

## 유사 화재에 대한 방염처리 합판의 착화 지연효과 연구

이승현\* · 김황진\* · 이성은\*\* · 오규형†

\*호서대학교 소방방재학과 대학원, \*\*호서대학교 산업안전연구센터,

† 호서대학교 소방방재학과

### A Study on the Ignition Delay Effect in the Reduced-Scale Fire by Flame-Resistant Treated Plywood

Lee, Seung Hyun\* · Kim, Hwang Jin\* · Lee, Sung Eun\*\* · Oh, Kyu Hyung†

\*Hoseo University Graduate School of Fire Disaster Protection Engineering,

\*\*Industry Safety Research Center of Hoseo University,

† Fire Disaster Protection Engineering of Hoseo University

#### 요 약

본 논문은 다중이용업소와 목조건축물에 자주 사용되는 미송합판에 방염처리를 하여 유사 화재를 구현하고, 그 화염 세기에 따른 방염의 실효성을 실험한 것이다.

방염처리를 하면 화재 시 가연물의 초기착화시간을 지연시켜 화재성장속도를 늦출 수 있고, 원활한 소화활동을 가능하게 해준다. 하지만 어느 정도 화재가 진행되어 화염이 거세지면, 45도 연소시험을 통한 방염기준을 충족하여도 그 성능을 기대하기 어렵다고 한다. 따라서 45도 연소시험 시 사용되는 65mm의 불꽃보다 큰 화염상태(초기착화 이후의 상태)에서 방염처리한 내장재(미송합판)의 방염성능이 유지되는지의 여부를 실제로 입증하고 그 근거를 뒷받침하기 위하여 본 연구를 시작하게 되었다.

실험에서는 화재의 규모(화염의 세기)를 달리하여 각기 다른 종류의 방염제로 방염 처리한 미송합판의 착화 시 화염온도, 복사열 유속 그리고 착화지연시간을 파악하였으며, 45도 연소시험과 관련하여 방염성능을 분석하였다.

45도 연소시험의 경우 실험에 사용한 방염 처리 합판은 방염성능 기준을 만족하는 것으로 나타났으며, 소규모 유사 화재로 직경 10cm 연소용기를 사용한 연소실험에서는 방염 처리한 합판의 착화지연시간이 평균적으로 대규모 유사 화재실험보다 길어 어느 정도는 방염효과를 갖는 것으로 나타났다. 하지만 대규모 유사 화재로 1단위 유류화재 연소용기를 사용한 연소실험의 경우 열방출율이 커 형성된 탄화막이 무분별하게 박리되고 발화가 일어나 착화지연시간의 차이를 구별하기 어려워졌기 때문에 방염효과를 기대할 수 없었다.

## 1. 서 론

목조 문화재는 화재 시 목재의 특성과 지리적 여건으로 인해 신속한 화재진압의 어려움이 있고, 다중이용업소는 상시 누구나 출입할 수 있도록 개방된 공간이므로 화재발생 빈도가 높다. 이러한 다중이용업소와 목조문화재는 법적 방염대상물임에도 불구하고, 계속되는 화재로 인해 그동안 크나큰 인명피해와 재산피해를 수도 없이 가져왔는데, 1999년 라이브 호프 화재와 2008년 승례문화재를 그 대표적인 화재로 꼽을 수 있다.

기존에 발표된 방염 관련 논문들은 대상물에 방염처리를 해야 된다는 이론적 내용만을 제시하거나 45도 연소시험의 틀 안에서만 국한되어 연구가 이루어져온 경우가 대부분인데, 문헌을 살펴보면 화재 시 초기착화단계를 지난 거센 화염상태에서는 방염성능이 유지되기 어렵다고 말한다. 때문에 45도 연소시험 시 사용되는 65mm의 불꽃보다 큰 화염상태에서도 방염처리한 내장재(미송합판)의 방염성능이 유지되는지의 여부를 실제로 확인해보고 문헌의 이론을 뒷받침할 근거으로 본 연구를 시작하게 되었다. 본 논문은 실제 화재와 유사한 화재 즉, 45도 연소시험보다 큰 화염 상태를 구현, K-type Thermocouple 및 Heat-Flux Meter를 실험에 사용하여 방염처리(방염액, 방염도료, 방염필름 처리)한 미송합판을 방염처리하지 않은 미송합판과 온도, 열유속 및 착화지연시간과 관련하여 비교하였으며, 45도 연소시험과는 방염성능이 어떻게 다르게 나타나는지를 분석해 보았다.

## 2. 실 험

### 2.1 실험시료

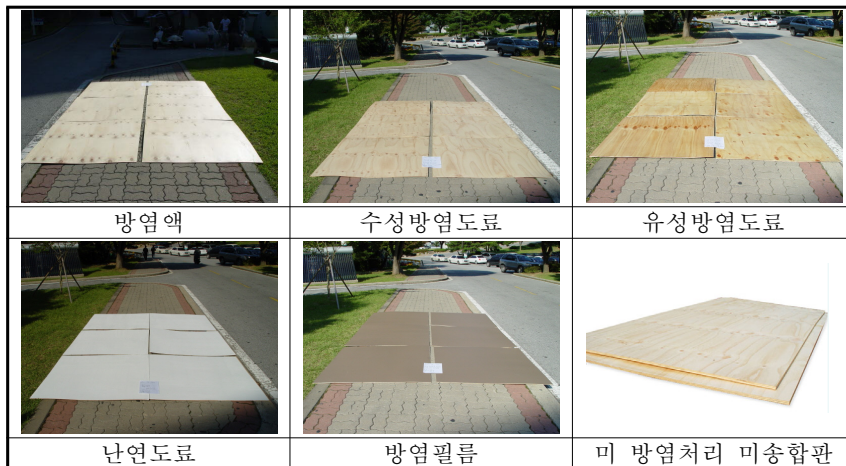


그림 1. 미 방염처리 미송합판과 방염 처리된 미송합판의 건조 모습

미송합판의 규격은 유사화재 실험의 규모에 따라 가로\*세로 30cm\*60cm(소규모 유사 화재실험 : 직경 10cm 연소용기 사용)와 120cm\*120cm(대규모 유사 화재실험 : 1단위 유

류화재 연소시험용기 사용)의 크기로 절단하였고, 그림 1과 같이 방염액과 방염도료는 총 4번의 도포와 건조를 반복하였으며, 방염필름은 부착면을 깨끗이 하고 부착하였다.

## 2.2 실험장치 및 방법

실험 장치로는 데이터수집장치, Heat-Flux Meter와 K-Type Thermocouple이 사용되었다.

그림 2는 소규모 유사 화재 모사를 위한 실험 장치를 설치한 사진이다.



그림 2. 소규모 유사 화재실험 장치

그림 3은 대규모 유사 화재 모사를 위한 실험 장치를 설치한 사진이다.

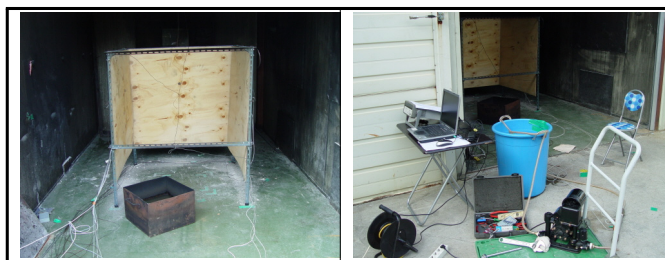


그림 3. 대규모 유사 화재실험 장치

다음 그림 4는 소규모 유사 화재실험의 실험 전, 실험 중 그리고 실험 후의 모습이다.



그림 4. 소규모 유사 화재실험 장치를 이용한 연소실험 모습

위와 같은 방법으로 준비된 방염 처리되지 않은 미송합판과 방염제에 의해 방염처리된 미송합판을 종류에 따라 각각 5번씩 연소시켜서 수행한 각 5번의 실험 중 평균이 되는 3개의 결과 값을 추출하였다.

다음 그림 5는 대규모 유사 화재실험의 실험 중 그리고 실험 후 모습이다.

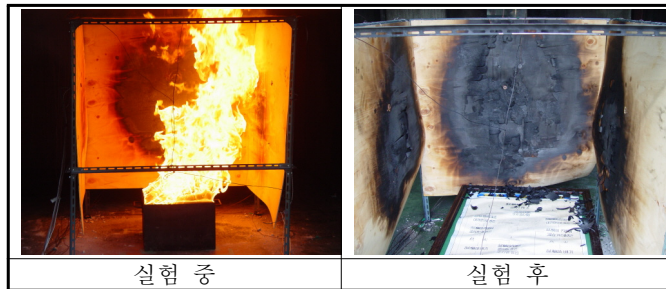


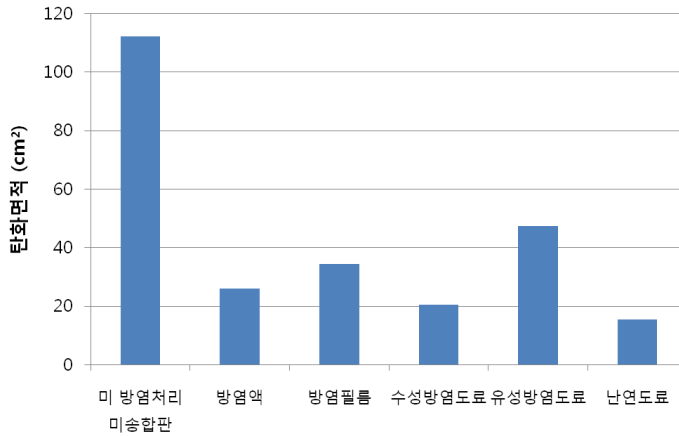
그림 5. 대규모 유사 화재실험 장치를 이용한 연소실험 모습

대규모 유사 화재실험도 소규모 유사 화재실험과 같은 방법으로 수행한 각 5번의 실험 중 평균이 되는 3개의 결과 값을 추출하였다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 45도 연소시험 결과

다음 그림 6은 각기 다른 종류의 방염제로 방염 처리한 미송합판의 45도 연소시험 탄화면적이다.



미 방염처리 미송합판 및 종류별로 방염처리된 합판

그림 6. 미 방염처리 미송합판과 방염 처리된 미송합판의 45도 연소시험 탄화면적(cm²)

### 3.2 소규모 유사 화재실험 결과

다음 표 1은 소규모 유사 화재실험의 방염제 종류별 착화직전 합판표면온도와 복사열 유속 및 착화지연시간 결과이다.

표 1. 소규모 유사 화재 실험의 착화직전 합판표면온도와 복사열유속 및 착화지연시간

시료	횟수	Thermocouple K-Type [°C]				Heat Flux Meter [kW/m <sup>2</sup> ]				착화지연 시간 [s]
		좌상	좌하	우상	우하	좌상	좌하	우상	우하	
일반합판	1	494.1	518.7	546.7	622.5	1.66	6.00	6.49	4.00	2분 48초
	2	349.8	474.5	356.7	531.8	1.91	3.56	2.76	1.90	3분 02초
	3	631.3	588.7	404.2	472.3	1.67	5.20	3.28	2.53	2분 56초
방염액	1	368.9	417.0	411.8	400.7	3.17	2.46	0.70	2.07	4분 56초
	2	484.9	471.9	418.7	299.9	2.91	3.10	1.84	2.09	5분 40초
	3	497.8	494.1	343.9	373.0	4.27	3.58	0.30	1.29	4분 44초
방염필름	1	405.5	646.0	554.9	428.0	5.72	1.79	3.04	3.92	2분 34초
	2	438.8	387.0	625.0	434.3	4.07	3.86	1.06	5.48	3분 02초
	3	293.0	376.6	333.5	283.4	4.81	2.91	1.03	3.51	3분 26초
수성방염도료	1	196.9	271.3	230.0	215.3	1.88	2.51	1.78	1.75	2분 52초
	2	181.2	194.5	169.4	205.1	0.98	0.94	0.50	1.24	3분 35초
	3	260.5	186.9	253.5	255.3	0.10	0.15	0.04	0.21	3분 37초
유성방염도료	1	320.6	262.8	290.2	283.0	3.23	2.66	2.75	2.17	2분 14초
	2	297.8	407.0	282.5	332.3	4.64	3.32	1.79	2.49	2분 21초
	3	317.5	425.0	217.6	169.1	1.36	2.18	1.40	1.59	2분 19초
난연도료	1	287.9	257.7	241.0	328.6	2.18	2.16	0.75	1.38	10분 이상
	2	269.3	421.2	264.2	449.6	3.72	3.22	1.13	4.33	10분 이상
	3	393.6	351.9	340.2	418.6	4.20	3.15	1.10	3.60	10분 이상

### 3.3 대규모 유사 화재실험 결과

다음 표 2는 대규모 유사 화재실험의 방염제 종류별 착화직전 합판표면온도와 복사열 유속 및 착화지연시간 결과이다.

표 2. 대규모 유사 화재 실험의 착화직전 합판표면온도와 복사열유속 및 착화지연시간

시료	횟수	Thermocouple K-Type [°C]			Heat Flux Meter [kW/m <sup>2</sup> ]	착화지연 시간 [s]
		중상	중앙	중하	중앙	
일반합판	1	316.7	403.6	101.7	11.18	2분 59초
	2	344.5	300.9	131.8	6.30	3분 30초
	3	241.6	157.6	140.3	10.19	3분 37초
방염액	1	179.0	154.2	98.2	9.36	2분 17초
	2	390.6	356.2	109.9	17.96	3분 02초
	3	415.7	670.0	252.5	10.42	5분 07초
방염필름	1	469.4	395.3	140.6	8.82	1분 35초
	2	163.8	133.5	99.0	6.62	1분 50초
	3	309.9	253.7	163.5	4.74	2분 04초
수성방염도료	1	231.7	169.8	142.0	3.74	2분 02초
	2	321.9	260.4	168.6	9.05	2분 05초
	3	330.5	283.9	189.3	8.91	2분 33초
유성방염도료	1	264.0	162.9	143.8	3.52	4분 00초
	2	148.1	163.1	158.0	2.91	4분 24초
	3	152.6	167.6	230.7	10.83	6분 48초
난연도료	1	267.6	307.5	202.5	7.87	1분 56초
	2	334.6	295.2	184.7	5.69	2분 41초
	3	278.4	227.9	270.3	3.87	3분 49초

#### 4.1 유사 화재 크기에 따른 착화지연시간

다음 그림 7은 유사 화재 크기에 따른 착화지연시간을 비교한 것이다.

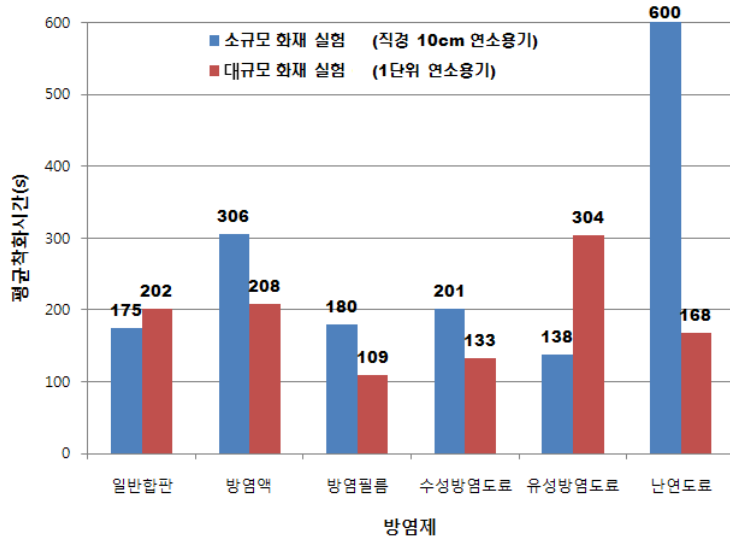


그림 7. 유사 화재실험 크기에 따른 착화지연시간 비교

#### 4. 결 론

본 논문은 목조건축물과 다중이용업소 등 실내 내장재로 자주 사용되는 미송합판에 방염처리를 하여 유사 화재를 구현하고 화염의 세기에 따른 방염의 실효성을 실험한 것이다. 결론은 아래와 같다.

1. 45도 연소시험의 경우 실험에 사용한 방염 처리 합판은 방염성능 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

2. 소규모 유사 화재로 직경 10cm 연소용기를 사용한 연소실험에서는 방염처리한 합판의 착화지연시간이 평균적으로 대규모 유사 화재실험보다 길어 어느 정도 방염효과를 갖는 것으로 나타났으나, 45도 연소시험 보다는 방염효과가 적은 것으로 나타났다.

3. 대규모 유사 화재로 1단위 유류화재 연소용기를 사용한 연소실험의 경우 열방출율이 커 형성된 탄화막이 부분별하게 박리되고 발화가 일어나 착화지연시간의 차이를 구별하기 어려웠기 때문에 방염효과를 기대할 수 없었다.

본 연구 결과 화염의 크기 즉, 화재 규모가 커질수록 착화지연에 의한 방염의 효과는 기대할 수 없다는 것을 알 수 있었고, 따라서 방염은 초기 화재와 같은 비교적 작은 화염에서만 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. 손연수 (1988). “국내 목조문화재의 방염현장과 그 대책에 대한 소고”, 한국화재소방학회 논문지 2
2. 중앙소방학교 (1995). “화재성상매커니즘 연구”
3. 최돈묵 (1997). “플라스틱 재료용 방염제의 종류 및 방염 특성”, 한국화재소방학회 논문지, 제31호
4. 한국소방산업기술원 (2001). “방염제도에 관한 연구”
5. 임상학 (2002). “방염의 개념 및 원리”, 한국화재소방학회 논문지, 제49호
6. 건설교통부 (2008). “건축물 방재기준의 제도적 기반 선진화 방안 연구”
7. 김황진 (2008). “방염도료의 방염성능에 관한 연구”, 호서대학교 대학원 석사학위논문
8. 아산시 (2009). “외암민속마을 화재예방 연구”
9. 한국소방산업기술원. “방염제품의 성능시험 기술기준”
10. 한국소방산업기술원. “방염성능의 기준 및 시험세척 KOFES 1001”