

5

글: 심재웅
화재안전연구소 박사후연구원

화재 및 단열성능을 확보한 외벽시스템 개발

들어가며

국내외에서 발생한 건축물의 대형 화재(제천 스포츠센터 화재(29명 사망, 부상 다수), 런던 그렌펠타워 화재(81명 사망, 부상다수), 의정부 아파트 화재 등)로 인하여 많은 사상자 및 재산피해가 발생하였다. 해당 화재의 원인은 건축물에 사용된 가연성 외벽마감재 및 단열재에 의한 급격한 화재확산 때문으로 밝혀졌다. 여기서 사용된 외단열의 경우 단열재 전체가 연결되어 있으며, 건식 공법(알루미늄 복합패널 사용)의 경우 내부에 중공층이 형성 되므로 수직 화재 확산에 대한 피해가 증가하게 된다. 따라서 화재 확산에 대한 문제점을 극복하기 위하여 화재에 안전하며 추가적으로 단열성능을 만족하는 소재 및 시스템 개발을 진행하고자 하였다.

가연성 외장재의 화재 위험성

건축물의 에너지 성능기준이 강화됨에 따라 단열성능이 강화된 외단열 시스템을 채택하여 사용하는 건축물이 증가하고 있다. 특히 고층 건축물의 경우 유용한 시공성, 경량성, 흡음 및 차음성, 단열성 등의 우수성으로 인하여 알루미늄 복합패널을 최종 마감재료로 사용하는 건식공법을 적용하고 있다. 알루미늄 복합패널의 경우 그림 1과 같이 두 개의 알루미늄 코일 사이에 가연성 플라스틱 심재(저밀도 폴리에틸렌 소재)가 접합되어 이루어져 있다. 화재가 발생하여 알루미늄 복합패널이 화재에 노출될 시 알루미늄을 통해 안쪽의 가연성 심재로의 열 전달이 일어나고, 이후 심재의 용융으로 화염에 노출되게 된다. 이는 화염 확산을 촉진시키는 결과를 가져오며, 대형 화재사고를 발생시키게 된다.

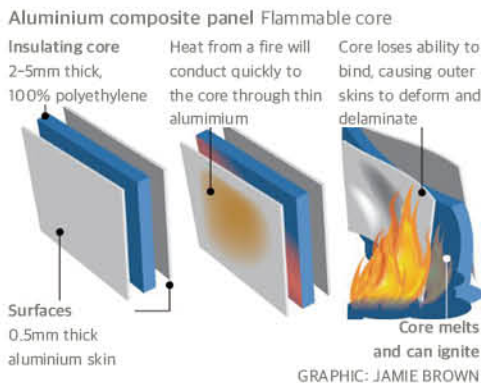


그림 1. 가연성 외장재-알루미늄복합패널의 화재취약성

Government allocates £200m to replace Grenfell-style cladding

Leaseholders say funds to fix 170 privately owned tower blocks in England will not cover all costs

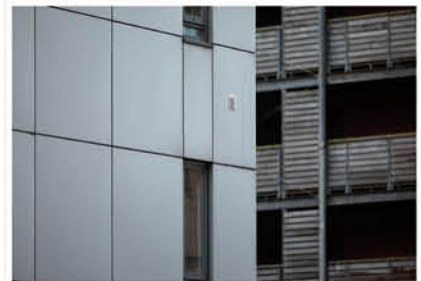


그림 2. 영국의 가연성 외장재 개선을 위한 사업 진행 기사

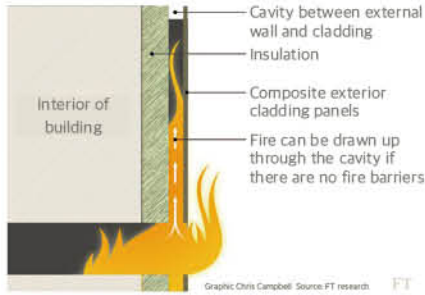


그림 3. 외벽시스템 중공층 굴뚝효과
(Chimney effect of exterior cladding)

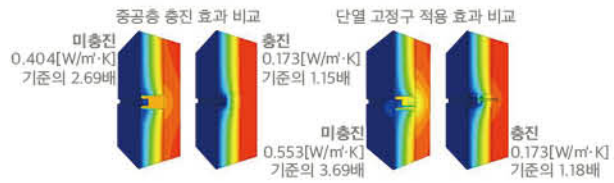


그림 4. 단열 시뮬레이션 결과

영국 그렌펠타워 화재사고의 경우도 가연성 외장재 사용에 따른 화재확산 원인으로 추정되면서, 영국 정부에서 가연성 자재를 포함한 알루미늄 복합패널 사용건축물을 전수 조사 및 개선하는 사업을 진행하고 있다(그림 2).

외벽시스템 중공층의 화재 위험성

외벽 시스템 중 건식공법의 경우 벽면에 단열재를 고정시켜 두고, 고정시키는 철골조에 알루미늄 복합패널이 고정되는 형태로 구성되는 방식이다. 따라서 단열재와 알루미늄 복합패널의 사이가 비어있는 구조로서, 이를 중공층이라고 한다. 중공층은 단면으로 보면 굴뚝같은 형태로 이루어져 있으며, 그림 3과 같이 외부에서 화재가 유입되어 중공층으로 화염이 유입될 경우 화염이 확산되는 경로를 만들게 된다. 또한 단열재에 직접적인 화염 노출을 통해 화재가 더욱 급격하게 확산되는 위험성을 내포하게 된다. 이를 통해 화재에 안전한 기술을 개발하고자 화재 확산 방지 기술 개발을 연구하였다.

단열성능 확보

화재안전 성능 뿐 아니라 단열성능 확보하는 것도 반드시 필요한 연구이다. 특히 급격한 기후변화에 따라 국내에서는 건축물 에너지 절약 설계기준에 맞춰서 건물이 건축되고 있다. 이 기준에 따르면 국내는 크게 4개의 지역(중부 1,2지역, 남부지역, 제주도)으로 분류되고 있다. 이중 단열기준이 가장 높은 중부 1지역의 경우 공동주택의 열관류율은 0.150 이하이며, 해당 기준을 만족시키는 시스템을 개발하기 위하여 연구하였다. 이를 위해 먼저 단열 시뮬레이션을 통해 열관류율에 부합하는 연구를 통해 필요한 단

열재에 대한 두께를 산정할 수 있다.

기능성 유기소재 개발

건축물 외단열 시스템에서 화재확산속도를 지연시키기 위해 기능성 유기소재를 이용한 알루미늄 복합패널과 외벽 중공층의 화재확산을 방지하기 위한 기능성 유기소재를 개발하였다. 특히 화재확산방지구조의 경우 단열성능을 만족하는 발포패드와 화재확산을 방지하는 발포시트가 적용된 일체형으로 이루어져 있으며, 양산 및 시공성을 향상시킬 수 있도록 개발하였다.

단열성능 시험 및

실물화재 시험을 통한 개발 시스템 성능확인

앞선 시뮬레이션 결과를 기반으로 단열재를 이용하여 실물화재 시험과 단열성능(열관류율)의 동일한 시험체를 제작하였다. 또한 개발기술의 미적용 제품과도 비교 실험을 진행하였다. 단열 성능 시험결과와의 경우 시뮬레이션 결과와 거의 일치하는 것으로 확인하였으며, 개발기술의 경우 표 1과 같이 중부1지역(주거용) 성능기준에 부합하는 결과로 확인하였다.

또한 화재 성능을 확인하기 위하여 실물화재 시험(BS 8414)을 진행하였다. BS 8414 시험의 경우 실규모의 화재시험을 실시함으로써 실제 화재에 보다 근접한 결과를 얻는 시험방법이다. 평가기준은 시험 시작기준(Level 1의 온도가 최초 시작온도로 부터 200oC 이상 상승하거나 그것을 초과하여 30초 이상 유지하는 시점)으로 Level 2에서 15분동안 600oC를 30초 동안 초과하지 않을 때 통과이다. 실물화재 실험결과 그림 5와 같이 국내 패널의 경우

	개발기술 적용	개발기술 미적용
설치사진		
열전도율 (W/m2·K)	0.147	0.559

표 1. 단열성능 시험 수행 및 열전도율

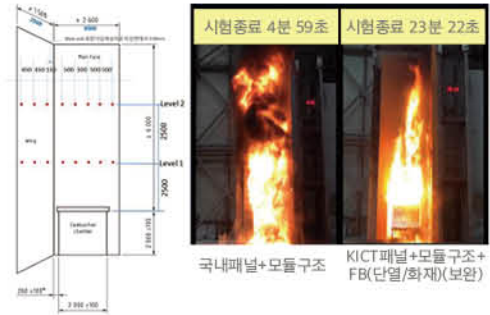


그림 5. BS 8414 시험체 구성과 개발 시스템의 실물화재 실험결과

시험시작 5분이 되기 전에 Level 2 온도가 600도가 넘었기 때문에 실패하였으나, 연구개발 시스템의 경우 Level 2 온도가 23분 22초동안 넘지 않았기 때문에 해당 시험기준을 통과하였다.

맺음말

국내·외 발생한 건축물의 대형 화재사고 사례로 인해 인명 및 재산피해가 발생하였으며, 화재 확산이 가연성 외장재 사용이 원인으로 분석되고 있다. 특히 런던 그렌펠 타워 화재사고의 경우 가연성 외장재의 위험성을 확인하는데 대표적인 화재 사고이다. 따라서 전 세계적으로 가연성 외장재의 화재 위험성에 대해 적극적으로 대응 및 연구를 하고 있고, 다양한 연구가 필요한 상황이다. 본 연구에서는 외벽에 사용된 가연성 외장재(알루미늄 복합패널의 가연성 플라스틱 심재)의 난연화와 벽과 외장재 사이 중공층의 화재확산을 방지하는 기술을 개발하였으며, 추가적으로 단열성능(중부지역-주거용)을 확보하는 것 까지 하나의 시스템으로 연구를 수행하였다. 이를 기반으로 단열시험 및 실험실 시험을 통해 개발된 시스템의 단열 및 화재 안전성능을 확인하였다. 추후 연구를 통해 보다 경제성을 높이면서 화재 및 단열성능을 확보기술 개발을 통해 국가 화재안전 기술개발 및 제도 개선에 기여를 할 수 있을 것이라 기대된다. ☑

참고자료

- 한국건설기술연구원(2018.12), 난연성 유기재료-응용기술 기반 화재에 안전한 외벽 시스템 개발 최종보고서
- 영국 가디언지 (5월 9일자 기사), Government allocates £200m to replace Grenfell-style cladding
- 한국건설기술연구원(2019), 화재안전 및 단열성능 확보 건물 외벽시스템 개발 연구자료