

콘칼로리미터를 이용한 건축용 막재의 내화 특성 연구

A Fire Resistance Property Study of Architectural Fabric using Cone Calorimeter

김 지 현* 신 현 옥** 송 훈***
 Kim, Ji-Hyeon Shin, Hyeon-Uk Song, Hun

Abstract

Architectural fabrics are now used in membrane structure with the merits of free shape, lightness and opened up new possibility for the design of new building structures. Recently PVC, PVF, PVDF, PTFE coated fabric for using the membrane structures. However, clear standards for the design and construction is not exist because of the lack of Architectural fabric research. In this paper, Flammable properties of PVDF, PTFE coated fabrics are obtained through the Flammability test using the Cone Calorimeter. Based on these results, identify the fire resistance property of the Architectural fabric.

키 워 드 : 막구조물, 건축용 막재, 콘칼로리미터, 방염 시험, 내화 성능
 Keywords : membrane structure, architectural fabrics, combustion test, cone calorimeter, fire resistance property

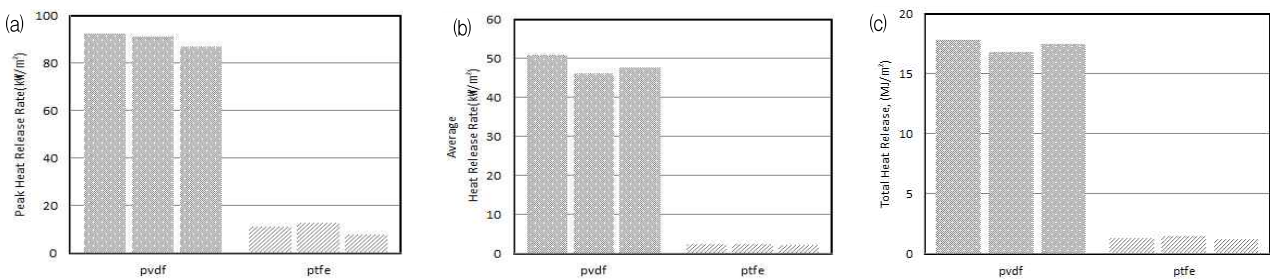
1. 서 론

각종 편의시설 및 대공간 구조에 활용되고 있는 막구조물은 가벼우면서도 자유로운 곡면표현이 가능하여 그 사용 용도가 점차 확대되고 있는 실정이다. 하지만 막구조물의 수많은 장점에도 불구하고 막구조물에 사용되는 건축용 막재는 대부분 화재에 취약하여 내화성능을 가지는 다양한 막재의 개발이 요구되고 있는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 난연성 시험을 통해 PTFE 코팅 막재와 PVDF 막재의 내화특성을 비교, 분석하고자 한다.

2. 실험 방법 및 결과

2.1 난연성 시험

재료의 난연성을 테스트하는 방법으로 콘칼로리미터(Cone Calorimeter Test, KS F ISO 5660-1)가 사용되는데 이 시험법은 점화장치가 부착된 수평 방향의 콘 히터 복사열에 노출된 시험편의 열방출률을 평가하는 방법이다.



(a)최대열방출율(Peak Heat Release Rate, PHRR) (b)평균열방출율(Average Heat Release Rate, AHRR) (c)총열방출열량(Total Heat Release, THR)

그림 1. 콘칼로리미터 시험결과

KS F ISO 5660-1 연소성능시험에 의거하여 온도 23±2℃, 상대습도 50±5% 향량이 될 때까지 유지한 시험편을 10cm×10cm의 크기로 각 막재 종류별로 3장 씩, 50kW/m²의 복사강도로 10분 동안 가열하여 콘칼로리미터 시험을 실시하였다.

* 한국세라믹기술원 연구원
 ** 한국세라믹기술원 연구원
 *** 한국세라믹기술원 책임연구원, 공학박사, 교신저자(songhun@kicet.re.kr)

그림 1의 (a)는 PVDF막재와 PTFE막재의 최대 열방출률(Peak Heat Release Rate, PHRR)을 나타낸 그래프로 콘칼로리미터 시험에서는 열방출율을 재료의 연소 표면적당 발생하는 열량으로 표현하였다. PVDF막재의 최대 열방출률은 평균 90kW/m^2 이고 PTFE막재의 최대 열방출률은 10.54kW/m^2 으로 나타났다.

(b)는 재료의 평균열방출율(Average Heat Release Rate, AHRR)로 PVDF막재는 평균 48.2kW/m^2 , PTFE 막재는 평균 2.3kW/m^2 의 평균열방출율을 보였다. (c)는 재료의 총열방출열량(Total Heat Release, THR)그래프로 총방출열량은 각 실험에서 실험재료의 연소로 인해 방출된 총열량으로서 시료표면적당 시간에 대한 함수로 표현되는 열방출율(HRR)값들을 적분하여 구한다. 일반적으로 이 THR값과 PHRR값과 가스유해성시험을 통해 재료의 성능을 판정하게 되는데 그 기준은 표 1에 나타내었다. PVDF 막재는 평균 17.4MJ/m^2 , PTFE막재는 평균 1.3MJ/m^2 의 THR값을 나타내었다.

표 1. 재료 판정 기준

불연 재료 (1급)	KS F ISO 1182 (건축재료의 불연성시험방법)	가열시험 개시 후 20분간 가열로 내의 최고온도가 최종평형온도를 20K이상 초과 상승하지 않을것(단, 20분 동안 평형에 도달하지 않으면 최종 1분간 평균온도를 최종평형온도로 한다) 질량감소율이 30%이하 일것
	KS F 2271 (가스유해성시험)	실험용 쥐의 평균행동 정지시간 9분 이상일 것
준불연 재료 (2급)	KS F ISO 5660-1 (콘칼로리미터법)	가열 개시 후 10분간 총방출열량 8MJ/m^2 이하이며, 10분간 최대 열방출율이 10초이상 연속으로 200kW/m^2 을 초과하지 않음. 10분간 가열 후 시험체를 관통하는 균열, 구멍 및 용융(복합자재의 경우 심재가 전부 용융, 소멸되는 것을 포함)등이 없어야 함.
	KS F 2271 (가스유해성시험)	실험용 쥐의 평균행동 정지시간 9분 이상일 것
난연 재료 (3급)	KS F ISO 5660-1 (콘칼로리미터법)	가열 개시 후 5분간 총방출열량 8MJ/m^2 이하이며, 5분간 최대 열방출율이 10초이상 연속으로 200kW/m^2 을 초과하지 않음. 5분간 가열 후 시험체를 관통하는 균열, 구멍 및 용융(복합자재의 경우 심재가 전부 용융, 소멸되는 것을 포함)등이 없어야 함.
	KS F 2271 (가스유해성시험)	실험용 쥐의 평균행동 정지시간 9분 이상일 것

3. 결 론

막구조물 관련 기술은 비약적인 발전을 거듭하고 있으나 막재의 화재취약성으로 인해 그 사용에 제한이 있었다. 현재 가장 많이 사용되고 있는 PVDF 막재와 PTFE 막재를 중심으로 PHRR, AHRR, THR을 측정하였다.

PVDF 막재는 평균 10초 내외에 착화되었으며 5분 이내 THR값이 8MJ/m^2 을 초과하였고 유리섬유 직포에 불소코팅이 된 형태의 PTFE 막재는 콘칼로리미터 시험시에는 1.3MJ/m^2 의 낮은 THR값을 나타내었지만 실제 화재 시 화재온도는 콘칼로리미터의 복사 온도인 750°C 와 유리 섬유 녹는점인 $400\sim 600^\circ\text{C}$ 를 초과하므로 실 화재 위험에 대응할 수 있는 개선된 내화성능을 가지는 건축용 막재의 개발이 필요하며 막재의 화재위험 특성을 적절하게 분류할 수 있는 정확한 평가기준이 정립되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2015년 산업통상자원부 세라믹섬유실용화센터구축사업의 일환으로 수행된 연구를 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. KS F ISO 5660-1:2008
2. 이근원, 콘칼로리미터를 이용한 플라스틱 단열재의 화재특성, 한국화재소방학회, 제17권 제1호, 2003
3. 한국공간구조학회, 막구조 설계기준 및 해설