

건축용 외장재의 발연특성에 관한 연구

박영주 · 이해평* · 황미정** · 양영숙*** · 유재열*** · 이미리***

강원대학교 화학공학연구소, 강원대학교 소방방재학부강원대학교 방재전문대학원,
서울소방학교 소방과학연구센터

A Study on Characteristics of Smoke Release for Architectural Surface Material

Park, Young Ju · Lee, Hae Pyeong* · Hwang, Me Jung** ·

Yang, Young Suk*** · Yu, Jae Yeol*** · Lee, Mi Li***

Chemical Engineering Research Center, Kangwon National University,

*Dept. of Fire & Emergency Management, Kangwon National University,

**Professional Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University,

***Fire Science Research Center, Seoul Metropolitan Fire Service Academy

요 약

건축물 내·외벽에 주로 사용되는 건축용 자재 중 샌드위치 패널은 양면으로 도장한 철판 사이에 심재로 단열재를 넣어 구성된 합성복합자재이다. 샌드위치 패널의 사용범위는 창고시설 및 공업용 건축 등의 용도로 많이 사용되고 있으며, 최근에는 시공에 따른 이점으로 주택 및 상업용등으로 널리 확대되어 사용되고 있다. 본 연구에서는 화재초기의 연기밀도는 인명 대피 시 시야확보에 있어 중요한 역할을 하기에 현재 국내에서 사용되는 건축용 외장재를 용도별로 선정하여 시간에 따른 연기밀도의 값을 구하고 용도에 따른 화재 연기의 확산 정도를 예측하는데 목적을 두었다.

1. 서 론

국내 건축물 화재에 대한 통계를 살펴보면, 2007년부터 2010년까지 4년간 평균 60.6%가 발생하였다(소방방재청). 이러한 통계는 주거, 비주거를 포함한 결과로 건축물 화재가 한 해 발생하는 화재의 절반 이상을 차지하고 있다는 것을 알 수 있다. 이에 따른 재산 및 인명피해도 나날이 증가하고 있어 이를 예방하기 위해서는 화재에 대한 정확한 위험도 평가가 필수적이기 때문에 건축화재에 대한 화재위험성 연구는 지속적으로 연구 중이다.

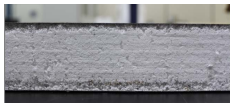

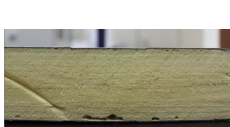

따라서 본 연구에서는 화재초기의 연기밀도는 인명 대피 시 시야확보에 있어 중요한 역할을 하기에 현재 국내에서 사용되는 건축용 외장재를 용도별로 선정하여 시간에 따른 연기밀도의 값을 구하고 용도에 따른 화재 연기의 확산 정도를 예측하는데 목적을 두었다.

2. 실험

2.1 실험재료

본 연구에서 사용한 실험재료는 현재 건축물 외장재로 널리 쓰이는 재료들 가운데 4가지를 선정해서 smoke density chamber를 이용하여 발연특성을 살펴보았으며, 표 1에 간단한 특징을 정리하였다.

표 1. 실험대상

구 분	특 징
일반스티로폼 	스티로폼(styrofoam)은 발포 스타이렌 수지를 일상적으로 이르는 말로서 거품처럼 작은 기포를 무수히 지닌 스타이렌 수지는 가볍고 단열성이 좋아 단열재, 포장 재료, 흡음재, 장식재 따위로 널리 쓰인다.
강화스티로폼 	압축스티로폼(reinforced styrofoam)은 일명 아이소핑크라고 하며 일반스티로폼보다 밀도가 더 높다. 즉, 표면을 비롯해 재료 전반적으로 더 단단하다.
우레탄폼 	우레탄폼(polyurethane foam)은 아이소사이안산염화합물과 글리콜의 반응으로 얻어지는 폴리우레탄을 구성 재료로 하고, 구성성분인 아이소사이안산염과 다리결합제로 쓰는 물과의 반응으로 생기는 이산화탄소와 프레온과 같은 휘발성 용제를 발포제로 섞어서 만드는 발포 제품을 일컫는다.
유리섬유 	유리섬유(glass fiber)는 용융한 유리를 섬유 모양으로 한 광물섬유이며 유리섬유의 성질은 다음과 같다. ① 고온에 견디며, 불에 타지 않는다. ② 흡수성이 없고, 흡습성이 적다. ③ 화학적 내구성이 있기 때문에 부식하지 않는다. ④ 강도, 특히 인장강도가 강하다. ⑤ 신장률이 적다. ⑥ 전기 절연성이 크다. ⑦ 내마모성이 적고, 부서지기 쉬우며 부러진다. ⑧ 비중은 나일론의 2.2배, 무명의 1.7배이다. ⑨ 매트로 만든 것은 단열·방음성이 좋다.

2.2 실험방법

ASTM E 662의 연기발생 특성은 일정한 부피의 챔버 내에서 물질의 연소로 발생하는 연기를 배출 없이 측정하는 방식으로서, 식(1)에 의해 계산된다(ASTM E 662). 시편의 크기는 750 X 750으로 실시하였고, 3개를 1set로 하여 시험을 실시하였으며 평균값을 사용하였다. 시험에 사용된 외부 복사열은 25 kW/m²이고, 점화불꽃이 없는 Non-flaming 방식을 채택하였다.

$$D_s = 132 \log_{10} \frac{100}{T} \quad (1)$$

여기서, 132 : 연소챔버에 대해 V/AL 로부터 유도된 인자
 V : 연소챔버의 부피
 A : 연소챔버의 노출면적
 L : 광 경로의 길이
 T : 광 투과율

3. 결과 및 고찰

건축외장용 접착제의 최대연기밀도와 초기 연기발생을 알아볼 수 있는 VOF4의 값을 나타내었다. VOF4의 값은 1.5분에서의 연기밀도, 4분에서의 연기밀도 그리고 1, 2, 3, 4분에서의 연기밀도를 계산한 $VOF4(D_{s(1)} + D_{s(2)} + D_{s(3)} + D_{s(4)}/2)$ 값들이다.

표 2. 시간에 따른 연기밀도 및 VOF4

구 분	1 min	1.5 min	2 min	3 min	4 min	10 min	VOF4
일반스티로폼	0	0	0	0	0	2.233	0.00
강화스티로폼	0.64	1.07	1.535	2.178	2.594	5.179	3.48
우레탄폼	33.69	70.76	104.05	155.59	190.32	190.51	241.83
유리섬유	0.042	0.236	0.436	0.583	0.817	1.594	0.94

결과값을 살펴보면, 일반스티로폼을 비롯해서 강화스티로폼과 유리섬유는 초기에 거의 연기가 발생하지 않는 것을 알 수 있으며, 10 min이 경과했을 때의 결과도 연기발생량이 비교적 적은 것으로 나타났다. 하지만 우레탄폼의 경우는 다른 재료들과 달리 초기뿐만 아니라 10 min이 경과했을 때에도 상대적으로 높은 연기발생량을 나타냄을 확인할 수 있다.

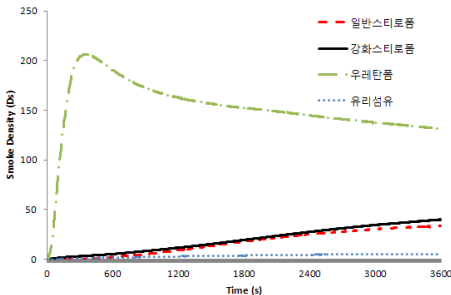


그림 1. 시간에 따른 연기밀도

표 3. 최대연기밀도

구 분	최대연기밀도 (Ds)	시간 (s)
일반스티로폼	33.73	3583
강화스티로폼	39.90	3596
우레탄폼	206.55	356
유리섬유	5.40	3575

일반스티로폼을 비롯한 강화스티로폼과 유리섬유의 경우 급격히 연기가 발생한 우레탄 폼에 비해 꾸준히 연기발생량이 증가하여 3600초에 최대 연기밀도 값을 나타낸 것을 볼 수 있다. 그림 1의 시간에 따른 연기밀도 그래프에서 볼 수 있듯이 대부분의 외장재들과는 달리 우레탄폼의 경우, 초기부터 급격한 연기가 발생하다가 350초 정도에서 최대연기 밀도가 발생하였고 VOF4의 값도 가장 높은 241.83으로 나타났다. 연기밀도가 400이상인 경우 빛 투과율이 0.1%가 되지 않는 상태로 인명대피 및 소화 활동 시 시야확보에 있어 많은 어려움을 느낄 수 있는 정도이다.

4. 결 론

건축용 외장재의 발연특성을 알아보기 위해 ASTM E 662를 이용하여 연기발생밀도를 확인하였다.

우레탄폼 외장재의 경우 10분 이내에 206.55의 가장 높은 연기밀도를 발생하여 실제 화재 시 시야확보에 어려움을 줄 것으로 예측되며, 일반스티로폼 33.73, 강화스티로폼 39.90, 유리섬유 5.40 정도의 최대연기밀도를 나타내었다.

우레탄폼 외장재의 경우 초기에 많은 양의 연기를 발생하는 반면, 다른 외장재들은 꾸준히 증가하는 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 우레탄폼의 경우, 350초 정도에서 206.55의 최대연기밀도 값을 나타낸 반면 다른 외장재들의 경우는 실험이 종료되는 시점인 3600초에서 상대적으로 낮은 최대연기밀도 값을 나타내는 것을 알 수 있었다.

이 같은 결과는 연기발생 측정실험을 통한 발연특성을 정량적으로 나타낸 초기 연구로서 추후 건축화재 위험성예측 등에 필요한 기초자료로 활용 될 수 있다는 점에 의의가 있다.

감사의 글

본 연구는 2010년 서울소방학교 소방과학연구센터의 연구비 지원으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 서울소방학교에 감사드립니다.

참고문헌

1. 소방방재청 국가화재정보시스템 - <http://www.nfds.go.kr>
2. 소방방재청, "2009년 전국 화재발생 현황분석 결과", 2010.
3. ASTM E 662, "Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials"