

# 필로티 건축물 반자의 내부 보온재의 화재확산 영향에 관한 연구

최재형  
한라대학교 소방방재학과

## The Effect on Fire Spread with Internal Insulation Cover in the Ceiling of a Pilotis Space

Jae-Hyeong Choi  
Department of Fire and Disaster Prevention, Halla University

**요약** 필로티 건축물의 반자는 외기에 직접적으로 노출되어 있어 보온성능의 강화를 위하여 천장 단열재 외에도 반자 내부의 공간에 다양한 보온재를 추가로 사용하고 있다. 그러나 이러한 보온재는 가연성 재질임에도 불구하고 현행 국내 기준에서는 이에 대한 별도의 기준이 마련되어 있지 않은 실정이다. 특히, 반자 내부에서의 발화는 구조적인 특성으로 인해 화염의 조기 발견이 어렵고, 천장 마감재가 소실되고 나서야 화염이 관찰되므로 대형화재로 이어질 가능성이 높아지게 된다. 본 연구에서는 이러한 필로티 구조 반자의 가연성 보온재 추가에 따른 반자 내부 발화 특성에 관한 기초실험을 수행하였으며, 발화 이후의 화재 확대에 대한 영향을 고찰하였다. 그 결과 250~300°C에서 발화가 시작되었으며, 발화지점 주변부로 화재가 점차 확산되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 연소범위 증가 및 온도 상승에 따라 소성변형된 보온재가 반자 아래로 낙하하게 되고, 그 이후에도 낙하한 보온재 덩어리의 화염이 지속되는 결과를 나타내었다. 이를 통해 반자 내부에 사용되는 가연성 보온재의 발화 및 확산의 위험성을 확인하였으며, 이러한 보온재 발화 특성은 반자공간에서 가연물 화염전파 시간이 보다 빠르게 전개될 수 있으며, 화재시나리오에 중요한 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

**Abstract** Since the ceiling of the pilotis space is directly exposed to outside air, various insulation materials are used in the space inside the ceiling in addition to the ceiling insulation to enhance thermal performance. However, despite the fact that these insulation materials are combustible materials, there is no separate standard for this in the current domestic standards. Especially, ignition inside the ceiling is difficult to detect flames early due to structural characteristics, and flames are observed only after the ceiling finish is lost, increasing the likelihood of leading to large fires. In this study, a basic experiment was conducted on the internal fire characteristics of the ceiling due to the addition of combustible insulation materials in the ceiling of the pilotis space, and the impact on the expansion of the fire after the fire was examined. As a result, ignition started at 250-300°C, and it was confirmed that the fire gradually spread around the ignition point. In addition, as the combustion range increased and the temperature increased, the plastic-deformed insulation material fell below the ceiling, and after that, the flame of the fallen insulation material mass continued. Due to this, the risk of ignition and diffusion of combustible insulation materials used inside the ceiling was confirmed, and these insulation material ignition characteristics can develop faster in the ceiling space, and which can have a significant impact on fire scenarios.

**Keywords** : Fire Ignition, Fire Spread, Insulation Cover, Insulation Materials, Pilotis Ceiling

---

\*Corresponding Author : Jae-Hyeong Choi(Halla Univ.)

email: jaeh.choi@halla.ac.kr

Received November 7, 2023

Accepted December 8, 2023

Revised December 4, 2023

Published December 31, 2023

## 1. 서론

건축물의 반자는 천장의 하부에 단열 및 미관상의 목적으로 설치하는 구조물로서 반자 상부와 천장 하부 사이 공간이 존재하게 되고, 그 안에는 주로 배관이나 배선 등이 위치하게 된다. 또한 소음감소와 단열 등을 위해 발포플라스틱 계열의 단열재가 사용되기도 하며, 배관의 동파 방지를 목적으로 배관용 보온재가 사용되기도 한다 [1-3].

그러나 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙(이하 건축물방화구조규칙) 제24조 ①항 내지 ②항에 따라 건축물의 마감재료는 거실이나 반자의 실내에 접하는 부분에만 불연·준불연 또는 난연재료를 사용하도록 규정하고 있어 반자 상부의 실내와 접하지 않는 부분의 경우 난연성 및 불연성 재료에 대한 의무 사항이 없는 실정이다[4].

한편, 스프링클러설비의 화재안전기준(NFTC 103)의 2.12.1.5에 따르면 천장과 반자의 불연재료 여부에 따라 조건부로 반자 내부의 스프링클러 헤드 설치를 제외하고 있다[5].

이러한 기준의 부재 또는 면제 조항 등으로 인해 반자 내부에 가연성 재료가 존재하고 있음에도 불구하고 소화설비 및 화재감지기가 설치되어 있지 않아 반자의 화재 발생 초기에 감지하고 진압하기 매우 어려운 실정이다[3,6].

특히 필로티 구조 건축물의 반자는 외기에 직접적으로 노출되어 있어 직상층인 2층의 단열과 배관 등의 보온을 위하여 천장 단열재와 천장 마감재 사이의 빈 공간에 가연성 재료의 다양한 보온재가 추가적으로 사용되고 있다. 현행 국내 기준에서 규정하고 있는 천장 단열재와 천장 마감재와는 달리 추가적으로 반자 공간에 설치하는 보온재에 대해서는 별도의 기준을 규정하고 있지 않기 때문에 난연성이 낮은 재료를 사용하는 경우 보온재의 축열에 의한 발화의 위험이 증가할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 필로티 구조의 반자에 가연성 재료의 보온덮개의 추가 시공에 따른 반자 내부 발화 특성에 관한 기초실험을 수행하였으며, 보온덮개의 발화 이후에 열가소성 특성에 따른 보온덮개 화염의 낙하 등으로 인한 화재 확대에 대한 영향을 고찰하였다.

## 2. 필로티의 반자 공간의 특성

### 2.1 발화지점에 따른 화재확산 특성

필로티 구조의 반자에서의 화재는 크게 반자 내부에서 발화하여 외부인 반자 하층부로 확산되는 경우와 반자 하층부 외부에서 발화 후 상층부인 반자 내부로 확산되는 경우로 구분할 수 있다[1,7-9].

반자 외부 발화에 의한 화재사례로 의정부 대봉그린아파트 화재, 오산시 원림화재 등이 있으며, 반자 내부 발화에 의한 화재사례는 분당 산운교회 화재, 제천스포츠센터 화재 등이 있으며, 다양한 열적 요인으로 인해 내·외부 발화원 형성 원인을 특정하기는 어려우나 일반적으로 화염 발생에서부터 최성기까지의 확산 시간이 매우 짧은 특징을 가진다.

반자 외부 화재의 경우 Fig. 1과 같이 필로티 반자 아래의 외부에서 어떠한 원인에 의해 화재가 발생하게 되면 상승기류에 의한 화염 열기에 의해 천장 마감재가 소손되어 용융·탈락하여 반자 내부로 고온 및 가연성 가스가 전달 축적되어 순발연소하는 현상으로 나타난다[7].

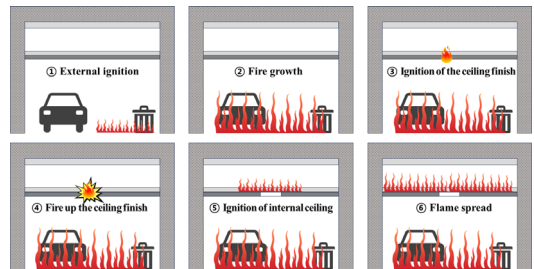


Fig. 1. Flame spread process after external ignition in ceiling of a pilotis space

반면, 반자 내부 화재의 경우 Fig. 2와 같이 내부 배선에 누전, 단락 등이 발생하거나 배관 동파 방지용 열선 등의 단락, 과열 등으로 인해 발화하게 되면 화염이 천장의 내부 단열재를 연소시키고 연소가 확산되어 천장 마감재로 전파하는 경향을 나타낸다[10,11]. 이후 천

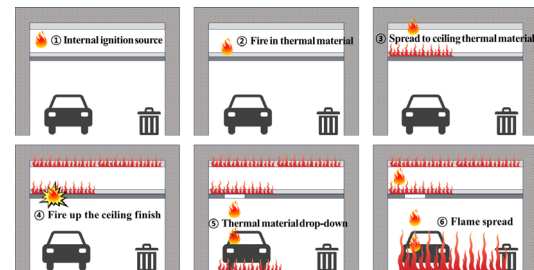


Fig. 2. Flame spread process after internal ignition in ceiling of a pilotis space

장 마감재가 소손되어 낙하하게 되면 주변의 쓰레기 분리수거장, 주차된 자동차 등과 같이 큰 화재하중을 가진 가연물에 옮겨 붙으면서 연소가 확대되는 과정으로 나타난다.

Fig. 3은 필로티 반자 내·외부에서 발생하여 건물전체로 화재가 확대된 사례의 CCTV 영상을 나타낸다. Fig. 3 (a)는 2018년 발생한 오산 원룸 화재 사례로서 쓰레기 분리수거장에서 시작된 화염으로 인해 천장 마감재로 화재가 확대된 후 약 40초 만에 전체건물로 확산되었으며, Fig. 3 (b)의 경우 2017년 제천 스포츠센터 화재 사례로서 반자내부 화염이 필로티 주차장의 차량으로 확산된 이후 약 2분 만에 필로티 전체공간으로 화재가 확산된 것을 보여주고 있다.

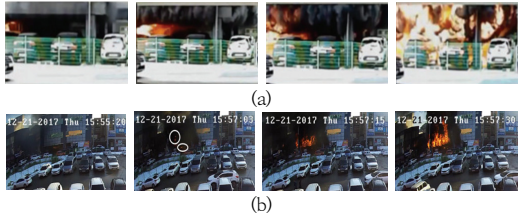


Fig. 3. Combustion expansion after partial ignition of pilotis  
(a) Osan one-room fire (b) Jecheon sports center fire

반자의 내·외부 발화지점에 상관없이 필로티 공간의 외기와 접한 부분에서는 전체공간으로의 확대가 일반 실내의 구획화재보다 훨씬 빠르다는 것을 알 수 있다.

특히, 본 논문에서는 내부 발화의 특성상 화염이 초기에 발견되기 어렵고, 천장 마감재가 소실되고 나서야 화염이 관찰되는 반자 내부 발화에 주목하였다. 여기에 보온을 위해 추가로 시공하는 가연성 보온덮개가 반자 내부에서 발화할 경우를 모의하여 발화에 필요한 열량 및 발화온도에 관하여 축소모형을 통해 실험하였다. 또한 발화로 인해 소실된 천장마감재 하부 방향으로의 보온덮개 화염의 확산 영향을 연구하였다.

### 2.2 내부 단열재 및 보온덮개의 특성

천장 및 반자 공간에 일반적으로 사용되는 단열재는 Fig. 4와 같이 발포폴리스티렌 비드폼보온판(eps), 압출 발포폴리스티렌(xps) 등이 가장 널리 사용된다. 같은 폴리스티렌 계열의 재료임에도 불구하고 밀도, 제조법, 사용장소 등에 따라 단열성능뿐만 아니라 내열성능도 크게 차이를 나타내고 있다[1,13].

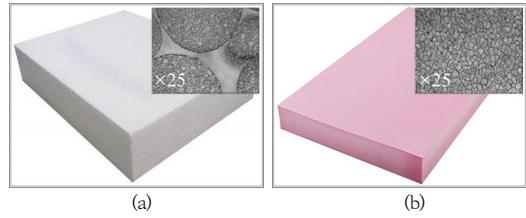


Fig. 4. Polystyrene coceiling insulation[12]  
(a) EPS (b) XPS

이러한 특성은 Eq. 1과 Fig. 5에서 나타나는 바와 같이 고체재료의 발화시간은 그 재료의 열전달 관련 물성인 열전도도( $k$ ), 밀도( $\rho$ ), 비열( $c$ )의 곱에 의해 결정하게 된다. 따라서 같은 원재료라 하더라도 열전도도, 밀도, 제조법 등이 다른 EPS와 XPS의 발화시간은 큰 차이를 나타나게 된다[13]. 대표적인 천장 단열재로 사용되는 두 재료의 발화특성은 여러 연구들을 통해 많이 보고되어 있다[1,7,13].

$$t_{ig} = C(k\rho c) \left[ \frac{(T_{ig} - T_0)}{q''} \right]^2 \quad (1)$$

Where,  $C$  denotes a constant, and if there is a surface heat loss, it is approximately  $C = 2/3 \approx 0.67$ ,  $k$  denotes thermal conductivity,  $\rho$  denotes density,  $T_{ig}$  denotes ignition temperature,  $T_0$  denotes initial temperature,  $q''$  denotes the pure heat flux per unit area, which is the difference between the radiant heat flux from the flame and the lost heat flux.

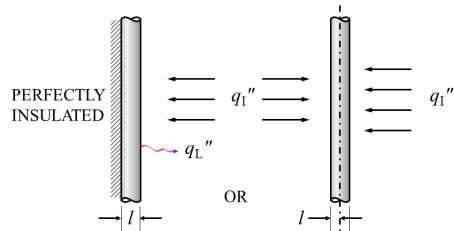


Fig. 5. Schematic of ignition time of solid material[14]

한편, 실제 현장에서는 EPS, XPS등 천장 단열재 외에 동파 방지 등을 위해 Fig. 6과 같은 폴리에스테르 재질의 부직포 형태의 보온덮개를 추가로 설치하여 이용하고 있다. 가격이 저렴하고, 부피가 얇고 유연하며, 무게가 가

벼운 반면 보온성능은 양호하여 외벽 단열재 상부, 천장 마감재 상부에 주로 적용되며, 패브릭 재질이라 설치도 용이하다.



Fig. 6. Insulation cover with polyester-based nonwoven fabric used in the construction site

특히 필로티 구조와 같이 외기에 직접적으로 맞는 곳에서는 보온성능 보강을 위한 가성비 좋은 선택지가 될 수 있다.

### 2.3 기존 연구의 동향

필로티 건축물의 반자 단열재에 관한 연구들은 주로 발포폴리스티렌인 EPS, XPS 등의 재료에 대한 연소실험이나 시뮬레이션 등의 결과들이 보고되고 있으며, 천장 마감재인 열경화성수지 천장재(Sheet Molding Compound: SMC)와 아연도금강판 천장재(Design Metal Ceiling: DMC)의 연소특성, 또는 단열재와 천장마감재의 사용 조합에 따른 연소특성들이 보고되고 있으며, 화재 사례를 통한 분석 연구들도 보고되고 있다[1,7,9].

그러나 실제 현장에서 통상적으로 사용되고 있는 폴리에스테르 계열의 보온덮개에 관한 발화특성 및 화재 영향 분석은 충분히 이뤄지지 않고 있으며, 실험을 통한 기초적인 특성에 관한 연구조차 거의 이뤄지지 않고 있는 실정이다.

본 논문에서는 EPS, XPS와 동일한 목적으로 사용되고 있지만 발화특성이 알려져 있지 않은 보온덮개의 발화에 관한 축소모델 실험을 수행하였으며, 보온덮개의 화염이 반자 하부방향으로 확산하는 영향에 대해 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 보온덮개 발화 및 확산 축소모델 실험

#### 3.1.1 실험 장치 및 조건

실험 장치는 보온덮개의 발화 및 화재확산의 영향 분석을 위하여 연소하는 동안 발생하는 발열량 및 온도를

정량적으로 측정할 수 있도록 축소 모형으로 Fig. 7과 같이 구성하였다.

내화 재질을 사용하여 축소 모형의 필로티 구조와 천장과 반자 사이의 공간을 구성하고 합판 위에 가로, 세로 50cm 크기의 보온덮개를 펼친 후 K-Type 열전대 4개를 Fig. 7 (a)와 같이 고정한 후 니크롬선을 연결하여 접화한 후 보온덮개가 발화할 때까지의 각 지점별 온도를 측정하였다. 보온덮개는 폴리에스테르 재질이며, 두께는 10mm, 가로 및 세로 크기는 각 50cm의 부직포 형태이다.

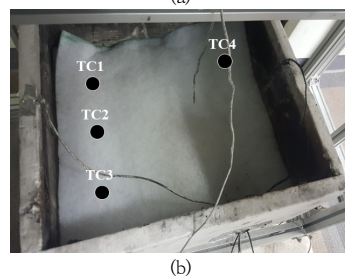
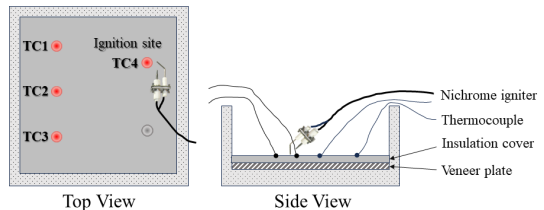


Fig. 7. A small-scale model for ignition test of insulation cover  
(a) Schematic of a small-scale model  
(b) Experimental setup picture

보온덮개의 발화원으로는 반자 공간 내 배관의 단락이나 보온용 정온열선 등의 일국소의 열원을 모의하기 위하여 니크롬 점화장치를 사용하였으며, 24V DC 3.2A 조건에서 니크롬 점화기의 시간변화에 따른 온도는 Fig. 8과 같이 측정되었다.

니크롬 점화기의 온도 측정값을 바탕으로 점화기를 보온덮개 표면에 접촉한 후 발화하는데 까지 소요되는 시간을 측정하여 해당 시간의 온도를 확인하고, 열전대를 통해 측정된 값과 비교하였다.

#### 3.1.2 실험 결과 및 고찰

니크롬 점화기에 의한 보온덮개 발화 실험을 반복한 결과 점화원을 공급한 후 약 10초 후 연기가 발생하며 연소가 시작되었으며, Fig. 8에서 알 수 있는 바와 같이 니크롬 점화기가 점화 후 10초에서의 온도는 약 300℃

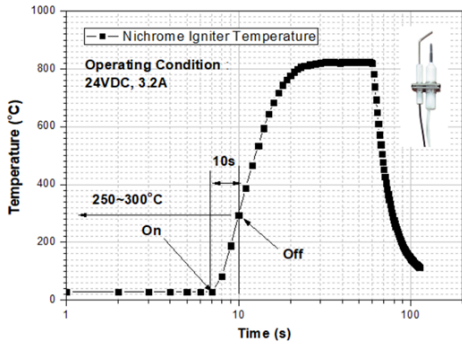


Fig. 8. Temperature according to operating time of nichrome igniter

정도이다. 따라서 보온덮개는 약 300°C 정도에서 발화할 수 있는 소재임을 확인하였으며, 이 값을 열전대를 통해 획득한 값과 비교하였다. 실험에 사용된 보온덮개는 물성값을 얻을 수 없어서 측정에 의한 온도 변화만 얻을 수 있었다.

Fig. 9는 외기가 개방되어 있는 상태에서 보온덮개에 니크롬 점화기를 사용하여 발화한 경우 화재가 확산되는 상황을 시간의 경과에 따라 나타내고 있다.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 보온덮개는 산소의 공급이 충분한 상태에서 주변의 덮개 부분으로 지속적으로 연소가 확대되는 것을 확인할 수 있었으며, 150초 이후에는 발열량이 100kW를 넘어서며 본 연구의 발열량 실험장치의 규격을 초과하여 실험을 중단하였다.

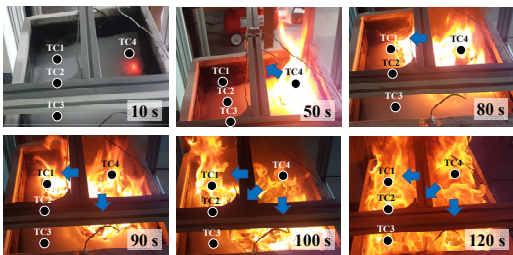


Fig. 9. Fire Spread according to combustion time of small-scale model

Fig. 10은 보온덮개 발화 및 확산 실험의 온도변화를 열전대를 통해 여러 위치에서 측정한 결과를 나타낸다. 최초 점화가 된 CH4의 온도가 가장 먼저 증가하였으며, CH1로 확산 후 CH2와 CH3이 비슷하게 증가하였다. 표면 전체가 발화하는 시점에는 900°C를 초과하는 것을 확인할 수 있었다.

이는 SMC의 소손이 가능한 온도로서 보온덮개의 화

염이 SMC로 확대될 경우 SMC의 소손과 함께 반자 하부로 화염의 확대가 우려될 수 있다.

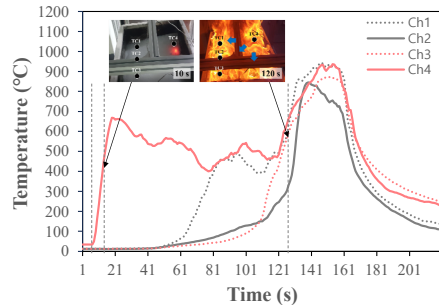


Fig. 10. Temperatures of thermocouple channels of insulation cover

### 3.2 보온덮개 화염의 낙하 실험

#### 3.2.1 실험 장치 및 조건

앞서 살펴본 바와 같이 외부 요인으로 인해 발화된 보온덮개는 화염이 지속적으로 성장하며 주위로 확산되어 나간다. 열가소성 수지인 폴리에스테르는 용융점 이상의 온도에서 소성 변형되어 불이 붙은 채로 유동적인 상태의 액체와 유사한 상태가 된다. 이러한 상황에서 반자 하부의 필로티 공간으로의 화염 확산에 대하여 고찰해 보기 위한 실험을 진행하였다.

실험장치는 Fig. 11과 같이 보온덮개의 연소로 인해 천장 마감재에 구멍이 난 형태를 모의한 축소모형을 제작하였다. 천장 가운데에 10cm×10cm의 사각 홀을 만들고, 반자 아래의 필로티 공간의 바닥 부분을 모의하여 구멍 아래쪽에 가연물을 배치하여 구성하였다.

구멍의 위쪽에는 실험 3.1에서 사용된 것과 동일한 두께 10mm, 50cm×50cm 크기의 부직포 보온덮개를 설치하고, 앞 절의 보온덮개 발화 및 확산 실험과 동일하게 니크롬 점화기를 통해 구멍 위 부분에 인위적 발화를 시킨다. 화염이 성장·확산함에 따라 구멍 부분에서의 보온덮개 및 화염의 상태를 살펴보았다.

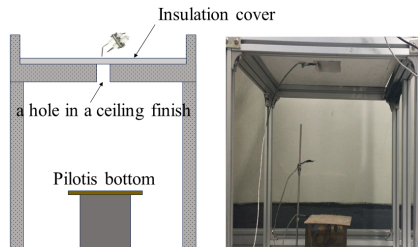


Fig. 11. Small-scale model for fire drop down of insulation cover

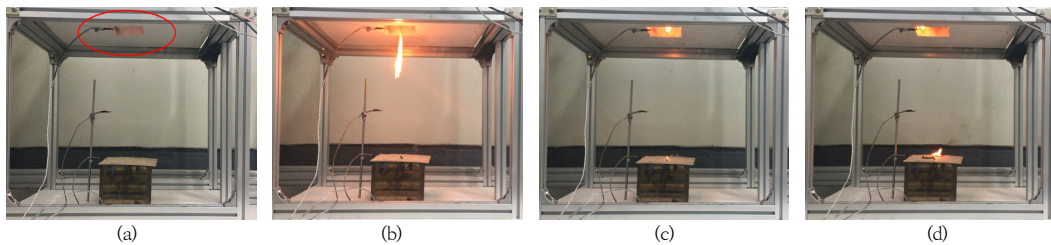


Fig. 12. Drop-down Experiment of insulation cover flame  
 (a) ignition and Spread of flames (b) drop down flame (c) no extinguished flame (d) continuous combustion of flame

### 3.2.2 실험 결과 및 고찰

Fig. 12는 천장 마감재와 필로티 바닥 사이 공간의 축소모델에서 반자 내부의 보온덮개 연소 특성을 실험한 결과를 나타낸다. 니크롬 접화기에 의해 발화된 부분은 Fig. 12 (a)와 같이 1cm×1cm 정도의 작은 면적에서부터 연소하기 시작하여 이후 보온덮개 전체로 확산되는 것을 확인하였다. 이는 앞 절의 보온덮개 발화·확산 실험의 결과와 동일함을 알 수 있다.

이후 Fig. 12 (b)와 같이 보온덮개의 연소 범위 및 면적이 증가함에 따라 사각홀의 아래쪽으로 소성변형은 났으나 미연소된 보온덮개 일부가 이탈하여 덩어리 형태로 사각 홀 아래의 바닥으로 떨어졌다. 떨어진 보온덮개 덩어리는 Fig. 12 (c), (d)와 같이 화염이 꺼지지 않은 채 연소가 지속되는 것을 확인할 수 있었다. 보온덮개의 면적이 축소실험장치 크기인 50cm×50cm보다 크고 산소 공급이 충분한 경우 보온덮개 발화에 의한 최대 온도는 Fig. 10에서와 같이 900℃ 이상까지 상승할 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 결과를 볼 때 반자 내부에서의 화재는 SMC 천장 마감재의 소손을 유발하고, 열가소성에 의해 유동성이 생긴 보온덮개 화염이 반자 아래로 낙하하게 되고 주변의 가연물에 착화하여 대형 화재로 확대될 가능성이 높을 것으로 판단된다.

## 4. 결론

필로티 건축물의 1층 반자는 외기와 직접적으로 접해 있어 천장 단열재 뿐만 아니라 다양한 보온재들이 사용되고 있다. 그러나 현행 기준에서는 외벽과 접하는 부분의 단열재나 마감재료에 대한 난연기준은 있으나 보온덮개와 같이 단열을 위한 추가 재료 등에 대한 방화기준이나 소방시설 설치 기준이 마련되어 있지 않아 화재에 취약한

사각지대가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 반자 내부에 일반적으로 사용되고 있는 보온덮개의 발화 특성을 조사하기 위하여 축소 실험을 실시하여 기초 특성을 연구하였으며, 발화 후 보온덮개 화염의 낙하시험을 통해 반자 하부로의 화재 확대에 대한 영향을 고찰하였으며 그 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 보온덮개의 발화 특성을 위한 기초실험 결과 보온덮개는 250℃ ~ 300℃ 의 온도에서 발화하였으며, 발화지점을 중심으로 방사형으로 화염이 확대하며 확산되는 것을 알 수 있었다. 또한, 화염이 성장함에 따라 50cm×50cm의 시편에서 900℃까지 온도가 상승하는 것을 확인하였다.

둘째, 보온덮개 화염의 낙하시험의 경우, 열가소성 물질인 폴리에스테르계 보온덮개는 화재가 성장함에 따라 소성변형에 의해 유동성을 나타내었으며, 화염이 붙은 채로 중력에 의해 아래로 이동하는 경향을 나타내었으며, 천장 마감재의 소실이 있을 경우 반자 아래로 화염의 전파가 가능함을 확인하였다.

본 실험의 결과로부터 반자 내부에 사용되는 가연성 보온덮개의 발화 및 확산의 위험성을 확인하였으며, 이러한 보온덮개의 발화 특성은 반자 공간에서 가연물 화염전파 시간이 빠르게 전개될 수 있으며, 이를 고려한 화재시나리오에 중요한 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

또한 보온덮개의 사용을 위한 적절한 기준마련이 필요하며, 특히 화염에 의해 소손될 수 있는 열경화성수지 천장 마감재가 적용된 경우에는 사용에 더욱 주의해야 할 것으로 사료된다.

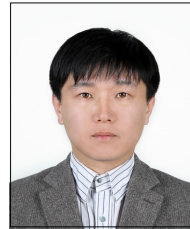
## References

- [1] Hong-Sik Kim, Bu-Yeol Oh, Min-Young Park, "Fire Spread in Insulation Materials in the Ceiling of a Piloti-Type Structure", Fire Science and Engineering,

- Vol. 34, No. 5, pp. 18-26, 2020  
DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.78ac4f83>
- [2] Lee Euihyeong, "Analysis of Problems of and Measures Against Fires Originating from Ceilings", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 19, No. 7, pp. 297-303, 2019  
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2019.19.7.297>
- [3] Yuk Geun-Yeong, "A Study on the Prevention of Fire Spreads of the Interior Space of Ceiling", Master's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.1, 13-15, 2022
- [4] Rule on the Standards for Evacuation and Fire Protection Structure, etc. of Buildings, Ministry of Land, Infrastructure and Transport Available From: <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=254597&ancYd=&ancNo=&efYd=20230831&nwJoYnInfo=Y&ancYnChk=0&efGubun=Y&vSct=1247#0000> (accessed Nov. 01, 2023)
- [5] National Fire Technology Code for Sprinkler Facilities (NFTC 103), Available From: [https://nftc.nfire.go.kr/kor/korea/codeContentView.do?codeId=NFTC\\_0000000045](https://nftc.nfire.go.kr/kor/korea/codeContentView.do?codeId=NFTC_0000000045) (accessed Nov. 01, 2023)
- [6] Ryu Ju Yeol, Yong Joon Kwon, Kim Yongchel, Oh Sung Ju, Lee Changwoo, "An Experimental Analysis on a Fire Combustion Diffusion of the inside space of a Ceiling by pipe thermal insulator material", Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Seoul, Korea, p.51, Nov. 2019.
- [7] Noh, Youngjae, "A Study on Outer Flashover Mechanism in View of Pilotis Buildings Fire", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 19, No. 3, pp.165-172, 2019  
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2019.19.3.165>
- [8] Seung-Bok Choi, Doo-Chan Choi, Don-Mook Choi, "Study of the Fire Risk of Occupants During Pilotis Space Fires", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 5, pp. 144-150, 2016  
DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.5.144>
- [9] Seung-Bok Choi, Don-Mook Choi, "A Study on Fire Risk of Apartment House with Pilotis Structure -Focused on the Fire case of Uijeongbu-si Urban Livig Homes-", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 3, pp. 48-54, 2016  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.3.048>
- [10] Doo-Hyun Kim, Heung-Su Lee, "Fire Cause Reasoning of Self-regulating Heating Cable by a Fire Investigation Applying the Scientific Method and Fault Tree Analysis", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 73-81, 2016  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.4.073>
- [11] Seong-Yeol Yoon, "A Study on the Risk for Self-regulating heating cable", Fire protection technology, No.54, pp.10-13, 2013
- [12] Rwall, Available From: <https://www.r-wall.co.uk/difference-xps-v-eps> (accessed Nov. 01, 2023)
- [13] Young-Keun Park, An Experimental Study on the Combustion Risk Characteristics of Industry Using Insulating Materials, Master's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.64-73, 2005.
- [14] James G. Quintiere, Principles of Fire Behavior, p.276, Donghwah Publishers, 2017, pp.82-86)

최 재 형(Jae-Hyeong Choi)

[정회원]



- 2008년 2월 : 경상국립대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 경상국립대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 2014년 2월 : 소방청 특수재난현장긴급대응기술개발사업단 사무국장
- 2014년 3월 ~ 2022년 2월 : 동양대학교 건축소방안전학과 부교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 한라대학교 소방방재학과 조교수

<관심분야>

소방설비, 전기화재