

화재 최성기에서의 서점 적재가연물의 연소성상

남동군* · 長谷見雄二**

한국소방산업기술원 소방산업기술연구소* · 와세다대학교**

Heat Release Characteristics of Typical Live Fire Load in Bookstore

Nam, Dong Gun · Hasemi, Yuji

Korea Fire Equipment Inspection Corporation* · Waseda University**

요 약

건축물의 적재가연물 특성은 성능위주 화재안전설계를 수행함에 있어 중요한 인자이다. 본 연구에서는 서점의 성능위주 화재안전설계에 이용할 목적으로 적재가연물을 대상으로 연소발열성상을 측정하기 위한 화재실험을 행하였다. 실험에서는 서적과 서가의 일부분을 재현한 시험체를 내화로에 넣고 ISO834 표준가열곡선에 따라 가열하여 화재 최성기에서의 연소성상을 파악하였다. 그 결과, 서적은 외부 가열을 받으면 표면연소 후에 탄화하여 주위에 고온이 형성되어도 열분해가스의 방출량이 증가하지 않는 것으로 파악되었다.

1. 서 론

건축물의 적재가연물의 연소발열성상은 화재확대속도와 화재규모 등을 크게 좌우하는 중요한 요인이다. 건축물 중에서도 서점은 다른 건물용도보다 적재가연물량이 많으므로 화재 발생시 대규모 화재로 발전할 가능성이 있으나 적재가연물 특성이 충분히 파악되어 있지 않다. 반면 서점에서는 적재가연물량이 많은 것에 비해 가연물의 노출표면적이 작기 때문에¹⁾ 화재시 가연물의 열분해와 열방출율이 가연물량에서 예상되는 것보다도 작을 가능성이 있다. 이는 실험 등에서 검증된 사례가 거의 없으므로 서가와 서적 등의 가연물을 대상으로 연소발열성상을 파악할 필요가 있다. 또한 서점 내부의 서적은 화재 최성기에 도달한 실제 화재에서도 부분적으로 연소한 사례가 적지 않기 때문에, 서적의 연소성상 파악은 주로 화재초기를 대상으로 하는 피난안전설계, 그리고 주로 화재 최성기를 설정한 내화안전설계 측면에서도 크게 기대된다.

상기와 같은 배경으로 본 연구에서는 서점의 내화안전설계에 이용하기 위하여 적재가연물을 대상으로 내화로를 이용한 가열실험을 행하여 화재 최성기에서의 연소성상을 파악하고 분석한다. 서점의 적재가연물의 연소초기 발열성상에 관해서는 기존에 보고하였다²⁾.

2. 실험 개요

화재 최성기에서의 서가와 수납서적의 연소성상을 파악하기 위하여 서적과 서가의 일부분을 재현한 시험체를 제작하여 내화가열실험을 행하였다. 실험에서는 시험체를 내화로에 넣고 ISO834 표준가열곡선에 따라 가열하여 가열시간 변화에 따른 시험체의 잔존량을 측정하였다(그림1 참조). 이 측정 결과를 토대로 가열시간과 연소량의 관계를 구하여 연소속도의 시간 변화를 추정하였다.

(1) 시험체

시험체의 개요를 표1에 나타내었다. 일반 서점에서 사용되는 서가는 재질이 목재와 철재로 구분되고 뒤판이 있으므로 시험체는 뒤판이 있는 목재와 철재의 서가 1단을 사용하였다. 실험에서는 가열시간 변화에 따른 시험체의 잔존량 변화를 비교하기 위하여, 실험1~3과 실험4~6의 시험체는 각각 목재와 철재를 사용하고 서가에는 같은 양의 서적을 넣었다(그림3, 4).

표1. 시험체의 개요

실험 NO.	시험체	가열시간(분)	서가		서적		
			치수(cm)	질량(kg)	종류	규격	질량(kg)
1	목재서가 1단(뒤판 부착)+서적	15	50×23 ×30	6	전문서 적	A5, B6	8
2		30					
3		45					
4	철재서가 1단(뒤판 부착)+서적	15	46×20 ×26	12.6	전문서 적	A5, B6	8
5		30					
6		45					



그림1. 내화로

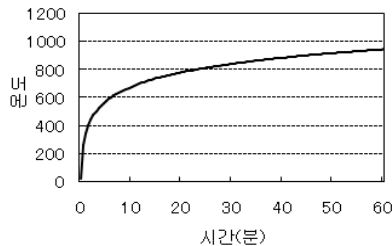


그림2. ISO834 표준내화가열곡선



그림3. 실험1~3(목재 두께:20mm)



그림4. 실험4~6

(2) 가열조건 및 실험 방법

가열은 ISO834에 규정하는 표준내화가열곡선에 준거하여 실시하였고(그림2 참조), 내화가열실험은 그림5의 순서로 행하였다. 목재 서가(실험1~3)와 철재 서가(실험4~6)의 가열시간은 15분, 30분, 45분의 3종류로 하였다. 실험에서는 시험체의 질량을 가열시간 전후에 측정하였고 시험체의 연소상태를 가열 직후에 관찰하였다.

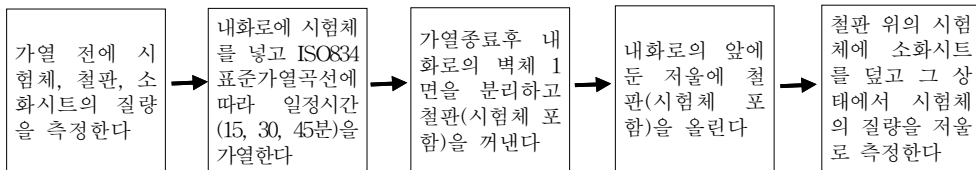


그림5. 내화가열실험 순서

3. 실험 결과

(1) 가열종료 후의 시험체 상태

① 실험1~3(시험체:목재서가[6kg]+서적[8kg])

a. 실험1(가열시간 15분): 가열종료 직후에 내화로의 벽체 1면을 분리하여 시험체를 관찰하였는데, 서적과 목재 서가는 연소가 지속되고 있었고 특히 서적과 서가의 상판은 염상(炎上)하고 있었다. 소화시트로 진화 후에 시험체를 상세히 관찰한 결과, 서적의 표면은 서가의 밑판에 접한 부분을 제외하고 탄화되어 있었다. 목재 서가는 상판이 전소하였으나 그 이외의 부분은 일부분만 연소하였고 측판과 뒤판의 표면에는 깊은 탄화가 있었다.

b. 실험2(가열시간 30분): 가열종료 직후에 시험체 관찰에 따르면, 목재서가는 상판, 뒤판, 측판이 전소하고 서적이 옆으로 기울어진 채로 염상하고 있었다. 진화 후에 시험체를 조사한 결과에 따르면 옆으로 기울어진 서적은 반소 상태이었으나 그 이외의 서적은 손상이 경미하였다. 서적은 서가에 접한 부분을 제외한 표면이 탄화되었으며 목재 서가는 서적에 접한 밑판만이 남아 있었다.

c. 실험3(가열시간 45분): 가열종료 직후의 서적은 연소하고 있었고 목재서가는 서적과 접한 밑판이외의 부분은 전소 상태이었다. 진화 후에 시험체의 조사결과에 의하면 서적은 목재 서가에 접한 부분은 타지 않았고 그 이외의 부분에는 얇은 탄화가 보였다.

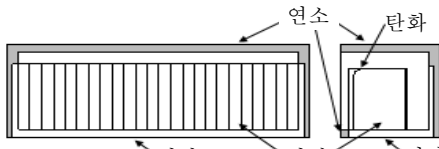


그림6. 실험1(목재서가+서적, 가열시간15분) 진해물

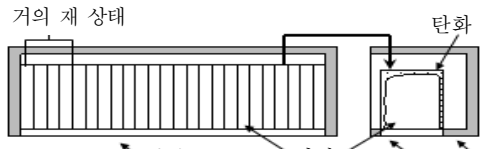


그림7. 실험2(목재서가+서적, 가열시간30분) 진해물

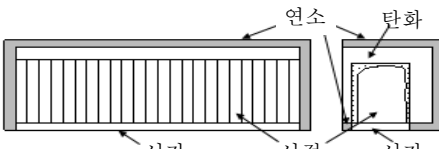


그림8. 실험3(목재서가+서적, 가열시간45분) 진해물



그림9. 실험1(실험 종료후)

그림10. 실험3(실험 종료후)

② 실험4~6(시험체:철재서가+서적[8kg])

d. 실험4(가열시간 15분): 가열종료 직후에 내화로를 개방하여 시험체를 관찰하였는데, 철재서가의 서적은 거의 진화하고 있었다. 시험체를 진화한 후에 상세히 관찰한 결과, 서적의 표면에는 탄화가 인정되었다. 철재서가의 중앙에 있었던 서적을 꺼내어 연소면적을 구한 결과를 그림11에 나타내었다. 그림11을 보면 서적의 탄화는 상면, 뒷면이 정면, 하면보다 현저한 것을 알 수 있다. 이것은 철재서가의 외부 노출면이 강한 외부가열을 받아 고온이 되었고 고온의 철재서가에서 서적의 상면, 뒷면이 강한 복사열을 받았기 때문이다. 또한 서적 앞면의 탄화가 얇은 것은 내화로 벽체의 열용량이 크기 때문에 내화로 내부의 표면온도 상승이 서가보다 늦었기 때문으로 사료된다. 서적의 연소면적률(서적 연소면적/서적 규격의 면적×100)은 41%이었다.

e. 실험5(가열시간 30분): 내화로의 개방 직후에 철재 서가의 서적은 거의 진화되어 있었다. 시험체를 진화한 후에 상세히 관찰한 결과, 전체 표면(4면)에 탄화가 인정되었다. 서적

은 철재 서가에 접한 하면에도 얇은 탄화가 인정되었는데, 이것은 철재서가의 하면도 고온이었다는 것을 의미한다. 그림12에 서적 내부의 연소 부분을 나타내었다. 서적의 연소 면적율은 52%이었다.

f. 실험6(가열시간 45분): 가열종료 후에 내화로를 개방하였을 때 철재서가의 서적은 거의 진화되어 있었다. 실험종료 후의 시험체 관찰에 따르면 서적은 형상을 유지하고 있었으나 서적의 하면을 제외한 부분에는 얇은 탄화가 인정되었다. 서적의 연소면적율은 66%이다.

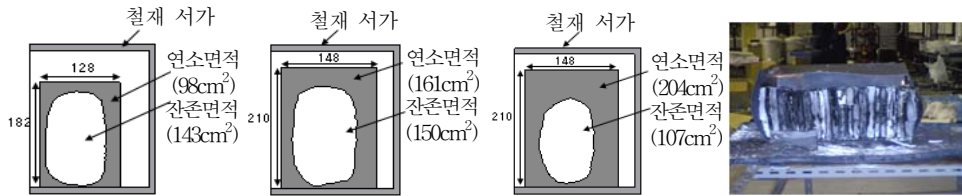


그림 11. 실험4의 서적 연소부분(측면,단위 mm) 그림12. 실험5의 서적 연소부분(측면,단위 mm) 그림13. 실험6의 서적 연소부분(측면,단위 mm) 그림14. 실험6의 진해물(가열시간 45분)

(2) 시험체의 질량감소

시험체의 중량감소율을 표2에 나타내었다. 표2를 보면 가열시간은 실험2가 실험3보다 짧음에도 불구하고 질량감소율은 실험2가 실험3보다 크다. 이것은 실험2에서는 가열 중에 서가 측판이 연소되어 서적이 옆으로 기울어졌기 때문에 서적 사이에 틈새가 형성되어 서적이 공기에 접한 노출표면적이 증가하여 연소량이 급증하였기 때문이다.

표2. 시험체의 질량 감소율

실험 NO.	시험체	가열시간(분)	질량(kg)			질량감소율(%)
			가열전	가열후	중량감소	
1	목재서가	15	14	10	4.0	29
2	1단(뒤판 부착)+서적	30	14	5.4	8.6	61
3		45	14	8.4	5.6	40
4	철재서가	15	8	6.4	1.6	20
5	1단(뒤판 부착)+서적	30	8	4.4	3.6	45
6		45	8	3.6	4.4	55

4. 결 론

본 논문에서는 서점의 적재가연물을 대상으로 화재최성기의 특성을 파악하기 위하여 서적을 넣은 목재와 철재의 서가 1단을 내화로에 넣어 ISO834표준가열곡선에 준거하여 가열시간을 바꾸면서 가열시키는 연소실험을 행하였다. 실험결과에 의하면 목재서가와 철재서가의 서적은 외부가열을 받으면 표면이 연소한 후에 탄화하기 때문에 시간경과에 의해 내화로 내부의 온도가 상승해도 열분해가스의 방출량이 증가하지 않는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 南東君, 長谷見 雄二, 太田 充(2007). “大型書店における積載可燃物の特性と簡易調査法” 日本建築學會環境係論文集 第613号
2. 남동군, 長谷見 雄二 외 3명 (2008). “건축물의 적재가연물 특성에 관한 연구-대형서점의 적재가연물 연소발연성상”. 한국화재소방학회 추계학술발표대회