



재질별 창호의 화재위험성 평가에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on the Fire Risk Assessment of Windows by Material

이병훈* · 진승현** · 김혜원*** · 권영진****

Lee, Byeong-Heun*, Jin, Seung-Hyun**, Kim, Hye-Won***, and Kwon, Young-Jin****

Abstract

Currently, buildings comprising a window as an exterior wall are rapidly increasing in number. However, while designing the safety standards for such buildings, fire protection performance tests are excluded. In this study, we conducted a cone calorimeter combustion performance test and window fire experiment following BS EN 13823 test standards to examine the appropriacy of current standards. The result of experiment demonstrate that it is important that each window frame be secure to attain good performance; however, a method to test the safety of window frames has not yet been developed. Further, standard to design the windows should be improved.

Key words : Building Fire Safety, Window, Cone Calorimeter, BS EN 13823

요 지

최근 건축물은 창호가 외벽을 차지하는 비율이 극단적으로 높아지고 있으나 창세트 기준에는 창호의 방화성능 시험기준이 전무하다. 본 연구에서는 창호의 방화성능의 필요성에 대해 검토하기 위해 콘칼로리미터 시험을 통한 연소성능시험을 실시하였으며 BS EN 13823 시험기준을 이용하여 창호 화재실험을 실시하였다. 실험결과 창호 프레임의 개별적인 성능을 확보하는 것도 중요하지만 프레임과 유리를 결합하여 사용하는 창호의 방화성능 시험방법의 구축을 통해 화재확대를 방지할 필요가 있다.

핵심용어 : 건축물 화재안전, 창호, Cone Calorimeter, BS EN 13823

1. 서 론

건축물의 구획 공간에서 발생한 화재는 플래시오버를 거쳐 연료지배형에서 환기지배형으로 화재성상이 전환된다. 이에 불안정한 연소로 생성된 미연소 가스 및 화염은 구획의 개구부를 통해 외부로 분출되는데 이를 개구분출화염으로 정의할 수 있다(Lee, 2017; Shin, 2018). 개구분출화염

의 경우 건축물의 상층부로 급격한 연소확대를 발생시키고 동시에 인접 건축물로 연소가 확대되어 대규모 화재로 발전될 위험성이 높다. 우신골든스위트 화재(2010), 의정부 대봉그린 아파트 화재(2015) 등의 화재사례에서 살펴볼 수 있듯이 화재가 개구부를 통해 분출되고 직상층으로 확산되는 것을 알 수 있다.

국내의 경우 개구분출화염의 대책방안으로서 건축물의

*정회원, 호서대학교 소방방재학과 박사과정(E-mail: lll8930z@naver.com)

Member, A doctor course, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

**정회원, 호서대학교 소방방재학과 박사과정

Member, A doctor course, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

***정회원, 호서대학교 소방방재학과 석사과정

Member, A master course, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

****교신저자, 정회원, 호서대학교 소방방재학과 교수(Tel: +82-41-540-5497, Fax: +82-41-540-5738, E-mail: jungangman@naver.com)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

외장재 불연화에 대한 법 규정을 강화하는 추세이다. 건축물의 피난 및 방화에 관한 기준에 관한 규칙 제 24조에 따르면 건축물의 외장재를 반드시 불연화해야하는 건축물은 층수는 2009년 30층 이상이었으나 2015년 10월에는 6층 이상 22 m 이상, 2019년부터는 3층 이상 10 m 이상의 건축물로 강화되었다.

그러나, 최근의 건축물은 미관과 조망권 확보를 위해 개구부의 면적을 최대한 확대하고 있으며 Fig. 1과 같이 외벽 면적 대부분을 창호가 차지하고 있다. 따라서, 화재 시 하층부에서 분출열기류 혹은 분출화염이 상층부로 확대될 때 직접적으로 노출된다. 또한, 창호라는 것은 외벽 개구부를 보호하는 설비기 때문에 더욱이 방화성능이 필요시 된다(Kwon et al., 2012; Min and Lee, 2012). 건축법 시행규칙 제26조의5(실내건축의 구조·시공방법 등의 기준) 제4항에서 ‘실내에 설치하는 창호 및 출입문은 방화에 지장이 없고 구조적으로 안전’하도록 규정하고 있다. 창호란 KS F 3117(창세트) 기준에서 창 면적 1 m² 이상이며 프레임 및 유리가 결합된 것을 의미하며 기밀성, 단열성, 최대 열관류율, 내풍압성, 수밀성, 손잡이 강도시험, 방음성, 휨 강도 등을 통해 창세트의 소비효율등급을 부여하고 있다. 하지만, 분출화염에 의한 화재확대의 위험성이 증가하고 있음에도 불구하고 창세트에는 방화 성능 항목이 제외된 실정이다. 다만, KS F 5602(합성수지 창호용 형재)에서 내연소성 시험을, KS F 2845(유리구획부분의 내화시험방법)에서 유리 내화시험을 개별적으로 실시하고 있으나 창호라는 것은 프레임과 유리가 결합된 것이라는 정의에 부합하지 않으며 수직 화재확대의 위험성에 노출되어 있다고 사료된다.



Fig. 1. The Exterior Wall of Apartment

본 연구에서는 국내에서 유통되는 1등급 기밀성능의 PVC 재질 창호 프레임 2종류와 알루미늄(이하, AL)재질 창호 프레임 1종류를 선정하고 이에 대해서 KS F ISO 5660-1 콘 칼로리미터 시험을 통해 창호 프레임의 연소성능에 대한 기초 시험을 실시했다. 이후 BS EN 13823 Single Burning Item(이하 SBI) 기준을 이용한 창호 화재실험을 실시함으로써, 창호 프레임의 연소성능에 따른 유리 파괴시간을 측정하고 현재 고려되지 않고 있는 창호 방화기준의 개선을 위한 기초적 자료를 확보하는데 목적이 있다.

2. 창호의 연소성능시험

2.1 시험개요

창호의 경우 유리가 면적의 대부분을 차지하고 있으나 유리를 감싸는 프레임은 벽체에 고정되는 부분이므로 화재 시 창호의 탈락에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다. 따라서, 실제 창호의 탈락에 영향을 미치는지에 대해 검토하기 위해 프레임의 기초적 연소성능시험을 실시하였다. 콘칼로리미터 시험의 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Test Condition of the Cone Calorimeter

Test Method	Test Condition
Measurement Data	Mass Loss, Heat Release Rate, Total Heat Release
Burner	Cone Heater
Intensity of Radiation	50 kW/m ²
Heating Time	300 Seconds After Continuous Combustion
Size(W×D×H)	100×100×50
Flow System	Dynamic (Flow) System
Exhaust Flow Rate	0.024±0.002 m ³ /s

연소 시 산소소비법에 따라 1 kg의 산소가 소비되면 13.1 MJ의 열량이 방출된다는 관계를 기반으로 시료에 일정량의 공기를 공급하여 재료의 연소특성을 평가한다. 연소특성 시험은 KS F ISO 5660-1의 방법에 의해 Fig. 2와 같이 Dual Cone Calorimeter를 이용하여 열유속(Heat flux) 50 kW/m² 조건에서 수행하였다. 또한, 시편의 온도 23±2℃, 상대습도 50±5%에서 함량이 될 때까지 유지하고 알루미늄 호일로 비 노출면을 감싼다(Lee et al., 2008; Lee et al., 2009; Park et al., 2009; Park et al., 2015; Lee et al., 2019).

시험에 앞서 콘히터의 열량은 설정 값 ±2%이내, 산소분석기의 산소 농도는 20.95±0.01%, 배출유량을 0.024±0.002 m³/s로 설정하였다. 시험을 실시할 때 유리섬유를 이용하여 높이를 조절했고, 시편홀더로는 열전도율이 낮은 세라믹 판을 사용하였다.

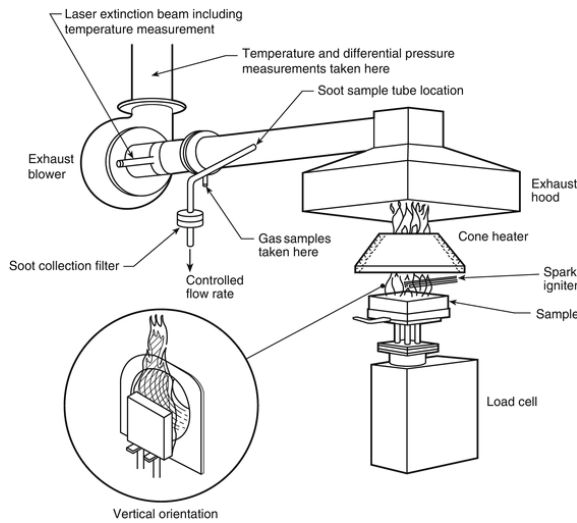


Fig. 2. Schematic Apparatus of the Cone Calorimeter

시험 시간은 불꽃연소가 시작된 이후 300초 경과 후에 종료하였으며, 추가로 20초간의 데이터 수집시간을 부여하였다. 시편은 Table 2와 같이 국내에서 많이 유통되고 있는 PVC창호 2종류와 AL 창호 1종류를 대상으로 실시하였으며 시험 규격에 맞춰 창호의 프레임을 절단하여 시험을 실시하였다. 이외의 조건은 KS F ISO 5660-1의 기준에 의거하였다. 또한, 각 시편 당 3회씩의 시험결과를 측정된 뒤 이에 대한 평균값을 산출했으며, 측정항목은 단위면적당 열방출률 (Heat Release Rate), 단위면적당 총 열방출량(Total Heat Release) 및 질량감소량(Total Mass Loss)으로 연소 시 특성에 대해 측정을 실시했다.

Table 2. Characteristics of Various Samples

Division	Sample	Size [mm] (W×D×H)	Weight [g]
PVC Frame	PVC_(a)	100×100×31	79.6
			79.0
			77.8
	PVC_(b)	100×100×42	94.1
			83.5
			98.5
Aluminium Frame	AL_(a)	100×100×20	101.4
			107.0
			101.1

2.2 시험결과

시편의 시험 전·후 모습은 Fig. 3과 같다. PVC계열 시편의 경우 시험 종료 후 탄화 및 용융의 발생한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 대부분 연소가 진행되어 시험체가 형상을 유지하지 못하고 작은 충격에도 쉽게 파괴되는 것이 관찰되

었다. 잔유물 역시 검은 색으로 변색된 것을 확인할 수 있다.

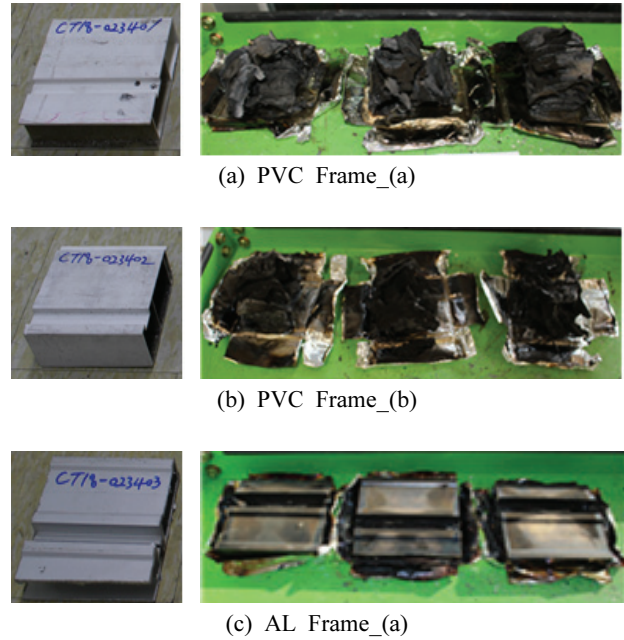


Fig. 3. Results of Test Sample

AL계열 시편의 경우 외부가 탄화된 것을 제외하면 외관 상 큰 변화는 확인되지 않았다. 다만, 기밀성 등을 향상시키기 위해 내부에 부착되어있던 문풍지 등에서 착화가 발생하고 이로 인해 시험체 내부에서 검게 변색된 잔유물 등이 관찰되었다.

2.3 열방출률 특성

각각 시편의 단위면적당 열방출률 특성은 Fig. 4와 같다. 단위 면적당 최대 열방출률은 PVC_(a)는 104.04 kW/m², PVC_(b)는 88.61 kW/m², AL_(a)는 102.11k W/m²로 측정되었다. 각각 시편의 총 열방출량 특성은 Fig. 5와 같다. 총 열방출량은 PVC_(a)는 15.23 MJ/m², PVC_(b)는 17.16 MJ/m², AL_(a)는 5.91 MJ/m²로 측정되었다.

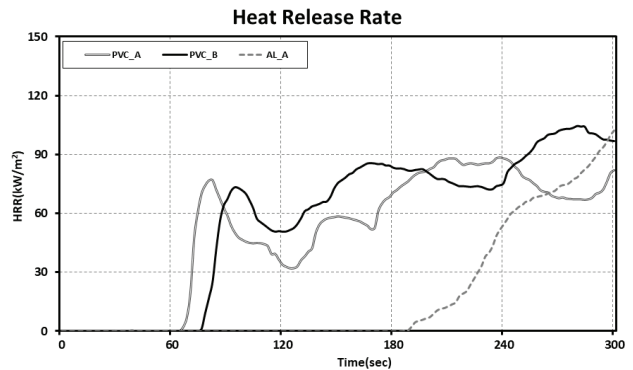


Fig. 4. Results of Cone Calorimeter (HRR)

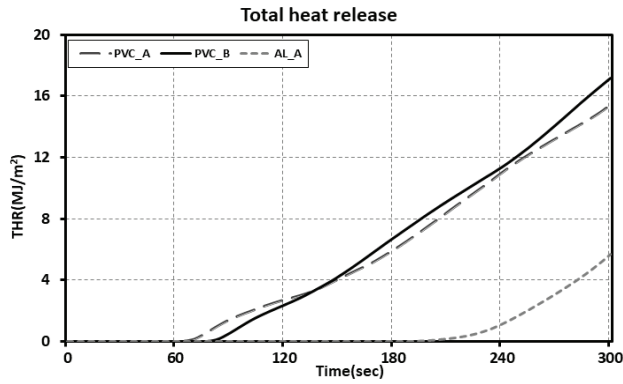


Fig. 5. Results of Cone Calorimeter (THR)

PVC 시편의 열방출률 성상을 확인하게 되면 일반적인 고분자 계열의 열방출률 성상과 비교하면 비교적 특이한 성상을 보인다. 특히 약 80초가 경과하는 시점에 열방출률이 갑작스럽게 감소하는 현상을 보인다. 이러한 현상이 시험을 실시하는 동안 약 2~3회 정도 반복되는 것을 확인할 수 있다.

PVC계열의 창호 프레임은 KS F 5602(합성수지 창호용 형재)에서 화염이 전파되는 것을 최대한 지연시키기 위해 내연소성 시험을 거치게 되는데 어느 정도의 성능을 가지고 있기 때문에 이러한 현상이 발생하는 것으로 예측된다.

AL_(a) 시편의 경우 약 188초가 경과한 시점부터 빠르게 열방출률이 상승하는 것으로 확인된다. AL창호의 경우 기밀성 및 단열성 등을 높이기 위해 프레임간의 빈틈과 마찰되는 부위에 스펀지 형태의 문풍지를 부착하게 된다.

따라서 외부의 불연성 재질인 알루미늄에 의해 착화가 일어나지 않다가 지속적인 열전도에 의해서 내부 문풍지 등에서 연소가 발생하고 이에 따라 열방출률이 빠르게 상승하는 것으로 사료된다.

2.4 질량 감소량

시편의 질량 감소량은 Fig. 6과 같다. 총 질량 감소량은 PVC_(a)는 30.49 g PVC_(b)는 37.11 g AL_(a)는 7.25 g으로 확인되었다.

또한, 각각 시편의 초기 질량 대비 감소비율에 대해서 비교한 결과는 Table 3과 같다. PVC_(a)는 38.69%, PVC_(b)는 40.32%, AL_(a)는 7.03%의 초기 질량 대비 감소율을 보였다.

Table 3. Comparison of Mass Reduction Rates by Material

Division	Sample	Size (mm) W×D×H	Weight (g)	Loss mass (g)	Mass reduction ratio (%)
PVC Frame	PVC_(a)	100×100×31	78.80	30.49	38.69
	PVC_(b)	100×100×42	92.03	37.11	40.32
Aluminium Frame	AL_(a)	100×100×20	103.17	7.25	7.03

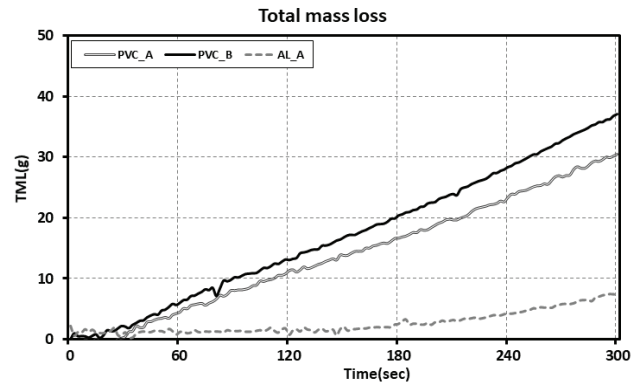


Fig. 6. Results of Cone Calorimeter (TML)

연소가 발생하면 열이 방출되고 동시에 질량이 감소하게 된다. 따라서 질량 감소비율이 높은 물질은 급격한 연소반응을 통한 열방출률이 상승하거나 혹은 다량의 연기를 발생시키기 때문에 위험성이 높다고 판단할 수 있다.

PVC계열 프레임은 PVC_(a)와 PVC_(b) 두 종류 모두 초기 대비 질량 감소비율이 약 40%에 가까운 것으로 확인되었다. 또한, 육안관찰에서도 형상을 유지하지 못하고 작은 충격에도 쉽게 파괴되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 창호 유리를 지지하는 역할을 수행하는 창호 프레임의 특성을 고려했을 때 실제 화재시 유리의 내화성능과는 무관하게 파손되거나 탈락할 가능성이 있다고 판단된다.

AL계열 프레임의 경우는 질량 감소비율은 약 7%정도로 PVC계열 프레임과 비교했을 때 적게 발생했다. 이는 착화가 가능한 문풍지 등이 가볍기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 구조체의 전반적인 구성이 알루미늄이기 때문에 질량 감소는 크게 발생하지 않는 것으로 판단된다.

3. BS EN 13823 기준을 통한 창호화재실험

3.1 실험개요

BS EN 13823(SBI) 시험법은 마감재의 등급분류를 위한 유럽의 대표적인 시험으로서 Fig. 7과 같이 시험실 내부에 이동식 수레형태의 거치대를 설치한다. 시험 시작 전에 거치대 위에 L자 형태로 장·단시편을 배치하고 시편이 겹쳐지는 코너부분에 메인 버너를 설치해서 착화를 실시한다.

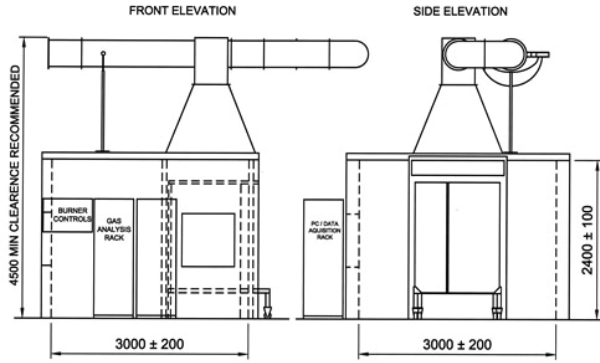


Fig. 7. Schematic Apparatus of the SBI

이후 착화시작부터 종료까지 시편의 연소거동에 대해 육안적 관찰 및 데이터를 종합적으로 판단해 등급을 분류한다. 일반적으로 외장재 등 건축자재의 방화성능을 등급화하기 위해 시행되는 시험이다. 본 연구에서는 화재가 지속될 때 창호의 탈락에 프레임의 연소성능이 어느 정도 영향을 미치는지 확인하기 위해 SBI 시험 기준을 이용하여 실험을 실시하였다. 실험의 조건은 Table 4와 같다.

실험은 BS EN 13823 조건에 의거하여 진행되었다. 시험에 앞서 대기온도와 배기덕트 내 온도차를 4°C 이하로 조정하였으며, 배출유량은 0.60±0.5 m³/s로 설정하였다. 실험체는 PVC계열 창호 1종류와 AL계열 창호 1종류를 대상으로 실시했으며 각각 3회씩 진행 후 평균값을 도출했다. 실험체는 건축물에 설치되는 것과 최대한 유사한 형태로 진행하기 위해 나사와 경첩 등을 이용하여 L자 형태의 틀을 제작하여 고정했다.

또한, 구획공간에서 창호에 직접적인 열량이 전달되기 위해서는 전실화재가 발생할 정도로 화재가 성장해야할 것으로 판단된다. 이에 플래시오버가 발생할 때의 구획실의 온도를 약 580°C로 가정했을 때 창호에 직접적으로 전달되는

복사에너지는 Eq. (1)과 같다.

$$j^* = \sigma T^4 \quad (1)$$

j^* 는 창호에 전달되는 복사에너지(kW), σ 는 비례상수로서 5.67×10⁻¹¹(kWm⁻²K⁴), T는 절대온도(K)이다. 슈테판-볼츠만 법칙을 이용했을 때 직접적으로 전달되는 복사열류는 약 30 kW로 계산된다(Kwon et al., 2009).

따라서, 연료는 프로판 가스를 이용했으며 열량은 30 kW로 실험을 진행하는 동안 동일하게 공급했다. 실험을 시작한 뒤 120초가 경과할 때까지 배출유량 및 배기덕트의 온도차이 등이 초기 설정과 차이가 없는지 점검한다. 이후 270초까지 부속버너로부터 발생하는 열량 및 연기를 측정 한 뒤 설정 값과 동일인지 확인한다. 마지막으로 약 30초간의 안정화를 거쳐 300초부터 1,560초까지 메인 버너로 가열을 실시했다.

또한, 실험체의 화염 노출 후 시험 종료 시점까지 평균 열방출률이 3 kW 이상, 총 열방출량이 0.4 MJ를 초과하는 구간에서 방출되는 최대 열방출률(FIGRA_{0.4MJ})과 메인 버너가 착화되는 300초부터 900초까지 구간에서 측정된 평균 열방출률을 통해 계산되는 총 열방출량(THR_{600s}) 2가지에 대해 측정을 실시하였다.

또한, 시간대별 연소거동을 확인하기 위해 사전에 비디오 카메라를 이용해 녹화를 진행하고 실험 종료 후 녹화된 영상을 통해 유리의 균열, 탈락 및 프레임의 착화 시간을 측정했다. AL 프레임의 입면도 및 단면 등은 Fig. 8과 같으며, PVC 프레임의 입면도 및 단면 등은 Fig. 9와 같다.

실험체의 재료 구성 및 규격은 Table 5와 같다. 재질에 상관없이 단열성능을 향상시키기 위해서 방풍모 등에 우레탄 폼을 설치하고, 창문을 여닫을 때 소음 및 사용감을 위해 PVC 재질의 부속품을 사용한다.

Table 4. Condition of the Experiment

Test Method	Test Condition
Measurement Data	FIGRA _{0.4MJ} (Fire Growth Rate), THR _{600s} (Total Heat Release)
Room Size	3 m×3 m×2.4 m
Trolley	Short wing (W×H): 0.45 m×1.5 m, Long wing (W×H): 1 m×1.5 m
Burner	Main & Auxiliary burner: Propane gas (30 kW)
Heating Time	1,560 Seconds
Measurement Section	0~120 Seconds: Start recording data 120~270 Seconds: Measure the amount of heat generated from the burner, smoke. 270~300 Seconds: Main burner ignition: start evaluation of specimen 300~1,560 Seconds: Evaluation of Combustion Behavior of Specimens. Observation of heat release, smoke generation, side flame propagation, combustion drop, deformation of specimen, etc.
Environment Room	Temperature: 20±10°C
Duct System	0.60±0.05 m ³ /s at room temperature

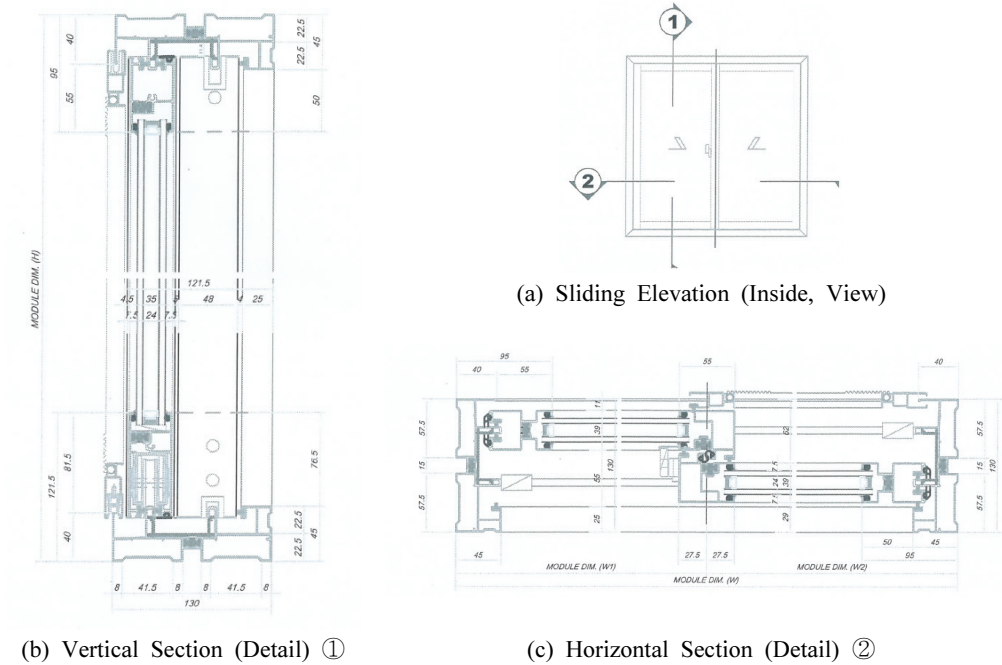


Fig. 8. Elevation and Section (AL_Frame)

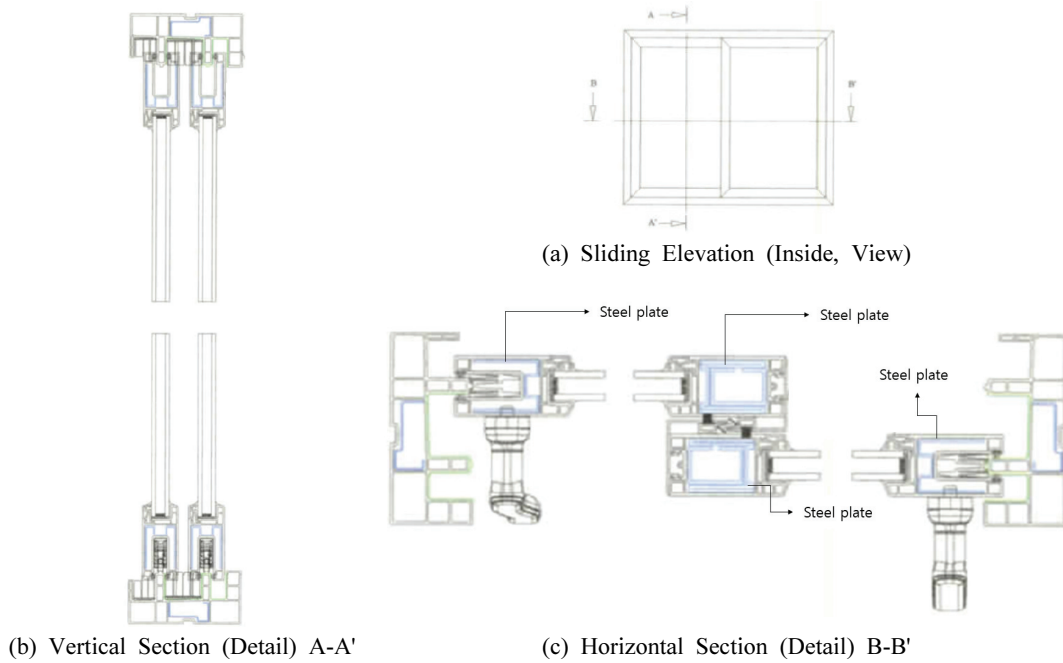


Fig. 9. Elevation and Section (PVC_Frame)

Table 5. Characteristics of Various Samples

Sample	Size (mm) W×D×H	Material	Glass (mm)	
PVC Frame	long wing	Steel plate, PVC, Urethane foam	(Roy 5 +Argon 12 +normal 5)	
	short wing			22
Aluminium Frame	long wing	Aluminium, Urethane foam		
	short wing			

또한, Fig. 9(c)와 같이 무너지는 것을 방지하고 중심을 잡아주기 위해 강관이 삽입되어 있으며 이외의 재료는 PVC로 구성되어 있다. 이러한 구성재료가 삽입되는 주요 이유로서는 2015년도에 개정된 에너지 절약형 친환경 주택의 건설 기준 및 주택법 시행령 제27조에 따라 30세대 이상의 단독주택 및 공동주택은 에너지 사용량을 저감시켜야 하기 때문이다(Kang et al., 2018).

이에 대한 주요 성능기준으로는 외벽, 측벽, 창호, 현관문, 바닥, 지붕, 보일러, 집단에너지, 신·재생에너지 등으로 구성되어있기 때문에 창호 프레임에 단열효과 및 기밀성능을 향상시키기 위해서 다양한 보강재를 삽입하게 된다.

3.2 실험결과

실험 전·후 모습은 Fig. 10과 같다. AL 프레임은 뒤틀림이나 변형 등은 관찰되지 않았다. 메인 버너에 노출된 프레임 부분은 검은색으로 변색되었으며 유리가 탄화되고 균열이 발생했다. 또한, 내부의 문풍지 등이 연소하며 발생한 연소생성물이 프레임의 외관부위에 갈색으로 남아있는 것을 관찰할 수 있었다.

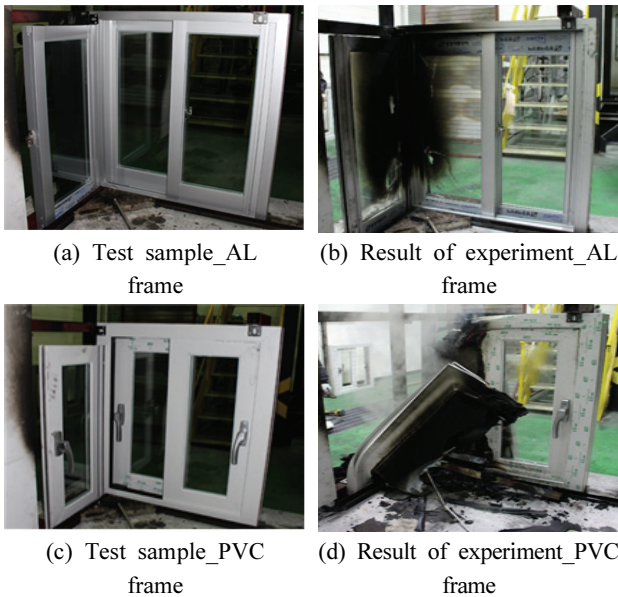


Fig. 10. Results of Experiment

PVC 프레임의 경우 유리를 감싸고 있는 프레임의 변형 등에 따른 뒤틀림으로 인해 유리가 파괴되고 고정된 틀에서 탈락하는 현상이 관찰되었다. PVC 프레임은 2장에서 실시했던 Cone Calorimeter 시험결과에서 보였던 질량 감소와 프레임의 용융 등이 실물 실험에서도 발생하며 창호 자체가 탈락하는 현상을 보였다.

3.3 시간대별 연소거동

AL 프레임의 시간대별 연소 거동은 Fig. 11과 같다. 착화가

시작되고 Fig. 11(a)와 같이 약 100초가 경과하는 시점에 유리에 균열이 발생했으며 Fig. 11(b)와 약 230초가 경과하는 시점에 내부의 문풍지 등에서 착화가 발생하는 것이 관찰되었다. 이후 실험 종료까지 외관상 특별한 변화는 없었다.

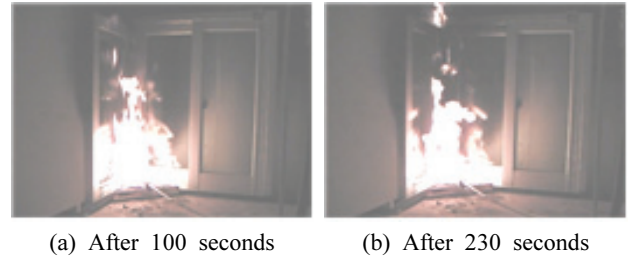


Fig. 11. Combustion Behavior (AL Frame)

PVC 프레임의 시간대별 연소 거동은 Fig. 12와 같다. 착화가 시작되고 Fig. 12(a)와 같이 약 70초가 경과하는 시점에서 프레임에 착화가 발생하기 시작하며 시간이 지남에 따라 그 범위가 넓어졌다. Fig. 12(b)와 같이 약 180초가 경과한 시점에서 프레임에서 연소생성물이 떨어져 나오기 시작했다. 이후 프레임에서 화염에 의한 뒤틀림 등이 관찰되다가 Fig. 12(c)와 같이 약 640초가 경과한 시점에서 유리가 탈락하는 모습이 관찰되고 Fig. 12(d)와 약 1,050초가 경과하는 시점에서 프레임과 함께 내부에 삽입된 강관도 탈락하는 것이 확인되었다. 이후 시험 종료까지 버너와 접촉되는 부분은 격렬하게 연소하였으며 시험이 종료된 이후에도 잔염이 꺼지지 않아 소화기를 이용해 소화를 실시했다.

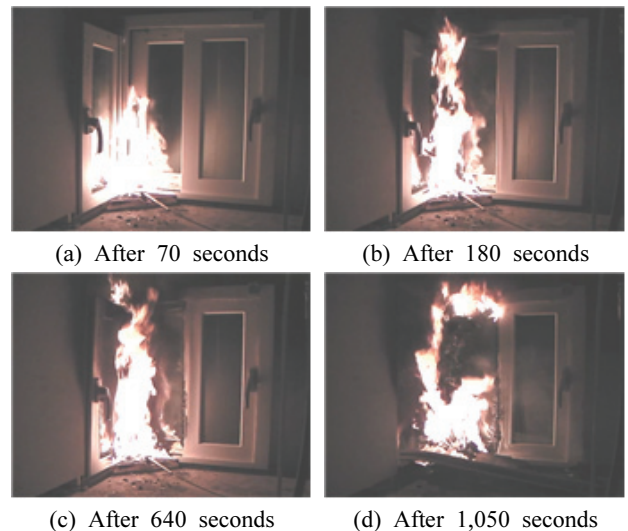


Fig. 12. Combustion Behavior (PVC Frame)

3.4 열방출률 특성

FIGRA_{0.4MJ}의 결과는 Fig. 13과 같다. 각각 최대값은 AL 프레임 7.03 W/s, PVC 프레임 72.93 W/s로 측정됐다. THR_{600s}의 결과는 Fig. 14와 같다. AL 프레임은 4.6MJ, PVC 프레임은

40.27 MJ으로 측정됐다. 측정결과 PVC 프레임의 열방출 결과와 시간대별 연소거동을 비교해보면 상당히 유사한 과정을 보인다. 특히 유리가 탈락하는 약 640초 시점에 FIGRA의 수치가 급격하게 상승하는 것을 확인 할 수 있으며, 프레임 자체가 완전히 탈락하는 1,050초 시점에 최대값이 측정되었다.

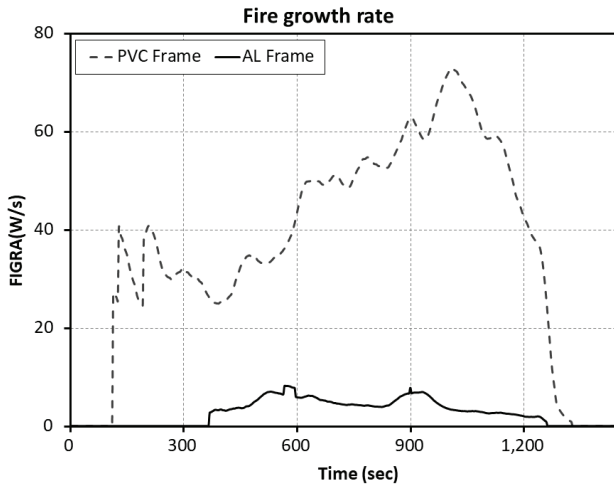


Fig. 13. Results of Experiment (FIGRA_{0.4MJ})

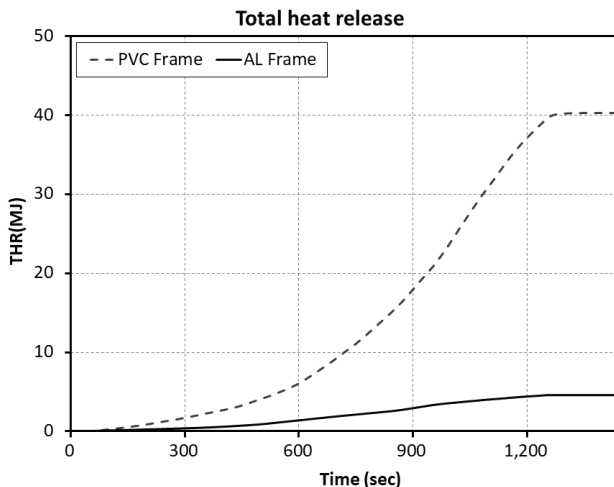


Fig. 14. Results of Experiment (THR_{600s})

열방출률 특성과 연소거동을 대조해봤을 때 창호 프레임 자체는 창호에서 큰 면적을 차지하고 있지 않으나 프레임의 뒤틀림 등에 의해 유리의 내화성능과는 무관하게 창호가 탈락하는 것을 확인할 수 있다. 종합적으로 판단했을 때 현행의 규정상 문제가 없는 재료를 사용했음에도 불구하고 창호의 탈락이 발생하는 점을 보았을 때 직상하층간에 화재 확대에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 창호가 탈락한 후 열방출률이 급격히 증가하는 현상 등을 고려했을 때, 창호가 탈락하게 된다면 구획공간의 화재성상에도 어느 정도 영향을 미칠 것으로 예측된다.

4. 결론

본 연구는 창호의 화재안전기준 개선을 위해 재질이 다른 두 종류의 창호를 대상으로 Cone Calorimeter 시험과 SBI 기준을 이용한 창호 화재실험을 실시하였다.

- (1) Cone Calorimeter 시험결과 PVC 프레임은 초기 대비 질량 감소비율이 약 40%에 가까운 것으로 확인되었다. 또한, 육안관찰에서도 형상을 유지하지 못하고 작은 충격에도 쉽게 파괴되었다.
- (2) 창호 화재실험결과 프레임의 방화성능이 확보되지 못하면 화염 및 열에 의해 뒤틀림이 발생하게 되고 유리의 내화성능과는 무관하게 창호가 탈락한다. 구획공간에서 발생한 화재가 상층부로 확대되는 것을 방지하기 위해 외장재가 불연화되는 방향으로 법적인 개선이 이뤄지고 있으나 건축물에서 창호가 차지하는 비율이 높은 것을 고려했을 때 프레임과 유리를 결합하여 설치하는 창호의 특성을 고려한 시험방법의 구축과 더불어 창세트 기준에서 방화성능시험에 대한 검토가 이뤄질 필요가 있다.
- (3) 또한, BS EN 18323 기준을 통한 창호 화재 실험결과와 같이 창호가 탈락한 후 열방출률이 급격히 증가하는 현상 등을 고려했을 때, 창호의 탈락으로 인해 구획공간의 화재성상이 변화할 것으로 사료되며 수직적인 화재 확대와도 연관성이 있을 것으로 사료된다. 다만, 창호의 탈락이 화재성상에 어떤 식으로 영향을 미치는 지에 대해서는 향후 구획공간에서의 화재실험 및 실험형 화재실험 등을 통해 추가적으로 검증이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(2018-0305).

References

- Kang, S.M., Lee, T.K., and Kim, J.U. (2018). A study on simulation for decreasing energy demand according to window-to-wall ratio and installation blind system in building. *Journal of KIAEBS*, Vol. 12, No. 6, pp. 531-542.
- Kweon, O.S., Yoo, Y.H., Kim, H.Y., Kim, J.H., and Min, S.H. (2012). The real scale fire tests for vertical fire spread study of external finishing material. *Fire Science and Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 85-91.
- Kwon, Y.J., Son, B.S., Lee, H.P., and Lee, D.M. (2009). *Fire mechanics for PBD*. Paju: Donghwa Technology

- Publishing Co., pp. 194-235.
- Lee, B.H., Jin, S.H., Park, S.H., and Kwon, Y.J. (2019). A study on the review of repair methods and repair materials for the prevention of fire spread of building exterior materials. *Fire Science and Engineering*, Vol. 33, No. 3, pp. 105-111.
- Lee, B.W., Kwon, S.P., Lee, J.W., Lee, B.H., Kim, H.S., and Kim, H.J. (2009). Evaluation of the burning properties of various carpet samples by using the cone calorimeter and gas toxicity test. *Fire Science and Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 1-9.
- Lee, J.W., Lee, B.W., Kwon, S.P., Lee, B.H., Kim, H.S., and Kim, H.J. (2008). Burning behavior of flooring materials in the cone calorimeter and evaluation of toxic smoke. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, Vol. 36, No. 1, pp. 45-53.
- Lee, K.M. (2017). *A study on the consciousness of disaster prevention and the characteristics of flames ejected from opening for fire safety in high-rise residential facilities*. Master's thesis, Hoseo Univ, pp. 3-8.
- Min, S.H., and Lee, J.M. (2012). A study on concurrent fire appearance through openings. *Fire Science and Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 90-96.
- Park, K.Y., Im, H.S., Jeong, J.G., and Kim, W.H. (2009). Analysis on the reaction-to-fire's performance of sandwich panel systems by using ISO 5660-1 and EN 13823 fire tests. *Fire Science and Engineering*, Vol. 23, No. 1, pp. 33-39.
- Park, Y.J., Hong, Y.P., and Lee, H.P. (2015). A study on the damaged pattern of dryvit by external flame. *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 30, No. 6, pp. 40-47.
- Shin, Y.C. (2018). Standardization on the risk assessment method of the radiation heat flux from ejected flame in building fire. *Journal of Standards and Standardization*, Vol. 8, No. 3, pp. 41-53.

Received	June 7, 2019
Revised	June 10, 2019
Accepted	July 29, 2019