

건축용 내장재 연소 특성에 관한 연구

송재용, 김진표, 조영진, 박남규
국립과학수사연구원

A Study on Combustion Characteristic of Building Materials

Song Jae Yong · Kim Jin Pyo · Cho Young Jin · Park Nam Kyu
National Forensic Service

요 약

본 논문은 건축물 내장재로 사용되는 폴리우레탄폼 및 스티로폼의 연소특성에 관하여 연구하였다. 연소특성 평가를 위하여 폴리우레탄폼 및 스티로폼을 대상으로 연소실험을 수행하였으며, 건축용 내장재 사용의 적합성 평가를 위하여 콘칼로리미터법을 이용한 열방출률 및 연기밀도를 측정 분석하였다.

연소특성 실험 결과, 일반 재질의 폴리우레탄폼은 착화와 동시에 급속히 연소되는 특성을 나타내었으며, 난연 처리된 폴리우레탄폼은 착화와 동시에 자체적으로 소화되는 특성을 나타내었다. 스티로폼은 착화 이후 서서히 연소 확대되며, 이후에는 가장 격렬히 연소되는 특성을 나타내었다.

열방출률 및 연기밀도는 한국산업규격 KS F ISO 5660-1 및 국제해사기구의 FTP Code를 만족하지 못하는 것으로 평가되었으며, 이러한 결과로 볼 때, 폴리우레탄폼 및 스티로폼은 건축용 내장재로 사용하기 부적합한 것으로 판단된다.

1. 서 론

2008년 이천 냉동창고, 안산 성인오락실, 2009년 영도 노래주점 및 부산 실내사격장에서 발생한 화재사고는 많은 인명피해를 유발하였으며, 밀폐구조로 구성되고, 내부에 폴리우레탄 재질의 건축용 내장재를 다량 사용하였다는 공통적인 특징이 있다. 현재 방음 및 보온 등의 목적으로 가장 널리 사용되고 있는 건축용 내장재는 폴리우레탄폼 및 스펀지형 흡음재이며, 가건물 구조에 많이 사용되는 스티로폼 등이 있다. 이들은 소방법상 특수가연물로 분류되는 재료이며, 화재사고 발생 시, 급속히 연소되는 특징을 갖는 것으로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 구체적인 연소 특성에 대한 평가 및 열방출률 등의 측정 분석은 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이들 건축용 내장재의 연소특성 평가를 수행하였다. 연소특성 평가에는 실험틀을 이용한 연소 거동 특성 평가 및 콘칼로리미터법을 적용한 열방출률 및 연기밀도 측정을 수행하였다. 실험결과로부터 이들 특수가연물로 분류되는 폴리우레탄폼, 스펀지형 흡음재 및 스티로폼은 건축물의 격벽 및 바닥 등의 내장재로 사용하기에는 부적

한한 특성을 나타내었으며, 이러한 결과를 근거로 실험에 사용된 재료들을 건축용 내장재로 사용함에 있어 보다 엄격한 규제가 필요할 것으로 판단된다.

2. 연소실험

건축용 내장재의 연소특성 평가를 위하여 너비 1m, 높이 2m 및 폭 0.3m의 실험틀에 폴리우레탄폼, 스펀지형 흡음재 및 스티로폼이 건축용 내장재를 설치하고, 착화에는 부탄용기를 사용하는 가스토치(KT-2405 1080 g/h, 13,000 kcal, Kovea)를 사용하였다.

먼저 스펀지형 흡음재는 난연 처리된 흡음재 및 일반 재질의 흡음재를 적용하였으며, 일반 흡음재의 경우, 그림 1에 나타난 바와 같이 착화와 동시에 급격히 연소되는 특성을 나타내는데 실험틀 최고 높이인 2m까지 화염이 진행되는 시간은 불과 5 초에 지나지 않았다. 또한 난연 처리된 스펀지형 흡음재는 자체 소화 및 소화지연이 가능하도록 난연 처리된 것으로 실제 연소 실험에서도 착화 후, 같이 즉시 소화되는 특성을 나타내었다. 그러나 그림 2에 나타난 바와 같이 착화시간 10초 이상 길게 하는 경우, 연소가 진행되는 데 실험틀 높이까지 연소 확대되는 시간은 15초 정도로 일반 재질의 흡음재에 비해 약 3배가량 느린 연소 확대 특성을 나타내었으며, 특히 연소 과정에서 난연 처리된 흡음재는 일부만이 연소되고, 일부는 남게 되는 특성을 보였다.



그림 1. 일반 스펀지형 흡음재의 연소특성



그림 2. 난연 스펀지형 흡음재의 연소특성

두 번째로 폴리우레탄폼은 시중에 판매되고 있는 스프레이 도포형으로 일반재질과 난연 재질로 구성된다. 일반 재질의 폴리우레탄폼은 그림 3에 나타난 바와 같이 착화와 동시에 연소 확대되는 특성을 나타내며, 실험틀 전체가 화염에 휩싸이는 시간은 착화 이후, 약 8초가 지난 시점으로 비교적 급속한 연소 확대 특성을 나타낸다. 난연 처리된 폴리우레탄폼은 그림 4와 같이 착화와 동시에 소화되는 특성을 보이며, 착화시간을 길게 하더라도

도 수초 경과 후, 자체 소화되는 특성을 나타내었다.



그림 3. 일반 폴리우레탄폼의 연소특성



그림 4. 나노연 폴리우레탄폼의 연소특성

마지막으로 스티로폼의 경우에는 그림 5와 같이 착화 이후, 천천히 연소 확대되는 특성을 나타내며, 실험틀 전체에 화염이 전파되는 시간은 약 60초가 지난 시점으로 연소 확대 시간은 다소 느린 특성을 보이나 지속적으로 화염이 성장하는 특성을 나타내었다.

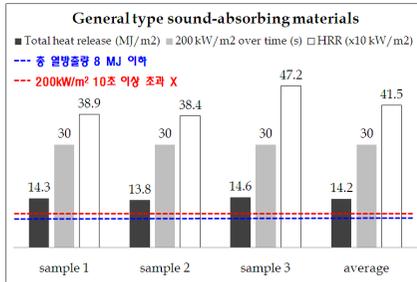


그림 5. 스티로폼의 연소특성

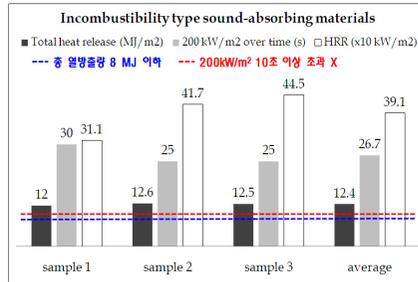
3. 열방출률 및 연기밀도 측정

건축용 내장재의 연소 과정에서 발생하는 열방출률, 연기밀도 및 연소가스에 대한 분석을 위하여 연소특성 시험을 수행하였으며, KS F ISO 5660-1의 규격에 규정된 콘칼로리미터법을 이용하였다. 열방출률에 대한 시험은 모든 건축용 내장재에 대해 총 3회씩 실시하였으며, 이에 대한 시험결과는 그림 6에 나타낸 바와 같다.

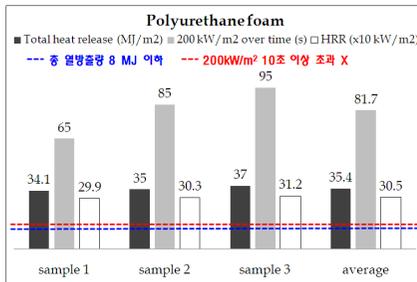
시험결과, 시험에 사용된 건축용 내장재의 경우, 시험기준에 정의된 성능 기준을 초과하는 것으로 평가되었으며, 이러한 시험결과로 볼 때, 실험에 사용된 폴리우레탄폼, 스펀지형 흡음재 및 스티로폼은 건축용 내장재로 부적합한 것으로 평가되었다.



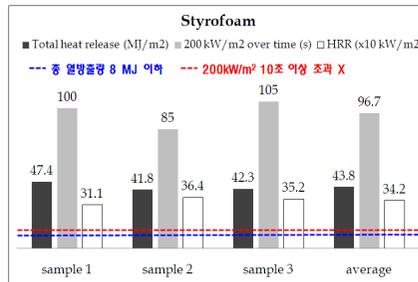
(a) 일반 스펀지형 흡음재



(b) 난연 스펀지형 흡음재



(c) 난연 폴리우레탄폼



(d) 스티로폼

그림 6. 건축용 내장재의 열방출률 측정 결과

연기밀도에 대한 시험은 국제해사기구의 화재시험절차 2편 Smoke and Toxicity Test(FTP Code, Fire Test Procedure Code Part 2 : Smoke and Toxicity Test)에 준하여 시험을 실시하며, 시험체의 규격은 너비 및 길이는 각각 75 mm로 하였다. 시험결과는 그림 7과 같이 국제해사기구 화재시험절차의 성능기준과 비교할 때, 연기밀도가 200을 초과하지 않아야 하는 기준을 시험에 사용된 3종의 건축용 내장재 모두 초과하는 특성을 나타내었으며, 이러한 시험결과를 고려할 경우, 실험에 사용된 건축용 내장재는 벽, 내장재 및 천장재로 사용하기에는 부적합한 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서 사용된 폴리우레탄폼, 스펀지형 흡음재 및 스티로폼은 건축용 내장재는 난연 처리 여부와 상관없이 건축용 내장재로 사용하기 부적합한 것으로 평가되었으며, 이들 재료를 건축용 내장재로 사용하는 경우, 보다 엄격한 규제가 필요할 것으로 판단된다.

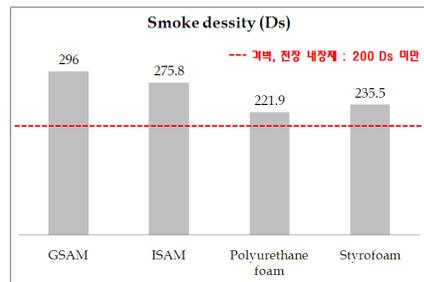


그림 7. 연기밀도 측정결과