

ISO 13784 실대모형 화재시험에 의한 샌드위치 패널 화재특성에 관한 실험적 연구(온도측면)

임 흥 순 || 건축구조부 책임연구원 / 진 영 화 || 기술지원부 선임연구원 / 박 수 영 || 건축구조부 연구원

1. 서론

국내에서는 샌드위치패널의 연소성능을 판단하기 위하여 KS F 2271 난연성 시험방법을 사용하고 있다. 그러나 KS F 2271 난연성 시험은 표면이 강판으로 이루어져 있는 샌드위치패널에는 적용하기가 다소 무리가 있는 것이 사실이고, 또한 샌드위치패널의 화재성능이 소형시편으로 확인할 수 있는 재료적인 측면 뿐 아니라, 패널 구조물의 외부마감이나 조립방식 등에 따라 달라질 것으로 예상되어지므로 문제점을 안고 있다.

KS F 2271 시험 방법을 보완하기 위한 방법(샌드위치패널에 국한되지 않음)으로 대두되고 있는 KS F ISO 5660 콘칼로리미터 시험방법은 연소가스 분석을 통하여 재료의 열방출율(HRR:Heat Release Rate)을 측정한다는 면에서 연소성능 시험방법으로서 적합하다고 할 수 있다. 그러나 이 시험 방법도 샌드위치패널에서는 표면 강판 때문에 착화 및 연소에 방해가 되어 재현성이 떨어지는 문제점이 있는 것으로 확인되고 있다.

ISO 13784 시험 방법은 ISO 9705 실대화재 시험 방법을 샌드위치패널에 국한시킨 시험 방법으로서, 3.6m×2.4m×2.4m의 샌드위치패널 구조물 시험체를 사용하여 소형시험체로는 확인 불가능한 화재특성(재료적, 구조적, 시공방법에 따른 특성 및 열방출율, 연기발생율, 패널 내외부 온도, 플래쉬오버 등)의 측정이 가능하다.

지난 제 39호 방재기술지에서는 ISO 13784-part1(소형시험)에 의한 국내 샌드위치패널의 화재특성에 관하여 열방출율(HRR:Heat Release Rate) 및 연기발생율(SPR:Smoke Production Rate)을 중심으로 논술했다.

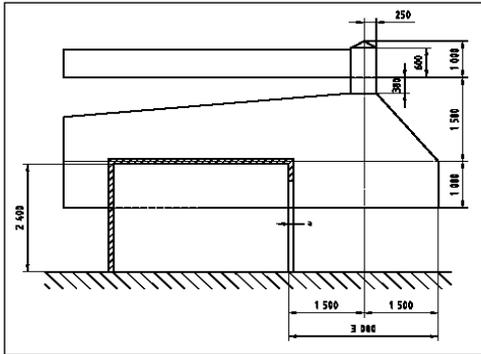
샌드위치패널은 내부와 외부가 이질적인 재료로 구성되어 있어 유기질 단열재가 심재로 쓰인 경우에는 패널 내부를 통하여 화염이 전파되는 것으로 알려져 있다. 그렇다면, 재료에 따라 혹은 위치에 따라 어느 정도로 화염이 전파되는지, 내부 온도는 어느 정도까지 상승하는지 알아보는 것도 샌드위치패널의 화재특성을 확인하는데 중요한 일이라 사료된다.

그러한 맥락에서 본 논문에서는 지난 논문의 연장으로써 ISO 13784-part1(소형시험)에 의한 샌드위치패널 화재 시험의 온도 특성에 대하여 알아보고자 한다.

2. ISO 13784-part1 시험 방법

2.1 개요

ISO 13784-part1 화재 시험 방법에서는 샌드위치패널 구조물 시험체를 [그림 1]과 같이 외부 차단막이 있는 배기 후드 아래에 설치하고, 시험시 샌드위치 패널 시스템의 결합 부분과 구조물의 개구부에서 발생하는 모든 연기와 뜨거운 가스를



(a) 단면도



(b) 시험 장치 모습

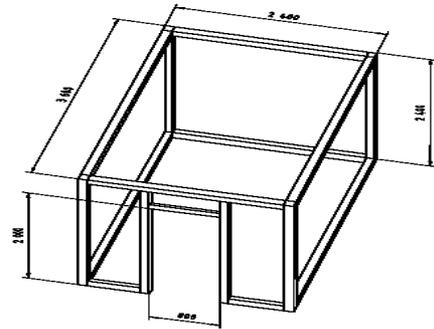
[그림 1] 샌드위치패널 화재시험장치(소형시험)

<표 1> 시험체 내부치수

종류	치수
길이	(3.6±0.05) m
폭	(2.4±0.05) m
높이	(2.4±0.05) m

<표 2> 시험체 출입구의 크기

종류	치수
폭	(0.8±0.01) m
높이	(2.0±0.01) m



[그림 2] 시험체 골조

95% 이상 포집할 수 있도록 한다. 이후 포집된 연기 및 가스를 샘플링관을 통하여 채취하고, 가스분석기 및 연농도 분석기를 사용하여 제시된 계산식에 따라 열방출율 및 연기발생율을 측정한다. 한편 시험시 시험체를 구성하는 각 패널의 중앙위치에 철판 및 내부심재에 열전대를 설치하여 온도를 측정하고, 그 외 시험체 중앙부 바닥에는 열류계를 설치하여 열류량을 측정한다.

2.2 시험체

ISO 13784-part1에서는 골조형과 자립형의 두 가지 형태의 시험체를 소개하고 있으나, 본 논문에서는 골조형에 국한하여 시험 및 결과를 나타내기

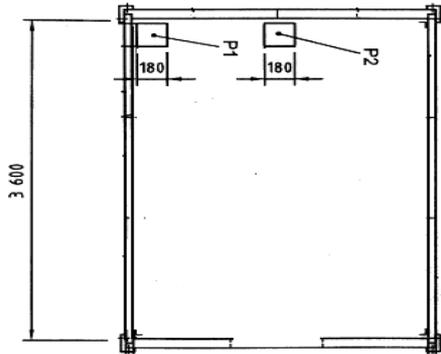
로 한다.

화재시험시 결합부나 시공마감 등에 의한 영향을 확인하기 위하여 시험체를 구조 재료와 연결부, 고정부 등의 모든 부분들이 실제 현장에서 시공되는 것과 동일하게 설치하였다. 화재실 시험체 크기는 [표 1]과 같다.

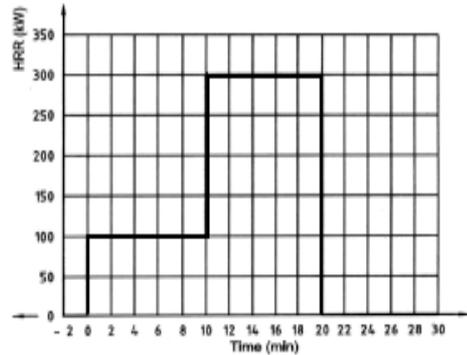
2.3 가열방법

화재시험에서 착화원은 모래 등 불연성 재료의 다공성 충전물을 사용한 사각형 프로판 가스버너로 [그림 3]의 P2위치에 설치한다.

프로판의 순 열량값에 의한 버너 열량은 시험 실시 후 10분 동안 100kW로, 다음 10분 동안에는



[그림 3] 착화버너 설치위치



[그림 4] 경과시간별 착화버너 가열열량

300kW로 가열하며, 나머지 10분 동안 가열없이 관찰한다. 가열열량은 [그림 4]와 같다.

2.4 온도측정

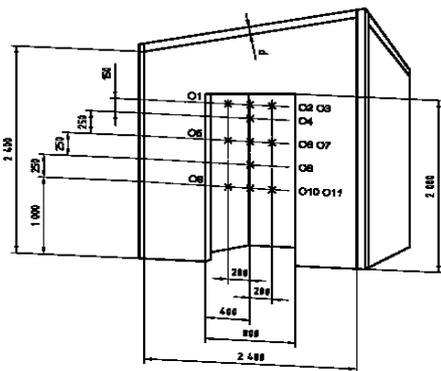
시험시 측정사항은 열방출율(HRR:Heat Release Rate) 이외에, 연기발생율(SPR:Smoke Production Rate), 시험체 내외부(정면, 옆면, 배면 및 천장의 내외부)에서의 온도 및 시험체 내부에서의 열류량 등이 있다.

지난 제 39호 방재기술지에서는 일반적으로 플래쉬오버(Flash over)의 판단이 열방출율로 가능하며, 화재시험시 가장 두드러지게 관찰될 수 있기 때문에, 산소 및 이산화탄소의 농도측정을 통한 열

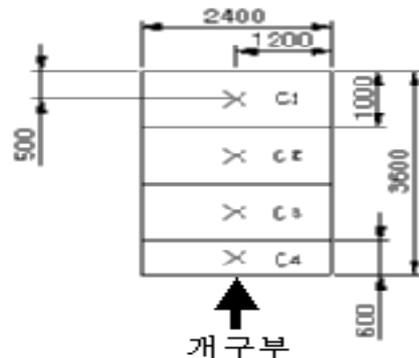
방출율의 분석에 초점을 맞추어 기술하였다. 또한 화재시 인명피해가 연기로 인해 대부분 발생하므로, 연농도 분석기를 통한 연기발생율에도 중점을 두어 기술하였다.

반면, 화재시험에서의 온도는 시험체의 연소방향, 온도, 내외부 상태 등을 확인할 수 있는 인자로서, 본 논문에서는 시험시 시간에 따른 각 패널의 온도특성을 알아보려고 한다.

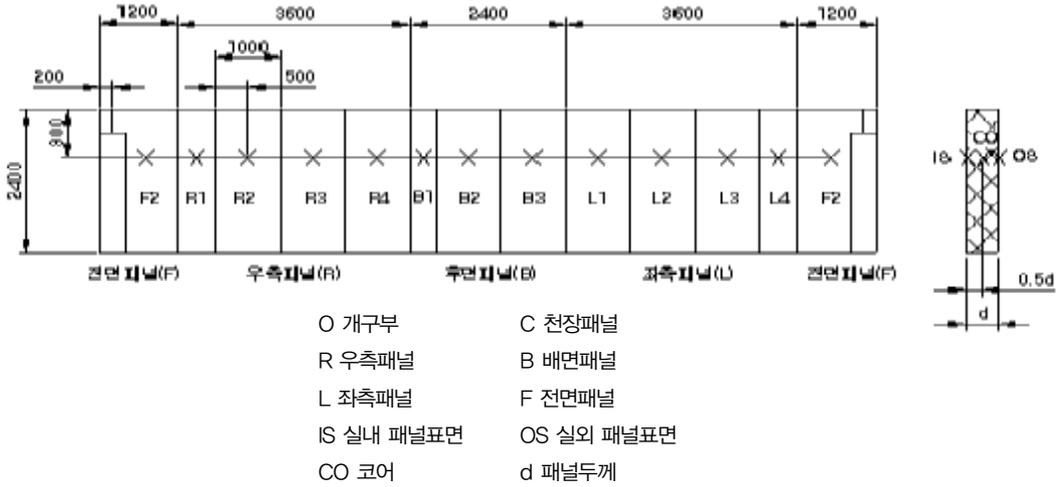
열전대는 각 패널의 내부 표면(OS:outside), 외부 표면(IS:inside) 및 코어내부(CO:core)에 설치하고, 코어내의 화염 전파가 관측될 수 있도록 실외측에서 실내측으로 설치하였다. 벽판패널의 열전대는 [그림 7]과 같이 바닥에서 상부로 놓지점에 위치하고, 천장패널의 열전대는 [그림 6]과 같이



[그림 5] 개구부 열전대 위치



[그림 6] 천장패널위치 및 열전대 위치



[그림 7] 벽패널 및 열전대 설치위치

설치한다.

또한 개구부에는 [그림 5]의 문개구부 표시 위치 중 상부 3개 지점(O2, O6, O10)에 열전대를 설치하였다.

패널의 외부 표면에 설치되는 열전대는 패널의 표면과 접촉하는 접점이 있어야 한다. 표면 온도 측정을 위해 동판 열전대를 사용하였으며, 내부 심재 온도 측정을 위해서는 K 타입(chromel/al umel) 스테인리스 스틸 외장 열전대를 사용하였다.

3. ISO 13784-part1 시험

3.1 교정

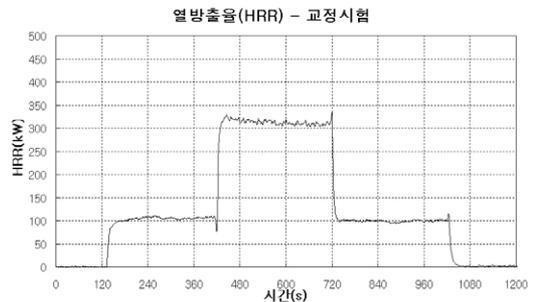
교정은 후드 아래 1.2m에 위치한 프로판가스버너로 [표 3]에 따른 유량을 투입한 후, 점화하여 발생한 연소가스를 후드에서 포집하여 측정덕트에서 측정된 가스분석에 의해 산출된 열방출율과 비교하였다. 비교 결과, 측정에 의한 산소소비량과 실제 가스투입량으로 계산된 열방출율의 차이가 5%를 초과하지 않아 규정에 적합하였다.

3.2 시험

본 연구에서는 국내에서 생산된 5종의 샌드위치패널을 ISO 13784-part1(소형시험) 시험 방법에 의해 시험하였으며, 그 종류 및 두께 등은 [표 4]와 같다.

[표 3] 버너 열방출율 교정기준

경과시간(분)	교정 열방출율(kW)
0~2	0
3~8	100
8~13	300
13~18	100
18~20	0



[그림 8] 교정시험 열방출율

[그림 9]는 Glass Wool 패널의 시험 모습을 나타내고 있으며, [그림 10]은 EPS 패널의 시험모습을 나타내고 있다.

〈표 4〉시험체 종류

시험체명	두께(mm)	단열재종류	밀도(kg/m ³)
A	75	Glass Wool	64
B	75	Mineral Wool	48
C	75	EPS	15
D	75	PIR	50
E	75	PUR	40

내고 있다. EPS 패널 시험체는 580초, PUR 패널 시험체는 850초에 플래시오버(Flash over)가 일어났음을 감안하면, 그림의 온도 분포가 뚜렷하게 그 현상을 반영하고 있음을 확인할 수 있다. 다만 플래시오버(Flash over) 시간과 온도 상승 시간 사이에 약간의 지연시간이 존재하고 있음을 확인할 수 있다.

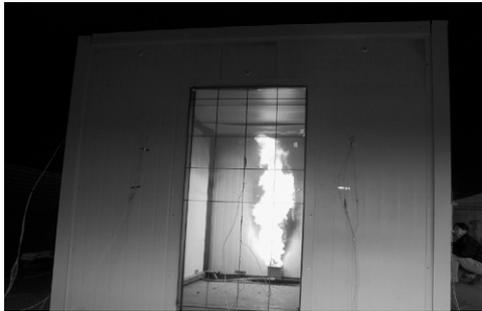
최고온도는 EPS 패널의 경우 740℃, PUR 패널의 경우 460℃, 그 외의 패널에서는 300℃ 정도를 나타내고 있다. 플래시오버(Flash over)가 일어나지 않은 Glass wool, Mineral wool, PIR패널의



a) 시험전



b) 100kW 시험중



c) 개구부 화염 분출 모습(플래시오버)



d) 시험후

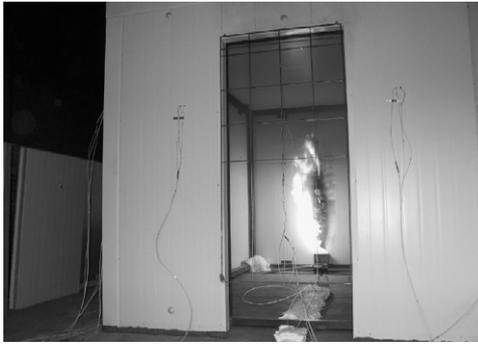
[그림 9] Glass Wool 패널 시험 모습

4. 시험결과 및 분석(온도)

4.1 개구부 온도

[그림 11]은 시험체별 개구부(O2)의 온도를 나타

경우는 세 가지 시험체가 거의 동일한 온도 분포를 보이고 있으나, 플래시오버(Flash over)가 일어난 EPS패널과 PUR패널의 경우에는 급격한 온도 상승이 나타나고 있다. 시험시 안전을 위하여 플래시오버 시점에서 소화시킨 것을 감안하면 온도는 더



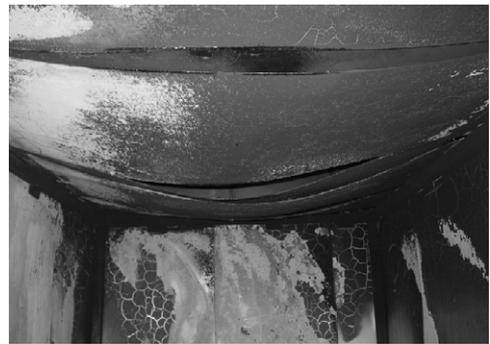
a) 100kW 시험중



b) 100kW 시험중 우측패널 모습

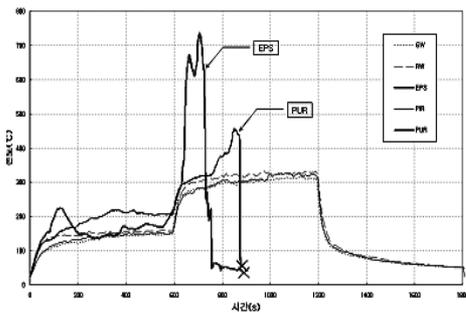


c) 개구부 화염 분출 모습(플레쉬오버)



d) 시험후

[그림 10] EPS 패널 시험 모습



[그림 11] 개구부 (O2) 온도

상승할 것으로 예측된다.

4.2 시험체 재료별 천장온도

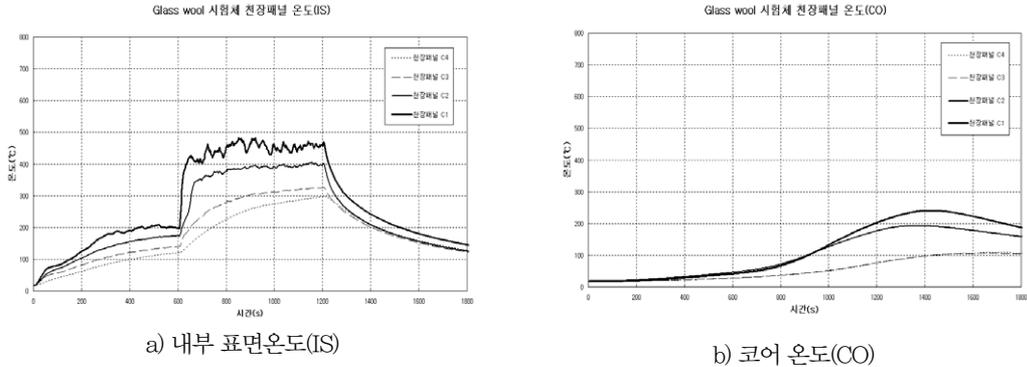
각 부위 화재온도 상승의 특성은 화염의 전파경로 및 연소정도, 패널사이 결합부의 벌어짐과 같은

현상을 확인하고 예측하는데 유용하게 사용될 수 있다.

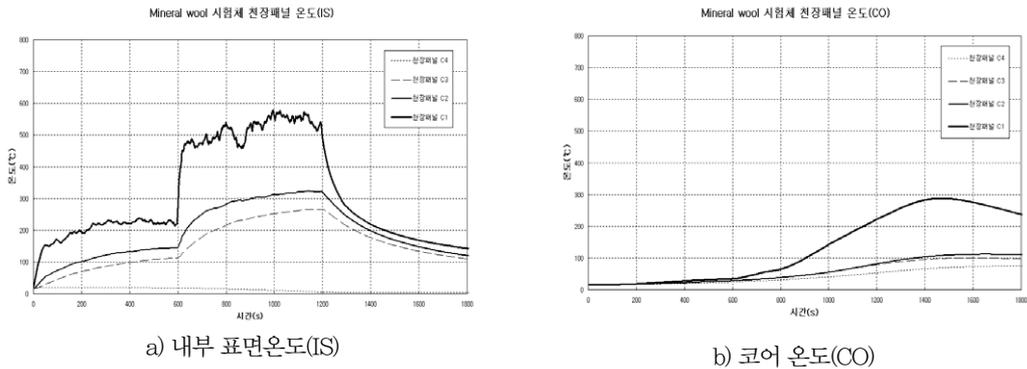
화재온도는 시험체의 각 패널 중앙부에 바닥으로부터 놓지점에 각각 3개씩(내부 표면, Core, 외부 표면)의 열전대를 설치하여, 시험시 2초 간격으로 지속적으로 측정하여 기록하였다.

ISO 9705 및 ISO 13784 시험방법 제정의 기본이 되었던 NFPA 265(직물 벽피복재의 실내 화재성장 기여도 평가를 위한 화재시험 방법)에서는 플래시오버(Flash over)의 지표를 다음 4가지 조건 중에서 2가지만 충족되면 발생하는 것으로 판정하고 있다.

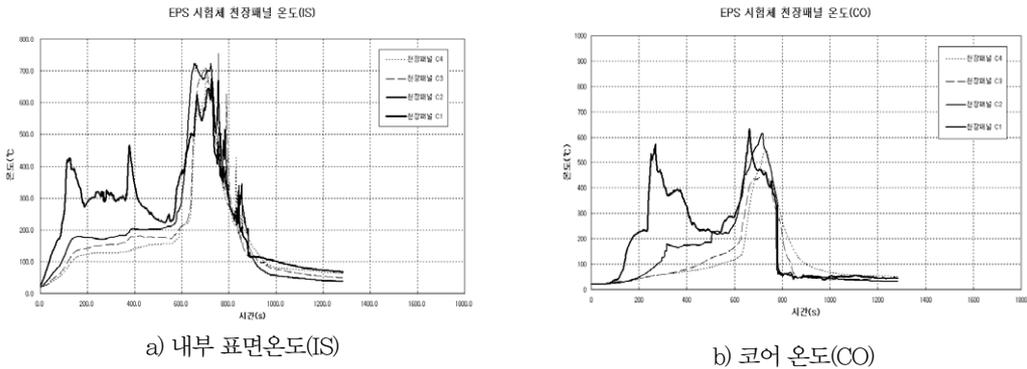
- a) 바닥의 열유동이 25kW/m^2 이상
- b) 상부 공기 평균온도가 650°C 를 초과
- c) 화염이 문밖으로 분출
- d) 바닥에 놓은 종이에서 자연발화 발생



[그림 12] Glass wool 패널 천장패널 온도



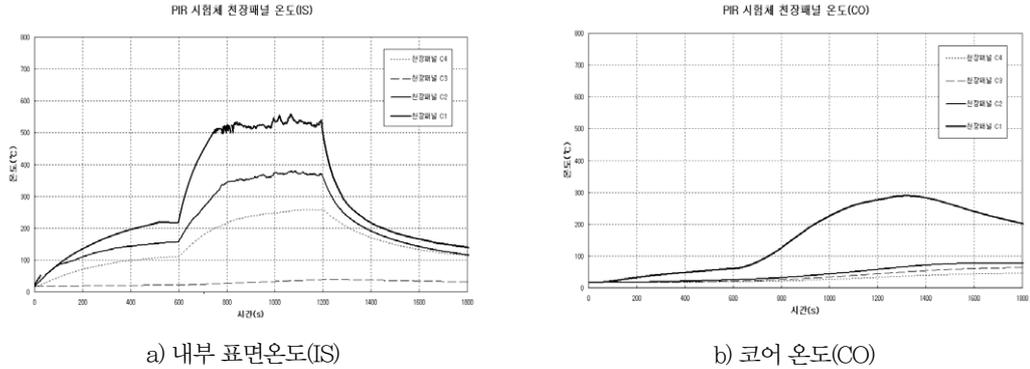
[그림 13] Mineral wool 패널 천장패널 온도



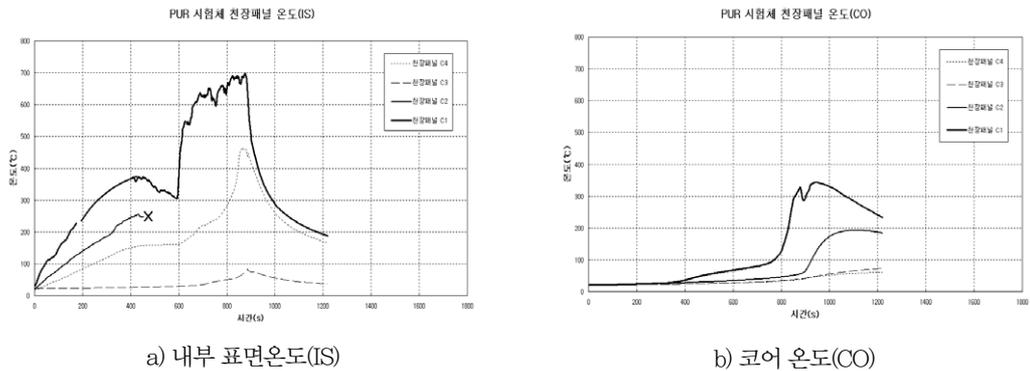
[그림 14] EPS 패널 천장패널 온도

물론 NFPA 265와 ISO 13784는 시험 방법 및 버너의 열출력 등에서 다른 점이 많지만, 화재실 내부의 상부 공기온도를 플래쉬오버(Flash over)의 지표로 설정하였다는 점에서 본 시험의 온도를 분석해 보는 것이 중요하다 할 수 있다.

[그림 12]에서 [그림 16]에서는 5종의 샌드위치패널 화재시험에 대한 천장패널 내부 표면온도(IS) 및 코어온도(CO)를 나타내었다. 한편, 외부 표면 온도(OS)는 외기의 영향으로 온도가 균일하게 측정되지 않아 분석에서 제외하였다.



[그림 15] PIR 패널 천장패널 온도



[그림 16] PUR 패널 천장패널 온도

천장 패널 내부 표면온도(IS)는 버너 열출력 변화(10분간 100kW, 이후 10분간 300kW)에 따라 온도가 상대적으로 변화되는 것을 확인할 수 있었으나, 코어온도(CO)는 급격하게 변화하지 않았다. 버너의 위치를 기준으로 하면 버너 상부의 천장패널이 C1이고, 버너에서 멀어지는 방향으로 C2, C3, C4 패널이 위치하고 있다.(그림 4, 그림 7 참조) 그에 따라 내부 표면온도(IS)도 대체로 C1, C2, C3, C4의 순으로 높은 온도 분포를 보이고 있다.

심재에 따른 시험체의 천장온도는 2개군으로 뚜렷이 나뉘어 지는데, 첫 번째는 Glass wool, Mineral wool, PIR 패널 시험체로서 플래쉬오버(Flashover)가 일어나지 않은 군이고, 두 번째는 EPS, PUR 패널 시험체로서 플래쉬오버(Flash over)가 일어난 군이다. 이들은 각각 비슷한 성향

을 나타내고 있다.

먼저 Glass wool, Mineral wool, PIR 패널의 내부 최고 표면온도(C1패널-IS)는 0~10분간(100kW)에는 최고 200℃ 정도, 10~20분간(300kW)에는 450~550℃의 분포를 거의 동일하게 보이고 있다. ISO 13784 시험에서 플래쉬오버(Flash over)가 일어나지 않았을 경우, 내부 최고 표면온도 또는 내부 공기 최고 온도는 대략 위에서 서술한 정도가 되리라는 것을 유추할 수 있다.

EPS 패널에서는 내부 최고 표면온도(C1패널-IS)가 0~10분간(100kW)에는 470℃(약 400초)에 도달하였고, 플래쉬오버(Flash over) 시간인 580초에서 20초 정도 이후 급격히 상승한 것을 확인할 수 있다. 그래프에서는 최고 720℃정도를 기록 하였으나, 시험시 안전을 위하여 플래쉬오버 시점

에서 소화하였으므로 내부온도는 더 상승할 것으로 판단된다.

PUR 패널에서는 내부 최고 표면온도(C1패널-IS)가 0~10분간(100kW)에는 370℃(약 420초)에 도달하였고, 플래시오버(Flash over) 시간인 850 초를 전후로 약 700℃를 기록하였다. EPS 패널과 비교해보면 EPS 패널에서는 플래시오버시 온도가 급격히 증가하지만, PUR은 온도 상승이 완만하고 꾸준하게 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 각 시험체의 연소특성과도 무관하지 않은 것으로 판단된다.

천장패널 코어 온도(CO)를 비교하였을 경우에는 다음과 같은 사항을 확인할 수 있었다.

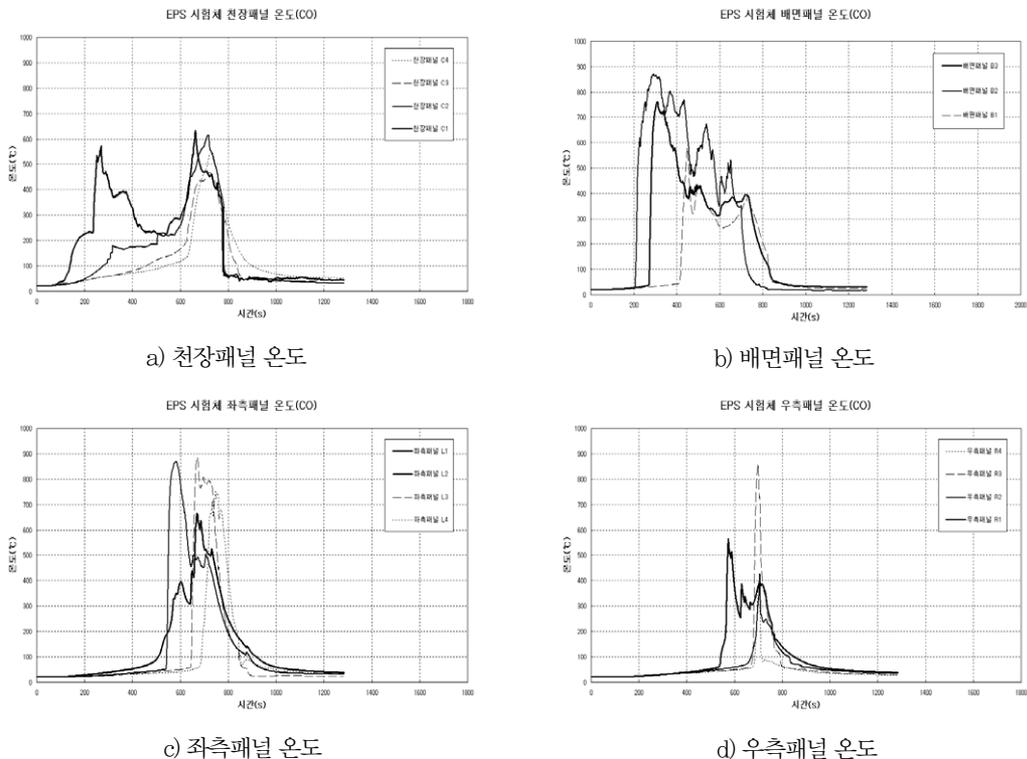
플래시오버(Flash over)가 일어나지 않은 Glass wool, Mineral wool, PIR패널의 경우, 코어 온도는 화염에 직접적으로 노출되지 않았기 때

문에 표면에 비하여 상대적으로 천천히 증가하고, 또한 천천히 감소하는 경향을 나타내었다.

그러나, EPS 패널 시험체의 온도 분포는 시험 시작과 동시에 급격히 상승하는 경향을 보이는데, 이는 내부 단열재가 화염에 노출되어 연소 중이거나 연소되었기 때문으로 판단할 수 있다. PUR 패널 시험체의 경우는 플래시오버(Flash over)가 일어나는 850초 이후에 온도가 급격히 상승하는 경향을 보이고 있다. 다만, 위에서 언급한 바와 같이 안전을 위하여 소화하였으므로 온도가 더 이상 상승하지 못하고 감소한 것으로 판단된다.

4.3 EPS 패널 시험체의 코어온도(CO)

샌드위치패널의 화재에서 심재가 가연성 재질일 경우, 화염이 내부에서 진행되어 진화에 어려움을

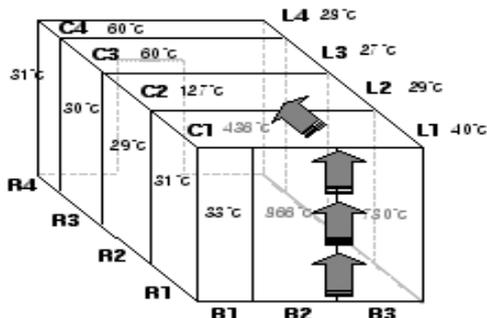


[그림 17] EPS 패널 코어 온도

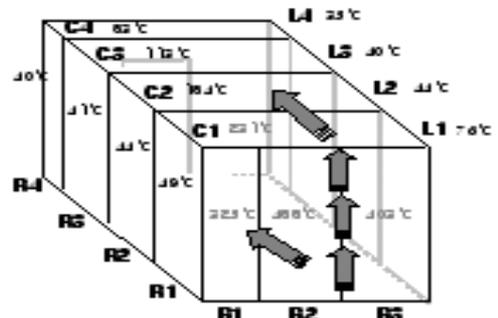
〈표 5〉 EPS 패널 코어 온도(CO)

단위 : °C

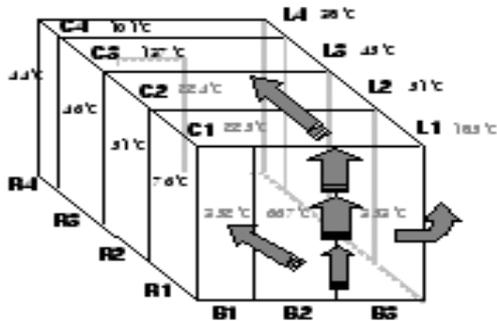
시간(s)		60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840
천장 패널	C1	23.0	53.8	212.8	364.0	435.7	392.0	262.9	231.3	224.8	288.4	604.6	453.7	81.2	56.8
	C2	22.2	27.5	41.2	71.7	127.1	165.6	175.5	184.1	223.9	259.3	473.5	609.4	345.6	60.8
	C3	23.8	32.7	37.6	51.0	59.7	70.9	86.3	113.3	136.6	166.9	394.1	466.7	291.6	88.3
	C4	22.5	28.2	39.9	50.8	59.7	66.9	74.4	83.4	101.4	118.9	309.8	531.1	343.9	172.0
우측 패널	R1	21.2	21.7	23.5	26.7	31.0	36.0	41.6	49.4	75.6	371.6	293.6	380.5	164.2	106.9
	R2	21.0	21.5	23.2	25.9	29.4	33.6	38.6	44.1	50.8	58.9	80.2	236.6	145.1	74.2
	R3	21.1	21.6	23.3	26.3	29.7	33.4	37.2	41.2	45.6	50.6	59.1	378.0	120.0	54.2
	R4	21.1	21.9	24.4	27.7	30.8	33.8	37.0	40.3	44.0	48.1	54.9	82.7	69.0	53.2
좌측 패널	L1	21.6	22.8	27.1	32.9	39.5	47.3	57.0	75.7	184.8	395.0	496.7	502.1	303.7	180.0
	L2	20.4	20.7	22.0	24.8	28.7	33.3	38.1	43.5	52.1	794.0	497.6	467.6	245.1	131.0
	L3	20.5	20.7	21.6	23.7	26.7	30.3	34.4	39.6	44.7	50.4	732.7	792.1	278.6	129.1
	L4	20.5	21.1	22.7	25.2	27.6	29.9	32.3	35.2	38.4	42.3	52.9	614.4	599.0	183.0
배면 패널	B1	21.0	21.9	23.9	27.8	33.0	38.9	131.0	324.6	352.3	268.2	285.1	367.6	265.3	58.5
	B2	21.1	21.4	24.1	683.5	866.1	767.6	743.4	487.8	667.0	389.7	431.2	140.2	38.1	19.6
	B3	21.0	21.6	25.3	32.4	729.9	645.0	446.1	403.4	353.4	314.3	384.8	395.1	204.3	68.1



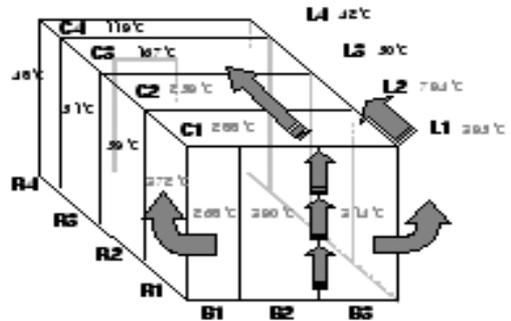
a) 5분 경과



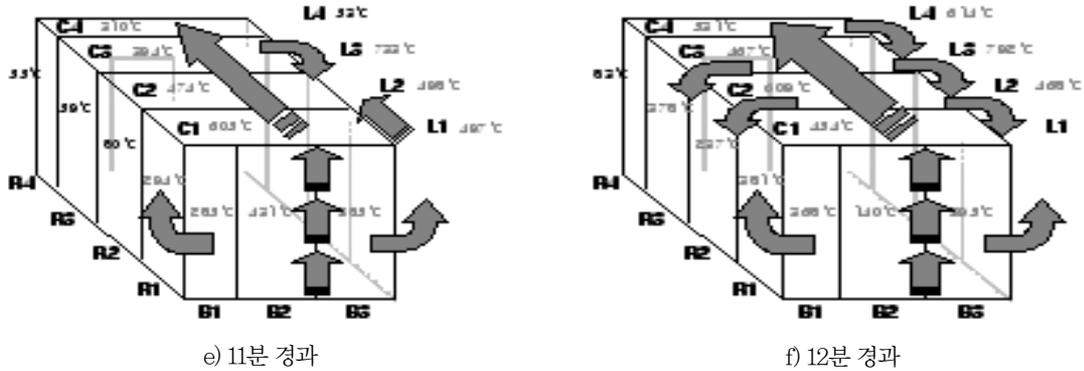
b) 8분 경과



c) 9분 경과



d) 10분 경과



[그림 18] EPS 패널 화염 전파 방향 및 각 패널 코어 온도

겪는 경우를 볼 수 있다.

화재시험시 코어의 온도를 시험시간동안 모니터링하는 이유는 그러한 상황을 확인하기 위함이다. 그러므로, [그림 17]의 EPS 패널 시험체의 코어 온도를 분석하여 내부로의 화염이 어떠한 방향으로, 또는 어느 정도의 온도로 진행되는지 확인하였다.

EPS 패널에서는 내부 심재의 연소가 심하게 이루어졌으므로, 온도 분포에 의한 연소 방향 및 이 동시간 등을 확인할 수 있었다.

[표 5]에는 각 패널의 위치 및 시간에 따른 EPS 패널 코어 온도를 60초 간격으로 나타내었는데, 면적이 짙은 색일수록 높은 온도를 나타낸다. 화원에서 가장 가까운 배면패널 B2와 B3는 240초에서 300초 사이에 급격히 연소되기 시작하였고, 이후 연소정도가 감소하는 경향을 나타내었다. 천장패널은 화원에서 가까운 C1부터 연소되어 C2, C3, C4로 확대되어 가는 경향을 나타내었으며, 연소정도도 각각 증가하였다. 좌측패널 L1은 시간에 따라 온도가 상승하여 배면패널 B1을 통하여 화염이 전파된 것으로 판단되었으나, L2, L3, L4는 600초부터 급격히 연소되었다. 이는 천장패널의 화염이 하부로 전파되었기 때문인 것으로 판단된다.

EPS 패널 시험체의 플래시오버(Flash over) 발생 시간이 580초이고, 30초 이후에 소화시킨 것을 감안하면, 패널 내부의 연소는 2분에서 3분간 지

속되어 약 800초 정도에 연소정도가 감소하여 소화된 것으로 판단된다.

[표 5]의 온도를 시험체에 투과시켜 [그림 18]에 나타내었다. 각 패널에는 시간별 온도를 표시하였고, 화살표는 화염의 전파 방향을 나타내었으며, 온도의 높고 낮음은 화살표 쪽으로 대략적으로 나타내었다. 이에 따르면 연소방향 및 연소정도를 대략적으로 판단할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 ISO 13784-part1 시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 플래시오버(Flash over)가 일어나지 않은 Glass wool, Mineral wool, PIR패널 시험체의 개구부(O₂) 온도는 약 300℃, 플래시오버(Flash over)가 일어난 EPS패널 시험체는 약 740℃, PUR 패널 시험체는 약 460℃의 온도를 나타내었다. 한편, 개구부의 온도는 플래시오버(Flash over) 현상을 뚜렷이 반영하였다.

2. 플래시오버(Flash over)가 일어나지 않은 Glass wool, Mineral wool, PIR 패널의 내부 최고 표면온도(C1패널-IS)는 0~10분간(100kW) 최

고 200℃ 정도, 10~20분간(300kW) 450~550℃ 의 분포를 나타내었다.

3. EPS 패널은 0~10분간(100kW) 내부 최고 표면온도(C1패널-IS)가 470℃(약 400초)에 도달하였고, 플래쉬오버(Flashover) 발생 시간인 580초에서 20초 정도 이후 급격히 상승하여 최고 720℃정도를 기록하였다.

4. PUR 패널에서는 0~10분간(100kW) 내부 최고 표면온도(C1패널-IS)가 370℃(약 420초)에 도달하였고, 플래쉬오버(Flashover) 발생 시간인 850초를 전후로 약 700℃를 기록하였다.

5. 천장패널 코어 온도(CO)는 플래쉬오버(Flash over)가 일어나지 않은 Glass wool, Mineral wool, PIR패널 시험체의 경우, 표면 온도에 비하여 상대적으로 천천히 증가하였고, 천천히 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나, EPS패널 시험체는 시험 시작과 동시에 천장패널 코어 온도(CO)가 급격히 상승하는 경향을 보이고, PUR패널 시험체의 경우는 플래쉬오버(Flash over)가 발생한 850초 이후에 급격히 상승하는 경향을 보였다.

6. 화재시험시 코어의 온도를 분석하여 EPS 패널의 연소 방향, 시간별 온도 및 온도 변화 등을 확인할 수 있었다.

6. 맺음말

본 연구에서 수행한 ISO 13784-part1 시험방법을 통한 샌드위치패널의 화재특성 연구로 열방출율, 연기발생율, 온도, 화염 진행방향 예측 등 샌드위치패널의 화재특성을 확인할 수 있었다.

특히 샌드위치패널 화재시험시 측정온도는 화재 시뮬레이션 프로그램 데이터와의 비교 데이터로

사용되거나, 입력값으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. **FILK**

[참 고 문 헌]

1. 건물내부 마감재 성능규정의 적정성 및 PIR패널 난연성능에 관한 연구, 대한건축학회, 2002
2. NFPA 265 직물 벽피복재의 실내 화재성장 기여도 평가를 위한 화재시험 방법
3. KS F 2271 건축 내장재료 및 공법의 난연성시험 방법, 1999
4. KS F ISO 5660-1 연소성능시험 - 열방출, 연기 발생, 질량감소율 - 제1부 : 열방출률(콘칼로리미터법)
5. ISO 9705 Fire tests-Full-scale room test for surface products, 1993
6. ISO 13784-1 Reaction to fire tests for sandwich panel building systems- Part1:Test method for small rooms, 2002
7. prEN 13501-1 Fire classification of construction products and building elements- Part1:Classification using test data from reaction to fire tests, 2000
8. 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
9. European system of classification for construction products, Fire safety engineering, March 2001, 6p~9p