的火災安全設計に用いる火災性状モデルの構築と火災安全性能評価への應用”, 東京理科大学, pp.15, 2000
4. NFPA 72A, "National Fire Alarm Code", pp.172, 2002