

샌드위치패널 화재성능시험 및 등급분류방법에 대한 국제적 동향

1. 샌드위치패널 화재시험방법 현황

가. 개요

선진국에서는 소방관이나 화재보험회사에서 샌드위치패널에 대한 화재위험성과 기존 화재성능 평가방법에 대한 문제점을 꾸준히 지적하여 왔으며, 유럽을 중심으로 2000년에는 스웨덴 국립연구소 SP 등에서 샌드위치패널의 화재안전성을 합리적으로 평가하기 위한 시험방법을 대한 연구가 이루어져, 이를 바탕으로 기존 실물 화재시험방법인 ISO 9705(Room Corner Test)를 개선한 샌드위치패널 화재시험방법인 ISO 13784-1(소형시험), ISO 13784-2(대형시험)이 2002년에 국제 규격화되었다.

미국 IBC(International Building Code), UBC(Uniform Building Code), NFPA(National Fire Protection Association), 영국 BR(Building Regulation), 유럽 EN(European Committee for Standardization), 일본 건축기준법 등에서는 샌드위치패널류의 내부 마감 재료에 대해서 실대 조립구조에서의 화재특성평가를 통한 화재안전성능 등급 분류에 따라 적절한 사용을 유도하고 있다.

우리나라는 샌드위치패널의 난연성을 평가하기 위하여 KS F ISO 5660(콘칼로리미터)을 적용하고 있으나, 이 시험장치는 소형시험체를 시험하기 위한 것으로 샌드위치패널과 같은 두꺼운 시험체, 특히 샌드위치패널 건축물과 같은 대형 시험체 평가 적용에 대한 문제점이 지적되고 있다.

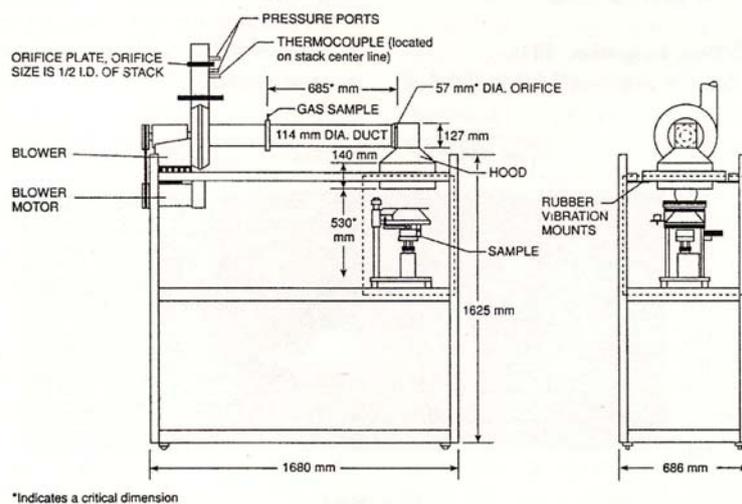
현재 방재시험연구원에서는 국내 샌드위치패널에 대한 화재성능 시험연구를 수행하고 있는데, 소형 열방출율측정시험 Cone Calorimeter(ISO 5660), 모형실화재시험-Room Corner Test(ISO 9705), 유럽 Single Burning Item(EN 13823) 시험 및 ISO샌드위치패널 화재시험방법-ISO 13784 등 선진국의 샌드위치패널 화재시험방법을 재현하여 실제적인 화재성능 등급 분류방법에 대한 연구를 진행하고 있다.

본 고에서는 이번 연구에 사용되는 선진국의 샌드위치패널 화재시험방법의 특징에 대하여 간략히 설명하고자 한다.

나. 주요 선진 화재시험방법

1) 소형 열방출율시험- Cone Calorimeter Test (ISO 5660)

재료 연소시 발생하는 열방출 특성을 측정하는 시험으로서 연소생성물 중의 산소농도를 분석하여 유도된 산소소비량을 측정하며, 소형 시험체(10cmx10cm)에 대한 재료 및 제품의 열방출 비율(Heat Release Rate), 유효 연소열(Effective Heat of Combustion), 질량 감소율(Mass Loss Rate)등과 같은 항목들을 측정할 수 있다. ISO 5660-1 시험방법은 연소시 열방출율은 재료의 연소에 필요한 산소의 양에 비례한다는 점에 기초를 두고 있다. 즉, 연소시 산소 1 kg이 소비되면 약 13.1 MJ의 열이 방출된다는 관계가 성립한다. 화재시 외부 복사열을 받는 동안 재료가 연소하여 연소가스가 배출될 때 산소농도와 배출가스 유량을 측정하여 열방출율을 산정한다. 이러한 방법으로 재료 또는 제품이 화재에 노출되는 동안 열방출 특성을 측정한다.



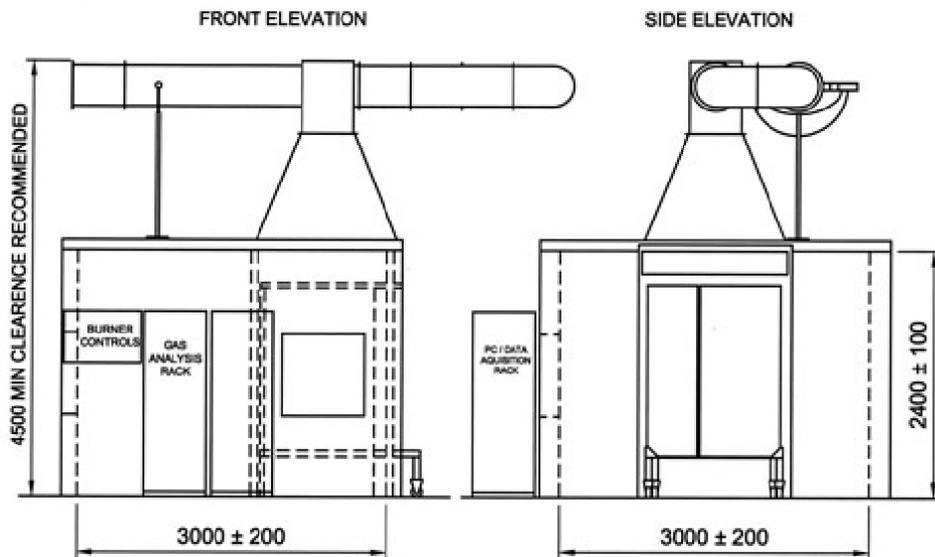
[표 1] 소형 열방출율시험장치 개요

본 체	가열로 상부에 집연 후드와 배연 덕트를 사용하여 도중에 가스 샘플링과 오리피스를 사용하여 배출유량 측정
시 험 체	약 100mm 정사각형 3개
화 원	원추형히터, 상부 80mm, 하부 197mm, 가열강도 10~100kW/m ² 시험체 중앙에 위치한 스파크 5kV
측정방법	산소농도와 질량유속으로 산소소비량을 산정하여 방출열량을 구한다. 착화한 시점에서 총발열량을 구한다.
평가방법	최고발열량, 착화 후의 3, 5분간의 평균발열량, 착화시간 등
기 타	중량감소, 연기농도, CO ₂ , CO 등을 구할 수 있다.

2) 유럽 Single Burning Item(SBI) Test (EN 13823)

유럽 SBI 시험은 마감재의 등급분류를 위한 대표적인 시험으로 공간 구석에 위치한 단일 연소물의 연소조건에서 제품의 화재성상 기여도를 측정하는 것이다.

이 시험을 통하여 발화시간, 화염확산, 화염 용융/입자가 측정된다. ISO 9705와 동일하게 화재성상과 연기농도 측정이 주요 시험결과가 되며 시간경과에 따른 열방출율(HRR), 연기생성비율(SPR), CO2 생성비율, 산소소비량이 측정된다.[표 2]

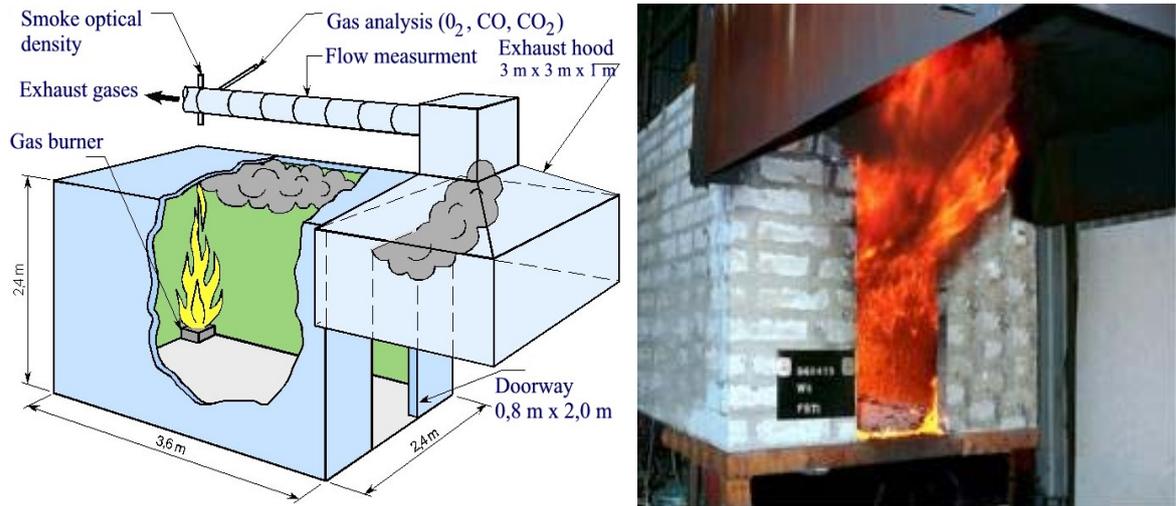


[표 2] 유럽 SBI 화재시험장치 개요

본 체	3번 시험을 위한 시편, 각 시험마다 크기가 다른 2개의 시편, 시편 0.5m×1.5m, 1.0m×1.5m이 필요하다. 시험공간은 3.0m×3.0m×2.4m (길이×폭×높이)
설치시편	수직으로 구성에 설치된다.
화 원	공간 구석에 위치한 30kW 가스버너 사용
시험시간	20분
비 고	등급분류는 FIGRA, THR _{600s} , 최대 화염확산을 기준하여 결정된다. 부가적인 등급분류기준으로 SMOGRA, TSP _{600s} , 용융/입자가 적용된다.

3) 모형실화재시험-Room Corner Test (ISO 9705)

Room Corner Test는 실내 내장재 연소 성상을 측정하는 실물 시험방법이다. 주된 측정 요소는 플래시오버의 발생여부 및 도달시간이다. 시험결과에는 시간경과에 따른 화재 열 방출율(HRR)과 연기 발생율(SPR)등이 측정된다.[표 3]



[표 3] 모형실 화재시험장치 개요

본 체	문이 설치되는 벽을 제외한 벽과 천장에 3개의 시편을 부착. 시편은 실내의 마감재로 부착됨. 시험공간 크기 : 2.4m × 2.4m × 3.6m, 개구부 크기 : 0.8m × 2.0m
화 원	점화원으로 프로판 가스버너가 공간의 한쪽 구석에 설치되며, 버너의 출력은 최초 10분간은 100kW, 이후 10분간은 300kW
시험시간	20분 또는 플래쉬오버 발생지점까지
평가방법	공간의 열방출비율이 1,000kW에 도달하면 화염이 개구부로 분출되는 플래쉬오버로 판단함.
기 타	연기층의 온도, 화염확산, 복사플럭스, CO, CO ₂ , 산소 감소 등 공간화재에 관련되는 많은 변수들을 측정할 수 있다.

4) ISO 샌드위치패널 화재시험방법(ISO 13784-1)

ISO 샌드위치 패널 화재시험은 실대 구조의 샌드위치패널 화재모형실을 시험체로 하여 연소시킬 때 발생하는 배출가스를 후드와 덕트로 구성된 포집장치에 의해 가스를 수집하여, 배기가스 중 O₂, CO₂ 가스의 구성비를 환산하여 산소저감율에 따라 화재 방출열량을 계산하고 아울러 연기량 및 독성가스 등도 측정하여 실대 샌드위치패널 구조의 연소 특성을 시험이다.



[사진] ISO샌드위치패널화재시험방법(방재시험연구원)

이 시험장치는 샌드위치 패널 시스템의 결합부분과 구조물의 개구부에서 발생하는 모든 연기와 뜨거운 가스를 포집하도록 구성되며, 화재 진행과정(결합부를 통한 불꽃 관찰이 가능한)을 관찰할 수 있도록 설치된다.

2. 샌드위치패널 화재성능 분류현황

유럽의 샌드위치패널 등의 내장재 화재성능분류기준은 EN 13501-1로 규격화 되어 있으며, SBI 화재시험 등 실대 화재시험에 의한 성능분류를 사용하고 있다. 호주에서도 건축용 내장재의 분류 기준연구와 함께 샌드위치패널의 화재성능 분류기준에 대한 연구와 법상에서 적용 가능한 용도를 규정하는 연구를 수행하고 있다.

우리나라에는 2004년 ISO 13784-1, ISO 13784-2의 규격에 근거한 샌드위치패널의 화재안전성 시험방법에 관한 기초 연구가 시행되었으나, 화재성능 분류기준 연구는 2006년 산업자원부 표준화연구과제로 방재시험연구원에서 시작하고 있는 단계이다.

실물화재시험을 통한 내장재 화재성능 분류기준에 대하여 언급하고 있는 유럽의 EN 기준과 호주의 사례를 소개하면, 그 내용은 다음과 같다.

1) 유럽 화재성능분류기준 (EN 13501-1)

EN 13501-1에서는 건축재료의 화재성능을 일반내장재와 바닥재로 구분하여 A1, A2, B, C, D, E, F의 7가지 등급으로 분류하고 있다. 그리고 실제 시공되었을 때 마감이나 시공 상태에 따라 화재성능이 다를 수 있다는 것을 인정하여, 건축재료의 실제 시공 상태에서

의 화재성능을 모형실 화재시험인 ISO 9705 Room Corner Test를 이용하여 분류하는 방법을 부속서에서 언급하고 있다. 그 내용은 [표 4]와 같다.

[표 4] 모형실 화재시험을 통한 내장재 분류기준(EN 13501-1)

분류	플래시오버 시간(분)	열방출율(HRR) 최대값(kW)	비고
A1	-	-	화재에 아무런 영향이 없음.
A2	-	-	B등급을 만족하며 EN13823 Class B 만족.
B	-	-	C등급보다 높은 화재성능을 가짐.
C	20이하	700	화재 최성기에 플래시오버가 일어남.
D	10이하	900	화재 성장기에 플래시오버가 일어남.
E	2이하	900	화재 초기에 플래시오버가 일어남.
F	-	-	A1, A2, B, C, D, E 의 어느 등급도 아님.

2) 호주의 분류기준안

1995년 호주의 Fire Code Reform Research Program에 의하여 발표된 연구보고서 (Recent Approaches to Regulating the Fire Performance of Materials In Building)에는 스웨덴, 덴마크, 미국, 일본 등 8개국의 12개 연구소가 참여한 Eurefic Research Program에 대하여 언급하고 있다. 이것은 유럽에서 적용할 수 있는 건축 재료의 화재위험 평가를 위한 ISO 기준제정을 목적으로 시도된 대규모 연구 프로젝트이다. 여기서 ISO 9705 화재 시험을 통한 내장재의 분류기준을 제안하고 있다.[표 5]

[표 5] 모형실 화재시험을 통한 내장재의 분류기준(Eurefic Research Program)

분류	플래시오버 시간(분)	열방출율(Heat Releas Rate)			연기발생량 (Smoke Production Rate)	
		최대값 ^a (kW)	최대값 ^b (kW)	평균값 ^a (kW)	최대값 (m ² /s)	평균값 (m ² /s)
A	20이상	300	600	50	10	3
B	20이상	700	1000	100	70	5
C	12이상	700	1000	100	70	5
D	10이상	900	1000	100	70	5
E	2이상	900	1000	-	70	-

a. 버너열량제외 b. 버너열량포함

3) 미국의 실물 내장마감재 화재성능의 분류기준

미국에서는 모형실화재시험 ISO 9705와 같은 샌드위치패널 화재시험방법과는 동일하지는 않지만 유사 적용 사례로서, 주로 실내에 마감된 직물 및 마감재 등에 대하여 구획실 공간에서의 실내화재 성장영향 평가방법인 NFPA 265 규정을 사용한다. NFPA 265에서는 1개실 크기의 상자모형에서 소형화염원에 의해 화재를 일으켜, 이 때의 실내 연소 확산 정도, 벽 마감재의 손상정도(탈락, 적하 등), 열방출율(kW), 플래시오버(Flash over)현상 유무에 의해 마감재의 화재안전성을 검증하여 적용하고 있다. 그 성능기준은 IBC(International Building Code) Section 803(Wall and Ceiling Finishes)(15)에 벽 마감재에 적용하고 있다. 다음은 플래시오버 유무 기준을 나타내었다. [표 6]

[표 6] 미국 모형실화재시험 의한 직물마감 화재성능기준 (NFPA 265)

판정항목	성능기준	설정근거
바닥면 복사열류량	25kW/m ² 이내	플래시오버발생
천장온도	650℃이내	“
화염분출유무	무	“

4) 유럽 SBI화재시험의 분류기준

유럽통합의 흐름에 맞추어 내장재에 대한 화재안전성 시험방법 및 판정 등급기준이 통일되었으며, 이 중 새로운 규격으로 주목되는 것이 상기 Room Corner Test와 유사한 방법인 SBI(Single Burning Item) Test이다. 이것은 EN 13823으로 시험 규격화되어 샌드위치패널 등 내장재의 화재성장 영향도를 FIGRA(Fire Growth Rate), 연기발생량을 SMGRA(Smoke Growth Rate)로 지수화하여 난연등급에 적용하고 있으며, 그 내용은 다음 [표 7]과 같다.

[표 7] 유럽 SBI화재시험의 분류기준 (EN 13823)

난연등급	성능분류기준	부가항목
A1	해당없음	해당없음
A2	FIGRA ≤ 120W/s LFS < 끝단전과거리 THR _{600s} ≤ 7.5MJ	주1) 연기량에 따른 분류 S1=SMOGR ≤ 30m ² /s ² 및 TSP _{600s} ≤ 50m ³ S2=SMOGR ≤ 180m ² /s ² 및 TSP _{600s} ≤ 200m ³ S3= 기타
B	FIGRA ≤ 120W/s LFS < 끝단전과거리 THR _{600s} ≤ 7.5MJ	주2) 불꽃 적하물에 의한 분류 d0=최초 600초 동안 불꽃적하물 발생이 없을 것 d1=최초 600초 동안 10초 이상 지속되는 불꽃 적하물 발생이 없을 것 d2=기타
C	FIGRA ≤ 250W/s LFS < 끝단전과거리 THR _{600s} ≤ 15MJ	
D	FIGRA ≤ 750W/s	
E	해당없음	주2) 불꽃 적하물에 의한 분류
F	해당없음	해당없음

3. 선진기관 실물화재 시험연구를 위한 시설 및 전문인력 동향

[표8] 선진기관별 실물화재시험연구 시설개요

구 분	미 국 (NIST-BFRL)	일 본 (건축연구소)	캐나다 (NRC-IRC)	영 국 (BRE-FRS)	영 국 (Ulster Univ.)	스웨덴 (SP)
실물화재 시험동 - 실물화재 시험실 (건축물, 차량, 터널, 지하 공간 실물 시험) - 제어실, 기타	20,700m ²	9,000m ²	39,000m ²	22,525m ²	FireSERT동 35,500m ²	SP Fire 40,500m ²
난연·방염 시험실 - 연기제어 시험실 - 표면 연소 화염확대 특성 시험실	2,256m ²	2,581m ²	1,120m ²	실물화재시험동에 포함	FireSERT동에 포함	SP Fire Technology에 포함
구성재료 열적특성 시험실 - 고온 크리프, 인장강도 시험실 - 고온 열전도율, 선팅창을 시험실	자료 없음 (NIST 산하기관)	5,050 (도시방재 연구실)	2,761 (내화구조 시험동)	실물화재시험동에 포함	FireSERT동에 포함	SP Fire Technology에 포함
소방설비 시험실 - 스프링클러 Laser, 반응성 시험 - 화재경보, 감지기 평가시험	700	4,963 (화재풍동 시험실)	실물화재시험동에 포함	실물화재시험동에 포함	FireSERT동에 포함	SP Fire Technology에 포함

[표9] 선진기관의 화재관련 시험연구인력 현황

국 명	기 관 명	부 서 명	인 력
스웨덴	SP (Swedish National Testing and Research Institute)	SP Fire Technology	55
미국	NIST (National Institute of Standards and Technology)	BFRL (Building and Fire Research Lab.)	100
영국	BRE (Building Research Establishment)	FRS (Fire and Risk Science.)	80
일본	건축연구소	방화연구실	50
캐나다	NRC (National Research Council of Canada)	IRC (Institute for Research in Construction.)	30
호주	CSIRO (Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization)	CSIRO Fire Science and Technology Laboratory	40

4. 맺음말

샌드위치패널의 화재안전성에 대한 종합적이고 체계적인 연구가 미흡한 원인으로서는 그동안 성장위주의 경제산업 육성과 일반인들의 화재에 대한 인식부족에 기인한다. 근래에 일어난 샌드위치패널을 사용한 건축물의 화재로 인하여 이에 대한 사회적, 기술적 관심이 최근에서야 급격히 고조되기 시작하였고, 정부와 민간에서 그에 대한 연구 및 해결방안을 찾고 있다. 그러나 샌드위치패널에 대한 문제가 대두되더라도, 현재의 난연성 시험에 의한 화재성능 분류방법(판정방법)으로는 샌드위치패널의 실제적 화재성능을 적절하게 판단하지 못하고 있다.

선진국에서는 ISO 13784 또는 ISO 9705 화재시험과 같은 실험규모 시험을 통하여 샌드위치패널의 화재안전성을 검증하고 있으며, 또한 유럽(EN)이나 호주에서는 그러한 실험규모 시험을 통한 결과를 분류할 수 있는 기준을 마련하고 적용하고 있으며 일부는 연구를 진행 중이다.

국내에서는 산업자원부의 지원을 받아 방재시험연구원에서 2003년 샌드위치패널 실물 화재 시험방법 연구를 실시하여 기초연구기반을 구축하였고, 2006년 화재등급 분류기준 연구를 시작하여 3년간 진행 중이다.

본 연구원은 2007년 Large Scale calorimeter용 열량측정 가스분석기를 새로이 구축하여 선진국 수준의 실물화재실험 위주 화재성상 연구가 가능하게 되었다. 다만, 향후 대형화재실험(10 MW)은 안전확보상 대규모 화재공간이 필요하며, 이를 위하여 새로운 대형 화재시험동 증설을 검토하고 있는 단계이다.

선진국 수준의 대형 실물화재시설을 구축한다면 산업에서 일어날 수 있는 화재(예: 터널화재, 건물 전체의 화재, 대형차량화재 등)를 측정하여 나온 자료를 분석하여 보험사, 건설사, 엔지니어링사 등 산업발전에 기여할 수 있을 것이다.

작성 : 협회부설 방재시험연구원 임홍순 품질인증팀장