

# 외장재 실대형 시험방법 및 평가 기준의 국내 도입을 위한 시험적 연구



**채 승 연**

한국건설기술연구원  
화재안전연구소  
복합재난대응연구단  
전임연구원  
seungun.chae@kict.re.kr



**김 흥 열**

한국건설기술연구원  
화재안전연구소  
복합재난대응연구단  
선임연구위원  
hykim@kict.re.kr

## 1. 머리말

건축물의 외장재 재료가 복합화되고 시공 방법이 다양화됨으로 인하여 국내외적으로 건축물 외장재를 통한 수직 화재 확산의 사고 사례가 증가하고 있다. 국내에서는 2010년 10월 부산 해운대구 마린시티 내 고급 오피스텔인 ‘우신골든스위트’ 4층에서 발생한 화재는 건물 외벽의 인화성이 강한 가연성 외장재로 인하여 화재가 외벽을 타고 크게 번지는 사고가 발생하였다. 최근에는 서울의 대봉그린아파트 및 제천 스포츠센터 화재 사고에서와 같이 필로티 주차장에서 발생한 화재가 건물 내부 및 외부로 급격하게 확산되는 사고가 발행하였다. 이로 인하여 많은 인명 피해가 일어났다.



(a) 해운대 우신 골든스 스위트 화재 사례 (2010)

(b) 의정부 대봉 그린아파트 화재 사례 (2015)

(c) 제천 스포츠센터 화재 사례 (2017)

Fig. 1. 국내 화재사고 사례 (가연성 외장재 관련)



Fig. 2.  
국의 화재사고 사례  
(가연성 외장재 관련)



(a) 중국 베이징 CCTV 신축빌딩 화재 사례 (2010)

(b) 영국 그렌펠 화재 사례 (2017)

(c) 두바이 토치빌딩 화재 사례 (2017)

최근에 발생한 국내 외장재 화재사고에서는 최초 화재 발화 위치는 필로티의 지상 주차장에서 발생하였으며 화염은 건물의 가연성 외장재로 전파하여 수직으로 확산하는 형상이었다. 이러한 외장재 화재 사고 사례를 바탕으로 화재 확산의 공학적 접근을 통하여 다양한 외장재 재료 및 시공 방법등의 성능검증방법이 국내적용 가능 하도록 외장재 실험방법 및 평가 방법을 도입하고자 한다.

현재 국내 외벽 마감재에 대한 요구 기준은 콘칼로리미터를 이용한 KS F ISO 5660-1 및 KS F ISO 1182 기준에 따라서 성능을 평가하며 난연, 준불연, 불연의 3가지 등급으로 구분하고 있다. 하지만 10cm X 10cm 크기의 작은 시료를 통한 시험으로는 복합 외장재료 및 시공 방법에 따른 외장 시스템에서의 화재 확산 위험성을 검증하기가 어렵다. 따라서 외벽 마감 전체에 대한 시스템적 성능 검토가 요구되고 있다. 이에 한국건설기술연구원에서는 국외에서 사용되고 있는 실험 외장재 시험방법들에 대하여 분석하고 국내 적용 가능한 시험방법 및 평가 기준을 도입하기 위하여 연구하고 있다. 본 연구에서는 국외에서 수행되고 있는 실험 외장재 시험방법 중에 하나인 영국의 BS 8414 “Fire performance of external cladding systems part 1 and part2” 시험방법과 ISO 13785-2 시험방법의 비교 실험과 국내 적용되고 있는 외장재 시공 방법과 내부 단열재들에 대하여 성능 실험을 수행하고 있다.

## 2. 외장재 화재 확산 메카니즘

건축물의 외장재를 통한 화재확산은 화재가 발생하고 화재가 성장하여 건물 외부 환경과 상호작용하게 되어 확산이 일어나게 되고 환경에 따라서 수직확산되는 화재는 건물 내부로 재전파가 발생할 수 있다. 화재 감지 이후에는 소방 작업이 진행으로 진화되는 프로세스이다. 화재 확산 형태는 아래 그림3과 같이 지상층의 건물 외벽 가까이에서 화재가 발생하여 가연성

외장재를 따라 수직 확산하는 형태와 건물 내부에서 화재가 발생하여 창문 등의 개구부가 파손되고 파손된 개구부를 통하여 화염이 출하되어 다시 가연성 외장재를 따라 화재가 수직 확산하는 형태가 있을 수 있다. 또한 가연성 외장재를 타고 수직으로 화재가 확산하는 과정에 다시 건물의 개구부가 화염에 파괴되어 다시 내부로 화재가 전파되는 경우 등의 화재 확산 형태가 발생할 수 있다.

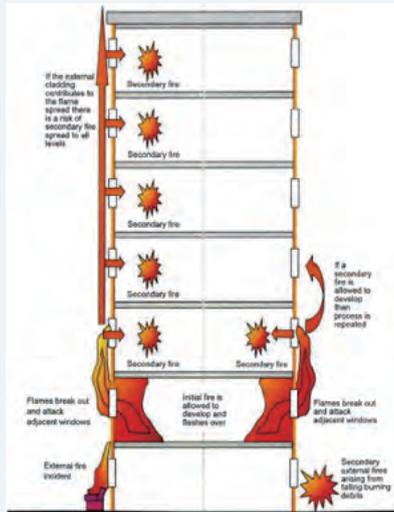


Fig. 3. 수직화재확산 메카니즘 예시

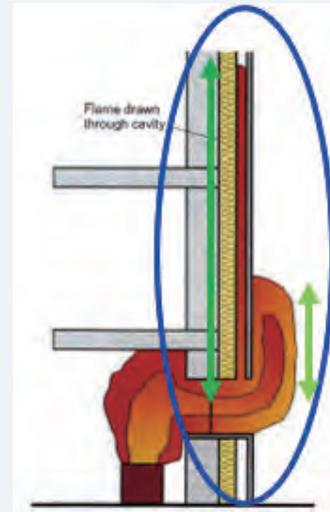


Fig. 4. 공기층을 통한 화재 확산 예시

화재가 수직 확산하는 경우에는 외장재로 및 외장재의 시공 방식에 따라서 화재 확산에 영향을 줄 수 있다. 외장재로 표면이 가연성일 경우는 표면을 따라 급속히 화재가 확산될 것이고, 외장 마감 재료와 건물 내리벽 사이에 공기층이 있을 경우에는 화재가 외장 마감에서 내부로 전파된 후 연소 프로세스를 지원하기 위해 공기층을 따라 더 많은 산소와 연료를 찾기 위해 화염이 길게 늘어날 수 있다. 이 경우는 그림 4와 같이 원래 불꽃의 길이보다 긴 불꽃

Fig. 5. 화재확산 패턴 화재사고 사례 (가연성 외장재 관련)



(a) 영국 수직화재확산 사고 사례

(b) 라스베가스 호텔 수평화재확산 사고 사례

(c) 영국 그린펠 수직, 수평화재확산 사고사례



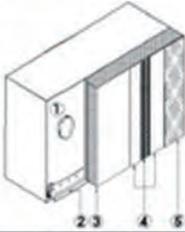
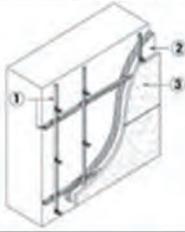
확장을 야기시킬 수 있다.

또한, 외장재를 통한 건물 외벽에서의 화재 확산된 화재는 가연성 외장재의 시공 연속성 및 외부 환경에 따라서 확산 형태가 그림5와 같이 수직 혹은 수평 등의 형태로 나타날 수 있다.

### 3. 외장 시스템 및 외부 마감의 유형

외장 시스템간의 차이는 외부 마감보다는 외장 시스템이 설치된 외벽 기초에 있다고 할 수 있다. 일반적으로 블록작업 패널식 구조와 같은 석조 기반 기초로 설치되는 방식과 철강이 콘크리트 골조를 기반으로 사용하는 경량 골조 시스템 방식으로 나뉠 수 있다. 이러한 기초에 적용 가능한 외부 마감재료의 사용 범위는 매우 다양하다. 예를 들어 돌, 테라코트, 콘크리트, 목재 및 금속과 같은 마감재료에서 부터 단열재와 마감재를 활용한 시스템 그리고, 복합 재료를 조합한 것과 하이브리드 시스템 등이 활용되고 있다. 여기에 글레이징 시스템이 있으며 커튼월 시스템과 같이 벽 전체가 유리화 창호로 이루어진 외벽이 있을 수 있다. 외부 마감 자재 중에는 단열재가 포함되어 있으며 기본적으로 접착제 기반으로 외벽에 고정시키고 마감 처리되는 경우와 경량 골조 시스템에서 거푸집 널의 외부면에 적용되거나 다른 제품이 경량 벽 골조에서 안에 사용되는 경우가 있다. 이러한 경우 공기층이 형성되고 화재확산에 영향이 생길 수 있다. 단열재로 사용되고 있는 단열제품으로는 폴리우레탄(PUR), 폴리이소시아누레이트폼(PIR) 및 페놀폼과 같은 열경화성 제품, 광범위하게 사용되고 있는 발포폴리스티렌(EPS) 및 압출폴리스티렌(XPS) 등의 열가소성 제품, 울섬유, 코르크, 셀룰로스와 같은 천연 섬유 제품, 그리고 재활용 종이와 신문용지, 고무, 기타 물질 등을 조합한 재활용 제품 등이 단열재로

Fig. 6. 외장 시스템 외벽 마감 설치 방식에 따른 분류

구분	습식	반건식	건식 (통기식)
개념도			
구성	접착재료(①) 단열재(②) 베이스 코팅재 보강메쉬 합침(③) 타코트(④)	접착재료(①) 트 락(②) 단열재(③) 베이스 코팅재 보강메쉬 합침(④) 타코트(⑤)	메탈프레임(①) 단열재(②) 통기층 타코트(③)
적용부위	일반 외벽	일반 외벽	공동주택 저층부의 석재 마감 외벽

사용되고 있다.

외장 시스템 시공 방식에서는 아래 그림 6과 같이 습식, 반건식, 건식으로 나뉘 수 있으나 외장재 실대형 시험 방법에서는 건식의 통풍식과 습식의 비통풍식 두가지 유형에 대해서 고려할 것이다.

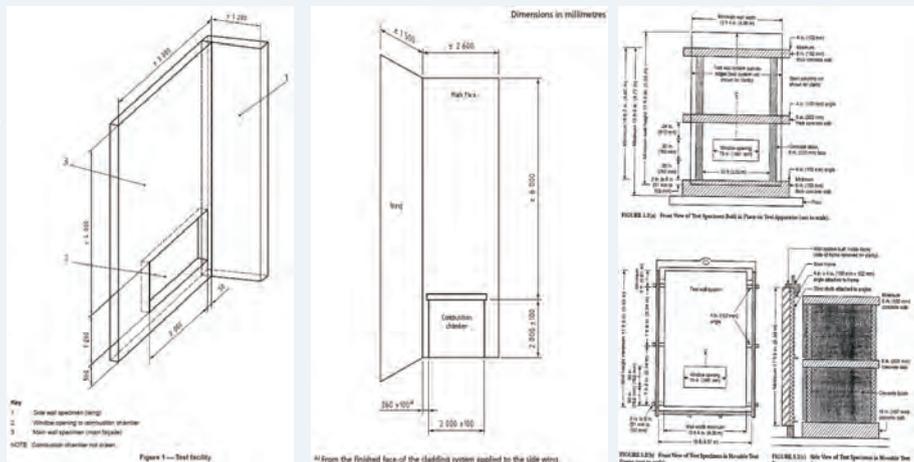
### 4. 외장재 실대형 시험 방법

현재 국내 외벽 마감재에 대한 시험 방법은 콘칼로리미터를 이용한 KS F ISO 5660-1 및 KS F ISO 1182 기준에 따라서 성능을 평가하며 난연, 준불연, 불연의 3가지 등급으로 구분하고 있다. 이는 10cm X 10cm 크기의 작은 시료를 통한 시험이다. 미국, 영국에서 수행되고 있는 실대형 시험이 아니다. 국내의 작은 시편을 시험하는 방법으로는 상기 수직 화재 확산 메카니즘과 다양한 복합재료를 적용한 외장 재료들에 대한 화재 확산에 대한 성능을 평가하기에는 적합하지 않다. 다음 테이블은 국내외 외부 마감재 평가를 위한 시험방법이다.

Table 1. 국내외 외부 마감재 법적 기준

구분	한국	중국	미국	영국
외부 마감재 시험방법	불연성: KS F ISO 1182 발연성: KS F ISO 5660-1 가스유해성: KS F 2271	GB/T 29416 규격 규정 • 방화띠 및 방화문 · 창 필수, 외벽마감재 두께 규정 보유)	NFPA 285	BS 8414-1, BS 8414-2

Fig. 7. 국외 외장재 실대형 시험방법에 따른 시험체, 화원 크기 비교



(a) ISO 13785-2 시험체 크기

(b) 영국 BS 8414 시험체 크기

(c) 미국 NFPA 285 시험체 크기

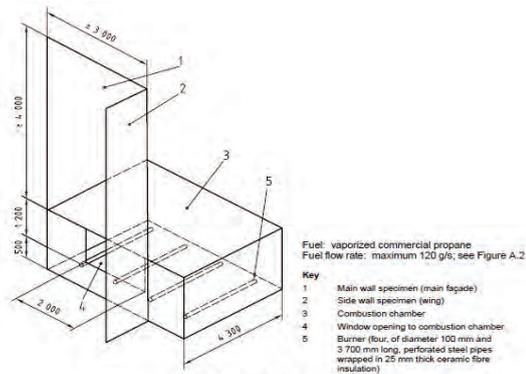
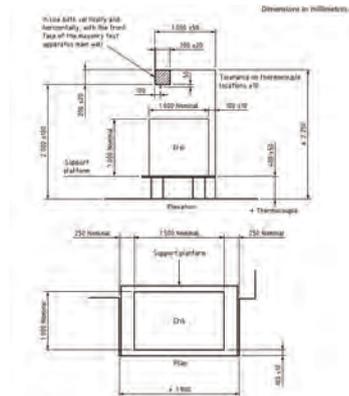


Figure A.1 — Standard ignition source

(d) ISO 13785-2 화원



(e) 영국 BS 8414 화원

현재 국외에서 활용되고 있는 외장재 실험 방법은 영국의 BS 시험 방법과 미국의 NFPA 시험 방법 그리고 국제 시험규격인 ISO 13785-2에 따른 시험 방법 등이 있다. 위의 시험 방법들은 시험체 크기, 화원의 크기, 평가 방법 등이 서로 상이하여 국내에서 사용되고 있는 불연, 준불연, 난연으로 성능 평가하는 방식과는 곧장 적용하기에는 다소 차이가 있으며, 시험체 및 화원 등의 크기가 아래 그림7과 같다.

## 5. 결론

외장재 실험 방법은 현재 국내 시험 방법 및 성능 평가 분류 방식을 고려하여 외장재 시스템의 재료 및 시공 방법 등에 따른 성능 분류 및 성능 평가를 위한 적절한 화원의 크기, 시험체 크기에 따른 국내 적용성에 대하여 연구가 필요하다. 이에 한국건설기술연구원 화재안전연구원에서는 국내 적용 가능한 실험 방법 및 평가 기준 도입을 위하여 ISO 13785-2 시험 방법과 BS 8414-1, BS 8414-2 시험 방법에 대하여 동일한 외장재 재료와 시공 방법으로 시험체를 제작하여 비교 시험을 수행하였다. 아래 그림8의 비교 실험에서는 두가지 시험 방법에 따라서 수행되었으며, 시험 방법들의 시험은 습식공법으로 벽돌 구조에 난연성EPS를 시공하고 단열재 위에 마감을 한 드라이비트 공법을 적용하였으며, 화원 상부에는 불연재인 20cm의 미네랄울을 화재확산방지구조로 시공되었다. 본 시험 방법에 따른 비교 시험에서는 ISO 13785-2의 평가 기준이 없으며 BS 8414 시험체 크기 또한 상이하여 BS 평가 기준을 적용하기 위한 열전대 설치가 불가하였다. 따라서 BS 평가 기준의 화원 상부 2.5 m 높이의 온도 측정 위치에서 시험 시작 시간을 측정하였으며 화원 상부 약 5 m 위치에서 성능 평가를 위한 온도 측정을 수행하였다. 시험 결과 가장 큰 차이를 준 것은 화원의 크기이다.

BS 8414는 약 3.5MW 크기이나 ISO 13785-2는 약 5MW 화재 크기의 화원 크기 차이로 인하여 가연성 외장재의 화재 확산 속도에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 시험 화원의 크기 차이로 인하여 국내 준불연재료와 난연재료에 대한 성능 비교가 용이하지 않을 것으로 판단되었다.

따라서 추가 실험들은 BS 8414 시험방법에 따라서 외장재 단열재 종류와 시공방법에 따른 다양한 외장 시스템에 대한 시험 데이터를 구축하고 있는 중이다.



Fig. 8. ISO 13785-2 vs. BS 8414 비교 시험

본 연구에서는 외단열재 및 외장 시스템 전반의 성능을 검증하기 위하여 국외에서 시행 중이거나 도입 예정인 실대형 외장재 시험방법과 평가방법에 대하여 검토를 하였으며 국내 실정에 적합한 시험방법 및 평가 방법을 도입하기 위하여 시험방법에서의 화원 크기, 시험체 크기 등에 대한 검토를 위해 단열재 종류와 시공 방법에 따라서 다양한 시험을 지속적으로 진행하고 있으며 현재 국내 평가 기준과 통용하기 위한 기초 자료로 사용하기 위하여 시험을 수행하고 분석하고 있다.