

스티로폼 패널의 화재 안전성 연구

권오상[†] · 유용호^{*} · 김홍열^{**} · 김정현^{****}

한국건설기술연구원 화재안전연구실

A Study on the Fire Safety of Expanded Poly-Styrene Foam Panel

Oh-Sang Kweon[†] · Yong-Ho Yoo^{**} · Heung-Youl Kim^{***} ·

Jung-Hyun Kim^{****}

Korea Institute of Construction Technology

요 약

현재 국내의 주요 샌드위치패널 화재안전성능 평가방법에는 Cone calorimeter (연소성능) 및 가스유해성 시험방법이 있지만 샌드위치패널의 경우 불연재질 속 심재의 연소특성을 측정하여 실제 화재에서의 연소거동을 예측하기가 쉽지 않다. 따라서, 본 연구에서는 스티로폼 패널의 화재 안전성 연구를 위해서 ISO 9705 시험(Room Corner Test)을 실시하였다. 실험결과 두 시편 모두 시험이 진행되고 약 12분 정도, 버너의 열량이 100 kW에서 300 kW로 진행되는 시점에서 천정부가 붕괴되어 스티로폼 샌드위치 패널의 구조적인 문제점이 발생되었다. 스티로폼 샌드위치 패널은 내부 심재에 화염이 전파되었을 경우 급속한 화염의 전파 속도로 인해 구조적인 문제점을 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 향후 이와 같은 스티로폼 샌드위치 패널의 실물 화재 시험에 따른 연구 결과들이 화재안전성능 등급 분류 기준 설정에 사용될 수 있을 것이다.

1. 서론

국내 처음으로 샌드위치패널이 도입된 시기는 1980년대 초반이다. 초기 샌드위치패널은 지금처럼 광범위하게 사용되지 않고 제품의 단열성능이 요구되는 식품 및 물류 창고 등 특수한 용도에 소규모로 사용되었다. 이 후 국내 건설산업의 활황과 건축자재 수요 증가 및 재료의 단열성능에 대한 관심이 높아지면서 샌드위치패널의 수요가 큰 폭으로 증가되어 왔다. 샌드위치패널의 기본 구성은 단열용 심재와 양쪽으로 붙여진 강판으로 이루어져 있으며, 단열재(심재)의 종류로는 스티로폼, 우레탄폼, 그라스울 및 미네랄울 등이 있고 표면재인 강판의 경우 두께가 0.4 mm~0.5 mm 인 도장용융아연도금강판이 주로 쓰이고 있다. 샌드위치패널 생산업체가 제공한 자료에 의하면 샌드위치패널 시장규모는 2006년 기준으로 약 151,554 천 m²로 추정되고 시장점유율은 스티로폼 73%, 그라스울 17%, 우레탄폼 9%, 연간 시장규모는 1조 5천억원~3조원으로 추정되고 있다¹⁾.

국내에서 샌드위치패널과 관련된 화재사고와 인면피해가 지속적으로 발생하면서 2006년 11월 건설교통부고시(2006-476)를 통해 내부마감재료에 대한 난연등급(불연, 준불연,

난연재료)제를 도입하여 용도별, 규모별로 샌드위치패널의 사용을 규제하고 있다. 그러나 이천 냉동창고 화재(2008.01 / 2009.01) 및 대조동 나이트클럽 화재(2008.08) 사고 등 샌드위치패널 구조물의 화재사고로 인한 많은 인명 및 재산피해가 잇달아 발생하고 있으며, 국내 샌드위치패널 관련 한국산업표준규격(KS F 4724 - 건축용 철강제 벽판, KS F 4731 - 건축용 철강제 지붕판 등)의 화재안전 성능 기준의 변화에 따라 기존 실험실의 소규모 시험방법 및 평가기준을 벗어나 샌드위치패널의 실제 화재현상을 재현할 수 있는 실규모 화재안전 성능기준 및 시험방법의 제정의 필요하게 되었다. 따라서 본 연구에서 국제시험 규격인 ISO 9705 시험법(Room Corner Test)에 의해 국내에서 많이 사용되고 있는 스티로폼 샌드위치 패널의 화재 특성에 대한 실규모 화재 시험을 실시하였다²⁾.

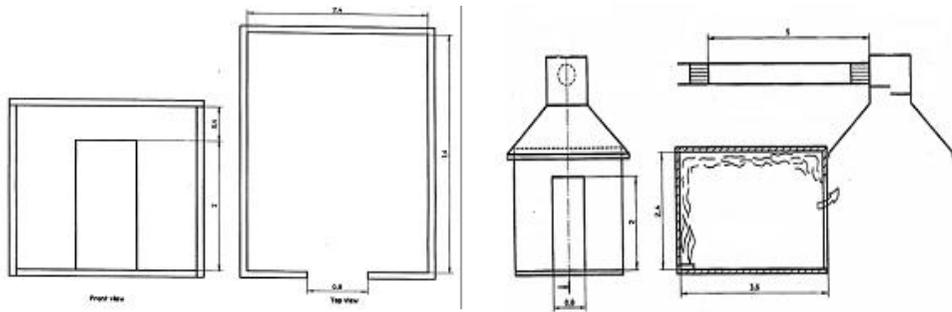
2. 시험방법

ISO 9705 시험법에서는 <표 2.1>에 나타난 바와 같이 시편의 크기와 표준 가열원으로 사용되는 버너, 가열강도, 후드, 덕트의 사양 등을 규정하고 있으며, 이에 따라 샌드위치 패널을 조립하여 내부의 한 모서리에 직접 불꽃을 노출시켜 조립체의 화재 거동을 평가한다.

<표 2.1> ISO 9705 시험 평가 방법

시편크기	<ul style="list-style-type: none"> · 2.4×3.6×2.4의 room에 시편설치 · 개구부 : 0.8×2.0 · 재질 : 불연재료 · 두께 : 20mm 이상
가열원(버너)	<ul style="list-style-type: none"> · 모래(2~3mm), 자갈(4~8mm) · 170×170×145(내부) · 프로판 · 시편과 접촉(5mm) · 높이 : 300mm
가열강도(kW)	<ul style="list-style-type: none"> · 100(10분), 300(10분)
후드	<ul style="list-style-type: none"> · 3×3 m
덕트	<ul style="list-style-type: none"> · 5m 이상, 지름 : 0.4m · Exhaust : 3.5m³/s · Doorway : 0.5 m/s

시험법에서는 공기의 흐름이 원활히 진행되는 조건 하에 출입문이 1개만 있는 소규모 공간의 구석에서 직접 불꽃을 노출시키는 방식을 명시하고 있으며 소규모 공간 즉, 화재 시험실은 <그림 2.1>에 나타난 바와 같이 3.6m(W)×2.4m(L)×2.4m(H)로 정하고 각각의 ±0.05m의 오차범위를 갖는다. 화재 시험실은 반드시 출입구를 제외한 외부에서의 공기 유입이 없어야 하며, 발생하는 가스를 포집하는 후두는 시험실의 출입구 앞에 2m 위 중앙에 설치된다. 배기 덕트에서 가스를 포집하기 위한 용량은 정상 압력에서 3.5 m³/s 이상을 확보해야 한다.



<표 2.1> 화재 시험실

시험은 초기 2분 동안에는 데이터를 수집하고 그 이후 100 kW 버너 열량으로 10분, 300 kW 버너열량으로 10분 동안 진행된다. ISO 9705 시험법에서의 플래쉬오버(Flashover)에 대한 구체적인 제시는 없지만 일반적으로 사용되는 공학적 기준으로 구조체의 붕괴가 발생되거나 내부온도 600℃ 이상, Heat Flux 25 kW/m² 이상으로 진행될 때로 정하여 시험을 실시하였다³⁾.

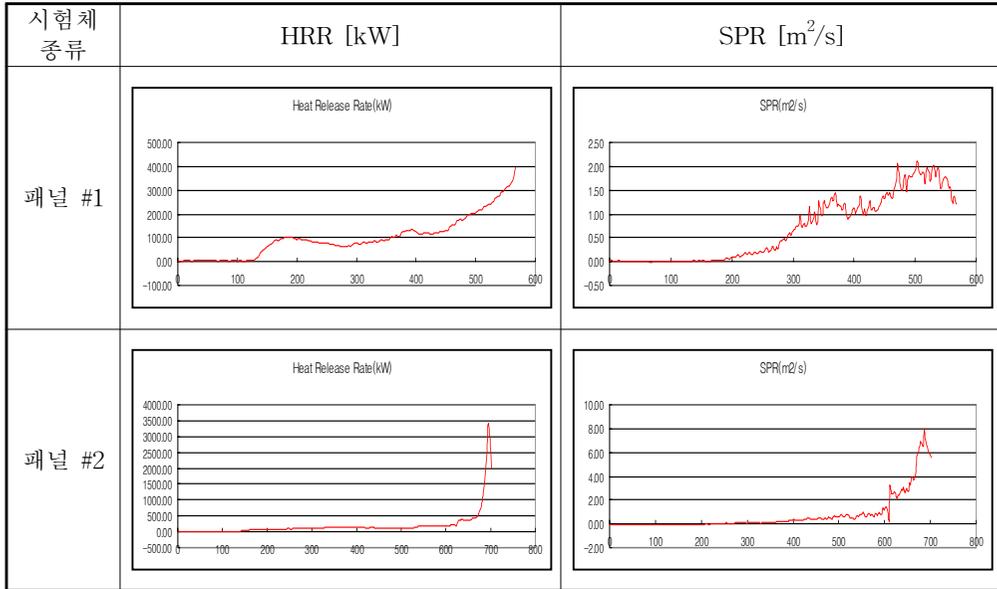
3. 실험결과

<그림 3.1>에서 스티로폼 샌드위치 패널의 설치 모습과 시험 모습을 나타내고 있다. 스티로폼 샌드위치 패널은 출입구와 바닥을 제외하고 시험실 공간 내부에 모두 설치되며, 시험체 모서리 부분에서 버너에 의해 열원이 공급된다.

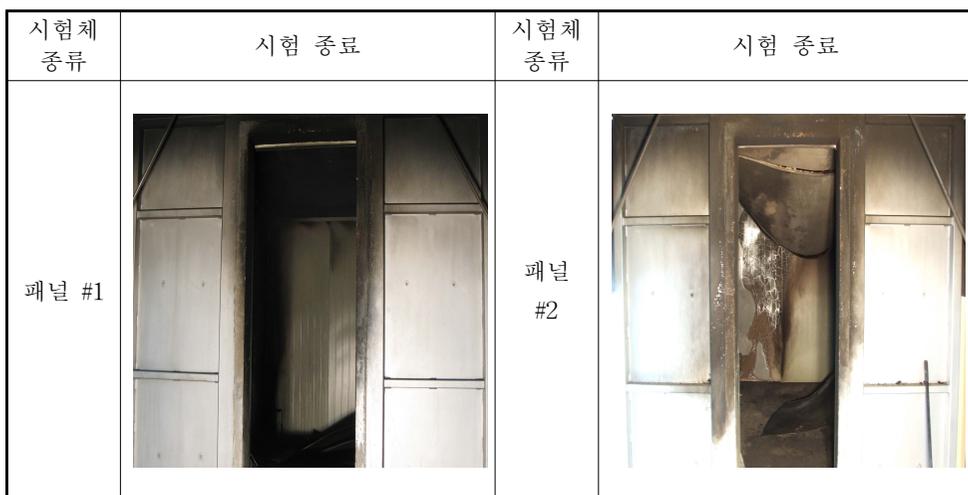
시험체 종류	시험체 설치	시험
스티로폼 샌드위치 패널 #1		
스티로폼 샌드위치 패널 #2		

<그림 3.1> 스티로폼 패널 시험 사진

<그림 3.2>에서는 ISO 9705 시험법에 의해 실시한 스티로폼 샌드위치 패널의 열방출율과 연기발생량을 나타내고 있다. 두 시험체 모두 시험이 버너 열량이 100 kW에서 300 kW로 증가되는 시점 이전에 구조체의 붕괴가 발생되어 시험을 종료하였으며, 두 번째 시험체의 경우 구조체가 붕괴되면서 화염이 급속도로 전파되어 열방출율이 최대 약 3433.3 kW를 나타내고 있다. <그림 3.3>은 시험 후의 모습을 나타내고 있으며 그림에서 구조체의 붕괴를 확인 할 수 있다.



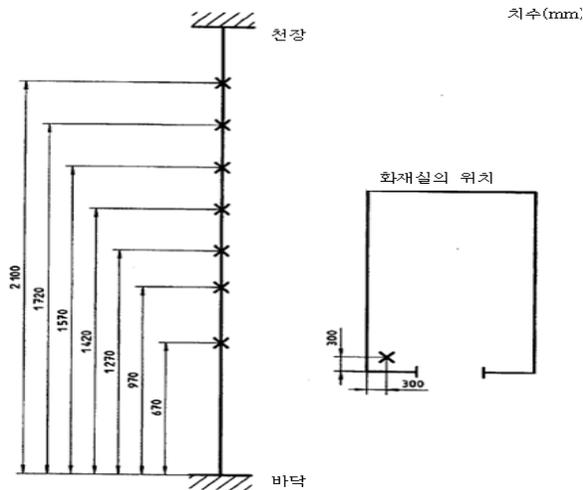
<그림 3.2> 스티로폼 패널 시험 결과



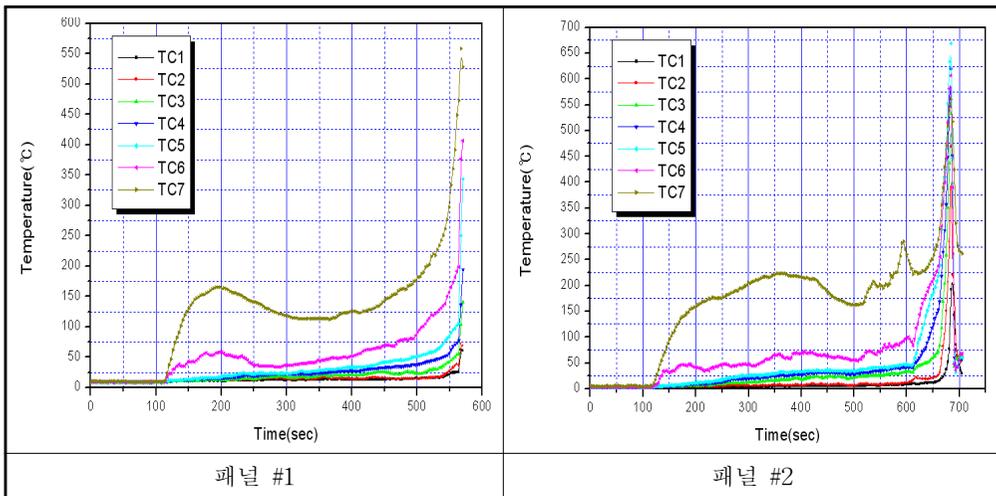
<그림 3.3> 스티로폼 패널 시험 종료 후 사진

패널 #1 은 시험 시작 약 580초 후에 천장부에서 붕괴가 발생하였다. 플래쉬오버 상황으로 정한 구조체의 자립도 부분에서 문제가 발생되고, 급격한 연소의 확대가 예측되어 시험을 조기에 종료하였다. 패널 #2 의 경우는 시험 시작 약 680초 후에 천장부와 측면에서 붕괴가 발생하였으며, 샌드위치 패널의 외부 벽체가 붕괴되면서 내부의 스티로폼에 연소가 급격히 진행되어 최대 열방출량이 약 3 MW 를 넘는 모습을 보였다.

<그림 3.4>에서는 시험실 내부에 설치되어 있는 온도 센서의 위치를 나타내고 있으며, <그림 3.5>에서는 시험실 출입구 부분에 설치되어 있는 온도센서를 통해서 측정된 온도를 나타내고 있다.



<그림 3.4> 시험실 내부 온도 센서 위치



<그림 3.5> 시험실 내부 온도

출입구에서의 온도 센서는 바닥부에서부터 TC1 ~ TC7 로 정하였으며, 온도는 바닥부에서 천장부로 증가되는 현상을 확인할 수 있었으며, 패널 #1의 경우 초기에 천장부의 붕괴가 확인되어 초기에 시험을 종료하여 연소의 확대가 일어나지 않아서 내부의 온도가 600 ℃ 이상으로 증가하지 않았으며, 패널 #2 시험체에서는 스티로폼 샌드위치 패널이 붕괴되면서 온도가 급격히 상승하여 600 ℃ 이상으로 증가하였다. 플래쉬 오버 현상이 확인되어 시험의 조기 종료 전에 측정된 온도의 최고값은 패널 #1에서는 TC 7에서 약 558.1℃, 패널 #2 에서는 TC 5에서 약 669.1℃ 로 나타났다.

4. 결 론

최근 발생하고 있는 샌드위치패널의 화재사고에 의한 인명과 재산 피해가 증가하고 있어 샌드위치패널의 실제 화재현상을 재현할 수 있는 실규모화재시험을 국제 규격인 ISO 9705 시험법에 의해 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 스티로폼 샌드위치 패널을 사용하여 실시하였다.

(1) 국내에서 2006년 11월 건설교통부고시 (2006-476)를 통해 내부마감재료에 대한 난연등급(불연, 준불연, 난연재료)제를 도입하여 용도별, 규모별로 샌드위치패널의 사용을 규제하고 있다. 그러나 개정된 내부마감재료 시험방법 및 성능기준은 소형 시험체(10×10×5 cm)를 대상으로 하기 때문에 플래쉬오버, 시험체의 붕괴, 화염확산 등 실제 화재조건에 재현이 불가능하여 선진외국에서 사용되고 있는 실규모 화재안전 성능 시험방법이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다.

(2) 본 연구에서는 샌드위치패널 등 건축용 내부마감재료에 대하여 실제 화재현상을 재현할 수 있는 실규모 화재시험방법인 ISO 9705 「Fire tests-Full-scale test for surface products」 시험법을 적용하여 롬코너시험기(Rom Corner tester)에서 스티로폼 샌드위치 패널을 사용하여 화재 시험을 실시하였다.

(3) 실험결과 두 개의 시편 모두 시험 시작 약 580~680초 사이에 구조체의 붕괴가 발생하였으며 패널 #2의 경우 구조체의 붕괴와 더불어 스티로폼에 연소가 급격히 확대되어 열방출율이 최대 약 3433.3 kW를 나타내었다. 시험실 내부 온도는 패널 #1의 경우 화염이 스티로폼 패널에 확대되기 이전에 시험을 종료하여 최대 약 558.1 ℃로 나타났으며, 패널 #2의 경우는 스티로폼 패널에 화염이 확대되어 최대 약 669.1 ℃로 나타났다. 두 시험체 모두 구조체가 붕괴되는 현상이 확인되어 시험을 초기에 종료하지 않았을 경우 본 시험결과 보다 더 큰 열방출율과 온도 증가를 보일 것이다.

본 연구결과 ISO 9705 시험법에 의한 스티로폼 샌드위치 패널의 구조체의 붕괴와 급격한 연소확대를 확인할 수 있었다. 향후 샌드위치패널 등 건축물 내부마감재료의 실규모 화재안전성능 시험방법인 ISO 9705 이외의 EN 13824, ISO 13784 등을 통한 다양한 실험결과를 바탕으로 EN 13501-1 및 Eufic Research Program 등의 선진 외국의 성능기준을 비교·분석하여 현재 사용되고 있는 성능기준을 보완하여 국내 실정에 적합한 건축물 내부마감재료의 실규모 화재안전성능 등급 분류 기준이 설정되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009 한국건설기술연구원 기본사업 “표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난 안전설계기술개발”의 지원으로 이루어졌으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 샌드위치패널 관련업체(전국판넬협회, K사, P사 등) 조사자료, 2006
2. ISO 9705 「Fire tests-Full-scale test for surface products」, 1996
3. V. Babrauskas, S.J. Grayson(1992), Heat Release in Fires, Elsevier