

화재이론에 기초한 천장재 종류별 위험성 분석에 관한 연구

A Study on Risk Analysis by Type of Ceiling Material Based on Fire Theory

김혜원* 김윤성** 이병훈*** 진승현*** 구인혁**** 권영진*****
Kim, HyeWon Kim, YunSeong Lee, ByeongHeun Jin, SeungHyeon Koo, InHyuk Kwon, YoungJin

Abstract

In general, when a building fire occurs, the heat flow rises by buoyancy, which affects the temperature rise of the ceiling. In addition, when the ceiling ignites, the fire spreads rapidly due to horizontal spread and radiant heat. According to the fire investigation, most of the large fires have a common characteristic that the fire spreads to the ceiling and causes many casualties. Therefore, it is considered that it is necessary to review the fire risk of ceiling materials used in buildings to prevent the spread of fire to the ceiling. Therefore, in this study, combustion characteristics such as the amount of heat released and ignition time of each SMC, DMC, and gypsum board were checked using a Cone Calorimeter, and the ignition temperature was calculated by substituting them into the fire theory. As a result, the ignition temperature of SMC was 449K, that of DMC was 1492K, and that of gypsum board was 677K.

키워드 : 천장재, 화재위험성, Cone Calorimeter 실험
Keywords : ceiling material, fire risk, cone calorimeter experiment

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

일반적으로 건축물 화재 시 열기류는 부력에 의해 상승하여 천장의 온도상승에 영향을 미치게 된다. 또한, 천장이 발화되면 수평 확산 및 복사열로 인해 화재가 급격하게 확산된다. 화재조사에 따르면 대형화재 중 대다수의 경우 발생한 화재가 천장으로 확산되어 다수의 사상자가 발생한다는 공통적인 특성이 있는 것으로 나타났다.¹⁾ 일례로 2017년에 발생한 제천스포츠펀터 화재의 경우 가연성 천장재가 최초 발화점으로 이로 인해 1층 천장부 전체로 화재가 확산된 것이 주요 문제로 나타났다.²⁾ 이에 따라 천장재의 위험성 분석을 통한 대책마련 등의 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 Cone Calorimeter 실험을 통해 천장재의 연소특성에 대한 데이터를 구하고 이를 화재이론에 적용하여 천장재의 종류별 화재위험성을 확인하고자 한다. 또한 향후 이를 천장재의 화재안전성 개선을 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. Cone Calorimeter를 이용한 천장재의 연소특성 검토

2.1 시험 방법

본 연구에서는 화재이론의 계산에 앞서, 재료의 연소성을 평가하기 위해 Cone Calorimeter를 이용하였고 이를 통해 각 천장재의 연소특성을 검토하고자 하였다. 천장재의 시료는 필로티구조물에서 일반적으로 사용되고 있는 천장재인 SMC 천장재, DMC 천장재, 석고보드 천장재를 채택하였다.³⁾ 각각의 크기는 $100 \times 100 \times 2$ (W×D×H[mm])이며, 각 시료의 측정값을 나타내었다.

2.2 시험 결과

Cone Calorimeter 실험을 통해 나타나는 결과 값은 기본적으로 재료에 대한 착화시간, 단위면적당 열방출률과 단위면적당 총

* 호서대학교 소방방재학과 공학석사
** 호서대학교 소방방재학과 석사과정
*** 호서대학교 소방방재학과 박사과정
**** 호서대학교 소방방재학과 공학박사
***** 호서대학교 소방방재학과 교수, 교신저자(jungangman@naver.com)

방출열량으로 나타나지만, 화재이론에 대입하기 위한 결과값에는 착화시간과 각 시료의 재료적 특성만을 필요로 하기 때문에 결과값의 표기에서 제외하였다. 이에 따라 각 시료의 시험 결과 각각의 재료의 열방출이 일어나는 시간은 SMC의 경우에는 25초, DMC의 경우 110초, 석고보드의 경우 60초로 나타났다.

3. 화재이론을 이용한 천장재 종류별 착화온도 예측⁴⁾

2.1 착화온도 예측 방법

본 연구에서는 화재 시 고온기체에 의해 표면온도가 상승하면서 착화되는 현상을 중점으로 계산을 실시하였다. 착화온도의 계산 결과 값은 착화시간과 재료의 열관성에 비례하는 기존의 식을 이용하여 값을 도출하였다. 계산을 위한 기본 매커니즘을 나타낸 것은 그림 1과 같으며, 각 파라미터의 계산 방식 및 착화온도의 계산은 표 1에서 나타내바와 같다.

2.2 착화온도 예측 결과

이론식을 대입하기에 앞서, Cone Calorimeter의 실험과 대비되는 결과값을 도출하기 위해 각 천정재의 착화 한계 입사열을 도출하였다. 착화한계 입사열과 식의 대입을 통해 천정재의 각각의 착화온도는 SMC의 경우 449K, DMC의 경우 1492K, 석고보드는 677K으로 도출되었다. 이에 따라 SMC의 경우 화재가 발생하면 빠른 시간안에 착화온도에 도달하여 화재가 확산될 위험이 크게 나타날 것으로 사료되며, 석고보드의 경우에도 SMC보다 시간이 지연될 수 있지만 일정 시간 후에는 온도 상승으로 인해 착화위험성이 있을 것으로 사료된다.

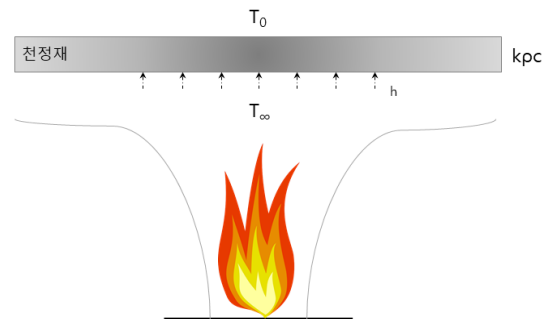


그림 1. 천정재 착화온도 계산 이론

표 1. 재료의 착화온도 예측을 위한 화재이론식

| | |
|---|-----|
| 화재플륨의 온도 상승 $T_{\infty} = 16.9(Q^{2/3}H^{5/3})$ | (1) |
| 재료의 착화온도 $T_{ig} = T_{\infty} - \frac{T_{\infty} - T_0}{\sqrt{\frac{\pi h^2 t_{ig}}{k\rho c}}}$ | (2) |

여기서 T_{∞} 는 화원으로부터의 화재기류에 따른 온도[K],
 Q 는 화원 발열속도 [kW], T_0 는 상온 온도 [K],
 h 는 열 전달계수 [0.03kW/m²·K], H 는 천정높이 [m],
 t_{ig} 는 착화시간 [s], $k\rho c$ 는 재료의 열관성을 의미한다.

3. 결 론

본 연구에서는 천정재의 화재위험성을 검토하기 위해 Cone Calorimeter 실험을 통해 SMC, DMC, 석고보드 각각의 연소특성을 확인하고, 이를 화재이론식에 대입하여 착화온도를 예측하였다. 그 결과 SMC의 경우 449K의 온도로 다른 천정재의 비해 낮은 착화온도를 보였고, 석고보드는 677K으로 화재위험성이 있을 것으로 나타났다. DMC의 경우 1492K으로 낮은 화재위험성을 보였다. 따라서 천정재의 화재확산 방지를 위한 대책마련이 필요할 것으로 나타났다.

따라서 향후에는 착화시간 산정, 실험을 통한 연소특성을 추가적으로 분석하여 값의 신뢰성을 향상시켜 천장재의 화재위험 방지를 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

Acknowledgement

본 연구는 소방청 재난현장긴급대응기술개발사업(20015074)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 이의평, 천장 발화 화재의 문제점과 대책 분석, 한국방재학회 논문집, Vol.19 No.7, 2019, pp.297-303
2. 허예림 et al., Cone Calorimeter를 활용한 천장재의 연소특성에 관한 연구, 한국방재학회 논문집, Vol.21 No.1, 2021, pp.111-117
3. 한지우 et al., 필로티 구조물의 화재위험성 분석 및 현장조사에 관한 연구, 건축시공학회 춘계학술발표대회 논문집, Vol.18 No.1, 2018, pp.45-46
4. 동화기술, PBD를 위한 화재역학, 2012, pp.364-371