

방염도료처리 목재의 방염효과연구

A Study on the Flame Resistance Performance with the Flame-Resistance Paints Treatment of the wood.

김황진, 오규형[†], 이성은*

Hwang-Jin Kim, Kyu-Hyung Oh, Sung-Eun Lee*

호서대학교 소방방재학과, *호서대학교 산업안전연구센터

1. 서론

오늘날 다중이용업소는 꾸준한 증가 추세를 보이고 있다. 그에 따라 다중이용업소에서 발생하는 화재사건 또한 계속 증가하는 추세이다. 다중이용업소 이용자는 주거공간이나 사무실, 학교와 같이 평상시 주변 지형지물에 익숙한 상황이 아니기 때문에 화재 시 대처에 매우 취약할 수 있다. 따라서 화재예방차원에서 다중이용업소에 대한 방화관리는 엄격히 이루어져야 할 필요성이 있다.

특히 다중이용업소의 실내장식물은 대부분 섬유류, 합성수지류, 목재, 합판 등 불에 매우 잘 타는 재료로 구성되어 있어 발화의 원인이 되거나 화재 초기에 대형화재로 급속하게 확산되는 요인이 되기도 하기 때문에 방염 처리하여 사용하도록 규제하고 있다.

다중이용업소에서 방염처리가 방화대책의 일환으로 자리 잡을 수 있었던 가장 큰 이유는 초기착화방지 및 지연효과를 얻어 재실자의 피난시간 확보 및 소방대의 출동시간을 확보하기 위함이다. 하지만 방염처리를 하였더라도 초기착화방지에 실패할 경우 화재가 성장하게 되면 방염처리를 한 가연물의 경우라도 일정 열량 이상에서는 발화할 수밖에 없다. 이러한 경우 방염 처리한 목재 및 가연물에서 발생하는 연기에 대한 위험성이 방염처리효과 못지않게 중요한 이슈가 되고 있다. 실제로 최근 10여년간 다중이용업소의 화재발생시 사망자의 사망원인 중 가장 큰 비중을 차지하는 것이 연기중독에 의한 사망이며 연기 중독에 의해 사망하지 않았더라도 부상자 대부분은 다량의 연기 흡입에 의한 뇌 손상 등을 유발하여 2차적 피해로도 큰 문제가 되고 있다.

방염에 대한 사회적 관심이 증가하면서 그동안 방염제도에 관한 연구와 방염처리한 물품의 연소특성에 관한 연구는 이루어지고 있으나 방염도료의 특성에 따른 발연특성 연구와 방염 처리한 목재의 착화지연효과에 관한 연구는 대체로 이루어지고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시중에 유통되는 17종의 방염 도료를 성능기준에 맞게 MDF에 방염 처리하여 연기밀도 시험 및 콘히터 실험을 통해 도료별 발연특성 및 착화지연 효과에 대하여 알아보고자 하였다.

2. 실험

본 연구에서는 현재 국내에서 많이 유통되어지는 방염도료의 주성분 및 특성별 발연특성 및 착화지연효과의 차이를 알아보기 위해 총17가지의 방염도료를 사용하였다. 목재에 방염처리를 하였을 경우 발생하는 발연량 및 착화지연효과를 알아보기 위해 실제 다중이용업소 내부 마감재로 가장 많이 사용되어지고 있는 MDF에 각 도료를 규정에 맞게 방염처리 하였다. 다음 Table 1은 실험에 사용한 각 시료의 종류별 특성 이다.

Table 1. The principal ingredient and characteristic of fire resistant paint which used in experiment

시료의 종류	주성분	특성
A	수용성 수지	수성, 발포성, 무광
B	무기염류, 인계화합물	무광, 비발포성
C	아크릴계 수지	수성, 비발포성, 유광
D	아크릴계 수지	수성, 비발포성, 무광백색
E	아크릴계 수지	수성, 발포성, 무광백색
F	아크릴계 수지	수성, 발포성, 무광백색
G	아크릴계 수지	유성, 발포성, 무광백색
H	알키드수지	수성, 발포성, 유광
I	알키드수지	유성, 비발포성, 무광
J	알키드수지	유성, 발포성, 유광
K	알키드수지	유성, 비발포성, 무광백색
L	염화고무수지	유성, 발포성, 유광
M	염화고무수지	유성, 발포성, 유광
N	염화고무수지	유성, 비발포성, 무광
O	염화고무수지	유성, 발포성, 무광
P	염화고무수지	유성, 발포성, 유광
Q	염화고무수지	유성, 발포성, 무광

2-1. 연기밀도실험

연기밀도 챔버는 일정 두께의 시편이 챔버내에서 복사열원(2.5kW/m², 25kW/m²) 또는 화염의 조건에 노출 되었을 때 시편에서 발생하는 연기의 광학적 밀도 및 유독성 가스를 측정 하는 장비이다.

총 17가지의 방염제를 도포한 MDF의 연기발생량을 측정하기 위해 ISO 5659-Smoke density chamber의 사용법에 따라 연기밀도실험을 시행하였다.

시료는 크기 가로·세로 75mm±1 로 자른 후 60±3℃의 항온건조기에서 24시간 건조시킨 후 실험에 사용하였다.

본 실험에 이용한 연기밀도시험 장치는 다음 Fig. 1과 같다.

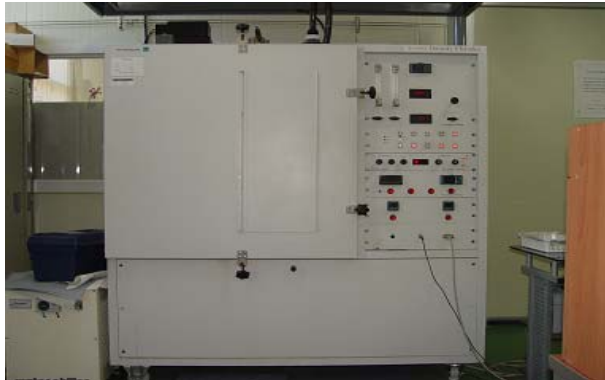


Fig. 1. Photograph of smoke density chamber

2-2. Cone heater 실험

복사열의 크기에 따른 시료의 연소특성 및 착화시간을 측정하기 위해 10kW/m^2 , 15kW/m^2 , 20kW/m^2 , 25kW/m^2 , 30kW/m^2 의 복사열유속을 가하여 실험하였다.

실험장치의 구성은 콘 형태의 복사전기히터와 시료를 고정하기 위한 홀더, 유량측정장치를 부착한 배출시스템, 스파크점화회로, 열류계, 고정용 버너 및 데이터 수집 및 분석 장치 등으로 구성되어졌으며 다음 Fig. 2와 같다.



Fig. 2. Photograph of cone heater

Cone heater 실험을 통하여 방염 처리한 시료와 칠하지 않은 일반 MDF의 연소특성을 비교하였고 또한 복사열량의 변화를 주면서 방염도료를 칠한 시료의 방염성능변화를 관측하였다. 건조시킨 시편을 홀더에 놓고 복사열을 가하여 착화 또는 적열 되는 시간을 측정하였으며 시료의 탄화시점, 연기발생시점등을 관찰함으로써 방염 처리한 목재의 착화 지연효과에 대하여 알아보았다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1 연기밀도실험결과분석

ISO 5659에 따라 각 시료를 3회씩 연소시켜 측정된 각 시료의 최대 연기 밀도 값은 다음 Fig. 3과 같다.

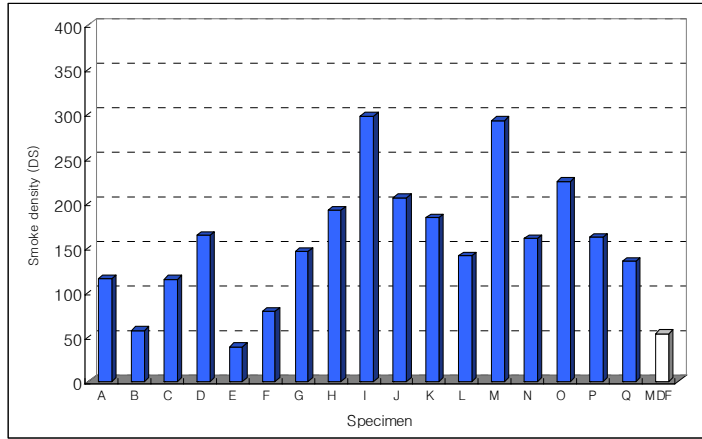
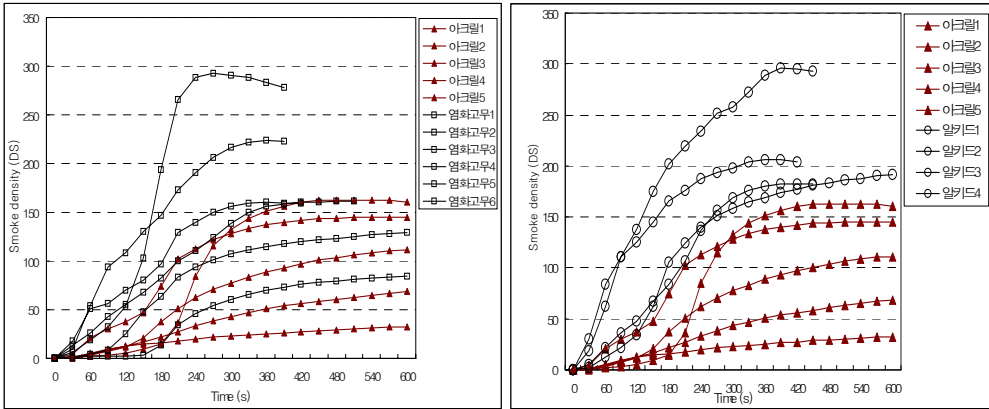


Fig. 3. Optical smoke density of specimen

실험 시료 중 연기발생량이 가장 많이 발생한 시료I(297.8DS)는 연기발생량이 가장 적은 시료E(38.74DS)보다 약 7배 이상의 많은 연기를 발생시켰다.

도료의 주성분에 따른 연기밀도를 분석한 결과 다섯 가지 도료의 주성분 중 염화고무수지를 주성분 한 시료에서 최대연기밀도가 가장 높게 나왔다. 상대적으로 낮은 최대연기밀도를 나타내는 시료는 아크릴 수지를 주성분으로 한 시료 들이었다.

17가지 시료 중 가장 높은 최대연기밀도 값을 갖는 시료의 주성분은 염화고무수지였다. Fig. 4 (a)는 염화고무수지를 주성분으로 하는 시료와 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료의 시간당 연기밀도를 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보이는 바와 같이 대부분의 염화고무수지를 주성분으로 하는 시료에서 연기밀도가 높게 나오는 것을 관찰할 수 있다. 또한 Fig. 4 (b)는 알키드 수지를 주성분으로 하는 시료와 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료의 시간당 연기밀도를 나타낸 그래프이다. 마찬가지로 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료의 연기밀도가 상대적으로 낮게 나타났다.



(a) acrylic resin type and chlorinated rubber type (b) acrylic resin type and alkyd resin type

Fig. 4. Specific optical density according to principal ingredient of fire resistant paint

따라서 도료의 주성분에 따른 연기밀도에 대한 분석은 상대적으로 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료에서 시간당 연기밀도가 낮게 측정되는 것으로 나타났다.

도료의 주성분 뿐만 아니라 도료의 특성에 따라서 연기밀도를 분석한 결과 수성과 유성 도료의 연기밀도는 Fig. 5와 같이 차이가 나타나는 것을 알 수 있다.

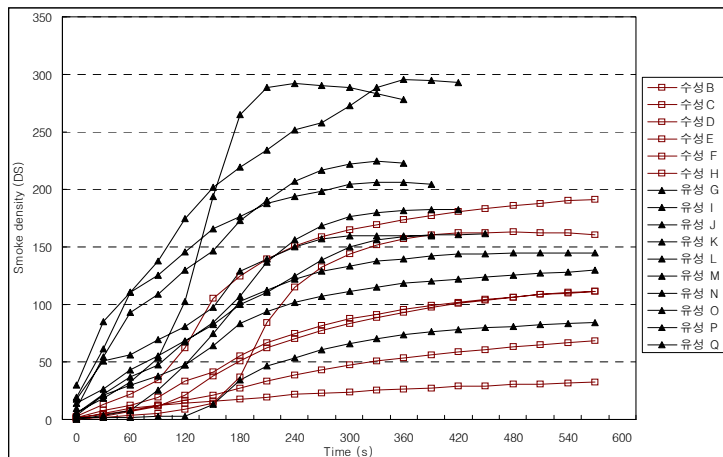


Fig. 5. Specific optical density according to characteristic of fire resistant paint

Fig. 5에서 보이는 바와 같이 유성도료의 연기밀도가 수성도료보다 상대적으로 높게 나타났다. 특히 유성도료의 경우 그래프의 곡선 기울기가 급격히 증가하며 수성도료보다 짧은 시간에 높은 연기밀도를 보이기 때문에 화재초기에 많은 양의 연기를 발생 시킬 것으로 판단된다.

3-2 Cone heater 실험 결과 분석

Cone heater를 이용하여 각 시료에 각각 (10, 15, 20, 25, 30)kW/m²의 복사열 유속을 가하여 착화지연효과 및 연소현상을 실험하였다.

Table 2. Ignition time and phenomena of specimen according to radiant heat flux

시료 \ 조건	10kW/m ² 착화여부 및 시간	15kW/m ² 착화여부 및 시간	20kW/m ² 착화여부 및 시간	25kW/m ² 착화여부 및 시간	30kW/m ² 착화여부 및 시간
A	×	7분24초 (적열)	3분39초 (착화)	3분15초 (착화)	1분54초 (착화)
B	×	6분42초 (적열)	4분10초 (적열)	2분38초 (착화)	1분53초 (착화)
C	×	6분42초 (적열)	4분7초 (적열)	2분2초 (착화)	1분24초 (착화)
D	×	4분28초 (적열)	5분32초 (착화)	2분58초 (착화)	2분05초 (착화)
E	×	×	×	×	×
F	×	7분50초 (적열)	6분15초 (적열)	5분50초 (착화)	2분59초 (착화)
G	×	6분11초 (적열)	4분50초 (착화)	2분19초 (착화)	1분56초 (착화)
H	×	6분10초 (적열)	5분07초 (착화)	2분22초 (착화)	1분27초 (착화)
I	×	×	5분57초 (적열)	3분59초 (착화)	2분11초 (착화)
J	×	7분51초 (적열)	7분25초 (적열)	3분34초 (착화)	2분45초 (착화)
K	×	5분29초 (적열)	3분53초 (적열)	2분20초 (착화)	1분38초 (착화)
L	×	×	3분35초 (적열)	2분13초 (착화)	1분45초 (착화)
M	×	6분12초 (적열)	4분50초 (적열)	2분57초 (착화)	2분24초 (착화)
N	×	6분13초 (적열)	3분38초 (적열)	2분30초 (착화)	1분53초 (착화)
O	×	4분46초 (적열)	4분1초 (착화)	2분53초 (착화)	1분46초 (착화)
P	×	6분20초 (적열)	4분42초 (적열)	3분36초 (착화)	2분5초 (착화)
Q	×	4분05초 (적열)	3분27초 (착화)	1분57초 (착화)	1분29초 (착화)
MDF	9분30초 (적열)	4분03초 (적열)	3분5초 (착화)	1분55초 (착화)	1분55초 (착화)

10kW의 복사열유속에서는 방염처리하지 않은 일반 MDF에서만 9분30초에 적열착화가 되었을 뿐 나머지 방염처리 한 모든 시료에서는 탄화만 일어날 뿐 착화는 일어나지 않았다. 15kW의 복사열을 가하였을 경우 방염처리 한 MDF에서도 적열착화가 일어나기 시작했으며 일반 MDF보다 착화지연효과가 나타나는 것으로 나타났다. 20kW의 복사열을 가하였을 때 일반 MDF에서 유염착화가 일어났으며 일부 방염처리 한 시료에서도 유염착화가 일어났다. 25kW의 복사열을 가하였을 때 시료E를 제외한 모든 시료에서 유염착화가 일어났으며 일반 MDF보다 약간의 착화지연효과가 나타나는 것으로 나타났다. 복사열량이 30kW가 되었을 때는 방염처리 한 시료에서 뚜렷하게 착화지연효과가 나타나지 않는 것으로 나타났다. 전체 시료 중 9개 시료가 방염처리 하지 않은 MDF보다 착화가 빠르게 일어났으며 착화가 느리게 일어난 시료 또한 착화시간의 차이가 크지 않은 점으로 보아 30kW이상에서는 방염처리효과가 나타나지 않는 것으로 판단된다.

따라서 모든 실내 장식물이 정확하게 방염처리가 되었다면 초기 화재에서는 화재성장을 지연시키는 데 효과가 있을 것으로 판단되어지나 화재가 일정 규모 이상 성장하면 방염효과는 기대할 수 없게 됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서 시중에 유통되어지는 17개 방염도료에 관하여 발연성 및 착화지연효과에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 도출하게 되었다.

가. ISO 5659에 따른 시료의 연기밀도실험 결과를 도료의 주성분에 따라 분석한 결과 **아크릴 수지**를 주성분으로 한 시료에서 연기밀도가 상대적으로 낮게 측정되었다. 또한 도료의 특성에 따라 분석한 결과 **수성방염도료**를 처리한 시료들에서 유성방염도료를 칠한 시료보다 연기밀도가 낮게 측정되었다.

나. Cone heater를 이용한 착화실험결과 모든 시료에서 복사열 30kW 미만에서는 착화지연효과를 기대할 수 있으나 30kW이상의 복사열에서는 착화지연효과를 기대할 수 없었다.

다중이용업소의 빈번한 화재발생으로 인하여 실내장식물의 방염기준이 강화되고 의무화되면서 방염에 대한 사회적 관심이 증가하고 있는 상태이다. 하지만 상대적으로 방염을 필요로 하는 업주와 건물주와 같은 일반 국민들은 방염에 대한 인식이 매우 부족한 상황이다. 법적 규제를 피하기 위한 하나의 형식상 과정으로 인식하는 경우가 대다수이기 때문에 화재로 인한 인명피해는 줄어들지 않는 실정이고 뒤늦게 방염효과에 대해 의문을 제기하는 상황이 계속 반복되어 오고 있다.

방염처리를 한 목재의 경우 45도 연소시험을 통한 방염성능의 합격 여부만으로 성능시험기준을 만족하고 있는 실정이나 앞으로는 발연성 및 착화지연효과에 관하여 좀더 엄격한 기준이 적용되어야 할 것으로 판단되어진다.

초기 착화지연에 실패할 경우 화재가 성장하게 되면 방염효과를 기대할 수 없다는 전제하에 방염효과를 향상시키기 위해서는 45도 연소실험을 통한 방염성능 뿐만 아니라 착화 시 발연성도 매우 중요한 것으로 판단되어지며 본 연구를 통해 아크릴 수지를 주성분으로 하는 방염도료가 그리고 유성방염도료보다는 수성방염도료가 발연성측면에서 상대적으로 우수한 것으로 판단되어진다.

참고문헌

1. 김황진, '방염도료의 방염성능에 관한 연구', 호서대학교 대학원 석사논문, 2008.
2. 김대희, '다중이용업소의 화재안전에 관한 연구', 호서대학교 대학원 석사논문, 2005
3. '방염성능의 기준 및 시험세척 KOFES1001' 한국소방검정공사
4. 한국소방검정공사 "방염제도에 관한 연구" 2001년 연구보고서
5. 한국 소방검정공사 "방염업무 개선을 위한연구" 2008년 연구보고서
6. 국회제출자료 (방염관련현황) - 2007
7. 다중이용업소 화재예방첫걸음 , 인천소방방재본부 - 2007.09