

## ROOM CORNER TEST에 의한 샌드위치패널 기준 적용성에 관한 실험적 연구

박수영, 임홍순\*, 육근성\*\*  
방재시험연구원\*, 기술표준원\*\*

### Verification Research for the Application of Evaluation Standards on Sandwich Panels by Room Corner Test

Park Sooyoung, Im Hongsun\*, Yook Keunsung\*\*  
Fire Insurers Laboratories of Korea\*, Agency for Technology and Standards\*\*

#### 1. 서론

샌드위치패널은 표면이 불연강판으로 초기착화를 지연시킬 수 있으나 열이 내부 단열재로 쉽게 전달될 수 있어, 스티로폼, 폴리우레탄 등 가연성 단열재를 가진 샌드위치패널인 경우, 화재시 일정시간이 지나면 내부 단열재를 관통하여 급속히 연소 진행되어 쉽게 소화되지 않는 것으로 알려져 있다.

국내에서 샌드위치패널의 평가를 위해 사용하는 KS F2271의 내장재료 난연성시험장치는 일반 소형시험체를 시험하기 위한 것으로, 샌드위치패널과 같은 두꺼운 시험체는 설치에 한계가 있다. 또한 이 장치에 샌드위치 시험체를 설치하여 시험하는 경우, 실제 발생된 화재열, 연기 및 가스가 뒷면으로 누설되는 등의 문제점을 안고 있다.

선진국에서는 샌드위치패널에 대한 기존 화재성능평가방법에 문제점을 지적하여 왔으며, 최근 스웨덴 국립연구소인 SP 등에서는 샌드위치패널에 대하여 합리적인 화재안전성을 평가하기 위한 시험방법 연구를 하였다. 그러한 성과에 힘입어 기존 모형실 화재시험방법인 ISO 9705(Room corner test)를 개선한 ISO 13784-part 1(소형시험), part 2(대형시험)의 샌드위치패널 화재시험방법이 규격화 되었다.

이러한 세계적인 추세에서 국내의 건축용 샌드위치패널이 실제 건물 화재조건에 노출되었을 때, 내장재 불연화에 준하는 안전성을 확보하고 있는지를 검증할 수 있는 평가방법에 대한 검토가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 ISO 13784 - part 1(건축용 샌드위치패널 화재시험방법-소형시험)을 근거로 실험연구를 실시하였으며, 실험에서 획득한 열방출량을 적용하여 국외 샌드위치패널의 화재성능 분류기준에 비교하였다.

## 2. 샌드위치패널의 화재성능 분류기준

### 2.1 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 상태에서의 화재성능을 ISO 9705 room corner test를 이용하여 분류하는 방법을 부속서에서 언급하고 있다. 그 내용은 Table 1 과 같다.

Table 1. ISO 9705 화재시험을 통한 내장재 분류기준(EN 13501-1)

분류	플레쉬오버 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 플레시오버가 일어남.
D	10이하	900	화재 성장기에 플레시오버가 일어남.
E	2이하	900	화재 초기에 플레시오버가 일어남.
F	-	-	A1, A2, B, C, D, E 의 어느 등급도 아님.

### 2.2 EUREFIC RESEARCH PROGRAM

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 화재시험을 통한 내장재의 분류기준을 제안하고 있다. 그 내용은 Table 2 와 같다.

Table 2. ISO 9705화재시험을 통한 내장재의 분류기준(Eurefic Research Program)

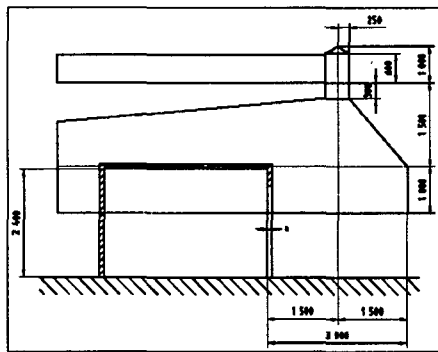
분류	플레쉬오버 시간(분)	열방출율(Heat Release Rate)			연기발생량(Smoke Production Rate)	
		최대값a(kW)	최대값b(kW)	평균값a(kW)	최대값 (m <sup>2</sup> /s)	평균값 (m <sup>2</sup> /s)
A	20이상	300	600	50	10	3
B	20이상	700	1000	100	70	5
C	12이상	700	1000	100	70	5
D	10이상	900	1000	100	70	5
E	2이상	900	1000	-	70	-

a. 버너열량제외 b. 버너열량포함

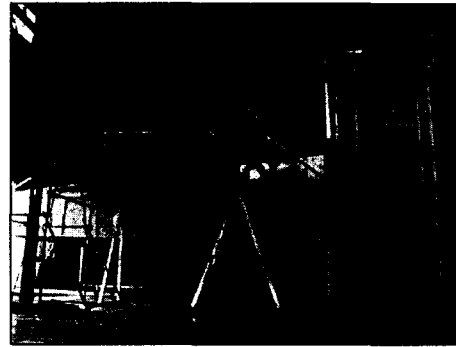
### 3. 샌드위치패널 화재시험(ISO 13784-1)

#### 3.1 개요

소형 화재시험방법에서 시험시설은 1개실 샌드위치패널구조의 시험체를 Fig 1 과 같이 배기 후드 아래에 설치한다. 그리고 실험 동안 샌드위치 패널 시스템의 결합부분과 구조물의 개구부에서 발생하는 모든 연기와 뜨거운 가스를 포집할 수 있도록 하고, 결합부를 통한 불꽃 분출 등의 화재 진행 과정을 외부에서 직접적으로 관찰할 수 있도록 설치한다.



(a) 단면도



(b) 장치사진

Fig. 1. 샌드위치패널 화재시험장치(소형시험)

#### 3.2 교정시험

교정은 후드 아래에 1.2m 위치한 프로판가스버너로 Table 3 에 따른 유량을 투입한 후, 점화하여 발생한 연소가스를 후드에서 포집하여 측정탁트에서 측정된 가스분석에 의해 산출된 열방출율과 비교하였다. 측정에 의한 산소소비량과 실제 가스투입량으로 계산된 열방출율의 차이가 5%를 초과하지 않아 규정에 적합하였다.

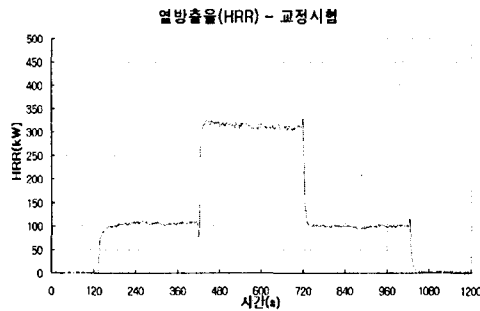


Fig. 2. 교정시험 열방출율

### 3.3 샌드위치패널 시험체 종류 및 제작

시험체 종류는 스티로폼1종(EPS), 우레탄폼2종(PIR, PUR), 유리면1종, 압면1종 총 5종이며, 각 시험체들은 골조형과 자립형의 두 가지 경우에 대해 시험하였다. 또한 ISO 13784 화재시험 방법은 실대화재 시험이므로, 결합부나 시공마감 등에 의한 영향을 확인할 수 있도록 시공자와 미리 협의하여 실제 시공방법과 동일한 방법으로 제작하였다.

Table 4. 시험체 종류

시험체명	두께(mm)	단열재종류	소형시험
A	75	Glass Wool(64kg/m <sup>3</sup> )	골조, 자립
B	75	Mineral Wool(90kg/m <sup>3</sup> )	골조, 자립
C	75	EPS(15kg/m <sup>3</sup> )	골조, 자립
D	75	PIR(50kg/m <sup>3</sup> )	골조, 자립
E	75	PUR(40kg/m <sup>3</sup> )	골조, 자립

### 3.4 실험결과 및 분석

각 시험체에 대한 실험결과는 Table 5와 같이 나타났다. 이 결과에서 플래시오버의 판단은 열방출율이 1MW 이상일 경우로 규정하였다.

단열재가 EPS인 C의 경우 골조형 9분 50초, 자립형 7분 30초에 플래시오버가 일어났으며, 단열재가 PUR인 E의 경우 골조형에서 14분 10초에 플래시오버가 발생하였으며, 다른 종류의 시험체는 플래시오버가 발생하지 않았다.

Table 5. 열방출율(HRR) - 단위 : kW(HRR)

Parameter	A		B		C		D		E	
	골조형	자립형	골조형	자립형	골조형	자립형	골조형	자립형	골조형	자립형
플래시오버 시간 (1000kW 도달시간)	No FO	No FO	No FO	No FO	9:50	7:30	No FO	No FO	14:10	No FO
Max HRR(0-2분)	79	75	82	72	316	164	100	87	109	87
Max HRR(0-10분)	112	112	111	152	≥900**	≥900**	132	125	193	237
Max HRR(0-12분)	286	315	356	352	≥900**	≥900**	407	434	533	720
Max HRR(0-20분)	311	325	403	365	≥900**	≥900**	438	434	≥700**	732
Average HRR(0-10분)	83	83	81	92	328**	396**	91	90	130	145
Average HRR(0-12분)	111	112	115	112	*	*	129	136	178	216
Average HRR(0-20분)	183	190	212	197	*	*	232	228	*	376

\*플래시 오버로 인해 측정 불가능.

\*\*플래시 오버는 이 시간에 일어났으며, 측정값은 플래시오버 이전까지의 값임.

C의 경우는 골조형 자립형 모두에 있어서 버너 열출력이 100kW인 10분 내에 폭발적으로 반응하여 플래시오버 순간까지 급격하게 연소한다는 것을 확인할 수 있으며, E 골조형의 경우에는 C에 비하여 다소 천천히 반응하다가 버너의 열출력이 300kW로 증가된 순간부터 급격히 연소되어 플래시오버가 일어난다는 것을 확인할 수 있다.

Fig 3와 Fig 4에는 각 시험체의 시간에 대한 열방출율을 그래프로 나타내었고, Fig 5와 Fig 6에는 시험체별로 열방출율의 최대값을 비교하였다. 버너의 열출력이 100kW인 0~10분간과 300kW인 10~20분간의 열방출율을 동시에 나타내었다.

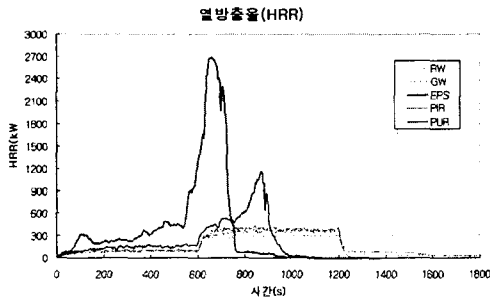


Fig. 3. 골조형 시험체 열방출율(HRR)

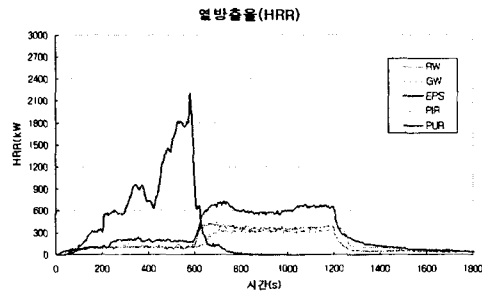


Fig. 4. 자립형 시험체 열방출율(HRR)

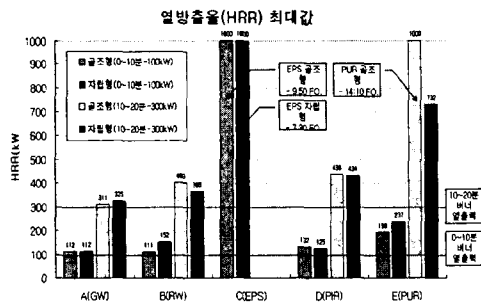


Fig. 5. 열방출율(HRR)최대값

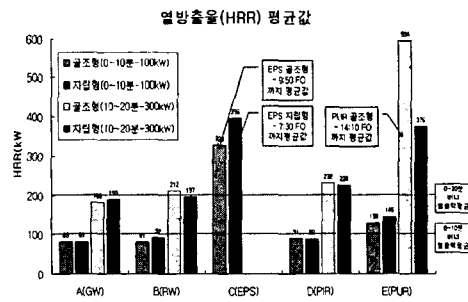


Fig. 6. 열방출율(HRR)평균값

0~10분 동안은 평균값이 100kW인데 그림에서 확인해보면 A(Glass Wool), B(Mineral Wool), D(PIR)의 경우에는 100kW보다 낮은 값을 가지고 골조형과 자립형 모두 플래시오버가 일어난 C(EPS)와 골조형이 플래시오버를 일으킨 E(PUR)는 100kW보다 높은 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. A, B, D가 100kW보다 낮은 값을 가지는 이유는 초기에 100kW까지 상승하는데 시간이 걸리므로 그 부분의 영향이 있는 것으로 판단된다.

300kW의 경우에는 A(Glass Wool)를 제외하고 모두 평균값을 넘어서는 것으로 나타났다. E에서 자립형 시험체는 플래시오버가 일어나지 않았으나 376kW의 높은 열방출율을 나타내고 있으며, 연소상태가 크다는 것을 나타낸다.

#### 4. 분류기준에 의한 성능분류

분류기준에 의한 성능분류는 Table 6 에서 확인할 수 있다.

Table 6. 시험체별 화재성능분류 결과

시험체		열방출율(HRR)		플래시오버 시간	분류를 위한 시간범위	U.R.P*에 의한 분류	EN 13501-1에 의한 분류
		최대값 (kW)	평균값 (kW)				
A (GW)	골조형	311	183	NO FO.	20	A	≥B
	자립형	325	190	NO FO.	20	A	≥B
B (RW)	골조형	403	212	NO FO.	20	A	≥B
	자립형	365	197	NO FO.	20	A	≥B
C (EPS)	골조형	>1000	328	9:50	2	E	D
	자립형	>1000	396	7:30	2	E	D
D (PIR)	골조형	438	232	NO FO.	20	A	≥B
	자립형	434	228	NO FO.	20	A	≥B
E (PUR)	골조형	>1000	178	14:10	12	C	C
	자립형	732	376	NO FO.	20	B	≥B

\* Eurofic Research Program

EN 13501-1기준에 의한 성능분류 결과, 플래시오버가 일어난 C 골조형 및 자립형은 D 등급으로, E 골조형은 C등급을 나타내었으며, 다른 시험체들은 모두 B등급이상을 나타내었다. 그러나 이 기준에서는 추가적인 EN 13823기준의 Class B를 만족할 경우를 A1, 그 외의 경우를 B, 그리고 화재에 아무런 영향을 미치지 않는 경우를 A2 로 분류하므로 추가적인 시험이 필요하다.

Eurofic Research Program에 의한 성능분류에 의하면, A, B, D는 A등급을 나타내었고, 플래시오버가 일어난 C 자립형 및 골조형은 E등급, E 골조형은 C등급을 나타내었다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 ISO 13784 - part 1을 사용하여 실험연구를 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 열방출율이 1MW 이상일 경우 플래시오버로 판단하여, C(EPS)의 경우 골조형 및 자립형에서 플래시오버가 일어났으며, E(PUR)의 경우 골조형에서 플래시오버가 발생하였으며, 다른 종류의 시험체는 플래시오버가 발생하지 않았다.

2. 골조형과 자립형의 형태에 따른 연소성향은 본 실험에서 판단하기 어렵다. 다만 재료에 있어서 Glass wool, Mineral wool, PIR 은 거의 연소하지 않는 것으로 나타났으나,

EPS는 초기 버너의 점화와 동시에 연소하기 시작하여 폭발적으로 연소되며, PUR의 경우는 EPS보다는 천천히 연소하지만 300kW로 버너의 열출력이 상승한 직후 급격히 연소하였다.

3. 실제 시공 상태에서의 샌드위치패널이 실제 건물 화재조건에 노출되었을 때, 화재성능 분류를 위해 EN 13501-1기준과 Eurofirc Research Program에 의한 성능분류기준을 사용하여 시험체를 평가하였다. 그 결과 기준을 적용하여 모두 적절하게 시험체를 분류할 수 있었으나 EN 13501-1기준의 경우 부가적인 시험이 필요하므로 적용하는데 까다로운 것으로 판단된다.

샌드위치 패널의 실대화재 시험기준 적용을 위해서는 건축법상에서 내장재를 실대화재 시험에 의해 분류할 수 있어야만 한다. 그러한 목적을 이루기 위해서는 그에 따른 관련연구 및 투자가 계속적으로 지속되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 건물내부 마감재 성능규정의 적정성 및 PIR패널 난연성능에 관한 연구, 대한건축학회. 2002
2. KS F 2271(건축 내장재료 및 공법의 난연성시험방법, 1999)
3. ISO 9705 Fire tests - Full-scale room test for surface products. 1993
4. ISO 13784-1 Reaction to fire tests for sandwich panel building systems - Part 1: Test method for small rooms. 2002
5. prEN 13501-1 Fire classification of construction products and building elements - Part 1 : Classification using test data from reaction to fire tests. 2000
6. Fire Performance of Wall and Ceiling Lining Materials. V. P. Dowling and J. M. Blackmore CSIRO Building, Construction and Engineering. Fire Code Reform Research Program. Australian. 1998
7. European system of classification for construction products, Fire safety engineering, March 2001, 6p~9p