

[Research Paper]

경량칸막이 벽체를 통한 다중구획공간에서의 화재위험성에 관한 연구

박상민 · 최수길 · 진세영 · 김시국^{*†}

호서대학교 소방방재학과 대학원생, *호서대학교 소방방재학과 교수

A Study on Fire Hazards in Multiple Compartments with Lightweight Partition Walls

Sang-Min Park · Su-Gil Choi · Se-Young Jin · Si-Kuk Kim^{*†}

Graduate Student, Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.,

*Professor, Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.

(Received January 3, 2020; Revised January 28, 2020; Accepted February 3, 2020)

요 약

본 논문은 ISO 9705 2/5 축소모델 2개를 실내 공간구획에 사용되는 경량칸막이를 이용하여 구획 한 후 ISO 9705 시험을 재현하여 이면부로의 화재위험성에 관한 연구이다. 실험 시료는 시공 시 가장 많이 사용되고 있는 SGP 칸막이, 스티드 칸막이, 그라스울 패널, 우레탄폼 패널, 샌드위치 패널, 유리 칸막이를 선정 하였고, ISO 9705 시험 기준에 따라 버너에 점화 전 측정 장치와 데이터의 기록을 시작하여 120 s간 유지시켜 안정화를 취하고, 점화 후 600 s 동안 100 kW, 이후 600 s 동안 300 kW까지 증가하였다가 종료 후 180 s 동안 관찰하여 이면부로의 화재 위험성 및 벽체의 화재 패턴을 분석하였다. 점화원에서 발생된 열량으로 인한 최대 이면온도는 SGP 칸막이 67.7 °C, 스티드 칸막이 55.1 °C, 그라스울 패널 52.4 °C, 샌드위치 패널 727.4 °C, 우레탄폼 패널 561 °C, 유리 칸막이 630.5 °C 로 측정되었다. 샌드위치 패널과 우레탄폼 패널의 경우 내장재에 용융으로 인한 가연성 가스의 폭발 현상이 발생하였고 강화유리는 수열부와 비수열부의 온도차이로 인하여 유리가 파열되며 인접구획실로의 화재 위험성이 높은 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This paper presents the study of a fire risk to the backside of two miniatures of ISO 9705 2/5 using a lightweight partition for indoor space division and reproduction of the ISO 9705 test. An SGP partition, stud partition, glass wool panel, urethane foam panel, sandwich panel, and glass partition were selected as the test specimens, which are frequently used in construction. According to the ISO 9705 test standard, stabilization was achieved using a measuring device that recorded data before the ignition of a burner and continued recording for 120 s thereafter. After ignition was achieved, the power was increased to 300 kW for 600 s and then reduced to 100 kW for 600 s. The specimens were subsequently observed for 180 s, and the fire risk to the backside and the fire pattern of the wall unit were analyzed. Owing to the amount of heat generated by the ignition source, the maximum temperature of the backside was observed to be 67.7 °C for the SGP partition, 55.1 °C for the stud partition, 52.4 °C for the glass wool panel, 727.4 °C for the sandwich panel, 561 °C for the urethane foam panel, and 630.5 °C for the glass partition. In the cases of the sandwich and urethane foam panels, the explosion of flammable gas occurred by virtue of fusion of the interior materials. The reinforced glass was fractured owing to the temperature difference between the heat- and nonheat-responsive parts. Ultimately, the fire risk to the nearby section room was deemed to be high.

Keywords : Backside temperature, Light-weight partition, Carbonization pattern, ISO 9705

[†] Corresponding Author, E-Mail: kimsikuk@hoseo.edu. TEL: +82-41-540-5732, FAX: +82-41-540-5738

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

현대 사회에서는 건축물 공사기간을 단축하여 공사비 절감을 위해 조립식 건물 또는 방화구획 내에서 더 많은 이익을 창출하거나 다양한 콘텐츠(코인 노래방, 방탈출, DVD방, 스크린 야구장, 스크린 골프장, 멀티방 등)을 확보하기 위해 경량 칸막이를 이용한 시공은 증가되고 있지만 그에 따른 대책은 미비한 실정이다. 2014년부터 2018년까지 조립식 혹은 칸막이에서 발생한 화재 건수는 2014년에 3,411건, 2015년에 3,270건, 2016년에 3,420건, 2017년에 3,720건, 2018년에 3,650건으로, 평균 약 3,300건의 화재가 발생하였다⁽¹⁾. 특히 조립식 및 칸막이 화재는 조립식주택, 임시건축물, 불법으로 증축 및 개축되는 건축물에서 빈번하게 발생하고 있으며, 드라이비트 공법으로 시공한 스티로폼 벽체는 불에 잘 착화되어 화재 확산의 원인이 되고 있는 실정이다. 기존 건축물에 내부를 구획할 때는 가열시험 개시 후 20 min간 최고온도가 최종 평행온도를 20 K 초과하지 않는 ‘불연재’와, 가열시험 개시 후 10 min간 최대 열 방출률이 200 kw/m² 초과하지 않는 ‘준 불연재’, 가열시험 개시 후 5 min간 열 방출률이 10 s 이상 연속으로 200 kw/m² 를 초과하지 않는 ‘난연재’의 성분이 들어간 벽체를 사용되어야 하지만, 비용이 저렴하고, 시공이 편리하여 철거가 용이한 경량칸막이를 많이 사용하고 있다. 건축 허가 후 스티로폼 단열재 벽체로 공간을 불법 구조 변경하여 수많은 인명피해와 재산피해를 가져온 ‘의정부 아파트 화재사고’, ‘제천스포츠센터 화재사고’, ‘밀양병원 화재사고’ 등이 위험성을 보여준 대표적인 사례이다^(2,4), 불법 증·개축에 주로 사용되는 벽체는 SGP 칸막이, 스티드 칸막이, 그라스울 패널, 샌드위치 패널, 유리 칸막이가 있으며, 위 벽체들의 경우 화재에 노출되면 소화가 어려우며 하중에 취약해서 붕괴의 위험이 있고 연소속도가 빠르기 때문에 인접 구

획실로의 화재 확산 가능성이 높지만, 기존 경량칸막이 벽체에 대한 연구는 경량 칸막이 벽체의 붕괴 및 전도로 인한 인접구획실의 화재 확대 위험성에 연구보다는 벽체의 연소 시 발생하는 연기의 유동 및 발생량, FDS를 통한 성능 평가 및 신뢰성 분석에 관한 연구^(12,13,16) 또는 ISO 9705 시험 기준시험을 통하여 샌드위치 패널의 난연성 시험, 화재 안전성 연구 및 등급분류에 관한 연구⁽⁷⁻¹¹⁾만 진행되어 실제로 경량 칸막이에 자주 사용되는 SGP 칸막이, 스티드 칸막이, 유리 칸막이에 대한 자료는 미흡한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 KS F ISO 9705 (Room corner test)의 2/5 축소모델 2개 사이에 내부 구획 시 가장 많이 사용되는 SGP칸막이, 스티드 칸막이, 그라스울 패널, 우레탄 폼 패널, 샌드위치 패널, 유리 칸막이를 실험시료로 선정하여, ISO 9705 시험기준에 따라 버너에 점화 전 측정 장치와 데이터의 기록한 뒤 120 s간 유지시켜 안정화를 취하고, 점화 후 600 s동안 열량 100 kW, 이후 600 s동안 열량 300 kW까지 증가하였다가 종료 후 180 s동안 관찰하여 이면부의 벽체 화재 패턴 및 온도변화를 측정하여 인접구획실의 화재 위험성을 분석하였다.

2. 실 험

2.1 실험시료

Figure 1은 실험시료를 나타낸 것으로 방화구획 내부에서 구획하는데 주로 사용되는 경량칸막이 벽체로 SGP 칸막이, 스티드 칸막이, 그라스울 패널, 샌드위치 패널, 우레탄 폼 패널, 유리 칸막이를 실험시료로 선정하였다. 실험시료의 크기는 ISO 9705 2/5 축소모델의 한쪽 벽면의 크기인 가로 1,500 mm, 세로 1,000 mm의 동일한 규격으로 제작하고자 했으나, 기존 석고보드의 폭 사이즈가 1,000 mm 시제품이 없어 SGP 칸막이, 스티드 칸막이의 경우 가로 1,500

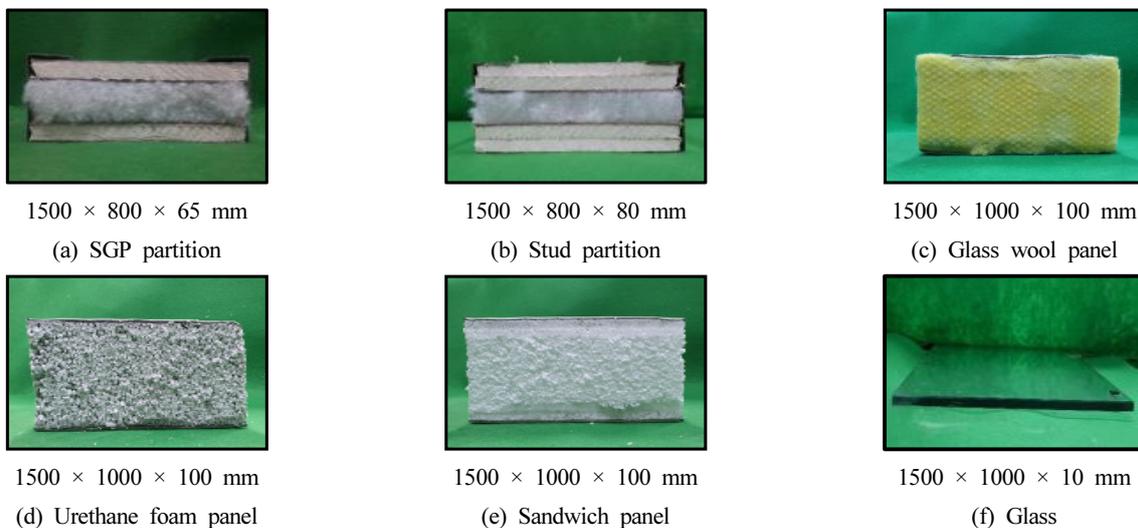


Figure 1. Experimental samples.

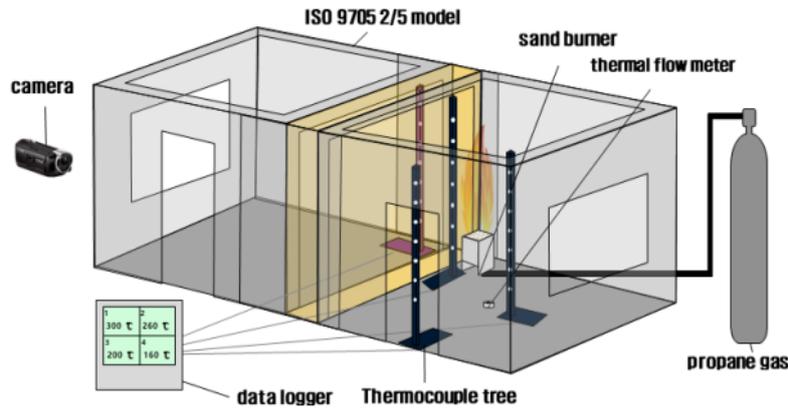


Figure 2. Experimental schematic diagram.

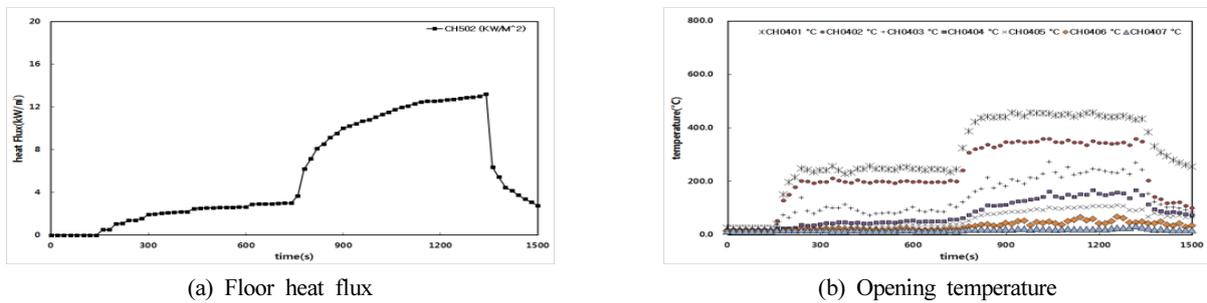


Figure 3. Experimental floor heat flux and opening temperature.

mm, 세로 800 mm 제작, 그라스울 패널, 샌드위치 패널, 우레탄폼 패널, 유리 칸막이는 가로 1,500 mm, 세로 1,000 mm 제작 후 이면부의 벽지를 부착하여 건조하였다.

2.2 실험방법

실험은 20 ± 3 °C, 습도 $50 \pm 5\%$ 환경조건에서 진행하였고, 경량칸막이 벽체를 통한 이면부 실의 화재위험성을 분석하기 위해 Figure 2와 같이 실험을 구성하였다. 화재실의 크기는 ISO 9705 실규모의 실험은 비용과 위험성측면에서 제한적이기 때문에 ‘구획 화재의 상사 범칙 유효성에 관한 수치해석 연구’⁽¹⁴⁾ 논문과 동일하게 환기 변수에 근거한 상사 범칙을 사용하여 ISO 9705 2/5 크기로 제작하였으며, 열량을 인가하는데 사용되는 점화원은 ISO 9705 크기(170 mm × 170 mm)의 샌드버너를 제작하였고, 프로판가스에 가스 조절기를 연결하여 일정하게 유지되도록 제어하였다. 실험방법은 ISO 9705 시험 방법에 따라 계측기를 측정 상태에서 120 s 대기 후 점화 600 s 동안은 100 kW, 이후 추가 600 s 동안 300 kW 까지 증가, 시험 종료 후 180 s 간 측정하였다. 이때 열량의 기준은 ‘그라스울 샌드위치 패널의 화재 안전 성능에 대한 실험적 연구’ 논문에서는 콘칼로미터를 이용하여 산소 소모법으로 계산한 열량에 열 유속계의 값을 인용⁽¹⁵⁾하여 Figure 3(a)와 같은 조건으로 열 유속계의 값과 Figure 3(b)처럼 개구부의 온도를 기준으로 화

재 실험을 진행하였다. 총 시험시간 25 min 동안 다음과 같은 조건(개구부로 화염이 출화, 바닥면 열류량이 20 kW/m² 을 초과, 연기층의 평균 온도가 600 °C를 초과, 벽체의 파손)이 발생 하였을 경우 실험을 종료 하였다. 온도측정은 K-type 열전대를 바닥으로부터 각각 268 mm, 388 mm, 508 mm, 568 mm, 628 mm, 688 mm, 840 mm 위치에 설치하였고, 열전대 트리는 화염부, 중앙, 개구부, 이면부 벽체에 설치하여 데이터수집장치(SmartDAC+GP20, Yokogawa Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 추가적으로 캠코더(HDR-CX405, Sony Co., Japan)를 이용하여 이면부 벽지의 탄화특성 등을 관찰하였다. 모든 실험은 5회 실시 후 평균값으로 나타내었고, 결과 분석 시 이면부의 온도와 벽지의 탄화패턴을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 열량 변화에 따른 시료별 벽체 이면부 온도 변화

Figure 4는 열 유속을 이용하여 화재실 내부에 열량의 변화를 주었을 때, 경량 칸막이 벽체 이면부의 온도 변화를 측정된 결과이다. Figure 4(a,b)는 SGP 칸막이의 결과를 나타낸 것으로 화재실 열량 100 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 24.7 °C, 최대 51.3 °C, 열량 300 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 53.1 °C, 최대 66.7 °C로 점화 후 부터 시험 종료까지 전체 벽체 이면부의 온도는 최대 67.7 °C까지

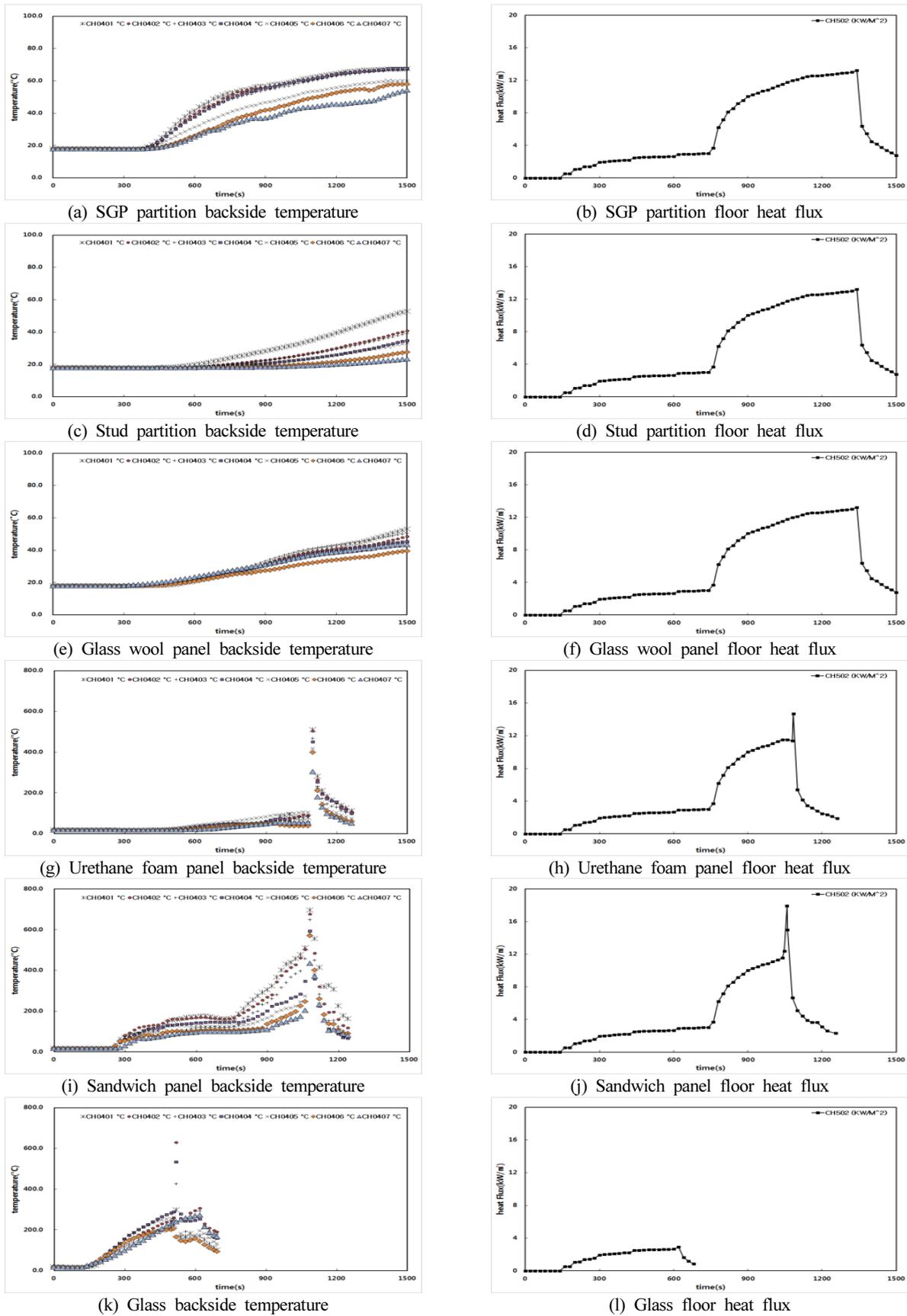


Figure 4. Backside temperature and floor heat flux.

온도가 상승 하였으며 열 유속의 값은 화재실 열량 100 kW에서 열 유속의 값은 평균 1.9 kW/m², 최대 2.4 kW/m², 열량 300 kW에서 열 유속의 값은 평균 9.9 kW/m², 최대 13.2 kW/m²로 측정되었다. Figure 4(c,d)는 스티드 칸막이의 결과를 나타낸 것으로 화재실 열량 100 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 20.3 °C, 최대 25.2 °C, 열량 300 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 26.2 °C, 최대 47.2 °C로 점화 후 부터 시험 종료까지 전체 벽체 이면부의 온도는 최대 55.1 °C까지 온도가 상승 하였으며 열 유속의 값은 화재실 열량 100 kW에서 열 유속의 값은 평균 1.9 kW/m², 최대 2.6 kW/m², 열량 300 kW에서 열 유속의 값은 평균 10.5 kW/m², 최대 13.6 kW/m²로 측정되었다. Figure 4(e,f)는 그라스울 패널의 결과를 나타낸 것으로 화재실 열량 100 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 19.7 °C, 최대 27 °C, 열량 300 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 34.5 °C, 최대 46.8 °C로 점화 후부터 시험 종료까지 전체 벽체 이면부의 온도는 최대 53.1 °C까지 온도가 상승 하였으며 열 유속의 값은 화재실 열량 100 kW에서 열 유속의 값은 평균 1.9 kW/m², 최대 2.4 kW/m², 열량 300 kW에서 열 유속의 값은 평균 10.7 kW/m², 최대 13.8 kW/m²로 측정되었다. Figure 4(g,h)는 우레탄폼 패널의 결과를 나타낸 것으로 화재실 열량 100 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 23 °C, 최대 56.4 °C, 열량 300 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 98.7 °C, 최대 561 °C로 점화 후 부터 시험 종료까지 전체 벽체 이면부의 온도는 최대 561 °C까지 온도가 상승 하였으며 열 유속의 값은 화재실 열량 100 kW에서 열 유속의 값은 평균 1.8 kW/m², 최대 2.4 kW/m², 열량 300 kW에서 열 유속의 값은 평균 6.3 kW/m², 최대 14.6 kW/m²로 측정되었다. Figure 4(i,j)는 샌드위치 패널의 결과를 나타낸 것으로 화재실 열량 100 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 86 °C, 최대 177.7 °C, 열량 300 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 201.7 °C, 최대 727.4 °C로 점화 후 부터 시험 종료까지 전체 벽체 이면부의 온도는 최대 727.4 °C까지 온도가 상승 하였으며 열 유속의 값은 화재실 열량 100 kW에서 열 유속의 값은 평균 1.7 kW/m², 최대 2.4 kW/m², 열량 300 kW에서 열 유속의 값은 평균 6.4 kW/m², 최대 17.9 kW/m²로 측정되었다.

Figure 4(k,l)는 유리 칸막이의 결과를 나타낸 것으로 화재실 열량 100 kW에서 벽체 이면부의 온도는 평균 161.2 °C, 최대 630.5 °C로 점화 후 부터 시험 종료까지 전체 벽체 이면부의 온도는 평균 161.2 °C, 최대 630.5 °C까지 온도가 상승 하였으며 열 유속의 값은 화재실 열량 100 kW에서 열 유속의 값은 평균 1.7 kW/m², 최대 2.6 kW/m², 열량 300 kW에 진입전에 유리가 파열되어 실험을 종료 하였다.

Table 1은 전체적인 실험결과를 나타낸 표이며 SGP 칸막이의 경우 철판내부에 석고보드에 파열로 인한 이면부의 온도 상승 폭이 급격하게 증가하다 내장재인 그라스울 솜으로 인해 최대 66.7 °C까지 상승, 스티드 칸막이의 경우 온도가 상승하다 시간이 경과할수록 석고보드의 파열과 내부 심재의 용융으로 인해 최대 47.2 °C까지 상승, 그라스울 패널의 경우 온도 상승이 발생하였지만 그라스울의 단열 성능으로 인해 최대 46.8 °C까지 상승, 우레탄 패널의 경우 온도가 상승하다 내부 심재들의 용융으로 인해 발생한 가연성 가스에 폭발이 발생하면서 이면부의 온도가 최대 561 °C, 열 유속이 14.6 kW/m² 까지 급격하게 상승, 샌드위치 패널의 경우 온도가 상승하다 우레탄 패널과 동일한 현상이 발생되면서 이면부의 온도가 최대 727.4 °C, 열 유속이 17.9 kW/m² 까지 급격하게 상승하였다. 유리 칸막이의 경우 높은 열전도율로 인해 온도 상승이 가장 빠르게 나타났으며, 유리가 파열되면서 파열 부위에 이면부 온도만 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 우레탄폼 패널과 샌드위치 패널의 경우 심재의 용융 및 탄화하면서 발생한 가연성 가스와 두께의 감소로 인한 이면부의 온도 변화가 가장 컸으며 칸막이 유리의 경우 벽체의 높은 열전도율로 인해 실험 시작부터 온도가 상승하여 가장 빠른 벽체 파열을 보여 인접구획실로의 화재에 위험성이 높은 것으로 판단된다.

3.2 시료별 벽체 수열부 벽체 탄화패턴 및 이면부 벽지 탄화

Figure 5는 열 유속을 이용하여 화재실 내부에 열량의 변화를 주었을 때, 경량 칸막이 벽체 수열부의 탄화 패턴과 이면부의 벽지 탄화를 확인한 결과이다.

Figure 5(a)는 SGP 칸막이 벽체 수열부의 탄화 패턴을 분

Table 1. Max and Average Values for Temperature and Floor Heat Flux According to The Heating of Wall Material

		SGP Partition	Stud Partition	Glass Wool Panel	Urethane Foam Panel	Sandwich Panel	Glass	
Temperature (°C)	100 kW	Average	24.7	20.3	19.7	23	86	161.2
		Max	51.3	25.2	27	56.4	177.7	630.5
	300 kW	Average	53.1	26.2	34.5	98.7	201.7	-
		Max	66.7	47.2	46.8	561	727.4	-
Floor heat Flux (kW/m ²)	100 kW	Average	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7
		Max	2.4	2.6	2.6	2.4	2.4	2.6
	300 kW	Average	9.9	10.5	10.7	6.3	6.4	-
		Max	13.2	13.6	13.8	14.6	17.9	-



(a) SGP partition heat section



(b) SGP partition backside



(c) Stud partition heat section



(d) Stud partition backside



(e) Glass wool panel heat section



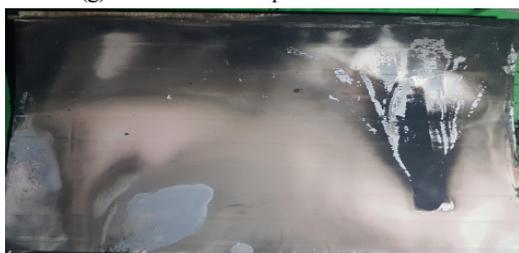
(f) Glass wool panel backside



(g) Urethane foam panel heat section



(h) Urethane foam panel backside



(i) Sandwich panel heat section



(j) Sandwich panel backside



(k) Glass heat section



(l) Glass backside

Figure 5. Heat section and Backside by wall after the experiment.

석한 결과 점화 후 수열부 강판면에 화염으로 인한 V자 패턴이 발생 되었고, 화염의 영향을 직접적으로 받은 부분에서는 고온으로 인한 도금의 균열 및 변색, 내부 석고보드는 그을음과 파열이 발생하였지만 SGP 칸막이의 충전재로 사용되는 그라스울 솜(두께 50 mm, 열전도율 0.037 W/mK, 밀도 24 K)이 불연 재료로 열전달이 이루어지지 않아 탄화 흔만 발생되고 벽체 이면부까지는 영향을 주지 못해 Figure 5(b)처럼 이면부 벽지에 탄화의 흔적은 발견 되지 않았다. Figure 5(c)는 스테드 칸막이 벽체 수열부의 탄화 패턴을 분석한 결과 점화 후 220 s에 수열부를 중심으로 석고보드에 균열과 탈락현상이 발생하였고, 그로인해 내부 석고보드에도 화염으로 인한 균열과 그을음이 생겼으며 충전재로 사용되는 솜에는 용융 현상이 발생되었다. 하지만 스테드 칸막이 2 ply는 준불연재료인 석고보드(두께 10 mm, 열전도율 0.018 W/mK)를 수열부와 이면부에 각각 2장씩 사용했기 때문에 석고보드를 통과하면서 생긴 열 손실로 인해 벽체 이면부까지 영향을 주지 못해 Figure 5(d)처럼 이면부 벽지에 탄화의 흔적은 발견 되지 않았다. Figure 5(e)는 그라스울 패널의 벽체 수열부 탄화 패턴을 분석한 결과 점화 후 수열부 아연도금강판(두께 0.6 mm 열 전도율 44 W/mK)에 화염으로 인한 V자 패턴이 발생하였으며, 직접적으로 열을 받은 부위에서는 아연도금의 박리현상과 주변에 변색이 발생하였지만, 그라스울 패널의 심재(두께 98.8 mm, 열전도율 0.029 W/mK, 밀도 64 K)의 열전도율이 낮아 수열부의 국소적인 탄화만 발생되었을 뿐 이면부로의 열전달이 이루어지지 않아 Figure 5(f)처럼 이면부 벽지에 탄화의 흔적은 발견 되지 않았다. Figure 5(g)는 우레탄 패널의 벽체 수열부 탄화 패턴을 분석한 결과 점화 후 수열부 아연도금강판(두께 0.6 mm 열 전도율 44 W/mK)에 화염과 내부 심재의 탄화로 인한 아연도금의 박리면적이 그라스울 패널에 비해 약 5배 이상 발생하였으며, 우레탄 패널의 심재(두께 98.8 mm, 열전도율 0.019 W/mK)의 난연 성능으로 직접 수열을 받은 심재 부분에서만 용융과 탄화로 인한 두께 감소가 진행되었고, 1,088 s에 벽체 내부에 축적되어있는 유독성, 가연성 가스의 폭발이 발생 하면서 Figure 5(h)처럼 수열부의 탄화 부분과 같은 부분에서의 이면부 벽지에 탄화가 발견되었다. Figure 5(i)는 샌드위치 패널의 벽체 수열부 탄화 패턴을 분석한 결과 수열에 의해 샌드위치 패널 내부 심재(두께 98.8 mm, 열전도율 0.034 W/mK)의 용융으로 인해 생긴 벽체사이에 공간으로 아연도금강판이 안으로 휘는 현상이 발생되어 아연도금의 변색 및 박리보다는 그을음이 발생되었고, 1,075 s에 우레탄 패널과 같이 벽체 내부에 축적되어 있는 가스의 폭발이 발생 하면서 Figure 5(j)처럼 벽체 이면부 전체의 벽지에 탄화가 발견되었다. Figure 5(k)는 유리 칸막이의 벽체 수열부 탄화 패턴을 분석한 결과 유리 칸막이(두께 10 mm, 열전도율 0.93 W/mK)는 열전달이 쉽게 이루어져 점화 후 수열부위를 따라 그을음이 발생하였고, 390 s부터 벽체 이면부 벽지에 탄화가 시작되었으며 점

차 탄화면적이 수열부 화염의 모양을 따라 확대되다가 513 s에 벽체 수열부와 비수열부의 온도차이로 인해 파열이 발생하였다. 파열 부위를 통해 화염이 넘어와 이면부 벽지에 착화가 발생하였지만 확대되지는 않아 Figure 5(l)와 같은 유리 이면부 벽지에 탄화가 발견되었다.

전체적인 실험결과 SGP 칸막이, 스테드 칸막이, 그라스울 패널의 경우 낮은 열전도율로 인하여 벽체 이면부 벽지의 탄화 패턴이 발생되지 않아 인접구획실로의 화재 위험성은 낮아 보였지만 우레탄폼 패널, 샌드위치 패널의 경우 내부 심재가 용융되면서 발생하는 벽체의 붕괴, 두께의 감소, 가연성 가스 및 유독가스의 폭발 등으로 인해 이면부 벽지의 탄화패턴이 발견되어 인접구획실로의 화재 위험성을 확인 할 수 있었다. 또한 유리 칸막이의 경우 높은 전도율로 인한 이면부 벽지의 탄화현상과 수열부와 비수열부의 온도차이로 인해 발생 되는 파열 현상이 가장 빨리 발생하여 실험에 사용된 벽체 중 가장 빠른 벽체 붕괴시간을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문은 내부 구획 시 경량 칸막이 시공에 주로 사용되는 SGP 칸막이, 스테드 칸막이, 그라스울 패널, 우레탄폼 패널, 샌드위치 패널, 유리 칸막이에 ISO 9705 시험 기준에 따라 600 s간 100 kW, 이 후 600 s간 300 kW를 인가하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 열량변화에 따른 벽체 이면부의 온도 측정 결과 벽체별 재료의 특성에 따라 온도 상승 곡선이 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 1,500 s동안 실험 진행 결과 열전도율이 낮은 석고보드, 그라스울로 구성된 그라스울 패널이 최대 53.1 °C, 스테드 칸막이 55.1 °C, SGP 칸막이 67.7 °C로 온도 변화의 폭이 가장 낮게 측정 되었고, 열전도율이 높고 내부 심재의 용융 및 탄화가 발생한 우레탄폼 패널 561 °C, 샌드위치 패널 727.4 °C, 유리 칸막이 630.5 °C로 온도 변화의 폭이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 벽체 심재의 용융으로 인해 발생한 가연성 가스의 폭발로 최대 열유속의 값은 샌드위치 패널 17.9 kW/m², 우레탄 패널 14.6 kW/m²로 측정되어 이면부의 온도 및 열유속을 통한 벽체의 위험성은 샌드위치 패널 > 우레탄 패널 > 유리 > SGP 칸막이 > 스테드 칸막이 > 그라스울 패널순으로 나타났다.

2. 열량 변화에 따른 벽체 이면부 벽지의 탄화패턴이 전도율에 따라 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. SGP 칸막이, 스테드 칸막이, 그라스울 패널은 이면부에서 별다른 탄화패턴이 발생하지 않았다. 석고보드와 그라스울의 난연 성능으로 인해 이면부에게까지 영향이 미치지 않은 것으로 판단된다. 탄화패턴이 발생한 벽체는 샌드위치 패널, 우레탄 패널, 유리 칸막이로 샌드위치 패널의 경우 내장재인 폴리스티렌이 모두 용융되어 나온 증기로 인해 1,075 s에 폭발이 발생할 때 벽체 이면부 벽지가 일제히 착

화되었다. 우레탄폼 패널의 경우 내장재의 단열 성능으로 인해 화원에 직접 수열부분만 용융되었고 이로 인해 1,088 s 에 폭발이 발생할 때 수열부와 동일한 부위에만 탄화가 발생하였다. 유리의 경우 열전도가 빠르기 때문에 390 s 이 후부터 탄화가 시작되었으며 이 후 탄화면적이 확대되다가 513 s에 수열부와 비수열부의 온도차이로 인해 파열이 발생 하여 벽체 붕괴 위험성은 유리 > 샌드위치 패널 > 우레탄 패널 ≥ SGP 칸막이, 스티드 칸막이, 그라스울 패널순으로 나타났다.

이상과 같은 결과를 통해 현재 우리가 사용하고 있는 경량칸막이 벽체들은 방을 구획하고 나누는 역할에 충실할 뿐 화재를 가두거나 화재의 전파를 막는 용도로는 부족한 실정이다. 공장 내부 구획 및 공장 안에 임시 사무실 설치에 주로 사용되는 우레탄 패널, 샌드위치 패널의 경우 내부 심재의 용융으로 인해 생긴 가연성 가스로 폭발 발생 가능성을 확인할 수 있었고, 사무실에 디자인을 목적으로 주로 설치되는 유리 칸막이의 경우 파열 시간이 가장 빨라 화재 전파 위험성을 확인할 수 있었다.

따라서 샌드위치 패널, 우레탄 폼 패널, 유리 칸막이는 벽체의 변형, 붕괴로 인한 인접구획실로의 화재 확산 위험성이 크기에 구획 시 사용되는 경량칸막이에 대한 제도적 제재 강화 및 개선이 필요한 것으로 보인다.

후 기

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2017R1C1B5017895).

References

1. Number of National Fire Information Systems 2014 to 2018 Prefabricated Walls and Assembly Partition Fires.
2. http://h21.hani.co.kr/arti/society/society_general/38773.html (2015).
3. <https://news.joins.com/article/22225866> (2017).
4. <https://news.v.daum.net/v/20180126170327308?d=y> (2018).
5. <https://www.standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do>.
6. <http://www.law.go.kr/lsSc.do?tabMenuId=tab18&query=%EA%B5%AD%EB%82%B4%20%EB%B0%A9%ED%99%94%EA%B5%AC%ED%9A%8D#liBgcolor2>.
7. K. W. Park, H. S. Lim, J. K. Jung and Y. H. Kim, "Issues on Classification and Reaction-to-fire's performance of Sandwich panel systems", Proceedings of 2009 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 286-293 (2009).
8. O. S. Kwon, H. Y. Kim, J. H. Kim and Y. H. Yoo, "A Study on the Fire Safety of Expanded Poly-Styrene Foam Panel", Proceedings of 2009 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 513-519 (2009).
9. H. S. Lim, "Study on the Classification System of the Combustion Properties of Sandwich Panels for Building Materials", Master's Thesis, Hanyang University (2009).
10. O. S. Kwon, Y. H. Yoo, H. Y. Kim and S. H. Min, "An Experimental Study on Fire Safety Performance of Glass Wool Sandwich Panel", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 5, pp. 21-27 (2012).
11. W. H. Kim, "Fire Test Methods for Sandwich Panels", Proceedings of 2004 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 30-36 (2004).
12. S. J. Yang, C. D. Lee, J. E. Oh, C. Y. Kang, H. B. Kim and D. H. Lee, "A Reliability Analysis on FDS Pyrolysis Model through Comparing the Room-Corner (ISO 9705) Test", Proceedings of 2011 Spring Annual Conference, Korean Society for Railway, pp. 585-593 (2011).
13. S. Y. Mun and C. H. Hwang, "Performance Evaluation of FDS for Predicting the Unsteady Fire Characteristics in a Semi-Closed ISO 9705 Room", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 3, pp. 21-28 (2012).
14. G. H. Ko, "Numerical Study on the Validity of Scaling Law for Compartment Fires", Fire Science and Engineering, Vol. 28, No. 4, pp. 29-34 (2014).
15. NFPA 921, "Fire and Explosion Investigation Guide", National Fire Protection Association.
16. O. S. Kweon, Y. H. Yoo, H. Y. Kim and J. L. Lee, "A Study on the Fire Characteristics of Sandwich Panels by ISO 9705 - Full-scale Room Test", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 23, No. 6, pp. 39-45 (2009).