

스펀지형 흡음재의 연소특성에 관한 연구 A Study on Combustion Characteristic of Sponge Type Sound-absorbing Materials

송재용[†] · 사승훈 · 남정우 · 김진표 · 박종택 · 이두형*

Jae-Yong Song[†] · Seung-Hun Sa · Jung-Woo Nam · Jin-Pyo Kim ·
Jong-Taek Park · Doo-Hyung Lee*

국립과학수사연구원, *방재시험연구원
(2011. 2. 21. 접수/2011. 6. 10. 채택)

요 약

본 논문은 건축물 내부 마감 재료로 사용되는 스펀지형 흡음재의 연소특성에 관하여 연구하였다. 연소 특성 평가를 위하여 일반 재질 및 난연 재질의 스펀지형 흡음재를 대상으로 연소실험을 수행하였으며, 건축용 내부 마감 재료 사용의 적합성 평가를 위하여 콘칼로리미터법을 이용한 열방출률 및 연기밀도를 측정 분석하였다. 연소특성 실험 결과, 일반 재질의 흡음재는 착화와 동시에 급속히 연소되는 특성을 나타내었으며, 난연 재질의 흡음재는 착화와 동시에 소화되는 특성을 나타내었다. 그러나 난연 재질의 흡음재에 착화시간을 길게 하는 경우, 연소가 진행되는 것으로 평가되었다. 열방출률 및 연기밀도는 한국산업규격 KS F ISO 5660-1 및 국제해사기구의 FTP Code를 만족하지 못하는 것으로 평가되었으며, 이러한 결과로 볼 때, 스펀지형 흡음재는 건축용 내부 마감 재료로 사용하기 부적합한 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This paper studied combustion characteristics of the sponge type sound-absorbing materials extensively used on building interior. To estimate of the combustion characteristics, we carried out combustion experiment of general type and incombustibility type sound-absorbing materials. And then to evaluate the suitability of the sponge type sound-absorbing materials, we measured heat release rate (HRR) and smoke density (Ds) of the sound-absorbing materials using by a cone-calorimeter. From the combustion experimental results, general type sound-absorbing materials were rapid burned simultaneously with ignition and the incombustibility type sound-absorbing materials had all gone out simultaneously with ignition. Measured results of HRR and Ds were not satisfied KS F ISO 5660-1 and IMO FTP Code, form the results, the sponge type sound-absorbing materials were ill-suited for using building interior.

Key words : Combustion characteristic, Sound-absorbing material, Heat release rate, Smoke density

1. 서 론

2008년 안산 성인오락실 화재 및 2009년 부산 실내 사격장 화재는 급격한 연소 확대로 인해 많은 인명피해를 초래하였다는 공통적인 특징이 있다. 성인오락실 및 사격장의 경우, 내부에서 많은 소음이 발생되고, 이 소음을 줄이기 위한 목적으로 흡음재를 다량 사용하고 있으며, 소음이 밖으로 새어나가는 것을 방지할 목적

으로 출입문 이외에 창문 등을 모두 밀폐시켜 개구부를 최소화하였다는 구조적인 공통점을 가지고 있다. 또한 내부에 사용된 흡음재는 폴리우레탄 재질의 스펀지형이며, 바닥을 제외한 벽체 및 천장 전체를 흡음재로 마감 처리된 구조이었다. 이러한 구조적인 특징을 고려할 때, 안산 성인오락실 및 부산 실내사격장은 밀폐 구조 공간에 폴리우레탄 재질의 특수가연물을 내부 마감 재료로 사용한 공통적인 특징으로 요약될 수 있다.¹⁾ 따라서 본 연구에서는 밀폐구조 공간에 특수가연물이 설치되는 경우, 연소 확대 원인을 분석하기 위하여

[†]E-mail: hvlab@korea.kr

폴리우레탄 재질의 스펀지형 흡음재에 대한 연소 특성 실험을 수행하였으며, 콘칼로리미터법을 적용하여 열 방출률, 연기밀도 및 연소가스를 측정 분석하였다.

2. 방염성능 평가

앞서 언급한 안산 성인오락실 및 부산 실내사격장에서 공통적으로 사용된 내부 마감 재료는 스펀지형 흡음재이며, 실제 화재현장에서 수거된 것은 Figure 1에 나타낸 바와 같다. 부산 실내사격장 및 안산 성인오락실에서 수거된 흡음재는 50 mm 두께이며, 주사전자현미경 및 에너지 분산형 X선 분석 방법에 의한 화학적 분석 결과, 안산성인 오락실에서 수거된 흡음재는 탄소(C), 산소(O) 및 규소(Si)성분이 검출되는 일반 흡음재이고, 부산 실내사격장에서 수거된 스펀지형 흡음재의 경우, 탄소(C), 산소(O), 규소(Si) 이외에 인(P) 성분이 포함되어 있는 것으로 보아 난연 처리된 제품인 것으로 평가되었다.

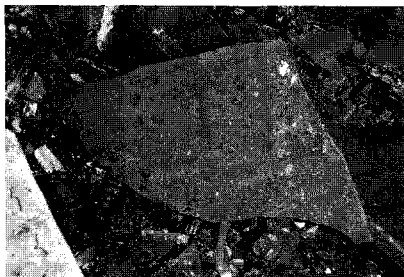
스펀지형 흡음재는 「다중이용업소의 안전관리에 관한 법률」에서는 실내장식물로 구분되며, 「소방기본법」 시행령 제6조 별표 2의 기준으로 볼 때, 특수가연물로 분류된다. 실내장식물로 구분하는 경우, 방염성능에 대한 기준 및 연기밀도에 대한 기준을 만족하여야 하며, 폴리우레탄 계열의 고분자재료에 해당되므로 열

방출률, 연기밀도 및 연소가스 기준에도 부합되어야 한다.^{2,4)} 이러한 관점에서 방염성능 시험 기준인 KS F 2819, 열방출률 시험기준 KS F ISO 5660-1 및 연기밀도와 연소가스 측정 기준인 국제해사기구의 화재시험 절차 2편(IMO FTP Code Part 2)에 근거한 연소실험을 수행하였다. 또한 연소 거동 특성 평가를 위하여 실험틀을 이용한 연소실험을 수행하였다.^{5,8)}

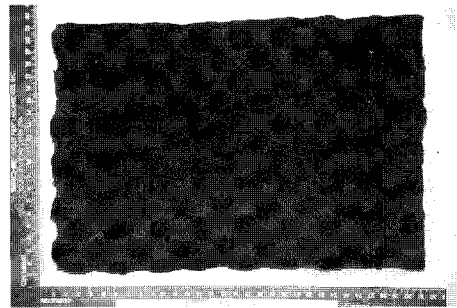
방염성능에 대한 실험은 KS F 2819에 규정된 내용에 근거하여 연소성 시험기(PSFT-30D)에 현장에서 수거된 스펀지형 흡음재를 넣고, 연소성 시험기에 포함된 맥켈 버너를 이용하여 착화시킨 후, 잔염시간 및 탄화길이 등에 대한 방염성능 특성을 평가하였다.⁵⁾ 실험



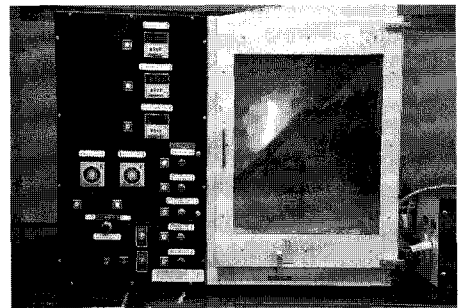
(a) Collected on the Busan shooting range



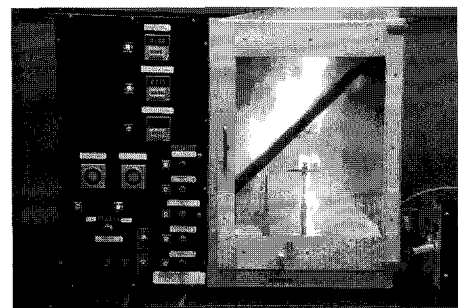
(b) Collected on the Ansan game land



(a) Experimental sample



(b) Ignition



(c) Burn(after 3 second)

Figure 1. Collected sponge type sound-absorbing materials on the fire scenes.

Figure 2. Combustion experiment of the sponge type sound-absorbing materials.

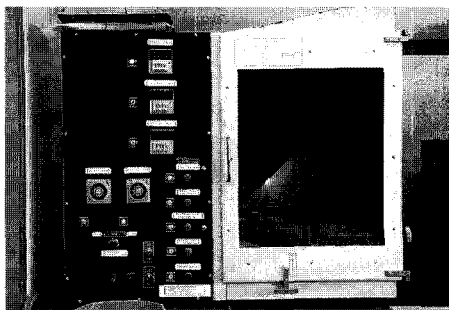
에 사용한 연소성 시험기는 실험 대상 시료를 가로 30 cm, 세로 20 cm로 샘플링하여 45도 기울기로 설치하는 45도 연소성 시험기로 착화시간, 잔염시간 및 잔진시간을 측정하도록 구성된다. 방염성능 평가에서 착화시간은 KS F 2819에 규정된 최소 착화시간 10초로 하고, 맥켈 버너를 이용한다.

Figure 2는 방염성능 실험 모습을 나타낸 것으로 연소성 시험기 맥켈 버너의 불꽃 길이를 65 mm로 하여 착화시키고, 버너의 불꽃을 제거한 후, 잔염시간을 측정한 결과, 3초가 경과한 시점에서 스펀지형 흡음재가 연소된 부분은 약 80% 정도로 연소 가능한 대부분이 연소되었으며, 잔염시간 및 탄화길이에 대한 측정은 불가하였다. KS F 2819에 근거한 방염성능의 기준은 잔염시간이 10초 이내이고, 탄화길이는 15 cm 이내일 때 방염성능을 가지는 것으로 판단한다. Figure 2의 실험 결과를 근거로 할 때 현장에서 수거된 스펀지형 흡음재의 경우, 방염성능 기준인 잔염시간 및 탄화길이 등을 측정할 수 없는 상태로 연소가 진행되며, 이러한 결과를 고려할 경우, 방염성능은 전혀 없는 것으로 볼 수 있다.

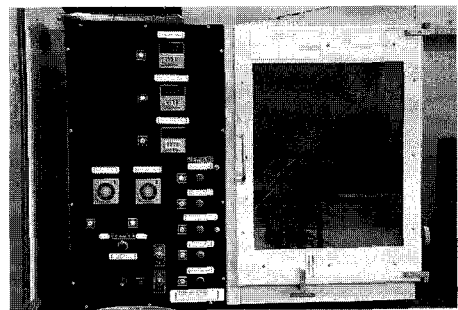
스펀지형 흡음재에 대한 연소특성 평가를 위해 사용된 시료는 화학적 분석 결과, 현장에서 수거된 제품과

동일한 성분으로 평가되었다. 실험에 사용된 2종류의 정확한 연소특성 평가를 위하여 연소 거동 및 열방출률 등에 대한 특성 평가에 앞서 일반 흡음재 및 난연 처리된 흡음재에 대한 방염성능 평가를 수행하였으며, 실험결과는 Figure 3 및 Figure 4에 나타낸 바와 같다.

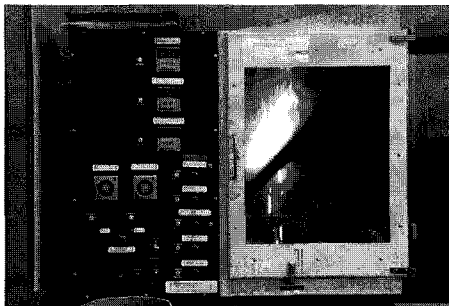
일반 흡음재(General type Sound-Absorbing Materials, GSAM)는 착화와 동시에 연소 확대되는 경향을 보이며, 점화원을 제거한 이후에도 지속적으로 연소되어 전소되는 특징을 나타내었다. 실험 시료가 완전히 전소된 상태로 방염성능 기준인 잔염시간 및 탄화길이 등을 측정할 수 없는 상태로 방염성능은 없는 것으로 평가되었다.



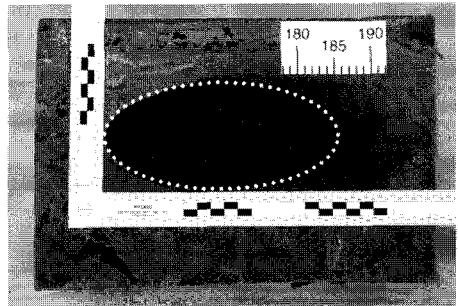
(a) Ignition



(b) Elimination ignition source



(b) Burn(after 3 second)



(c) Area of char

Figure 3. Combustion experiment of the general type sound-absorbing materials.

Figure 4. Combustion experiment of the incombustibility type sound-absorbing materials.

난연 처리된 흡음재(Incombustibility type Sound-Absorbing Materials, ISAM)는 Figure 4에 나타낸 바와 같이 점화원이 공급되는 시간동안 일부 연소가 진행되지만 점화원을 제거하는 경우, 즉시 소화되고, 잔염은 2초 이내에 없어지는 것으로 평가되었다. 또한 탄화길이는 3번의 실험에서 모두 약 18.5 cm 내외로 측정되는데, KS F 2819 규격에 근거할 때 방염성능은 없는 것으로 볼 수 있다. 「소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법률」에 명기된 방염성능 기준은 탄화 길이를 20 cm 이내로 규정하고 있어 상기 법률에서의 방염성능은 만족하는 것으로 평가되었다. 그러나 법률상에는 단순 수치만을 기록해놓은 상태이어서 본 연구의 실험대상인 흡음재에는 적용하기 부적합한 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용한 흡음재의 경우, 국내 법률상 실내장식물 또는 특수가연물로 분류될 수 있으며, 방염성능에 대한 기준도 한국산업규격과 법률상 해석이 다소 상이한 부분이 있으므로 이를 통일화하여 적용할 필요가 있다.

3. 연소거동 특성 평가

스편지형 흡음재의 전반적인 연소특성 평가를 위하여 화재현장에서 수거된 것과 동일한 재질 및 동일한 형상의 흡음재를 이용한 연소실험을 수행하였다. 연소 실험에 수행한 흡음재는 일반 흡음재, 난연 처리된 흡음재로 구분하여 실험을 진행하였으며, 실험과정에서의 사고 방지를 위하여 너비 1 m, 높이 2 m 및 두께 0.3m의 실험틀을 이용하였다. 흡음재 착화에는 부탄용기를 사용하는 가스토치(KT-2405 1080 g/h, 13,000 kcal, Kovea)를 이용하였다.

먼저 일반 흡음재의 경우, Figure 5에 나타낸 바와 같이 착화와 동시에 급격히 연소되는 특성을 나타내는데 실험틀 최고 높이인 2 m까지 화염이 진행되는 시간은 5초에 지나지 않았다. 이러한 결과로부터 일반 흡음재가 벽체 및 천장 전체에 설치되어 있는 구조라면 불과 수초 이내에 실내 공간 전체로 연소가 진행될 수 있다.

난연 처리된 스펀지형 흡음재의 연소실험에서는 Figure 6에 나타낸 바와 같이 착화 이후, 자체적으로 소화되는 특성을 나타내었으며, 연소되지 않는 것으로 평가되었다. 그러나 착화 과정에서 10초 이상으로 착화시간을 길게 하는 경우, 연소가 진행되는데 실험틀 높이까지 연소 확대되는 시간은 15초 정도로 일반 재질의 흡음재에 비해 약 3배가량 느린 연소 확대 특성을 보



(a) Ignition



(b) 3 second

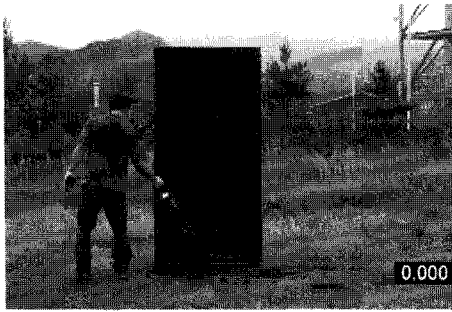


(c) 7 second

Figure 5. Burning behavior characteristics experiment of the general type sound-absorbing materials (GSAM).

인다. 특히 연소 과정에서 난연 처리된 흡음재는 일부만이 연소되는 경향을 나타내는데, 이는 난연 처리된 흡음재가 자체 소화될 수 있는 기능을 가지는 것으로 볼 수 있다. 또한 연소가 진행되는 경우에도 일반 흡음재와는 달리 상대적으로 느린 연소 확대 특성을 나타내는 것으로 평가되었다.

부산 실내사격장 내부는 길이 15 m, 너비 7 m, 높이 2.3 m로 실험에 사용한 흡음재를 기준(1 m × 2 m)으로 하는 경우, 대략 80배 이상의 흡음재가 사용된다. 이러한 점을 고려할 때 내부 마감 재료로 사용된 스펀지형 흡음재에 착화되면 불과 수초 이내에 사격장 공간이 화염에 휩싸일 수 있을 것으로 판단된다. 특히 난연 재



(a) Ignition



(b) 7 second



(c) 20 second

Figure 6. Burning behavior characteristics experiment of the incombustibility type sound-absorbing materials (ISAM).

질의 흡음재를 사용하더라도 일단 착화가 이루어지면 최대 20초 이내에 전체 공간으로 연소가 확대될 수 있을 것으로 추정된다.

4. 열방출률 및 연기밀도 특성 평가

스펀지형 흡음재의 연소 과정에서 발생하는 열방출률, 연기밀도 및 연소가스에 대한 분석을 위하여 연소 특성 시험을 수행하였다.

열방출률 시험은 국토해양부 고시 2009-0866호 난연재료의 열방출률 실험 및 KS F ISO 5660-1: 2008 연소성능시험-열방출률, 연기발생, 질량감소율-제1부: 열

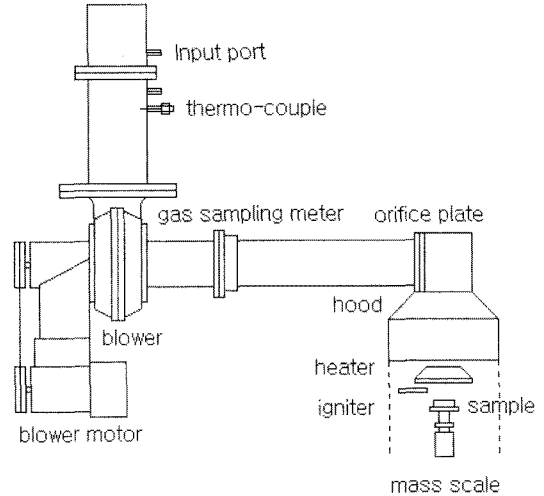


Figure 7. Schematic diagram of experimental apparatus.

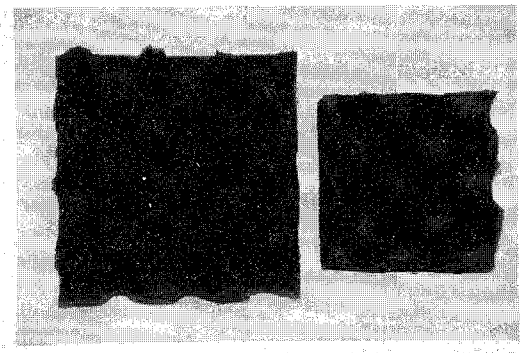


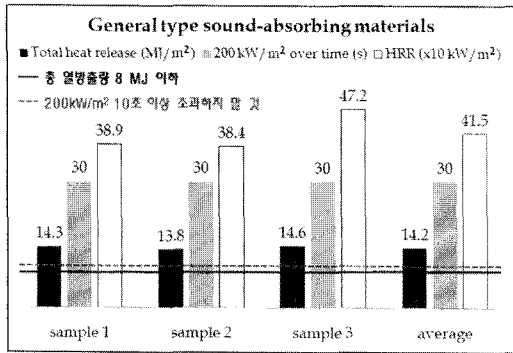
Figure 8. Sample of sound-absorbing materials for the experiment.

방출률(콘칼로리미터법)에 정의된 시험방법 및 시험기준을 적용하였다.^{6,7)}

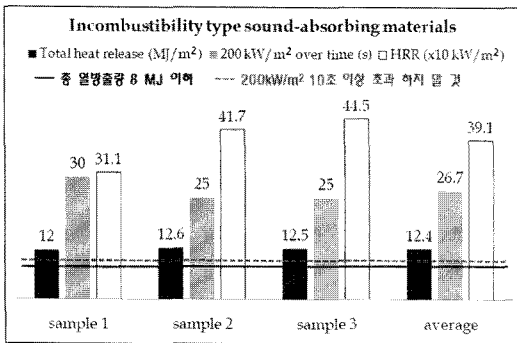
또한 연기밀도 및 연소가스측정 시험은 국제해사기구(IMO)의 화재시험절차 2편 Smoke and Toxicity Test (FTP Code, Fire Test Procedure Code Part 2: Smoke and Toxicity Test)에 준하는 시험절차에 따라 특수가연물 연소과정에서 발생하는 연기밀도 및 연소가스에 대한 측정 및 분석을 수행하였다.⁸⁾

시험에 사용한 시험체는 Figure 8에 나타난 바와 같이 동일한 두께(50 mm)의 것을 2종류의 크기로 샘플링하였다. 2종류의 시험체 중, 100 mm × 100 mm 크기의 시험체는 열방출률 실험에 사용하고, 75 mm × 75 mm 크기의 시험체는 연기밀도 및 연소가스 측정에 활용하였다.

먼저 열방출률에 대한 시험에서는 콘히터의 복사열



(a) General type



(b) Incombustibility type

Figure 9. Heat release rate characteristics of sponge type sound-absorbing materials.

을 $(50 \pm 1) \text{ kW/m}^2$, 배출유량을 $(0.024 \pm 0.002) \text{ m}^3/\text{s}$ 로 설정하고 유지시킨 후, 시험체와 시험체 홀더를 질량 측정 장치 위에 놓고, 복사열 차단 장치를 제거한 후 5분간 가열하였다. 이때 최대 열방출률과 총 방출열량을 측정하고, 가열 종료 후 질량 측정 장치에서 시험체 홀더를 제거한 후, 시험체를 관찰하였다.

열방출률에 대한 시험은 일반흡음재 및 난연 흡음재에 대해 총 3회씩 실시하였으며, 이에 대한 시험결과는 Figure 9에 나타난 바와 같다.

먼저 일반 재질의 흡음재에 대한 열방출률 시험결과 5분간 총 방출열량은 평균 14.2 MJ/m^2 로 시험기준에 정의된 성능 기준을 초과하며, 5분간 최대 열방출률은 415 kW/m^2 로 성능기준을 2배 이상 초과하는 것으로 평가되었다. 뿐만 아니라 시험체를 관통하는 방화상 유해한 용융이 형성되는 점 등을 고려할 경우, 일반 재질의 흡음재는 건축구조물의 내부 마감 재료로 적용 불가능한 것으로 판단된다.

난연 재질의 흡음재에 대한 열방출률 시험결과, 5분간 총 방출열량은 평균 12.4 MJ/m^2 로 일반 재질의 흡

Table 1. Measured Results of the Smoke Density

Sample	Mode	Smoke Density
GSAM	25 kW	296.0 mg/m^3
ISAM	without flame	275.8 mg/m^3

음재에 비해 다소 낮게 측정되지만, 여전히 시험방법 및 성능기준에 규정된 기준을 초과하며, 5분간 최대 열방출률은 평균 391.1 kW/m^2 이고, 시험체를 관통하는 방화상 유해한 용융이 형성되는 점이 식별되는 상태로 성능기준에 적합하지 못한 것으로 평가되었다. 난연 재질의 흡음재는 일반 흡음재와 마찬가지로 건축물의 내부 마감 재료로 적용 불가능한 것으로 판단된다.

스펀지형 흡음재에 대한 연기밀도 시험에서는 연기밀도 시험기 연소챔버(이하 연소챔버)의 콘히터를 가열조건의 조사량으로 맞추고, 연소챔버의 광도계를 원점 조정한 후 100%의 투과율로 조정하였다. 이후, 시험체를 시험체 홀더에 넣고 연소챔버의 콘히터 아래의 고정대에 놓은 다음 연소챔버의 문을 닫고 콘히터의 방열차단막을 제거하여 시험편을 가열할 때, 연기밀도 및 도달시간을 측정하였다.

스펀지형 흡음재의 연소과정에서 발생하는 연기밀도는 Table 1에 나타난 바와 같이 200 mg/m^3 을 초과하고 300 mg/m^3 미만의 값으로 측정되며, 국제해사기구 화재시험절차 Part 2 Smoke & Toxicity 성능기준과 비교하면 연기밀도가 200 mg/m^3 을 초과하지 않아야 하는 기준의 격벽, 내부 마감 재료 및 천장재로 사용하기에는 부적합한 것으로 나타났다. 특히 일반 흡음재의 경우, 300 mg/m^3 에 가까운 값으로 측정되는데 연소거동 특성 실험에서 일반 흡음재가 연소될 때에는 연기가 심하지 않았던 것과 비교할 때, 육안으로 관찰되는 연기의 발생 정도 및 콘칼로리미터법을 이용한 측정결과 는 서로 상이하게 나타날 수 있음을 보여준다.

흡음재를 「다중이용업소의 안전관리에 관한 법률」에 근거하여 실내장식물로 분류할 경우, 「소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법률」에 명기된 연기밀도의 기준은 400 mg/m^3 이하로 국제해사기구의 기준보다 높게 설정되어 있다. 연기밀도에 대한 실험결과를 국내 법률상 기준으로 한정하는 경우, 실험에 사용된 흡음재를 건축물 내부 마감 재료로 사용하는 데에는 법적 제재를 받지 않는 것으로 보인다.

국제기구의 규격기준과 국내 법률상의 기준이 서로 상이하고, 국내 법률상의 기준이 다소 높게 설정되어 있는 상황으로 국내 법률상의 기준을 국제기구에서 적용하는 기준으로 보다 엄격하게 적용해야 할 것으로 사

Table 2. Measured Results of the Combustion Gases

Gases	GSAM	ISAM
CO	361.1 ppm	385.3 ppm
HCN	3.5 ppm	5.5 ppm
HCl	6.2 ppm	5.7 ppm
NO	-	9.8 ppm

료된다.

연소가스농도 측정에서는 FTIR의 가스 샘플링 라인을 연기밀도시험기의 연소 챔버와 연결시킨 후, 각 가열조건에서의 연기밀도 측정치가 최대에 이르렀을 때 가스 샘플링 라인의 밸브를 개방하여 연소 챔버 내의 연소가스를 수집하였다. 수집된 연소가스를 가스셀로 통과시켜 연소가스가 통과될 때 CO, HCl, HBr, HCN, HF, SO₂, NO_x의 가스농도(ppm)를 측정하였다.

연소가스에 대한 측정 결과 Table 2에 나타낸 바와 같이 시험에 사용한 2종의 스펀지형 흡음재 모두 일산화탄소(CO)가 주로 발생하는 것으로 평가되었으며, 염화수소(HCl) 또한 2종류 모두에서 발생되었으나, 그 양은 그리 크지 않은 것으로 측정되었다. 연소가스의 측정결과를 국제해사기구 화재시험절차 Part 2 Smoke & Toxicity 성능기준과 비교하면 한계기준치를 초과하는 부분은 나타나지 않았다. 연소가스의 측정결과, 연소가스 발생에 관해서는 위험수준은 아닌 것으로 평가되었으나, 시험에 사용한 특수가연물은 내부 마감 재료 및 천장재 등으로 널리 사용되는 것으로 한정된 공간에 집중적으로 설치되는 경우에는 충분한 위험성이 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 흡음 및 방음을 목적으로 건축물의 내부 마감 재료로 사용되는 스펀지형 흡음재의 연소특성 평가를 수행하였다.

먼저 방염성능 기준에서는 KS F 2819에 명기된 기준에 적합하지 않은 상태로 일반 재질 및 난연 재질의 흡음재는 모두 방염 성능이 없는 것으로 평가되었다. 다만 흡음재를 실내장식물로 분류하는 국내 법률상의 기준을 근거로 하면 난연 흡음재의 경우에는 방염성능이 있는 것으로 평가된다.

실험틀을 이용한 연소거동에 대한 특성평가 결과, 일반 흡음재의 경우, 착화와 동시에 급격히 연소되는 특성을 나타내는데 실험틀 최고 높이인 2m까지 화염이 진행되는 시간은 5초에 지나지 않았다. 또한 난연 처

리된 스펀지형 흡음재는 착화 이후, 자체적으로 소화되는 특성을 나타내었으며, 연소되지 않는 것으로 평가되었다. 그러나 시간을 길게 하는 경우, 연소가 진행되는데 실험틀 높이까지 연소 확대되는 시간 일반 재질의 흡음재에 비해 약 3배가량 느린 연소 확대 특성을 나타내었다.

콘칼로리미터법을 이용한 스펀지형 흡음재의 연소 과정에서 발생하는 열방출률, 연기밀도 및 연소가스에 대한 분석결과, 일반 재질의 흡음재는 시험기준에 정의된 성능 기준을 초과하는 결과를 나타내었으며, 난연 재질의 흡음재는 일반 재질의 흡음재에 비해 다소 낮게 측정되지만, 여전히 성능기준에 규정된 기준을 초과하는 것으로 평가되었다. 스펀지형 흡음재의 연기밀도는 200 mg/m³을 초과하고 300 mg/m³ 미만의 값으로 측정되며, 국제해사기구 화재시험절차 Part 2 Smoke & Toxicity 성능기준과 비교하면 격벽, 내부 마감 재료 및 천장재로 사용하기에는 부적합한 것으로 나타났다. 그러나 국내 법률상의 기준에서는 흡음재의 연기밀도를 400 mg/m³로 규정하고 있어 국내 법률상으로는 건축물의 내부 마감 재료로 사용하는데 아무런 문제가 없는 것으로 평가되었다.

연소가스의 경우, 국제해사기구의 규정을 만족하는 수준으로 연소가스에 대한 유해성은 비교적 낮은 것으로 판단된다.

방염성능 및 연기밀도에 대한 성능 기준의 경우, 국제기구에서 제시하는 기준 및 국내 법률상의 기준이 서로 상이하며, 국내 법률상의 기준이 다소 높게 설정되어 있는 상태이다. 실험에 사용된 흡음재의 경우, 국내 법률상의 기준으로는 건축물의 내부 마감 재료로 사용하는데 문제가 없다는 결론이 도출된다. 그러나 현재 스펀지형 흡음재 사용에 따른 인적, 물적 피해 사례가 다수 보고되고 있는 상황이고, 실험틀을 이용한 연소거동 특성 평가 결과를 고려할 경우, 화재 발생 시, 물적, 인적 피해의 감소를 위해서는 국내 법률상의 기준을 국제기구에서 규정하는 수준으로 상향 조정할 필요가 있다고 생각된다.

참고문헌

1. 송재용 외, “부산실내사격장 화재의 연소 확대 경로 및 발화원인 분석에 관한 연구”, 2010 한국화재소방학회 추계학술발표회 자료집, pp.107-111 (2010).
2. 법률 제9330호, 2009 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법.
3. 법률 제10751호, 2011 소방기본법.
4. 법률 제9199호, 2008 소방시설설치유지 및 안전관리

- 에 관한 법률.
5. 한국산업규격 KS F 2819: 2005 건축용 얇은 재료의 방염성시험.
 6. 국토해양부 고시 2009-0866호 난연재료의 열방출률 실험(2009).
 7. 한국산업규격 KS F ISO 5660-1: 2008 연소성능시험-열방출률, 연기발생, 질량감소율-제1부: 열방출률(큰 칼로리미터법).
 8. International maritime organization, FTP Code, Fire Test Procedure Code Part 2: Smoke and Toxicity Test (2010).