

국내 아파트의 화재하중 분포

김운형*, 김홍**, 허만성***, 김영태***
경민대학*, 호서대학교**, 우송공업대학***

Fuel Loads of Apartment Buildings in Korea

Kim, Woon Hyung*, Kim, Hong**, Hur, Man Sung***, Kim Yeong Tae***
Kyung Min College, Hoseo Univ.**, Woosong Technical College***

1. 배경

고층 아파트 건물이 대표적인 주거 형태로 변화되면서 아파트의 화재발생 증가는 지난 10년간 341%를 기록하고 있다. 이는 같은 기간 전체 화재발생건수의 235% 보다도 큰 비율이며 특히 인명 피해의 약 55%가 주택 및 아파트 등 주거건물에서 발생하고 있어 그 문제의 심각성을 더 하고 있다. 아파트 화재는 세대 당 거주인원이 적기 때문에 사망자 수가 크지 않아 공공의 관심이 낮게 되는 경향이 있다. 아파트에서 화재가 발생한 경우 각 공간에 있는 가연물의 양과 내용은 인명 안전 및 구조적인 내화도를 결정하는 매우 중요한 자료임에도 불구하고 현재 이에 관련된 연구구조사가 거의 없는 실정이다. 화재하중(Fuel Load)은 공간 내 점유성 가연물의 총량이며 이것을 구획된 바닥 면적으로 나눈 값을 화재하중 분포 (Fuel Load Density)라고 한다. 목재이외 재료는 목재를 기준으로 한 연소 열량인 8,000 Btu/lb (18,608 J/kg)을 기준으로 환산하여 공간 내 가연물이 완전 연소할 때 예상되는 발열량을 구하게 된다.

건물의 화재하중은 다음과 같이 구성된다.

- 구조 부재 : 구조체, 불연성 건축재료 등
- 수납물품 : 공간 안의 이동성 물품, 내부 마감재 등

본 연구에서는 공간 내 수납상태를 고려하여 주관적 가중치(Derating Factor)를 적용하였다. 구조부재와 창호, 실내 마감재 등은 설계 시 그 양과 종류를 파악할 수 있기 때문에 건물 완공 후 거주 자가 반입한 이동성 물품, 즉 이동 하중에 대한 분포를 조사하였으며 따라서 본 글의 화재하중은 이동하중을 의미한다.

2. 실태 조사

2.1 조사 개요

실태조사는 1차 예비조사를 통하여 아파트 공간의 수납 특성을 파악한 후 2차로 본 조사를 시행하였다. 조사 대상은 대전 시내 소재 32평형 아파트 100세대를 선정하여 조사요원이 기록용지를 배포하고 내용을 설명한 후 회수하였다. 총 62세대의 응답지 중에서 통계가치가 있다고 판단되는 25세대를 1차로 선정한 후 다시 13세대로 엄선하여 분석대상으로 처리하였다. 주거 건물이라는 특성 상 거주자의 프라이버시

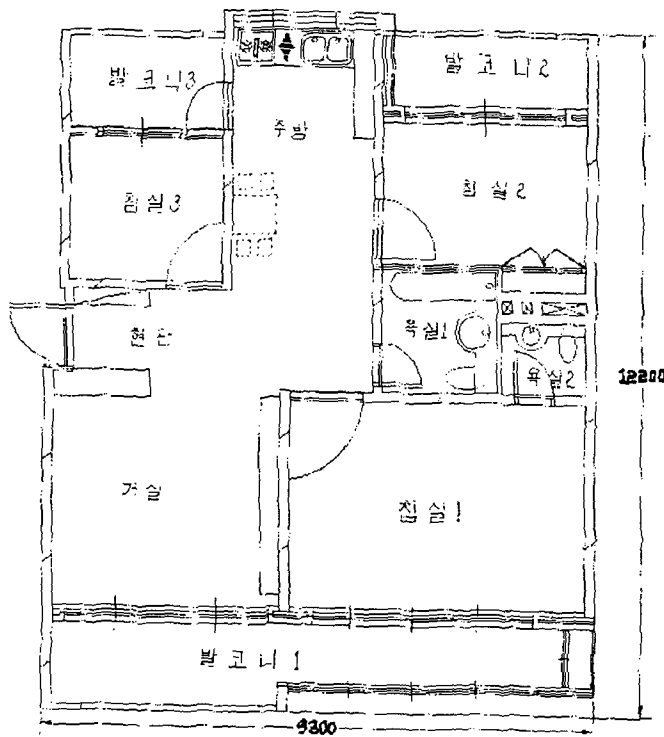


그림 1. 아파트 평면도

- 1) 옷장 등 : 옷장 , 서랍장 문갑 등
- 2) 선반 등 : 책, 책장, 선반, 신발장, 장식장 등
- 3) 책상 등 : 책상, 의자 등
- 4) 소파 등 : 소파, 식탁의자, 침대 등
- 5) 섬유제품 : 이불, 담요, 카펫, 커튼 등
- 6) 기타 : 전화기, 화장대, 선풍기, 피아노, 컴퓨터 등

가연물이 완전히 또는 대부분이 철재 용기에 수납되어 있는 경우는 목재 기준의 발열량인 8,000 Btu/lb 보다 낮을 것이므로 이 경우에는 미국 GSA에서 제안한 Derating factor를 적용하였다.

화재하중, F_T 는 다음과 같다.

$$F_T = W_E + W_{PE} + W_F \quad (1)$$

- 여기서 W_E = 완전밀폐 된 가연물 량 (철제 책상 등)
 W_{PE} = 5면으로 수납된 가연물 량 (철제 책장 등)
 W_F = 완전 노출된 가연물 량

여기서 총 화재하중, F_{DR} 은 k값을 고려하여 아래와 같이 계산한다.

$$F_{DR} = K \times W_E + 0.75 W_{PE} + W_F \quad (2)$$

때문에 직접 조사가 어려운 현실을 고려하여 간접조사 방법을 사용하였다.

조사범위는 건물 완공 후 거주자가 반입한 가구, 옷장, 장비, 책상 등 목재나 플라스틱 재료로 구성된 가연성, 이동성 물품으로 제한하였다.

조사방법은 침실1, 침실2, 침실3, 거실, 주방, 화장실 등 공간별로 수납되어 있는 가연물을 대상으로 크기와 재질, 내부 저장정도 등을 조사하였다. 조사항목은 유사한 재료구성을 기준으로 5개로 구분하고 이외 가연물은 기타항목으로 분류하였다. 조사항목에 포함되지 아니한 것은 추가로 기입하도록 하였다.

표 1. Derating Factor (K)

수납물	재 료	Derating Factor (K)		
		(수납물품내 완전밀폐된 가연물량, W_E / 전체 가연물량, F_T) %		
		50% 미만	50% - 80%	80% 이상
책상, 테이블, 캐비닛	목재, 플라스틱	1.0	1.0	1.0
	철 제	0.40	0.20	0.10
책 장	목재, 플라스틱	1.0	1.0	1.0
	철 제	0.75	0.75	0.75
기 타	불 연 성	0.75	0.75	0.75

(자료: John A. Campbell, Confinement of Fire in Building, N. F. P. A. Handbook, 1997)

2.2 분석방법

조사대상 세대수가 13개이므로 T-Distribution Curve를 사용하였으며 $V=N-1$, 모집단의 표준편차 Z_{SEM} 은 신뢰도 수준 90%, 95%, 99%에 대하여 각각 $\alpha=0.050, 0.025, 0.001$ 에 대한 곡선의 면적으로 구하였다.

$$\bar{y} \pm t_{\alpha/2}(\sigma/\sqrt{n}) = \bar{y} \pm t_{\alpha/2}(s/\sqrt{n}) \quad (3)$$

- 여기서 v : Degrees of Freedom
 n : 표본수
 \bar{y} : 표본의 평균치
 t : (n-1) Degrees of freedom 을 기준한 분포
 σ : 모집단의 표준편차
 s : 표본 표준편차

표 2. 연소열량 환산기준

재 료	연소열량 (kJ/g)	환산계수
목 재	17-20	1.0
ABS 수지	34-40	2.0
아크릴 수지	27-29	1.5
폴리 스틸렌 수지	39-40	2.0
P.V.C	16-17	0.9
나일론	29-30	1.5
폴리우레탄	15-18	0.9

(자료: A.H. Buchanan, Fire Engineering Design Guide, 1995)

3. 결과 및 고찰

조사 대상 세대의 평균 바닥면적은 113.46m²이며 현재 국내 아파트의 이동하중은 신뢰도 95%를 기준으로 12.29 kg/m² (2.40 lb/ft²)에서 15.64 kg/m² (3.05 lb/ft²) 사이에 분포하며 평균 화재하중은 13.96 kg/m² (2.72 lb/ft²)로 조사되었다.

이는 국내 사무소 건물의 화재하중 분포 연구 (김운형, 1997년 3월 한국화재·소방학회지)결과인 36.13 kg/m²에서 52.41 kg/m² (95% 신뢰도 기준)범위와 비교하면 적지 않은 차이가 있어 가연물이 용도나 실의 목적에 주된 영향을 받는 것을 알 수 있다. 표 3은 신뢰도 90%, 95% 및 99% 기준의 화재하중 분포와 표준편차를 나타내며 표 4는 가연물 항목 별 이동하중 분포를 보여주고 있다.

항목별로 보면 (1) 옷장 등이 3.44 kg/m², (2)선반 등이 2.09kg/m²이며 전체비율에서 각각 24.6% 및 14.9%를 차지하고 있다. (5) 섬유제품 항목은 3.44 kg/m²이며 (1), (2), (5)항목의 합계가 42%정도를 점유하고 있어 의류나 침구류 등 주거용도의 가연물 분포를 반영하는 결과로 추측된다. 이외 기타 항목은 점유비율 33%, 평균 화재하중 4.69 kg/m²으로 조사되었다.

이러한 결과는 각종 가전제품과 생활용품의 보급과 사용 증가에 기인하여 아울러 전통적인 목재 또는 섬유질 가연물에서 점차 플라스틱 재료가 주된 비중을 차지하는 과정으로 이해할 수 있다. 따라서 이에 따른 예상 설계화재 크기나 피난계획 상의 연기 유독성 검토가 진행되어야 할 것이다. 전통적인 안방 중심에서 서양의 생활방식으로 전환되면서 중심적인 공간으로 자리잡고 있는 거실의 주 공간화에 따라 (4) 소파 등의 항목도 0.51 kg/m² (3.6%)를 차지하고 있다. 한편 보유 서적이나 장서의 양, 그리고 책상, 컴퓨터 등은 대상 세대의 구성원 특성에 따라 가연물량의 차이를 보이고 있다.

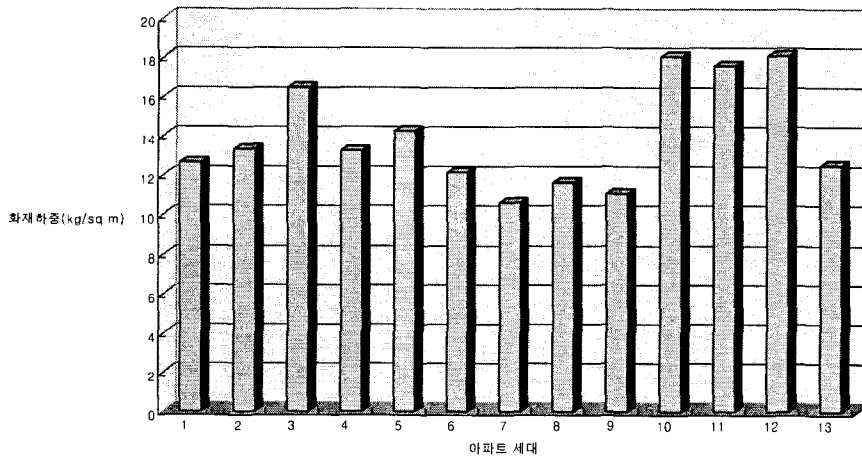


그림 2. 아파트의 화재하중 분포

표 3. 화재하중 분포

		화재하중 분포 (kg/m ²)			
		Min.	Max.	Mean	표준편차
전체 화재하중	90%	12.60	15.32	14	2.67
	95%	12.29	15.64		
	99%	11.56	16.38		

표 4. 항목별 화재하중 분포

	화재하중 (kg/m ²)	비율 (%)
1. 옷장 등	3.44	24.6
2. 선반 등	2.09	14.9
3. 책상 등	2.78	19.9
4. 소파 등	0.51	3.6
5. 섬유제품	0.45	3.2
6. 기타	4.69	33.5
합계	13.96	100

4. 결론

건물의 공간사용 목적이 유사한 경우 화재 시 공통적인 위험특성과 문제를 가지고 있다. 따라서 공통된 화재특성을 갖는 건물들은 동일한 용도 군으로 분류하여 효율적인 방화대책을 수립할 필요가 있다. 건물의 용도는 공간의 수납물, 즉 가연물과 거주자의 특성을 의미한다. 본 연구 결과 현재 국내 아파트 32평형의 평균 이동하중은 13.96 kg/m² (2.72 lb/ft²)으로 조사되었다. 다만 조사대상 평면에 발코니가 3개나 있음에도 불구하고 이에 대한 상세한 가연물량 조사가 진행되지 못한 점을 고려할 때 실제적인 화재하중 분포는 본 연구결과 보다 높을 것으로 예측된다. 따라서 미국의 주택 및 아파트먼트의 조사결과 (Bureau Report BMS 92)인 3.4 lb/ft² (17.51 kg/m²)와 비교하여 거의 유사한 범위로 판단된다.

본 연구 결과는 국내 아파트 건물의 피난안전설계와 화재 시 예상되는 내화성능을 결정하는 자료로서 적용이 기대되며 향후 화재하중과 바닥면적과의 상관성 분석 및 세대구성 특성에 따른 객관적인 화재하중 자료구축을 위하여 다양한 평형 대에 대하여 각 공간별 조사가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 이용재, 김운형, 이범재, "고층 아파트의 피난안전계획에 관한 연구", '99 추계학술대회 논문집, 한국화재·소방학회, 1999, 11.
2. 김운형, J. A. Milke, "A Survey of Fuel Load in Architectural Offices in Korea", Journal of Applied Fire Science, USA, 1997, 8.
3. Culver, C. G., "Survey Results for Fire Loads and Live Loads in Office Buildings", NMS Building Science Series 85, MD: NBS, 1976.
4. John A. Campbell, Confinement of Fire in Building, N.F.P.A. Handbook, Section 7, Chapter 5, 1997.