

A-02

건축물의 적재가연물 특성에 관한 연구

—우체국 적재가연물의 연소성상

Characterization of Live Fire Load in Buildings

- Heat Release Characteristics of Typical Live Fire Load in Post Office Building

남동균* · 長谷見雄二** · 사공성호*** · 정종진***

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

Abstract

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 post office buildings in Japan. In this report, burning behavior of typical combustible objects in post office buildings are studied by measuring heat release rates of plastic palettes with and without postal envelopes or packages and special containers loading numbers of palettes. The test results suggest that dynamic heat release rate is highly dependent on the condition of palettes especially if they load appropriate amount of postal envelopes or not.

key words : Heat release characteristic, Live fire load, Fire safety design, Post office building

1. 서 론

최근 건축물의 용도와 이용형태의 다양화에 따라 적재가연물의 종류와 양 등도 다양화되었다. 이러한 적재가연물의 특성은 성능위주 화재안전설계에 불가결하지만 충분히 파악되어 있지 않은 건축물과 시설이 많다. 예를 들면 우체국에는 일반 시설에서 볼 수 없는 가연물인 우편물과 우편용기가 대량 집적되어 있어 화재가 발생하면 화재성장이 빠르고 대형화재로 확대될 가능성이 크지만 적재가연물 특성이 파악되어 있지 않다. 또한 우편용기의 재질은 합성고분자재료이기 때문에 연소하면 건물 전체와 주위 가연물에 큰 영향을 줄 가능성이 있지만 이 가연물에 대해서는 연소발열성상을 측정할 사례가 없어 화재확대 영향평가와 피난안전계획을 어떻게 수립해야 하는지 명확하지 않다. 따라서 본 논문에서는 우체국의 적재가연물인 우편용기 등을 대상으로 일련의 연소실험을 행하여 우체국의 성능위주 화재안전설계에 필요한 연소발열성상을 제시한다.

2. 실험 개요

우체국의 적재가연물인 우편용기 등을 집연후드의 아래에 두고 가열하여 연소시 발생한 연기의 가스(O_2) 분석을 하고 산소소비량에 의해 열방출을 등을 측정하였다. 시험체의 화염형상은 비디오카메라, 디지털카메라로 촬영하였다. 실험은 일본 소방연구소와 건축연구소에서 행하였다.

시험체의 개요를 표1에 나타낸다. 각 실험의 시험체는 우체국에서 사용되고 있는 것과 동일한 제품을 사용하였다. 실험1에서는 우편용기 1개만을 시험체로 하고 실험2, 3에서는 우편용기안의 편지 양이 연소성상에 미치는 영향을 파악하기 위해 편지의 양을 바꾸어 실험을 행하였다. 실험2에서는 우편용기에 편지가 통상 작업시에 수납 가능한 최대량의 반(이하 "50%"라 한다)을 넣은 상태로 하고 실험3에서는 편지의 양을 통상 작업시에 수납 가능한 최대량(이하 "100%"라 한다)을 넣은 상태로 실험을 행하였다. 다음으로 실험4~6에는 다수 우편용기의 배치와 연소성상의 관계를 보기 위해 우편용기의 배치를 바꾸어 실험을 행하였다. 실험4에서는 우편용기 2개를 수직으로 쌓고 실험5에서는 우편용기 2개를 수평으로 배치하고 실험6에서는 우편용기 4개에 편지를 50% 넣어 수평으로 배치한 상태로 실험을 행하였다(사진1, 2 참조). 우체국에서는 우편용기를 운반할때

* 정회원 한국소방검정공사 소방기술연구소 선임연구원 E-mail: nam@kfi.or.kr

** 와세다대학교 건축학과 교수

*** 정회원 한국소방검정공사 소방기술연구소

표1. 우체국 적재가연물의 시험체 개요

시험 NO.	시험체	치수 (cm)	수량 (개)	배치	용구 본체		용구에 수납하는 가연물		
					질량(kg)	재질	종류	수량	질량(kg)
1	우편용기	56×36×26	1	수평	2	폴리프로 피렌	편지	0	0
2								400통	5.2
3								800통	10.4
4								0	0
5								0	0
6								1,600통	20.8
7	파레트	126×76×170	1	수평	76.1	알루미늄	우편용기+ 편지	우편용기 20개+편지 22,550통	140

*편지 1통: A4 용지 3장을 접어 봉투에 넣음



사진1. 실험4(편지없음)



사진2. 실험6(편지50%)



사진3. 실험7(파레트)

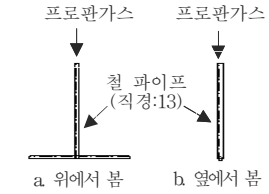


그림1. T자형버너(단위:mm)

파레트가 사용되는 것을 고려하여 실험7에서는 우편용기 20개(편지 50%)를 파레트에 넣어서 연소실험을 행하였다(사진3 참조).

실험에서는 실화 등에 의한 초기연소성상을 재현하기 위해 화원의 열방출율은 화염을 일정하게 형성할 수 있는 작은 수치로 제어하고, 인화 후에 각 시험체의 연소성상을 비교 및 검토하기 위해 모든 실험에서 동일한 발열강도와 점화시간으로 시험체를 점화시켰다. 즉 프로판가스를 가스 유량계로 조절하여 가스 유량 8l/min (약 13kW)을 90초간 공급하였다. 버너는 T자형 버너를 사용하였다(그림1 참조).

실험1~3에서는 T자형 버너를 시험체의 측면, 중심의 하단으로부터 5cm의 장소에 설치하여 실험을 실시하였다. 실험4에서는 우편용기 2개를 바닥에 수직으로 쌓은 상태로 T자형 버너를 아래의 우편용기의 측면, 중심의 하단으로부터 5cm의 장소에 설치하고 실험5에서는 우편용기 2개를 바닥에 수평으로 놓은 상태로 T자형버너를 우편용기의 측면, 중심의 하단으로부터 5cm의 장소에 설치하였다. 실험6에서는 우편용기 4개를 바닥에 수평으로 놓은 상태로 버너를 우편용기의 측면, 중심의 하단으로부터 5cm의 장소에 설치하고 실험7에서는 파레트의 좌측 하단에 있는 우편용기에 버너를 측면, 중심의 하단으로부터 5cm의 장소에 설치하였다.

3. 실험 결과 및 분석

(1) 단수 우편용기의 연소발열성상

① 실험1(우편용기 1개, 편지 0%)

우편용기에 점화를 개시하면 서서히 용해되면서 완만하게 연소하였다. 실험개시 90초 후에 점화를 중지해도 우편용기의 용해물(融解物)은 완만하게 타는 정도였지만 실험개시 4분 후에 급격히 염상(炎上)하면서 현저히 타기 시작하였다. 실험개시 10분 후에 우편용기의 용해물은 거의 전소하였다. 실험 중에 관찰된 간결화염의 최대 높이는 0.9m이었다.

실험1의 열방출율을 그림2에 나타낸다. 그림2를 보면 열방출율은 피크까지 상승한 후에 단시간에 감소하는 것을 알 수 있는데 이것은 시험체의 연소성상을 잘 반영하고 있다.

② 실험2(우편용기 1개, 편지 50%)

우편용기에 점화하면 서서히 용해되면서 용해한 상태로 완만하게 타고 있었다. 실험개시로부터 90초 후에 가열을 중지하여도 우편용기와 편지에는 눈에 띄는 연소는 보이지 않았다. 실험개시 7분 30초에 우편용기의 용해물에 의해 화염이 성장하기 시작하였지만, 우편용기 내의 편지로 인해 용해물의 연소가 억제되어 급격한

연소확대는 보이지 않았다. 우편용기의 용해물이 전소되면서 화염이 급격히 약해졌고 편지는 완만하게 타고 있었다. 실험종료 후에 우편용기는 전소하였지만 편지는 남아 있었다. 실험 관찰에 의하면 간결화염 높이는 최대 0.6m이었다.

실험2의 열방출율을 그림3에 나타낸다. 실험1(우편용기 1개, 편지 없음)와 실험2(우편용기 1개, 편지 50%)를 비교하면 간결화염의 최대 높이는 실험1이 실험2보다 50%정도 높고 최대 열방출율은 실험1이 실험2보다 약3배 크다. 이처럼 실험2의 가연물량이 실험1보다 큰데도 불구하고 실험1의 최대 열방출율이 큰 것은 우편용기의 용해물 위에 있는 편지로 인해 화염에서 용해물에 직접 열이 전달되지 않아 연소가 감소하였기 때문이다.

③ 실험3(우편용기 1개, 편지 100%)

우편용기에 점화하면 용해물이 완만하게 탸다. 실험개시 9분 35초 후에 우편용기의 용해물에 의해 화염은 성장하기 시작하였지만 편지로 인해 용해물의 연소가 억제되어 현저한 연소확대는 보이지 않았다. 우편용기의 용해물이 전소하면 화염은 약해졌지만 편지는 완만하게 타고 있었다. 실험개시 85분12초 후에 편지는 저절로 진화되었다. 실험종료 후에 우편용기는 전소하였지만 편지는 남아 있었다. 실험에서 관찰된 간결화염의 최대 높이는 0.7m정도이었다.

실험3의 열방출율과 적산발열량을 그림4에 나타낸다. 실험2(우편용기 1개, 편지 50%), 실험3(우편용기 1개, 편지 100%)의 간결화염의 최대 높이는 실험2, 3에서는 각각 0.6m, 0.7m로 거의 차이가 없으므로 간결화염의 최대 높이에는 우편용기 내의 우편물량의 차이가 큰 영향을 미치지 않는다고 판단할 수 있다. 또한 실험2(우편용기 1개, 편지 50%)와 실험3(우편용기 1개, 편지 100%)의 최대 열방출율은 각각 130kW, 132kW로 거의 일치하고 있는데 이 원인은 우편용기를 가득 쌓는 경우에는 우편용기에 편지를 반쯤 넣은 후에 같은 양의 편지를 넣으므로 우편용기의 용해물이 화염에 직접 가열되는 면적이 다르지 않기 때문이다.

(2) 복수 우편용기의 연소발열성상

④ 실험4(우편용기 2개, 편지 0%, 수직배치)

하단의 우편용기에 점화를 개시하면 녹기 시작하면서 그 용해물이 완만하게 타고 있었다. 실험개시로부터 약 5분 후에 상단, 하단의 우편용기는 동시에 급격히 염상(炎上)하기 시작하였고 그 후에 약 7분간에 걸쳐서 현저히 타고 있었다. 실험개시 6분 후에 시험체의 연소는 피크에 도달하였고 이 때 간결화염의 최대 높이는 바닥에서 1m까지 도달하였다. 실험개시 16분 30초에 우편용기는 전소하였다. 이 모습은 그림5에 나타내는 열방출율의 이력에 잘 반영되고 있다. 최대 열방출율은 단시간만 지속되는 최대치를 제외하면 실험1과 큰 차이가 없지만 그 후에 열방출율이 그다지 감소하지 않고 연소가 길게 지속되고 있다. 이와 같이 최대 열방출율에 도달한 후에도 열방출율이 크고 연소가 지속되는 것은 녹은 우편용기가 일정 크기의 액면으로 퍼진 상태로 액면 연소현상이 발생하였기 때문이다.

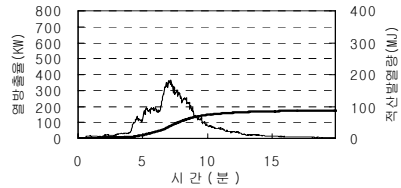


그림2. 실험1(우편용기 1개, 편지 0%)

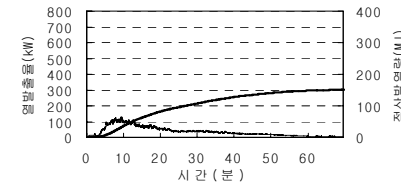


그림3. 실험2(우편용기 1개, 편지 50%)

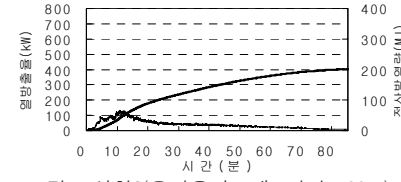


그림4. 실험3(우편용기 1개, 편지 100%)

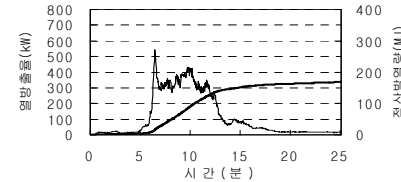


그림5. 실험4(우편용기 2개, 편지 0%, 수직)

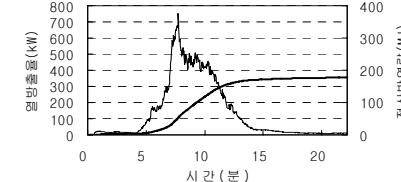


그림6. 실험5(우편용기 2개, 편지 0%, 수평)

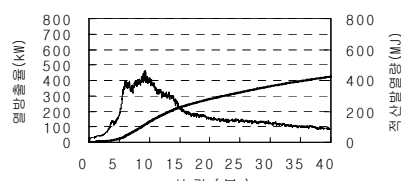


그림7. 실험6(우편용기 4개, 편지 50%, 수평)

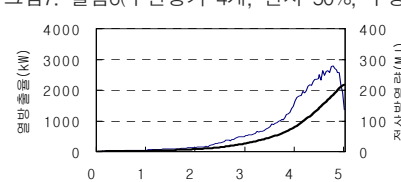


그림8. 실험7(파라트[우편용기 20개, 편지 50%])

⑤ 실험5(우편용기 2개, 편지 0%, 수평배치)

점화와 동시에 우편용기는 녹기 시작하여 우편용기의 용해물이 완만하게 타고 있었다. 점화 중지 후에도 우편용기에는 눈에 띄는 연소확대가 보이지 않았지만, 실험개시 4분 20초에 우편용기의 용해물이 급격히 염상(炎上)하기 시작하여 5분 20초에는 점화된 우편용기에서 옆에 있던 우편용기에 화염 전파되어 연소하였다. 7분에 우편용기 2개는 모두 녹고 용해물이 현저히 타고 있었다. 14분에는 우편용기가 전소하였다.

실험6의 열방출율을 그림7에 나타낸다. 실험에서는 우편용기 2개를 사용하여 행하였지만 열방출율의 곡선에는 1개의 피크밖에 보이지 않으며 최대 열방출율은 실험1과 실험4보다 현저히 크고 실험1의 2배에 가깝다. 이것은 점화된 우편용기의 용해물이 바로 옆의 우편용기에 퍼져 우편용기를 가열하여 우편용기 2개가 동시에 급격히 염상하였기 때문이다.

⑥ 실험6(우편용기 4개, 편지의 양 50%, 수평배치)

우편용기를 점화하면 녹기 시작하였지만 연소확대는 보이지 않았다. 실험개시 3분 50초 후에 우편용기 1개가 전소하고 우편용기의 용해물이 편지를 중심으로 타고 있었다. 실험개시 5분후에 점화된 우편용기의 근처에 있던 우편용기에 옮겨 붙었지만 급격한 연소확대는 보이지 않았다. 실험개시 6분 50초후에 우편용기 4개는 모두 용해하여 동시에 염상(炎上)하기 시작하였다. 우편용기의 용해물이 전소하면 화염이 약해지고 편지의 연소도 작아졌다. 실험 종료 후에 시험체는 우편용기는 전소하였지만 편지는 남아 있었다.

실험6의 열방출율을 그림7에 나타낸다. 최대 열방출율은 실험2보다 약 4배가 크고 열방출율의 곡선 형태가 실험2와 거의 유사하다.

⑦ 실험7(파레트 1개, 우편용기 20개[편지 50%])

시험체에 점화하면 파레트 내의 우편용기가 용해(融解)하기 시작하였다. 실험개시 2분20초 후에 파레트의 좌측 상단에 있던 우편용기까지 화염이 도달하여 우편용기가 급격히 염상(炎上)하기 시작하였다. 실험개시 2분 30초에 파레트의 좌측에 있던 우편용기가 염상하고 실험개시 3분 10초에 파레트의 우측 상단에 있던 우편용기가 타기 시작하였다. 실험개시 4분 10초에 파레트 전체가 염상하였다. 실험개시 4분 52초후에 시험체의 연소속도가 급격히 증대하여 플래쉬오버의 발생위험과 실험 장치의 측정한도를 넘을 가능성이 있었기 때문에 실험을 중지하였다.

실험7의 열방출율과 적산발열량을 그림8에 나타낸다. 그림8을 보면 열방출율은 단시간에 급격히 상승하고 있고 도중에 실험을 중지하였는데도 불구하고 최대 열방출율은 실험개시 4분 44초에 2,772kW로 상당히 큰 수치를 나타내고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 우체국의 적재가연물 특성을 파악하여 성능위주설계에 이용하기 위해 대표적인 적재가연물을 대상으로 연소실험을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 수납용기에 우편물의 수납 유무가 연소성상에 미치는 영향

우편용기에 우편물이 들어 있으면 가연물량 자체는 증가하지만 우편물과 그 탄화 잔존물이 화염으로부터 우편용기와 구분용기 본체에 열을 차단하므로 연소 및 열방출율은 억제되어 화재성장율과 최대열방출율은 감소한다.

② 다수의 용기가 나열된 경우의 연소성상

다수의 우편용기가 집합 상태에서 인화하면 출화한 우편용기의 염상(炎上) 후에 단시간에 인접하는 우편용기에 화염 전파되어 단시간에 염상(炎上) 한다. 우편용기를 수직으로 쌓아 아래의 우편용기에 착화하면 위의 우편용기가 화염에 노출되어 빠르게 인화되고 염상(炎上)한다. 이 때문에 화재성장율과 최대 열방출율이 현저히 크지만 우편용기는 고온에서 염상(炎上)한 후에는 전체가 용해하므로 거의 우편용기 1개분의 연소면에서 액면연소하여 열방출율이 감소하고 우편용기 1개가 연소한 경우와 동일한 정도로 연소가 장시간에 걸쳐 지속되는 경향을 나타낸다.

참고문헌

1. 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.