

Cone Calorimeter와 Furniture Calorimeter를 활용한 주거시설의 대표적 가연물 연소 특성

김동은* · 김봉찬* · 이재원* · 이주희** · 권영진***

호서대학교 소방방재학과* · 호서대학교 메카트로닉스학과 교수** ·

호서대학교 소방방재학과 교수***

A Study on the Cone Calorimeter and Furniture Calorimeter using Residential Combustible Combustion Characteristics.

Kim, Dong Eun* · Kim, Bong Chan* · Lee Jae Won

· Lee, Ju Hee** · Kwon Young Jin***

Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ.* ·

Mechatronics Engineering of Hoseo Univ.** ·

Professor/Ph.D, Dept. Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ.***

요 약

본 연구는 주거시설의 대표적인 가연물을 고정가연물과 적재가연물로 구분하여 가연물의 연소특성을 실험결과에 대한 연구이다. 고정가연물은 7종에 대하여 Cone Calorimeter로 적재가연물은 2종 Furniture Calorimeter로 실험을 실시하였다. 고정가연물의 경우 접착성분을 지니고 있는 시트지의 경우가 HRR등이 높게 측정되었으며, 적재가연물의 경우 섬유성분과 플라스틱으로 구성되어 있는 의자가 높게 측정되는 것을 알 수 있었다.

1. 서 론

최근 건설기술의 비약적인 발전에 따라 건축물은 대형화, 고층화 되어가는 추세이며 더불어 주거시설과 상업시설과의 연계된 주상복합화가 되어가고 있는 추세이다. 이에 따라 주거시설의 경우 생활양식이 다양해지고 주거환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 다양한 실내공간이 연출되고 이에 따른 실내가연물 등도 다양하게 변화되고 있다. 그러나 이러한 생활양식에 따라 화재안전성보다는 디자인 기능성 등에 치중되면서 화재 발생시 실내 가연물로 인하여 피해를 가중시키고 있다. 이러한 가연물은 유기 합성수지등을 사용하여 많은 연기와 다량의 유독가스, 높은 발열량 등으로 인하여 예상치 못한 화재성상을 초래하게 된다. 따라서 본 연구는 이러한 문제점을 대해서 분석해 보고자 주거시설에서 많이 쓰이고 있는 대표적 가연물을 Cone Calorimeter와 Furniture Calorimeter을 통하여 열방출량과 가스 발생량 등을 측정해 그 연소 특성을 분석해보고자 한다.

2. 실험 개요 및 방법

본 연구에서는 고정가연물은 Cone Calorimeter를 이용하여 실험을 실시하였으며, 시료는 2010년 표근태 발표와 2011년 서윤정 발표에 이어서 벽지 2종과 블라인드 2종, 시트지 3종 총 7개의 시료로 실시하였으며, 적재가연물은 Furniture Calorimeter를 이용하여 책상, 의자 총 2개의 시료를 대상으로 실험을 실시하였다.

2.1 Cone Calorimeter 실험 개요

본 실험은 ISO 5660-1 Cone Calorimeter를 기준으로 실험을 실시하였으며, 복사열 50kw/m²의 조건으로 실험을 실시하였다. 시료 규격은 100mm x 100mm을 기준으로 실험을 실시하였다. 표1은 본 실험에서 사용된 시료의 중량, 두께, 부피 및 밀도를 나타내었다. 시료는 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 종류로 구분하였다.

표 1. Cone Calorimeter 실험 시료의 조건

구분		중량(g)	두께(mm)	부피(cm ³)	밀도(g/cm ³)
벽지류	황토벽지	2.3	0.24	2.4	0.9583
	폴바른 벽지	3.9	0.414	4.14	0.942
블라인드류	무늬블라인드	1.7	0.23	2.3	0.7391
	무지블라인드	1.9	0.28	2.8	0.6786
시트지류	대리석시트지	2.9	0.25	2.5	1.169
	칠판시트지	2.4	0.2	2	1.22
	가죽시트지	2.9	0.244	2.44	1.1885

2.2 Furniture Calorimeter 실험 개요

본 실험은 ISO 9705 기준에 따라 Furniture Calorimeter기준에 따라 3MW Tester를 이용하여 표3에 나타난 실험 시료를 준비하여 발화원은 헵탄을 이용하여 실시하였다.

각 시료의 크기를 측정하고 이에 대한 눈으로 확인할 수 있는 대표적인 재질을 구분하였다. 대표적인 재질을 살펴보면 섬유성분을 가지고 있는 의자의 HRR이 높게 측정될 것으로 고려되었으며, 중량은 연소 후 중량과의 비교를 위해 측정을 실시하였다.

표 2. Furniture Calorimeter 실험 시료 및 실험 방법

시료명	크기(mm)	중량(kg)	착화원 및 착화위치	대표적 재질
책상	가로 : 1200mm 세로 : 700mm 높이 : 700mm	41.65kg	N-헵탄(50ml) 책상 아랫서랍	MDF보드 성분 목재 + 일부 플라스틱 소재
의자	가로 : 490mm 세로 : 500mm 높이 : 750mm	13.5kg	N-헵탄(25ml) 방석(섬유)부분	섬유 + 플라스틱 + 철재+ 스펀지

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 Cone Calorimeter 실험 결과

본 실험에 대한 결과로 Peak HRR, Co, Co₂, SPR값을 그림 1~4에 그래프로 나타내었다. 그림 1의 Peak HRR은 평균적으로 대리석 시트지가 가장 높은 값을 황토벽지가 가장

낮은 값을 나타내었다. 또한 Co, CO₂, SPR에서는 시트지의 종류계열이 가장 높은 값을 나타냈으며, 반대로 황토벽지는 모든 부분에서 낮게 측정되는 것을 알 수 있었다. 이는 시트지에 첨가되어 있는 접착성분에 의하여 각 성분이 높은 것으로 판단된다.

표 3. Cone Calorimeter 실험 결과(Peak)

구분		최대 HRR (kW/m ²)	최대COY (kg/kg)	최대CO ₂ Y (kg/kg)	최대SPR (m ² /sec)
벽지류	황토벽지	107.36	1.46	9.40	0.005
		117.33	0.59	7.50	0.019
		123.29	0.21	2.50	0.011
	풀바른 벽지	270.47	3.08	83.27	0.009
		271.18	3.94	100.31	0.009
		246.14	8.54	226.86	0.004
블라인드류	무늬블라인드	262.83	4.20	33.53	0.066
		224.92	5.24	135.40	0.078
		238.50	1.26	36.03	0.088
	무지블라인드	133.78	1.39	17.69	0.042
		210.96	2.51	39.11	0.059
		168.51	86.53	788.49	0.057
시트지류	대리석시트지	279.81	3.02	9.76	0.202
		318.77	10.80	270.07	0.209
		275.80	3.54	18.84	0.256
	칠판시트지	261.77	112.33	581.87	0.200
		279.62	8.25	81.01	0.153
		281.40	2.18	31.11	0.190
	가죽시트지	285.47	0.94	24.56	0.270
		249.51	3.24	48.21	0.343
		270.68	7.0	75.25	0.285

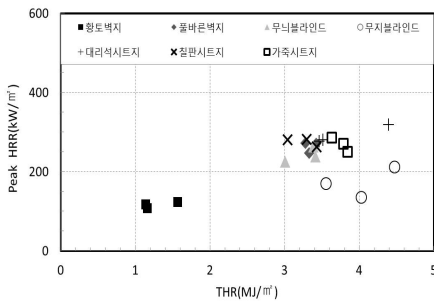


그림 1 각 시료의 HRR Peak

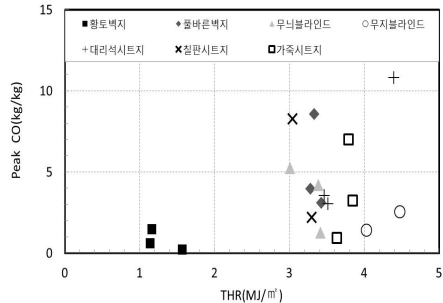


그림 2 각 시료의 Co Peak

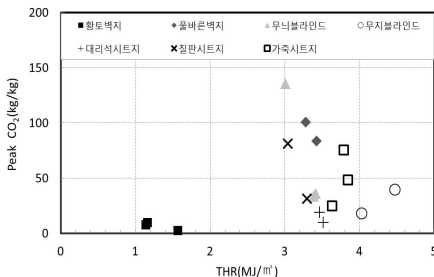


그림 3 각 시료의 CO₂ Peak

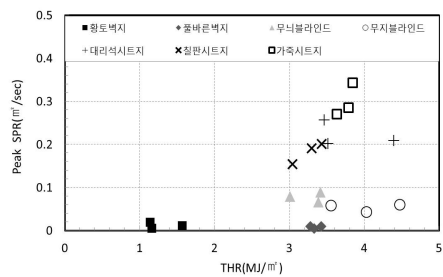


그림 4 각 시료의 SPR Peak

3.2 Furniture Calorimeter 실험 결과

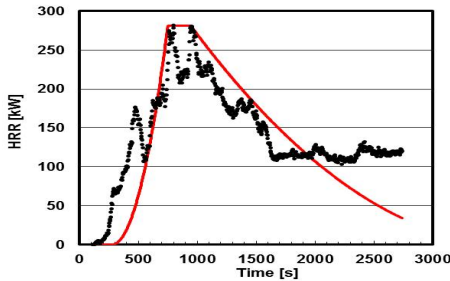


그림 5 책상의 HRR값과 발열속도 곡선

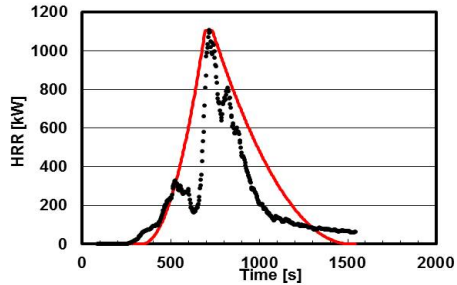


그림 6 의자의 HRR값과 발열속도 곡선

책상의 경우 연소 후 중량이 18.1kg으로 떨어져 23.55kg의 질량감소를 나타내었다. 또한 의자의 경우 연소 후 철제만이 남아 3.8kg으로 9.7kg의 질량 감소를 나타내었다. Peak HRR은 책상의 경우 281.3 kW이며, 의자 경우 1104.39kW로 측정되었다. 이는 목재로 구성되어 있는 책상보다 섬유성분과 스펀지부분이 연소되면서 높은 발열량을 나타내는 것으로 판단된다. 그림5와 6은 각각의 HRR값의 변화이며 실선은 발열속도를 정량화하여 나타내었다. 또한 각 시료의 화재 성장곡선에 따라서 책상의 화재성장률 α 는 0.000825469, 의자는 0.007110811로 산출되었다. 이는 NFPA72기준으로 비교한 결과 책상은 Slow, 의자는 Medium으로 정의될 수 있다. 그러나 책상의 경우 실험환경의 높은 습도로 인하여 화재 성장률도 변수가 생긴 것으로 판단된다.

4. 결 론

Cone Calorimeter와 Furniture Calorimeter를 이용하여 대표적인 주거시설의 가연물 9개의 시료를 결과는 다음과 같다.

1) 고정가연물의 경우는 벽지나 블라인드에 비해 접착성분을 가지고 있는 시트지의 경우가 HRR 및 측정항목 전체가 높게 측정됨에 따라 화재시 건축물의 문이나 가구의 표면에 부착하는 시트지를 통한 화재 전파가 빨라질 것으로 예상된다.

2) Furniture Calorimeter를 통한 적재 가연물의 경우 NFPA72기준으로 구분하여 보면 책상은 Slow, 의자는 Medium의 화재성장율을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2011년 소방방재청 차세대 핵심소방안전기술개발 과제 1665005762 [NEMA-차세대-2011-3] 지원에 의하여 수행하였으며, 관계자들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 표근태 외 3명, Cone Calorimeter를 활용한 주거시설의 고정가연물 연소특성에 관한 실험, 한국화재소방학회 추계학술대회, 2010년
2. 서윤정 외 4명, 건축물 화재성장 시물레이션을 위한 주요가연물 연소특성 DB구축, 한국화재소방학회 춘계학술대회, 2011년
3. 이성룡, 육근환, 주택가연물의 연소특성에 관한연구, 한국화재소방학회 논문지 제23권 제4호, pp 25~31, 2009