

커튼의 고온 산소지수에 관한 연구

김황진*, 이승현*, 이성은**오규형†

호서대학교 소방방재학과, 호서대학교 산업안전연구소**

A study on the high temperature oxygen index of curtain

Hwang-Jin Kim*, Kyu-Hyung Oh†, Seung-Hyun Lee*, Sung-Eun Lee**,

1. 서론

실내화재의 화염 확산은 대부분 벽면을 통해 이루어진다. 이는 문헌상 알려진 일반적인 화염확산속도가 측면 혹은 하향일 때 0.1cm/s, 상향일 경우에는 가연물의 두께에 따라 1~100cm/s로 상방향으로의 진파속도가 빠르기 때문에 바닥 혹은 벽면에서 발화한 화재는 벽을 타고 확산되어 천정면에 도달해 최성기에 이른다. 따라서 벽면 내장재와 실내장식물에 대한 화재 성장과 확대 위험성에 대한 예측은 매우 중요하다.

수직으로 화재를 확대시킬 수 있는 실내 장식물로는 대표적으로 벽지와 커튼을 들 수 있다. 본 연구진은 기존에 벽지의 고온 산소지수를 측정 한 결과 다음 Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Table 1. Oxygen Index of wallpaper in ambient and elevated - temperature test

	합지벽지	녹차벽지	숯벽지	숯황토벽지	질석벽지	실크벽지	방염실크벽지
상온	20.67%	22.40%	21.25%	20.25%	21.67%	20.31%	31.25%
300℃	13.10%	14.81%	14.03%	14.03%	14.61%	14.88%	22.97%

상온에서보다 고온일 경우 가연물의 산소지수가 5.42 ~ 8.28%까지 차이가 났다. 일반적으로 0.1%의 산소지수차이에도 가연물의 연소 길이 차이가 많이 나타나기 때문에 이러한 결과는 화재 상황 시 실내의 온도가 올라갈 경우 화재확산에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이번 연구를 통해 벽지뿐만 아니라 대표

†정회원 · 호서대학교 소방방재학과 · 교수

* 학생회원 · 호서대학교 소방방재학과 대학원 · E-mail:khj2652@empal.com

**학생회원 · 호서대학교 산업안전기술연구소 연구원

적인 수직 실내장식물인 커튼에 대해서도 상온 및 고온산소지수를 측정하여 온도상승에 따른 산소지수의 차이를 알아보고 고온일 경우의 연소특성의 변화를 관찰하고자 하였다.

2. 실험

실험시료는 시중에 유통되는 시료 중 유통량이 많은 면, 폴리에스테르100%, 울 70%폴리에스테르30%, 면 70% 폴리30%, 방염폴리에스테르를 주성분으로 한 커튼을 사용하였으며 시편의 크기는 가로 52mm, 세로 140mm로서 실험 전 온도 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 ($50\pm 5\%$) 조건하에서 최소 88시간 동안 상태 조절한 후 실험에 사용하였다.

산소지수는 고분자 시료가 발화되어서 3분간 꺼지지 않고 타는데 필요한 산소-질소 혼합 공기 중 필요한 산소의 부피 %를 말한다. 따라서 가연물의 한계산소지수가 높을수록 난연성이 우수하다고 할 수 있다.

산소지수측정 실험은 실험장치의 실린더 내부로 유입되는 산소-질소의 혼합 가스를 유량계(MFC)로 조절하면서 가연물을 연소시켜 연소가 더 이상 일어나지 않는 한계산소지수를 찾아내는 방법으로 실시했다.

다음 Fig. 1은 본 실험에 사용한 상온 산소지수 시험 장치 및 고온 산소지수 시험 장치이다.

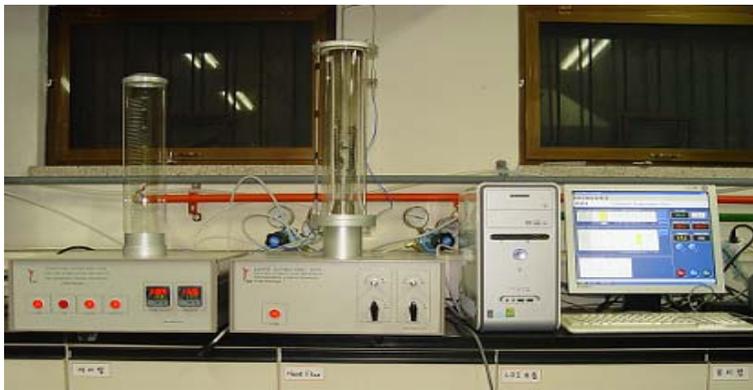


Fig. 1. photograph of oxygen index test unit

상온 산소지수시험법은 KS M ISO 4589-2 (산소지수에 의한 연소 거동의 측정-제2부 상온시험법)에 따라 상온에서의 한계 산소지수를 측정하였으며 고온에서의 산소지수는 KS M ISO 4589-3 (산소지수에 의한 연소 거동의 측정-제3부 고온 시험법)에 의거하여 실시하였다.

시편이 공기 중에서 연소가 원활하게 이루어진다면 산소지수를 21%에서 1%씩 내려가면서 시험하고 공기 중에서 원활하게 연소되지 않는다면 21%에서 1%씩 올라가면서 실험한 후 1%내의 한계 농도를 확인 후 다시 0.2%씩 산소농도를 조절해가면서 한계 산소지수를 측정하였다. 산소지수시험법에서 실린더내의 시편이 180초 이상 연소가 지속되거나 연소 길이가 상부로부터 5cm 이상이 되면 측정

산소 농도 내에서 연소가 원활히 이루어진다고 가정하고 있기 때문에 두 조건 중 하나를 만족시키는지 관찰하여 실험을 실시하였다.

본 실험에서는 상온에서 뿐만 아니라 고온 (100℃, 200℃, 300℃) 에서도 산소지수를 측정하였다. 산소지수 측정 장치 내에 Preheater가 설치되어 있어 원하는 온도만큼 혼합가스의 온도를 상승시켜 실린더 내부로 유입시켰으며 실린더 내부에 감겨진 Heating coil을 통해 실린더 내부 온도의 온도를 상승시킨 후 k-type thermocouple로 측정하여 온도가 안정화 된 후 실험을 시행하였다.

혼합 가스는 규정대로 산소-질소 각각 2.0bar의 압력하에서 10.6 ℓ/min의 유량으로 투입하였다.

각 시료마다 10회 이상의 실험을 3회 씩 반복하여 산소지수를 측정하였으며 각 실험의 산소농도 오차범위는 0.2% 이내로 거의 일치하였다.

3. 실험결과 및 고찰

산소지수 측정값은 최종 5회 실험 시(0.1%의 산소농도 간격)의 연소결과를 다음 식에 대입하여서 구한다.

$$OI = CF + k \cdot d$$

CF = 최종 test시 산소농도

k = 덕슨의 “상승 및 하강” 방법에 의한 산소지수를 계산하기 위한 지수

d = test과정에 산소농도의 step size (보통0.2%)

총 5가지의 시료를 상온, 100℃, 200℃, 300℃에서 각각 실험하여 산소지수의 차이를 실험한 결과 다음 Table 1과 같은 결과를 얻었다.

Table 1. Oxygen Index of samples
in ambient and elevated - temperature test

	면	폴리에스테르	방염	울70%,폴리30%	면70%,폴리30%
상온	17.4%	26%	36.7%	18.6%	18.6%
100℃	14.8%	22.9%	34.1%	17.8%	16.6%
200℃	13.9%	22.1%	29.2%	15.6%	15.4%
300℃	11.1%	-	-	-	-

모든 시료에서 200℃까지 산소지수가 낮아지는 것을 확인할 수 있었지만 300℃에서는 순면을 제외한 다른 시료는 실린더 내부에서 시료가 녹아내려 더 이상 실험을 실시할 수 없었다. 다음 Fig.2는 온도에 따른 산소지수변화를 나타낸 그래프이다.

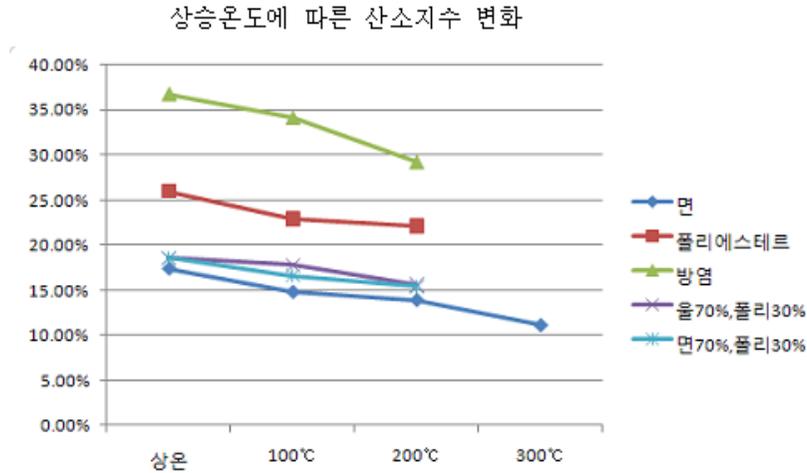


Fig. 2. Oxygen index rate by elevated-temperature

면 커튼을 제외한 모든 시료가 300°C에서는 녹아내려 산소지수를 측정할 수 없었지만

그래프에서 보이는 바와 같이 온도가 높아질수록 산소지수가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 특히 면 커튼의 경우에는 300°C에서 산소지수가 약 11% 대에서도 연소가 이루어지는 것으로 보아 기존의 가스계 소화약제의 소화한계농도인 15%이하에서도 연소가 원활이 이루어지는 것을 관찰할 수 있었으며 방염커튼의 산소지수가 상대적으로 높은 것으로 보아 산소지수 측정으로 가연물의 난연성을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구를 통하여 상온에서의 가연물의 산소지수와 고온에서의 가연물의 산소지수에는 많은 차이가 나타난다는 것을 알 수 있었으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 커튼의 종류에 따라 상온과 고온에서의 산소지수 차이는 3~7.5% 까지 차이가 나는 것을 알 수 있었다.
2. 기존에 알려진 상온에서의 가연물의 산소지수는 가연물의 연소특성 및 위험성을 판단하는 기준으로 사용할 수는 있으나 고온에서와의 산소지수 차이로 인해 화재확대에 미치는 위험성을 판단을 하기에는 미흡함을 알 수 있었다.
3. 방염커튼의 경우 일반 커튼보다 산소지수가 대략 10~19%까지 높게 측정되었으며 시료의 난연성을 산소지수실험으로도 확인할 수 있었다.
4. 실내가연물에 대한 고온 산소지수 실험이 지속적으로 실행되어 가스계 소화약제의 설계농도(기존 산소농도15% 이하) 등에 대한 새로운 대안이 제시되어야 한다고 판단 되어진다.

참고문헌

1. 오규형, 이성은, 김황진 “실내 내장 벽지의 고온산소지수에 대한 연구”, 한국 화재소방학회 논문지, 제22권 제2호, (2008)
2. J. G. Quintere, "Principles of Fire Behavior" 2002, Delmar
3. K. H. Oh, et al. "A Study on the Combustion Characteristics of Wallpaper" J of Korean Fire Sci. & Eng Vol 21 No.1 2007
4. NFPA., SFPE Handbook of Fire Protection Eng., 3rd Edition
5. KS M ISO 4589-2 : 플라스틱 - 산소지수에 의한 연소거동의 측정(상온시험법)
6. KS M ISO 4589-3 : 플라스틱 - 산소지수에 의한 연소거동의 측정(고온시험법)
7. 건축 재료의 연소가스 독성 및 평가방법의 고찰, 건축내장재료 기획 제1호 pp.25~30.
8. Wallpaper and Measuring Covering for Decorative Finish, KCM 7305. (1994)