

# 중소형 화재시험(ISO 5660-1 및 EN 13823)을 이용한 샌드위치패널 연소성능 분석

## Analysis on the Reaction-to-fire's Performance of Sandwich Panel Systems by using ISO 5660-1 and EN 13823 Fire Tests

박계원<sup>†</sup> · 임홍순 · 정재군 · 김운형\*

Kye-Won Park<sup>†</sup> · Hong-Soon Im · Jae-Gun Jeong · Woon-Hyung Kim\*

방재시험연구원, \*경민대학 소방학부  
(2008. 8. 7. 접수/2009. 2. 13. 채택)

### 요 약

본 연구에서는 ISO 5660-1(cone calorimeter test)과 EN 13823(Single Burning Item;SBI)에 의해 샌드위치패널에 대한 화재연소성능이 비교·분석되었다. 4종의 국내 샌드위치패널(심재 및 패널재)에 대해 착화시간, 열방출율, 연기발생율, 산소소모율 등과 같은 변수들이 측정되었다. 또한, 각 종류의 패널에 대한 연소특성이 시험방법별 및 소재별로 분석되었으며, 최종적으로 일본, 캐나다, 유럽 EN 1350-1의 화재성능 등급분류기준에 의해 검증되었다.

### ABSTRACT

In this study, the combustion properties, which are called the reaction-to-fire's performance, of sandwich panels were tested and analyzed according to both ISO 5660 (cone calorimeter method) and EN 13823 (SBI). Several variables including ignition time, mass loss, heat release rate, smoke production rate and O<sub>2</sub> density about four sandwich panels and four core materials (thermal insulation material) were evaluated. Combustion properties' similarity and difference of sandwich panels and core materials were compared by materials and test methods respectively. Finally test results were evaluated by Japanese standard building code, National Building code of Canada and EN 13501-1 as well.

**Keywords :** ISO 13823, ISO 5660-1, EN 13501-1

## 1. 서 론

샌드위치패널은 양면이 강판구조로 인해 화재시 주 수소화에 불리하며, 단열 심재가 고분자물질로 되어있어 유해 가스 등이 발생하며, 자주적 내력벽으로서 내화성능이 미흡하여 조기 붕괴의 가능성으로 인한 피난 위험을 초래하는 등 다각적인 화재 취약성을 가지고 있다. 샌드위치패널은 1980년대 중반의 건설현장의 인력난, 자재난으로 건축공법에 대한 수요증가와 간편한 시공성 및 우수한 단열성 등의 장점으로 인해 꾸준히 사용량이 증가되어 왔음에도 불구하고 앞서 언급한 내재된 위험성에 대응하기 위하여, 국내에서는 KS F 2271 시험방법을 보완하여, ISO 5660-1(cone calorimeter

method) 시험방법을 KS 표준으로 부합화시켜, 샌드위치패널의 화재성능 평가방법으로 적용해왔다. 그러나 용도별 면적별 분류에 대한 법적 기준이 부재하며, 현재 KS ISO 5660-1 또한 소형 시편에 대한 시험이기에 실물규모에 의한 화재 시험이 절실히 요구되는 시점이다.

본 연구에서는 국내 4종(Glass wool, EPS, PIR, PUR)의 샌드위치패널을 대상으로 ISO 5660-1시험방법과 중형시편에 대한 유럽기준인 EN 13823(Single Burning Item;SBI) 시험방법에 따라 샌드위치패널의 연소특성을 비교, 분석하였다. 샌드위치 패널재는 통상[강판 : 심재 : 강판]으로 적층된 단면구성을 하게 되는데, ISO 5660-1 시험에서는 4종류의 패널재 뿐만 아니라, 샌드위치패널재의 구성재 중 강판을 제거한 심재(단열재)만으로 구성된 시편을 추가로 구성하여 시험을 실시하였다 (Table 1 참고). 또한 EN 13823 시험에서는 4종류의 패

<sup>†</sup>E-mail: 25hyun@daum.net

널재 만을 대상으로 측면 마감을 하는 등 실공법을 반영하여 시험을 실시하였다. 시험 후 열방출율(Heat Release Rate; HRR), 연기발생율(Smoke Production Rate; SPR) 등들에 대하여 검토하였으며, 시험결과는 패널재 및 심재 별로 비교하였고, 최종적으로 각 시험 결과를 일본, 캐나다, 유럽의 난연 성능기준에 적용하여 평가하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 ISO 5660-1<sup>1)</sup> 시험 개요

ISO 5660-1 시험방법은, 열방출을 생성이 재료의 연소에 필요한 산소의 양에 비례(연소시 산소 1kg이 소비되면 약 13.1MJ의 열량이 방출)<sup>2)</sup>한다는 원리를 이용한 시험법으로, 시험체의 착화시간과 열방출율을 측정하기 위한 장치로 콘칼로리미터를 사용한다. 시험장치는 콘 형태의 복사전기히터, 시편의 질량을 측정하기 위한 무게측정장치, 시편홀더, 산소분석장치, 유량측정장치를 부착한 배출시스템, 스파크점화회로, heat fluxmeter, 교정용 버너 및 데이터수집 및 분석 시스템들로 구성되며, 콘칼로리미터 시험장치의 개략도는 Figure 1과 같다.

본 연구에서 사용된 시험체는 스티로폼 1종(Expanded PolyStyrene;EPS), 우레탄폼 2종(PolyIsocyanuRate;PIR, PolyURate;PUR), 그라스울 1종(Glass wool)으로 각 종류당 패널 및 내부 단열재(심재)를 시험체로 선정하였으며, 두께는 모두 50mm로 동일하다.

시험절차로 우선, CO<sub>2</sub> 트랩과 최종 수분 트랩을 확인한다. 콘히터의 바닥판과 시편의 상부 표면 사이 거리를 2.54로 조정한다. 배출유량을 0.024m<sup>3</sup>/s ± 0.002m<sup>3</sup>/s로 설정한 다음 데이터 수집을 개시한다.

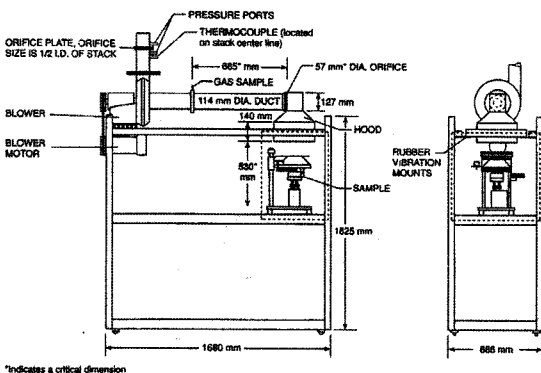


Figure 1. ISO 5660-1 test apparatus.

Table 1. ISO 5660-1 Specimen Composition

Insulation		Composition
A	Glass Wool Core	Glass wool (48.0kg/m <sup>3</sup> )
A'	Glass Wool Panel	Steel Plate 0.5t+A
B	EPS Core	EPS (15kg/m <sup>3</sup> )
B'	EPS Panel	Steel Plate 0.5t+B
C	PIR Core	Polyol(esterpolyol) : isocyanate (MDI) = 1 : 1.6 (50.0kg/m <sup>3</sup> )
C'	PIR Panel	Steel Plate 0.5t+C
D	PUR Core	Polyol(ppg) : Isocyanate (MDI) = 1 : 1 (40kg/m <sup>3</sup> )
D'	PUR Panel	Steel Plate 0.5t+D

준비된 시편과 시편홀더를 질량측정장치 위에 놓고 실험을 개시한다. 인화 또는 일시적인 불꽃연소가 발생된 때에는 그 시간을 기록한다. 지속적인 불꽃연소가 발생한 때에는 그 시간을 기록하고 스파크 전원과 점화장치를 제거한다. 만일 스파크 전원을 차단한 후에 불꽃이 꺼지면 점화기를 재 삽입하고 5초 이내에 스파크를 가한 다음, 시험이 완료된 때까지 스파크를 제거하지 않는다.

시험 시간동안 모든 데이터를 수집한 후 시편과 시편홀더를 제거한다. 시험 후 질량측정장치 위에 열차단 장치를 놓고 종료하게 된다. Table 1은 ISO 5660-1에 적용된 시편의 구성이다.

### 2.2 EN 13823<sup>3)</sup> 시험 개요

EN 13823(SBI) 시험법은 마감재의 등급분류를 위한 유럽의 대표적인 시험으로 시험장치 구성에 위치한 L 형태의 unit 제품의 화재성상 기여도를 측정하며 SBI 시험장치의 개략도는 Figure 2와 같다.

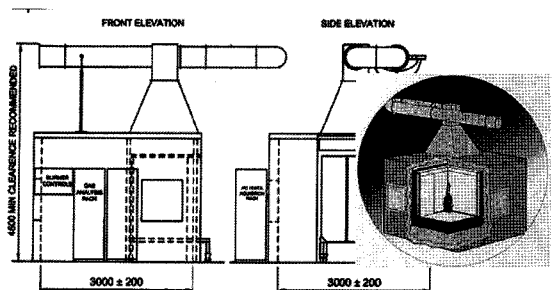


Figure 2. Single burning item apparatus.

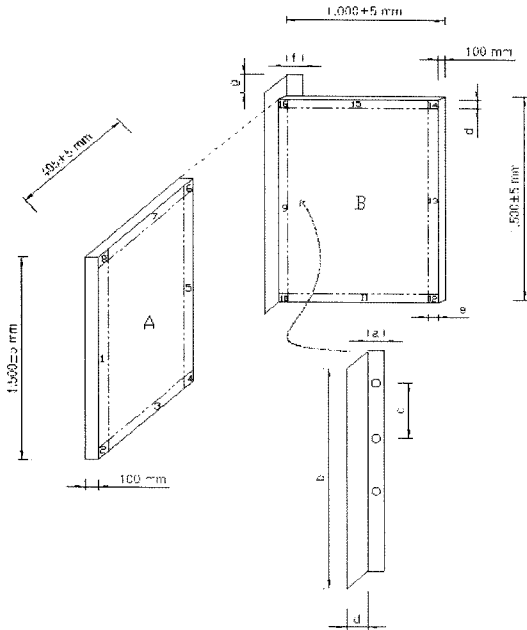


Figure 3. Specimen's dimension of EN 13823.

발화시간, 화염확산, 화염 용융/입자를 측정하며, 열 특성들과 연기특성들이 주요 시험결과가 되며 즉, 시간경과에 따른 열방출율(HRR), 연기발생율(SPR), CO<sub>2</sub> 생성율, 산소 소비율, 화재성장지수(Fire Growth Rate: FIGRA), 연기발생지수(SMOke Growth RATE: SMOGRA)의 변수가 측정된다.

장치는 주버너·보조버너, 시편이동용 수레, 실험실 내 빌트인 프레임, 가스포집장치, 열량측정 가스분석기, 연기측정 시스템 등으로 구성된다.

Figure 3은 SBI 시험체의 조립도로, 시험체는 동일한 두께 100mm로, 스티로폼 1종(EPS), 우레탄폼 2종(PIR, PUR), 그라스울 1종(Glass wool)의 4종류이며, 1.5m × 1m 및 1.5m × 0.5m 2가지 시편이 90도로 맞물리게 된다. 실제 시공과 유사성을 고려하여, 시험체 강판을 마감하는 플렉싱은 약 50cm 간격으로 나사접합을 하며 90도로 접합되는 부분의 내외면은 L자 플렉싱으로 마감, 4종류의 시험체는 모두 동일한 방법으로 시공하였으며 시험체 심재의 밀도와 화학적 조성은 ISO 5660-1의 시험체와 동일하다.

### 2.3 평가 기준

#### 2.3.1 일본의 내장마감재 화재성능기준

일본 건축기준법에서는 난연등급을 불연재료, 준불

Table 2. Fire Performance Class in Japan

Class	Heat	Burning Time	Criterion
Class 1	50kW/m <sup>3</sup>	20min	· THR <sup>a)</sup> ≤ 8MJ/m <sup>3</sup> · PHRR <sup>b)</sup> < 200kW/m <sup>3</sup> during 10secs
Class 2		10min	
Class 3		5min	· No through holes & cracks, which are harmful for the performance of fire protection, are allowed.

<sup>a)</sup>THR: Total Heat Release(총열방출열량)

<sup>b)</sup>PHRR: Peak Heat Release Rate(최대열방출율)

연재료, 난연재료의 3가지 등급으로 분류하며, 등급분류를 위해 ISO 5660-1 콘칼로리미터 시험방법을 적용시키며, Table 2와 같다.

우리나라에서도 일본과 같이 콘칼로리미터에 의한 내장재료에 대한 난연시험을 하고 있으나, 샌드위치패널과 같은 복합소재에 대해서는 표면 강판에 의한 복사열 차단 등으로 인해 정확한 열방출율 측정 및 심재의 용융현상 등을 관측하기 에 어려운 점이 있다.

#### 2.3.2 캐나다 건축재료 방화성능 평가

1992년 ULC(Underwriter's Laboratories of Canada)의 화재위원회는 캐나다 임산연구소에서 검토한 시험방법(콘칼로리미터법 사용)을 건축재료의 연소성평가 표준 시험방법으로서 기준화<sup>a)</sup> 하였으며, Table 3과 같이 평가하였다.

여기서 총방출열량(Total Heat Release; THR)은 시험체의 전체 양을 대표할 수 있는 밀도 및 총 무게 외에 화재 열량으로 방출되는 전체 대표값의 한계치를 의미하는 것으로 해당 시험체의 화재 강도에 대한 총체적 내재 열량으로 이해할 수 있다.

Table 3. Fire Performance Class in NBC<sup>a)</sup>

Class	PHRR (kW/m <sup>3</sup> )	THR (MJ/m <sup>3</sup> )	Examples
1	≤ 10	≤ 5	Ceramics-fiber Board
2	≤ 100	≤ 25	Gypsum Board, Glass Wool
3	≤ 150	≤ 50	FR Ply-wood Board
4	≤ 300	≤ 100	Wood Materials
5	>300	>100	EPS

(15분간 50kW/m<sup>2</sup>의 복사열로 가열)

<sup>a)</sup>NBC; National Building code of Canada

2.3.3 유럽의 내장마감재 화재성능기준  
유럽통합(EU)의 흐름에 맞추어 내장재에 대한 화재

Table 4. Fire Performance Class in EN 13501-1

Class	performance
A <sub>1</sub>	-
A <sub>2</sub>	FIGRA ≤ 120W/s LFS<edge of specimen THR <sub>600s</sub> ≤ 7.5MJ
B	FIGRA ≤ 120W/s LFS<edge of specimen THR <sub>600s</sub> ≤ 7.5MJ
C	FIGRA ≤ 250W/s LFS<edge of specimen THR <sub>600s</sub> ≤ 15MJ
D	FIGRA ≤ 750W/s
E	-
F	-
Additional Class	<ul style="list-style-type: none"> <li>연기량에 따른 분류(A<sub>2</sub>~D에만 해당) S<sub>1</sub> = SMOGRA = 30m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> 및 TSP<sub>600s</sub> ≤ 50m<sup>2</sup> S<sub>2</sub> = SMOGRA ≤ 180m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> 및 TSP<sub>600s</sub> ≤ 200m<sup>2</sup> S<sub>3</sub> = 기타</li> <li>불꽃 적하물에 의한 분류(A<sub>2</sub>~D에만 해당) d<sub>0</sub> = 최초 600초 동안 불꽃 적하물 발생이 없을 것 d<sub>1</sub> = 최초 600초 동안 10초 이상 지속되는 불꽃 적하물 발생이 없을 것 d<sub>2</sub> = 기타</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>화재성장지수 (FIGRA; Fire Growth RATE index, W/s) <math display="block">FIGRA = 1000 \max \left( \frac{HRR_{av}(t)}{t-300} \right)</math></li> <li>연기발생지수 (SMOGRA; SMOke Growth RATE index, m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>) <math display="block">SMOGRA = 10\,000 \max \left( \frac{SPR_{av}(t)}{t-300} \right)</math></li> <li>최초 600초까지의 총열방출 (Total Heat Release; THR<sub>600s</sub>, MJ) <math display="block">THR_{600s} = \frac{3}{1000} \sum_{300}^{900} (\text{MAX}[HRR(t), 0])</math></li> <li>최초 600초까지의 총 연기발생량 (TSP<sub>600s</sub>, m<sup>2</sup>) <math display="block">TSP_{600s} = 3 \sum_{300}^{900} (\text{MAX}[SPR(t), 0])</math></li> <li>화염의 시험체 끝단전파거리 (Lateral Flame Spread; LFS): 시험체의 두 부분 중 긴 부분에서 일어나는 측면으로의 화염전파 거리</li> </ul>

안전성 시험방법 및 판정 등급기준을 통일하여 EN13823 규격으로 시험을 하며, 샌드위치패널 등 내장재의 화재성장 영향도를 FIGRA(Fire Growth RAte), 연기발생량을 SMOGRA(SMOke Growth RAte)로써 지수화하여 난연등급에 적용하고 있으며, Table 4와 같이 EN 13501-1<sup>3)</sup> 부속서에서 난연 등급을 분류하고 있다. A<sub>1</sub>은 불연 성능을, A<sub>2</sub> 및 B는 실규모화재시 플래쉬오버를 발생시키지 않는 높은 난연성능을 전제하며, A<sub>2</sub>는 B를 최소한 만족시켜야 하며 EN ISO 1716<sup>6)</sup> 시험을 하여 재료의 잠재유효발열량(통상, PCS gross calorific potential)이 3.0MJ/kg 이하를 만족시켜야 한다.

3. 시험결과 분석 및 평가

3.1 ISO 5660-1 시험결과 및 화재성능 평가

ISO 5660-1의 시험 후 모습은 Table 5와 같으며, Glass wool은 단열재(심재) 및 패널재 모두 착화가 일어나지 않았으며 수열부로부터 2.5~3cm에 달하는 검은 탄화층이 형성되었고 시험전후의 질량감소는 크게 발생하지 않았다.


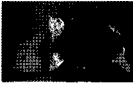


EPS 심재인 경우, 시험시작과 동시에 심재 상부표면에 착화가 되었으며, EPS 패널재의 경우는 시험 시작 50초 이후에 시험 상부표면에서 착화되어 광판을 제외한 모든 심재가 용융되었다.

PUR도 EPS와 비슷한 연소 패턴을 나타내었으며, 착화되는 순간 지속적인 불꽃연소성상을 보이며 거의 전소되었다. EPS에 비해 시험내내 연기발생량이 많았으며, 액상잔존물의 점성 또한 더 짙었다.

PIR은 시험종료후, 1.5cm의 탄화층이 형성되었으며 표면에 약간의 크랙이 관측되었고, 시험외형은 팽창되어 부피가 증가되었다.

Figure 4 및 5와 같이 Glass wool, EPS, PIR, PUR 공통적으로 패널재에서의 착화가 심재에서보다 지연되

Table 5. Specimen After ISO 5660-1 Test

GW 패널	EPS 패널
	
PIR 패널	PUR 패널
	

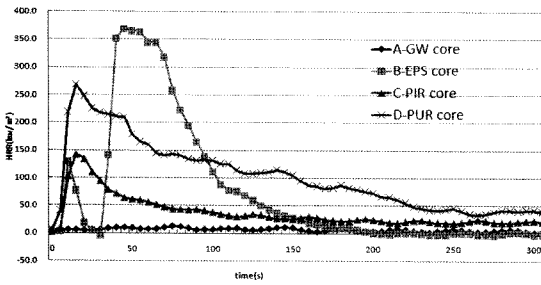


Figure 4. Heat release rate on insulations of ISO 5660-1.

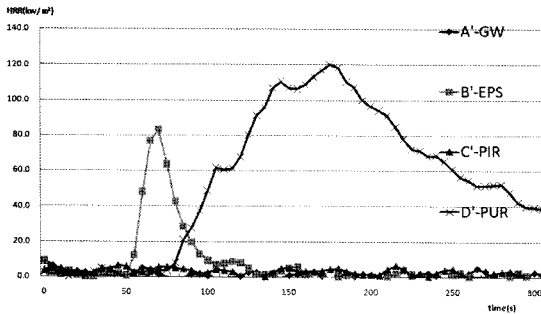


Figure 5. Heat release rate on panels of ISO 5660-1.

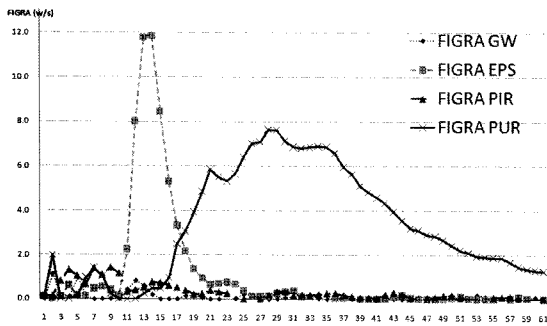


Figure 6. FIGRA on panels of ISO 5660-1.

어 발생하였으며, 이는 패널재의 구성재중 강판의 영향으로 인한 지연효과로 판단되었다. 패널재의 열방출을 결과를 보면, 심재의 결과와 달리 PUR이 EPS보다 더 지속적이고 더 높은 열방출율의 생성을 보여주었다.

패널별 열방출율은 PUR패널이 EPS패널보다 높게 나타났으나, 시간개념을 적용한 FIGRA(Figure 6)로 비교해보면 오히려, EPS패널이 PUR패널보다 더 급격한 속도로 연소되었음을 알 수 있다. 즉, 열방출율에서는 PUR패널의 밀도가 EPS보다 더 높아 가연량이 많기 때문에 PUR의 열방출율이 더 높은 것으로 판단된다.

Table 6. Test Result of ISO 5660-1

분류	형태	PHRR (kW/m <sup>2</sup> )	THR (MJ/m <sup>2</sup> )	Class	
				Japan	Canada
Glass Wool	Core	12.9	3.0	3(2)	(2)
	Panel	4.9	0.5	3(2)	(1)
EPS	Core	368.2	22.9	out of range	(5)
	Panel	83.1	2.4	3(2)	(2)
PIR	Core	142.4	11.4	out of range	(3)
	Panel	6.35	0.7	3(2)	(1)
PUR	Core	268.7	31.5	out of range	(4)
	Panel	120.1	16.5	out of range	(3)

( )는 10분간 가열시 판정등급

ISO 5660-1의 난연성능 등급분류 결과(Table 6), Glass wool은 심재와 패널재 모두 PHRR(최대 열방출율)이 200kW/m<sup>2</sup> 이하, THR값 또한 8MJ/m<sup>2</sup> 이하의 범위에 들었으며, 5분 가열시 및 10분 가열시 모두 해당 조건을 충족하여 일본과 캐나다 기준적용시 최대 2등급으로 분류되었다.

EPS 심재는 PHRR이 368.2kW/m<sup>2</sup>, THR이 22.9MJ/m<sup>2</sup>로 캐나다 기준으로는 5등급 및 일본기준에서는 등급분류 범위를 벗어나 난연성능이 미미한 것으로 나타났다. 패널재의 경우 강판으로 인해 표면에서 관찰이 불가능한 단점이 있으며, EPS 패널재의 경우 방화상 유해한 균열 및 흡 생성과 같은 유관관찰 사항을 배제하고 열방출율에 의해서만 분류하자면 3급 및 2급을 충족시킬 수 있었다. 현재 국토해양부 고시에 의한 등급분류에는 유관관찰 사항이 포함되어, 관찰사항을 적용하면 EPS는 모두 등급을 벗어나게 된다. PIR 심재는 THR값이 11.4MJ/m<sup>2</sup>로 나타나 등급 외로 규정되었으며, PIR패널재는 강판의 영향으로 인해 3급이나 2급으로 분류할 수 있었다. PUR은 패널재 및 심재 모두 과도한 열방출 발생으로 인해 등급범위 안에 포함시킬 수 없었다.

### 3.2 EN 13823 시험결과 및 화재성능 평가

SBI 시험 육안 관찰결과, EPS > PUR > PIR ≥ Glass wool의 순서로 내부 심재의 소실 정도가 나타났다. 특히 PUR은 시험시 연기발생량이 가장 많았으며, 액상으로 변한 심재의 잔존물이 가장 많았다. Glass wool은 탄화층 형성이 뚜렷하게 관찰되었으며, 버너 공급 열방출율 외에 재료에 의한 열방출율은 출력되지 않아 높은 난연성능을 보여주었다.

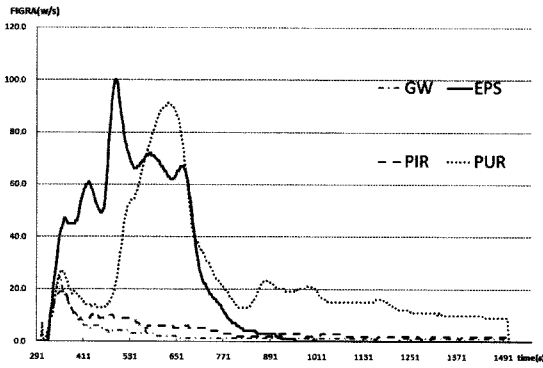


Figure 7. FIGRA on specimen of EN 13823.

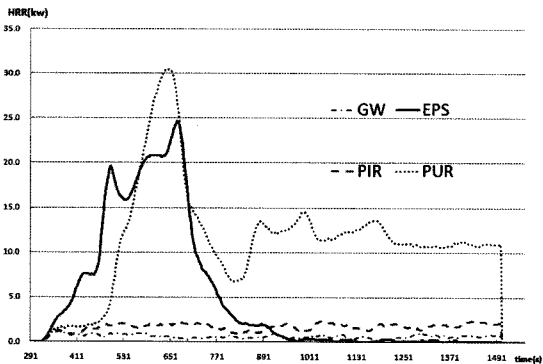


Figure 8. Heat release rate on specimen of EN 13823.

열방출율은 SBI 시험시, PUR이 EPS보다 최대 열방출율이 더 높게 나왔음(Figure 8)을 알 수 있지만, FIGRA 그래프에서 보면 최대 FIGRA수치가 PUR보다 EPS가 더 높았음(Figure 7)을 알 수 있다. 이는 EPS가 PUR보다 같은 시간에 더 급격한 연소성장 추세를 보인 것으로, 순간 연소성이 4가지 재료 중 가장 높은 것으로 판단된다.

SBI 시험의 결과를 EN 13501-1의 등급기준으로 분류(Table 7)해 보면, Glass wool은 BS<sub>1</sub>D<sub>0</sub>,

EPS는 BS<sub>2</sub>D<sub>0</sub>, PIR는 BS<sub>1</sub>D<sub>0</sub>, PUR는 BS<sub>3</sub>D<sub>0</sub> 로 결정

된다. 즉, 4가지 재료 모두 열방출을 요인에 의해 B등급으로(A<sub>2</sub>등급에 포함여부는 EN ISO 1716<sup>6)</sup>시험을 하여 재료의 잠재유효발열량(통상, PCS gross calorific potential)이 3.0MJ/kg 이하인지를 확인하여야 하나 본 연구에서는 실시하지 않음)분류되며, 연기발생량은 PUR이 가장 많이 생성되어 S<sub>3</sub>에 포함되고, Glass wool과 PIR은 S<sub>1</sub>의 분류에 들었다. 시험시 용융적하물은 4가지 재료 모두 생성되지 않아 D<sub>0</sub>의 등급으로 분류되었다. EN 13501-1에 의한 등급분류는 ISO 5660-1의 등급분류 기준에 비해 연기발생량과 시험시 용융적하물에 대한 여부가 포함되었음을 알 수 있으나, 각 등급간에 열방출을 및 FIGRA에 대한 범위가 너무 넓어, 본 연구의 시험체들은 전부 B등급으로 산출되었다.

#### 4. 결 론

(1) ISO 5660-1 시험에서, 패널재와 심재의 결과를 비교해보면, 패널재의 표면 강판의 차열성으로 인해 심재보다 패널재에서 열방출율이 더 낮게 나왔으며, 강판이 착화지연의 한 요인임을 4가지 재료에서 공히 파악할 수 있었다. 특히 EPS와 PUR의 각 패널재들은 강판이 있음에도 강판 이면의 복사열로 인해 심재가 모두 용융되어, 실제 화재시 해당 패널 구조물 붕괴로 인한 잠재 위험성을 보여주었다.

(2) ISO 5660-1시험의 최대 열방출율은 Glass wool 패널재가 최저, EPS 심재가 최고였으며, 각각의 시험체에 대하여, 5분간 및 10분간 최대 열방출율은 동일하였다. 시험체의 연소 성상은 4종류의 시험체 모두 5분 이내에 최성기에 도달, 가연물이 초기에 모두 연소되었다. Glass wool 심재 및 Glass wool 패널재는 연소시 탄화층이 형성되어 단일심재가 거의 타지 않아, 난연재료로서의 유리한 성능을 보였다. 유관관찰사항을 배제하고 열방출율만을 평가항목으로 설정하였을 경우 EPS 패널 및 PIR 패널은 난연 3급을, 나머지 시험체들은 난연등급을 벗어났다.

(3) EN 13823에서, 최고치일 때 FIGRA는, EPS (100W/s) > PUR(94W/s) > Glass wool(25W/s) > PIR

Table 7. Evaluation of Fire Class of EN 13823

Item	FIGRA (W/s)	THR <sub>600s</sub> (MJ)	SMOGRA (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	TSP <sub>600s</sub> (m <sup>2</sup> )	Droplet	Class
GW	25.0	0.4	4.0	0.8	No	BS <sub>1</sub> D <sub>0</sub>
EPS	100.0	6.1	35.0	184.4	No	BS <sub>2</sub> D <sub>0</sub>
PIR	20.0	0.9	8.0	5.4	No	BS <sub>1</sub> D <sub>0</sub>
PUR	94.0	6.6	30.0	216.5	No	BS <sub>3</sub> D <sub>0</sub>

(20W/s)의 순서로 EPS가 PUR보다 급속한 화재성장 추세를 보였다. 또한 ISO 5660-1의 소형 시편에 대한 시험결과에서, 열방출율 기준(Figure 5)으로 비교했을 때에는 EPS<PUR으로서, PUR이 더 많은 화재화중을 지닌 것으로 보이나, 이는 해당 소재들간의 밀도 차이로 인한 것으로, FIGRA(Figure 6)로 비교시 EPS가 PUR보다 더 높은 수치를 나타내었다. 따라서, 소형 및 중형시편에 대한 두가지 시험 모두에서, EPS의 화재확산 속도가 PUR보다 더 급격하게 진행되었음을 알 수 있었다.

(4) 해당 재료의 밀도 등의 양적개념에 비례하여 열출력 절대치를 나타내는 열방출율은 연소속도의 개념을 반영하지 못하는 반면, 열방출율에 대한 순간 가속도 개념( $W/s = J/s^2$ )인 FIGRA는 시간에 따른 화재성장 추세를 잘 반영할 수 있다고 판단된다. 또한 FIGRA함수(시간에 대한 열방출율 함수의 기울기)는 SBI와 같은 중규모 화재시험과 기타규모 화재시험과의 상관성을 검토해 볼 수 있는 상대적 매개체로써 활용되어야 하며, 향후 화재위험성의 핵심 지표로 고려되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 지식경제부 표준기술력향상사업의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. ISO 5660-1, "Reaction to Fire Tests - Heat Release, Smoke Production and Mass Loss Rate - Part 1 : Heat Release", Geneva(2002).
2. V. Babrauskas, "Heat Release Rate In Fires", Chapter 4, Elsevier Applied Science, New York (1992).
3. EN 13823, "Reaction to Fire Tests for Building Products-building Products Excluding Floorings Exposed to the Thermal Attack by a Single Burning Item", CEN, Brussels(2002).
4. V.P. Dowling, et al., "Recent Approaches to Regulating the Fire Performance of Materials in Buildings", pp29-30, research paper 1 of fire code research program, Chapter 5, CSIRO Division of Building Construction and Engineering, Australia (1995).
5. EN 13501-1, "Fire Classification of Construction Products and Building Elements-Part 1: Classification using Test Data from Reaction to FIRE TESTS", CEN, Brussels(2002).
6. ISO 1716, "Reaction-to-fire Tests for Building Products-Determination of the Heat of Combustion", CEN, Brussels(2002).