

A-1

건축물의 적재가연물 특성에 관한 연구

- 대형서점의 적재가연물 연소발열성상

남동군* · 長谷見雄二** · 정종진* · 임우섭* · 사공성호*

한국소방검정공사 소방기술연구소* · 와세다대학교**

Characterization of Live Fire Load in Buildings

- Heat Release Characteristics of Typical Live Fire Load in Bookstore

Nam, Dong Gun · Hasemi, Yuji · Jung, Jong Jin · Lim, Woo Sub · Sakong, Seong Ho

Korea Fire Equipment Inspection Corporation* · Waseda University**

요 약

Heat release characteristics of live fire load are an important parameter for performance oriented fire safety design of a building. While investigations have been carried out on the fire load and its burning behavior in office, residential and commercial buildings and so on, little effort has been paid for the rational treatment of fire load in bookstore. In this report, burning behavior of typical combustible objects in bookstore are studied by measuring heat release rates of bookshelf with book.

1. 서 론

건축물의 적재가연물에 관한 연소발열성상은 건물의 화재확대속도와 화재규모 등을 지배하는 중요한 요인이다. 일반주택의 가구 등에 관해서는 연소발열성상을 측정하기 위한 화재실험이 실행되어 왔지만 대형서점에 관해서는 적재가연물량이 다른 건물보다 많아 화재가 발생할 경우에는 건물 전체에 미치는 영향이 클 가능성이 있음에도 불구하고 연소발열성상 등이 충분히 파악되어 있지 않다. 그러나 한편으로는 대형서점내의 서적은 밀도가 크고 서가에 수납되어 있는 상태에서는 단위질량당 공기접촉표면적이 작고 연소하여도 탄화층을 형성하기 때문에 화재시 연소가 완만하다는 추측도 있다. 이런 추측은 실제화재에서 서적의 일부분만이 연소한 상태로 남아 있는 사례가 많이 있다는 사실로부터 지지되고 있지만 실험 등으로 정량적으로 검증된 것은 아니다. 이와 같은 서적의 연소성상을 대형서점의 화재안전설계에 합리적으로 반영시키기 위해서는 서적 등의 연소실험에 의해 연소발열성상을 실증적으로 파악할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 대형서점의 적재가연물을 대상으로 연소실험을 행하여 연소발열성상을 파악하고 분석한다.

2. 실험 개요

서점의 적재가연물인 서가 등을 제작하여 집연후드의 하부에 두고 점화시켰다. 실험에서는 실화 등으로 출화한 경우를 재현할 목적으로 열방출율 16kW, 32kW 정도의 작은 화원으로 시험체를 점화하여 산소소모법에 의해 열방출율을 측정하고 연소확대성상을 관찰하였다.

시험체의 개요를 표1에 나타낸다. 일반 서점에서 사용되는 서가의 크기는 실험장치의 수용 범위를 넘었기 때문에 서가의 일부분을 재현하여 실험을 행하였다. 실험1, 2에서는 일반서점에서 사용되는 서가 부분을 4단 제작하여 서가에 서적을 최대한으로 넣은 상태로 실험을 행하였다. 단 실험1, 2에서는 서가의 뒤판 유무에 따른 연소성상을 파악하기 위하여 실험1에서는 뒤판을 설치하고 실험2에서는 뒤판을 설치하지 않았다. 또한 진열대에 진열한 서적의 연소확대성상을 조사할 목적으로 진열대를 만들어 그 위에 서적을 진열한 상태로 실험3, 4를 행하였다. 두 실험에서는 서적의 종류에 따른 연소성상을 파악하기 위하여 실험3, 4의 서적을 각각 문고본, 잡지로 하였다.

각 실험의 점화조건을 표1에 나타낸다. 실험에서는 실화 등에 의한 작은 출화에서 주위에 화재확대하는 특성을 조사하기 위해 화원의 열방출율은 가능한 작은 값으로 제어하였다. 실험1, 2에서는 시험체의 연소성상을 비교 및 검토하기 위하여 동일한 점화조건으로 실험을 행할

표1. 시험체 개요 및 점화조건

실험 NO.	시험체	서가 및 진열대		서적				점화원 (프로판가스)		점화용 버너	
		질량 (kg)	재질	종류	질량 (kg)	수량 (권)	규격	유량 (l/min)	공급시간 (분)	종류	점화위치
1	서가(뒤판 부착)+서적	27.84	목재	전문서	57.64	153	A5	10	20	T자형 버너 (그림3 참조)	서가 중앙 하단에서 30Cm 상부
2	서가(뒤판 미부착)+서적	17.54		전문서	44.77	167	A5	20	40		
3*	진열대+서적	10.45		문고본	20.81	123	A6	20	20	CSB버너 (그림4 참조)	진열대 중앙 서적에서 30Cm 상부
4*	진열대+서적	10.45		잡지	14.18	35	A4	20	20+재가열10		

* California State Bulletin 133, Furniture Burning Test 점화용버너로 점화(참고문헌1)

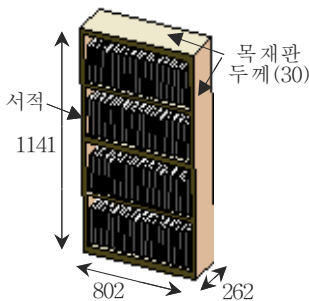


그림1. 실험1, 2(단위:mm)

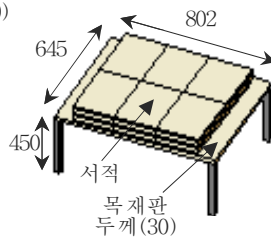


그림2. 실험3,4(단위:mm)

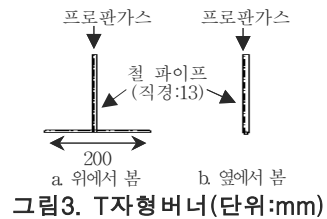


그림3. T자형버너(단위:mm)

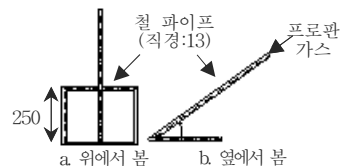


그림4. CSB버너(단위:mm)

계획이었지만 실험1에서는 서가와 서적이 일부분만 연소하고 꺼졌기 때문에 실험1과 동일한 점화조건으로 실험2를 행하여도 시험체가 거의 연소하지 않는다고 판단하여 실험2의 화원규모와 가열시간을 실험1보다 2배 증가시켰다(열방출율 32kW). 실험3, 4에서는 동일한 화원규모(열방출율 32kW)로 시험체를 20분간 점화하였다. 단 실험 관찰에 의하면 문고본은 전혀 타는 현상이 보이지 않았지만 잡지는 문고본보다 연소가 진행하고 있어 점화시간을 증가하면 잡지의 연소가 진행할 가능성도 있다고 판단하여 실험4에서는 시험체를 재사용하여 10분간 재점화하였다.

3. 실험 결과 및 분석

① 실험1(서가[뒤판 부착], 서적:전문서)

시험체에 점화를 개시하면 서적 표면이 인화하였지만 연소확대하지는 않았다. 실험개시 4분 후에 서가 상단으로부터 2번째 단의 서적이 타기 시작하였다. 실험개시 16분 후에는 위에서 2번째 단의 서적 전체가 화염에 휩싸여 완만하게 연소하고 있었다. 점화종료(실험개시 20분 후)와 동시에 시험체의 연소도 급격히 약해지며 시험체는 거의 진화하였다. 실험종료 후 시험체의 관찰에 따르면 최상단에 있었던 서적은 표면 일부분에 얇은 탄화가 있었고 위에서 2번째 단의 서적은 손상이 심하였다.

실험1의 열방출율과 적산발열량을 그림5에 나타낸다. 그림5를 보면 실험개시부터 약 16분 후에 열방출율이 약간 상승하지만 점화종료 후에는 열방출율이 약 30kW이하로 급격히 하강하는 것을 알 수 있다.

② 실험2(서가[뒤판 미부착], 서적:전문서)

버너로 점화하면 버너 앞에 있던 서가와 서적의 표면이 서서히 타기 시작하였다. 실험에는 뒤판이 없는 서가를 사용한 것으로 인해 버너의 화염은 서가의 뒤쪽으로 퍼져나갔고 바로 위의 단에 있던 서적은 화염에 의해 앞뒤로 가열되었다. 실험개시 5분35초 후에 화염은 서가의 최상단까지 도달하였으나 서가와 서적의 표면은 서서히 연소하고 있었다. 실험개시 35분 후, 위에서 2번째 단에 서가의 목재판이 버너에 의해 직접적으로 가열되어 붕괴하였고 버너의 화염은 붕괴한 서적에 접하면서 서가의 최상단에 있는 서적에 도달하였다. 실험개시 40분 후에 점화를 중지하면 시험체가 저절로 진화하였다.

그림6을 보면 점화중지 후에 열방출율이 급격히 하강하고 있는데 이것은 목재 서가와 서적은 착화원이 없으면 자력으로서는 연소확대하지 않는다는 것을 의미한다.

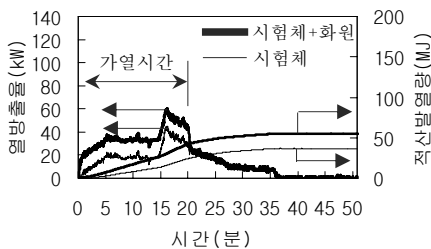


그림5. 실험1의 연소발열성상

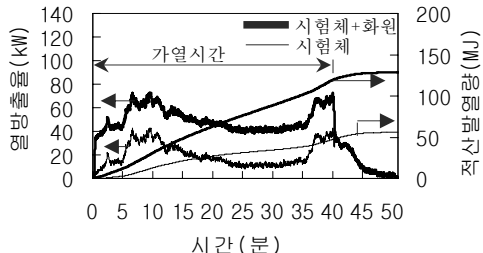


그림6. 실험2의 연소발열성상

③실험3(진열대, 서적:문고본)

점화를 개시하면 버너의 화염에 직접 가열된 문고본이 인화하였으나 연소가 약간 진행된 후에 탄화층이 형성되어 연소가 멈췄다. 버너의 화염에 직접 가열된 서적에서 수평방향으로는 연소확대되지 않았다. 실험개시부터 20분 후에 점화를 중지하면 서적의 연소는 바로 멈췄다. 실험종료 후에 진열대는 전혀 연소하지 않았고 서적 내부는 거의 타지 않았다.

실험2, 3에서는 시험체의 형태가 다르지만 동일한 열방출율로 시험체를 점화하였다. 두 실험결과를 보면 실험3의 열방출율이 실험2보다 작는데 이는 시험체의 수직면이 수평면보다 화염에 휩싸이는 면적이 크고 공기에 냉각되는 면적이 작기 때문이다.

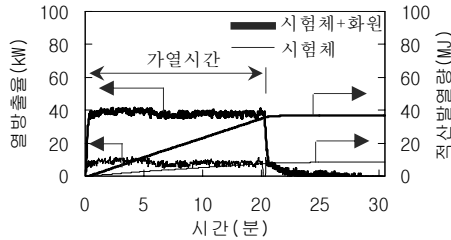


그림7. 실험3의 연소발열성상

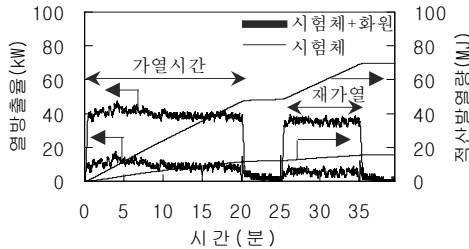


그림8. 실험4의 연소발열성상

④실험4(진열대, 서적:잡지)

점화와 동시에 버너에 직접 가열된 잡지가 표면에서 내부로 탔지만 주위의 잡지에는 연소확대하지 않았다. 실험개시 1분 후에 가열된 잡지에서 주변의 잡지에 불이 옮겨 붙으면서 서서히 연소하였다. 실험개시 20분 후에 점화를 중지하면 곧바로 진화하였다. 실험종료 후에 시험체의 관찰에 따르면 진열대의 손상은 거의 없고 잡지의 손상도 경미하였다. 실험중지 5분 후에 시험체를 재활용하여 10분간 재점화하여도 시험체는 연소확대하지 않았다. 이 연소현상은 그림8의 열방출율에 잘 표현되어 있다. 그림8를 보면 점화중지 후에는 열방출율이 급격히 하강하고 있다. 실험4(잡지)와 실험3(문고본)에서는 서적의 종류는 다르지만 점화를 중지하면 시험체는 곧바로 진화하였다. 이 결과로부터 서적은 인화하여도 외부가열이 없으면 연소확대하지 않는다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 서점의 적재가연물을 대상으로 연소초기의 특성을 파악할 목적으로 적재가연물을 재현한 시험체를 제작하여 작은 화원으로 점화시키는 연소실험을 행하였다. 실험결과에 의하면, 목재 서가와 진열대(서적 포함)는 화원 규모가 작으면 연소확대하지 않고 연소범위가 화원의 화염에 둘러싸이는 부분에 한정되는 것을 알 수 있었다. 만일 서점의 매장 부분에서 실화에 의해 화재가 발생한다면 실화에 의한 화염은 소규모이기 때문에 주변의 목재서가와 서적에 연소확대되는 것이 아니라 화염에 둘러싸이는 목재서가와 서적의 표면만이 연소하고 저절로 진화될 가능성이 크다.

참고문헌

1. California State Bulletin 133, Furniture Burning Test
2. 吉田正志 (2000). “收納可燃物の燃焼性状” 日本建築學會大會公演概要集