Fire Sci. Eng., Vol. 28, No. 4, pp. 50-56, 2014 [Research Paper]

국내 성능설계에서 선정된 설계화재의 적정성 연구

이세명
경일대학교 소방방재학과

A Study on the Appropriateness of Design Fire Size Determining for Performance Based Design in Korea

Se-Myeoung Lee
Dept. of Fire Safety, Kyung-Il University

(Received June 30, 2014; Revised August 6, 2014; Accepted August 14, 2014)

요 약

성능설계 시험 안을 작성하기 위해서는 건축물에 발생할 수 있는 화재의 크기를 정량화하는 단계가 선행되어야 한다. 이러한 설계화재의 크기가 적합하게 선정되었을 때 화재로부터 안전하면서도 경제적인 설계가 가능하다. 우리나라는 성능설계의 역사가 짧고 공학적 자료가 축적되어 있지 않아 화재의 크기를 선정하는 데에 많은 문제점을 드러내고 있다. 이에, 해외의 설계화재 가이드라인과 국내의 실 화재 실험 자료를 조사하였다. 그리고 국내의 설계화재 선정 사례를 조사하여 그 적정성을 분석하고 건축물의 용도별로 설계화재의 가이드라인을 제안하였다.

ABSTRACT

The quantification of fire size in buildings must be preceded in order to design the trial of performance based design (PBD). When design fire size is determined appropriately, the trial design will become economical and safe design against fire risk. There are many problems in determining design fire size because of lacks of fire engineering data and short history of PBD in korea. Therefore, this paper has surveyed the guideline of design fire in other countries, real experimental data for a few occupancies and the cases of design fire size determining for PBD in Korea. Also, it has proposed the guideline of design fire size for various occupancies in korea after analyzing the appropriateness of design fire size.

Keywords : Design fire, Performance based design, PBD, Fire safety design, Design fire scenario

1. 서 론

성능위주 소방설계(이하 성능설계)는 현재 적용되는 법률 및 기준에 의한 설계가 아니라, 해당 건축물에서 발생할 수 있는 화재위험 요인들을 과거 화재통계와 과학적인 방법에 의해 찾아내고 그러한 요인들에 의해 발생할 수 있는 화재의 크기를 화재공학에 근거하여 정량화한 후에 그 화재로부터 안전성능을 확보할 수 있는 건물을 설계하는 제도이다[(1)]. 따라서 화재로부터 안전한 성능설계안을 만들어 내기 위해서는 화재의 크기를 예측·분석하는 과정이 선행되어야 하는데 이러한 화재크기를 설계화재라고 한다. 설계화재는 화재가 발생한 구역 또는 실 내부의 열방출률을 시간의 함수로 표현한 것이다. 성능설계에서 설계화재의 개발 및 선정단계는 다음의 시험설계안의 개발 및 평가에서 그 위험의 대응방법을 밝히는데 중요한 요소가 된다. 만약 화재를 예측함에 있어 위험도를 낮게 평가한다면 이는 그대로 시험설계안에 반영되어 잠재적으로 큰 인명 및 재산 손실을 가져다 줄 것으로 예상되며 반대로 위험도를 과하게 설정한다면 필요 없는 비용의 손실을 가져 다 줄 것이다[(2)]. 하지만, 우리나라는 성능설계 제도의 역사가 짧고 또한 설계화재 선정을 위해 필요한 가연물 및 구획 공간에 대한 실 화재 실험 자료가 많지 않아 외국의 가연물 화재특성 자료에 불확실한 안전율을 적용하여 화재크기를 선정하고 있어 문제점을 드러내고 있다. 이에 본 논문은 우리나라 성능설계에서 선정된 설계화재를 조사하고 그것을 외국의 코드 및 참고문헌에서 제시하고 있는 설계화재 크기와 비교하여 적정성을 분석하는데 목적이 있다.

E-Mail: lsm0023@naver.com
TEL: +82-53-600-5412, FAX: +82-53-600-5419

ISSN: 1738-7167
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.4.050

2. 설계화재 가이드라인과 실 화재 실험자료

구획 실 화재는 플래시 오버 이전에 소멸되는 작은 화재로부터 완전 성장하는 화재에 이르기까지 다양한 양상을 보일 수 있으나, 성능설계의 설계화재 크기는 가장 피해가 클 것으로 예상되는 화재의 양상을 고려하여 선정 되어야 한다[3]. 그러나 실 화재 실험 자료나 공학적 근거가 부족한 상황에서 그 크기를 결정하는 일은 결코 쉬운 일이 아니다. 이러한 측면에서 미국의 International Building Code[4]와 Uniform Building Code[5]에서는 검증된 기관에 의해 제공된 합리적 분석결과가 없다면 설계화재는 5,275 kW를 초과하여 선정하도록 규정하고 있다. 또한, NFPA 92B[6]에서는 상업용도에 대한 설계화재 크기를 약 5,275 kW로 제시하고 있는데 이것은 영국에서 스프링클러 설비가 설치된 상점에서의 화재통계에 근거한 것이므로 스프링클러 설비를 고려하지 않는 경우에는 설계화재 크기를 5,275 kW보다 더 크게 선정해야 할 것이다. 그 외에도 외국의 성능설계 코드 및 기술 참고문헌에서는 건축물의 용도별로 설계화재 크기에 대한 가이드라인을 제시하여 설계화재를 선정할 때에 참고자료로 활용하도록 하고 있다. Table 1은 건물의 용도별로 단위면적당 열방출률(HRRPUA; Heat release rate per unit area)을, Table 2는 최대 열방출률(Peak HRR)을 제시하고 있다. 그리고 Table 3은 스프링클

Table 1. HRRPUA for Different Occupancies

Occupancy	Heat release rate per unit area (kW/m^2)
Shops	550[10] 250[11]
Offices	290[10] 250[11]
Hotel rooms	250[10][11]
Dwelling, Hospital (room), Classroom of a school	250[11]
Transport (Public space)	250[11]
Industrial	90~620[10]
Library, Theatre (Cinema)	500[11]
Excluding storage	depending upon fuel arrangement[10]

Table 2. Examples of Peak Heat Release Rates Based Only on Estimated Occupancy

Occupancy	Peak HRR (kW)
Office and schools	5,000[7]
Dwelling, hotel, health care unit	5,000[7]
Public assembly hall, shop	10,000[7]

Table 3. Steady-State Design Fire (Hansell and Morgan, 1994)[12]

Occupancy	Sprinklered	HRR (MW)	Area (m^2)	Perimeter (m)
Retail	Yes	5	10	12
Office	No	6	47	24
Office	Yes	1	16	14
Hotel	No	1	Largest room	Largest room
Hotel	Yes	0.5	Bed	6

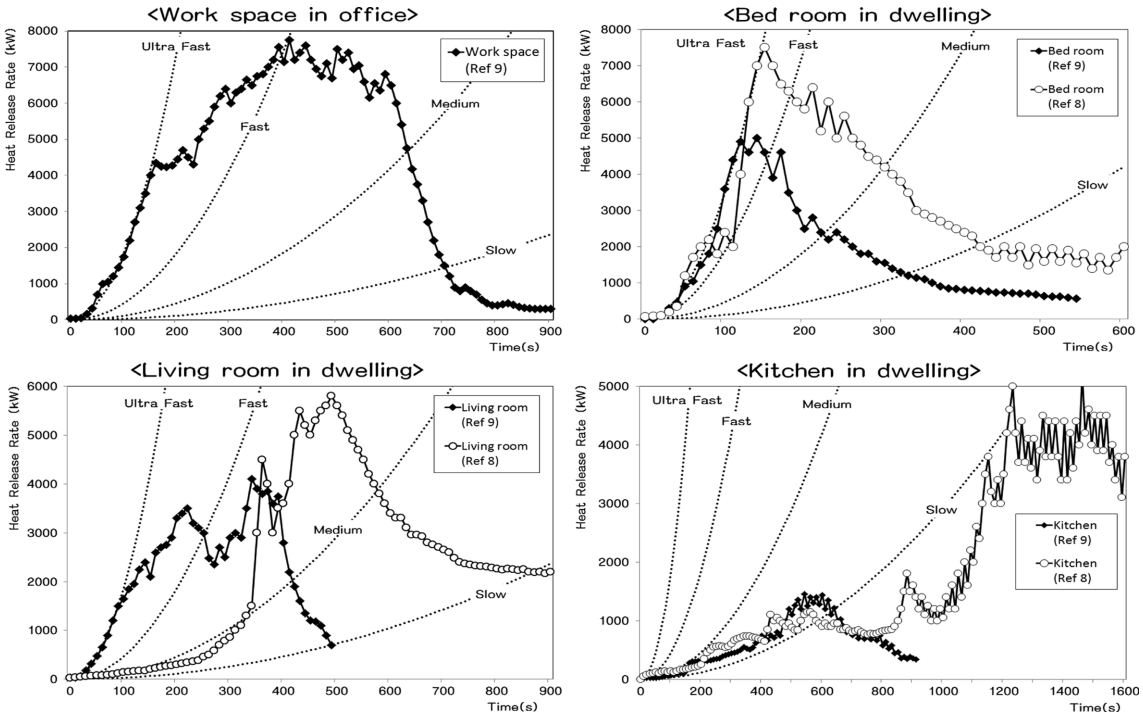

Figure 1. The comparison of real experimental data in Korea[8,9].

Table 4. HRR through Real Experiment in Korea

Occupancy	Peak of heat release rate (kW)
Clothing store (Cloth, et cetera)	7,896[8]
Work space in office (Workstation, et cetera)	5,903[8]/more than 7,000[9]
Bed room in dwelling (Mattress, et cetera)	7,433[8]/4,230[9]
Living room in dwelling (Sofa, et cetera)	5,903[8]/4,780[9]
Kitchen (Sink, et cetera)	5,131[8](*)/1,447[9](**)

(*) : a full set of sink (**) : only a bottom frame of sink except upper storage units

러 설비를 고려했을 때의 설계화재 크기도 함께 제시되어 있다. 성능설계 제도를 시행하고 있는 선진외국들은 각 나라마다 설계화재의 선정에서 스프링클러 설비를 고려하거나 그렇지 않는 경우가 있다. 우리나라의 경우는 성능설계 제도의 시행 역사가 짧고 그 기술적 노하우가 부족하므로 보수적인 설계를 위해 스프링클러 설비를 고려하지 않고 있다. 이상의 가이드라인은 근거가 부족한 상황에서 설계화재를 선정하는 경우 참고자료로 활용될 수 있으나, 실화재 실험 자료가 있다면 그것을 토대로 설계화재를 선정하는 것이 바람직하다[7]. 최근 우리나라에서도 건축물의 용도별로 실 화재 실험 자료가 수록된 보고서[8,9]가 출간되었으며, 이 자료들은 의류매장, 사무 공간, 주거용도의 침실, 거실 그리고 주방에 각각 전형적인 가연물을 배치하여 실 화재 실험을 한 결과들이다. Figure 1에서 두 보고서의 대상 공간별 화재성장곡선은 완전히 일치하지는 않았지만 침실과 주방의 경우 초기 화재성장곡선이 거의 유사하게 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 공간별 열방출률을 비교해 놓은 Table 4에서는 각 공간별로 화재크기의 범위를 어느 정도 예측할 수 있었다. 주방의 경우에는 싱크대를 전체 배치한 경우[8]와 하단의 싱크대 한 칸만 배치한 경우[9]의 실험 자료로서 가연물의 양이 달라 화재 중・후반부의 진행과정에 대한 직접적인 비교가 어려웠고, 오피스 사무공간의 경우 최대 열방출률 값만 제시되어 있는 보고서[8]가 있어 이 역시 두 자료 간에 직접 비교가 어려웠다. 의류매장의 경우에는 하나의 보고서[8]에만 실험 자료가 수록되어 있었으며 판매시설이 다른 용도에 비해 화재크기가 크다는 사실을 확인할 수 있었다. 이 자료들은 해외 자료보다 우리 실정에 맞아 설계화재 선정의 좋은 참고자료가 된다. 다만, 다양한 용도의 공간에 대한 실험결과치가 아직 축적되어 있지 않아 향후 더 많은 연구가 필요하다.

3. 설계화재 선정 현황

본 논문의 연구를 위해 국내의 성능설계에서 선정된 6개 용도의 70개 설계화재 크기를 조사하고 그것을 해외의 가이드라인과 비교하여 Table 5와 같이 정리하였다.

Figure 2에서는 6개 용도별로 최초 착화품목들의 실제 화재성장곡선(Figure 2의 범례에 표시)과 Table 5의 설계화재 크기를 하나의 그래프에 집약하여 이들의 경향을 파악하였다. 이를 건축물의 용도별로 살펴보면, Figure 2(a)의 오피스텔(총15건)은 ① 매트리스[14](1.7 MW), ② 사무용 수납유닛[15](1.6 MW), ③ 싱크대[8](2.4 MW), ④ 3인용 소파[14](3 MW), 사무용 책상세트인 워크스테이션(⑤ 1.8 MW[16]/⑥ 4.0 MW[17])을 최초 착화품목으로 주로 선정하였으며, 단위 가연물의 실제 화재성장곡선을 그대로 설계화재로 적용한 경우는 4건(①①④⑥ 품목)이고 설계화재 크기는 1.29 MW~4.0 MW 범위 내에서 선정되었다. 이 중 성능설계 제도 시행 초기의 것으로서 스프링클러 설비의 작동을 고려하여 설계화재 크기를 축소 적용한 경우가 1건(1.29 MW)이 있었으나 그 이외에는 모두 소화설비가 작동하지 않은 경우를 의미한다. Figure 2(b)의 판매시설(총21건)은 ① 옷 가판대[15](1.8 MW), ② 싱크대[8](2.4 MW), ③ 3인용 소파(3 MW), ④ 냉장고[8](3.1 MW), ⑤ 적재물품[15](3.6 MW)을 최초 착화품목으로 선정하였으며, 단위 가연물의 실제 화재성장곡선을 그대로 설계화재로 적용한 경우는 2건(④④ 품목)이고 설계화재 크기는 2.4 MW~ 5.4 MW 범위 내에서 선정되었다. Figure 2(c)의 오피스(총21건)는 화장실의 ① 목재 화장대[15](1.8 MW), ② 3인용 소파(3 MW), ③ 냉장고[8](3.1 MW) 그리고 워크스테이션(④ 1.8 MW/⑤ 4.0 MW)을 최초 착화품목으로 선정하였으며, 단위 가연물의 실제 화재성장곡선을 그대로 설계화재로 적용한 경우는 3건(①④⑤ 품목)이고, 설계화재 크기는 1.15 MW~6.6 MW 범위 내에서 선정되었다. Figure 2(d)의 아파트(총7건)는 ① 매트리스(1.7 MW), ② 3인용 소파(3 MW), ③ 의자(metal frame, minimum cushion, 16.52 kg)[2](3 MW)를 최초 착화품목으로 주로 선정하였으며, 단위 가연물의 실제 화재성장곡선을 그대로 설계화재로 적용한 경우는 2건(①② 품목)이고 설계화재 크기는 1.7 MW~3.0 MW 범위 내에서 선정되었다. Figure 2(e)의 숙박시설(총8건)은 매트리스 ① 1.0 MW[16]와 ② 1.7 MW, ③ 사무용 수납유닛(1.6 MW), ④ 목재화장대(1.8 MW), ⑤ 워크스테이션(1.8 MW)을 최초 착화품목으로 선정하였으며, 단위 가연물의 실제 화재성장곡선을 그대로 설계화재로 적용한 경우는 2건(②② 품목)이고, 설계화재 크기는 1.0 MW~3.0 MW 범위 내에서 선정되었다. Figure 2(f)의 문화 및 집회시설(총7건)은 ① 무대 커튼[15](1.2 MW), ② 3인용 소파(3 MW), ③ 러브

Table 5. The Design Fire Sizes Determining for Performance Based Design in Korea

Occupancy	Ignition	Date (yy/mm) *	Peak of HRR (kW)	Guideline of reference		Occupancy	Ignition	Date (yy/mm) *	Peak of HRR (kW)	Guideline of reference	
				HRRPUA (kW/m^2)	HRR (kW)					HRRPUA (kW/m^2)	HRR (kW)
Officetel	Work space	12.02	4,042(R)	290[10] 250[11]	5,000[7] 6,000[12] 1,000(SP)[12]	Office	Work space	11.08	<1,150>	290[10] 250[11]	5,000[7] 6,000[12] 1,000(SP)[12]
		12.02	3,000					11.10	1,700		
	Living room	12.02	3,000(R)	250[11]	5,000[7]			11.11	4,042(R)		
		12.02	3,000					11.12	1,800(R)		
		13.04	3,000					12.02	3,000		
		13.12	3,000					12.07	2,000		
	Bed room	11.09	<1,294>					12.12	4,080		
		12.06	1,700(R)					12.12	6,600		
		12.09	1,700(R)					13.02	5,000		
	Kitchen	11.10	3,000					13.08	3,000		
		12.07	3,000					13.11	3,000		
		12.07	3,000				Bath room	11.12	1,800(R)		
		12.08	1,600			Apartment	Living room	11.11	3,000(R)	250[11]	5,000[7]
		13.03	2,700					13.04	3,000		
		13.08	2,400				Bed room	13.03	1,800		
Sales facilities	Storage	11.09	5,000	550[10] 250[11]	10,000[7] 5,000(SP)[12]			13.03	1,800		
	Store	11.10	5,000					11.13	1,700(R)		
		11.10	5,000					13.11	3,000		
		11.11	3,000				Kitchen	12.02	3,000		
		11.11	3,000			Accommodation	Room	12.06	2,000	250[10][11]	5,000[7] 1,000[12] 500(SP)[12]
		12.02	5,000					12.08	1,800		
		12.08	3,100					13.05	1,000		
		12.11	3,000					13.05	2,000		
		12.11	3,000					13.06	1,800		
		13.02	5,000					13.10	1,700(R)		
		13.02	5,000					13.10	1,700(R)		
		13.04	3,200					13.12	3,000		
		13.10	5,400			Culture & Meeting	Hall	12.02	3,200	500[11]	10,000[7]
		13.10	5,400					13.10	3,120		
		13.10	3,100(R)				Stage	12.11	3,000		
		13.11	3,100(R)					13.04	6,000		
		13.11	3,000					13.12	5,000		
		13.12	3,000				Auditorium	13.02	3,000(R)		
		13.11	3,000					13.10	3,000		
		13.11	3,000			< > is fire size when sprinkler system is activated ( ) means the number of reference					
	Kitchen	13.05	2,400								

(R) is an example that real fire curve is applied instead of t-squared fire curve (αt^2 fire curve).
* means the date when the documentation of PBD had been finished.

시트[16](3 MW), ④ 의자(metal frame, minimum cushion, 16.52 kg)(3 MW) ⑤ 크리스마스트리[15](3.2 MW)를 최초 착화품목으로 선정하였으며, 단위 가연물의 실제 화재성장 곡선을 그대로 설계화재로 적용한 경우는 1건(③ 품목)이고 설계화재 크기는 3.0 MW~ 6.0 MW 범위 내에서 선정되었다.

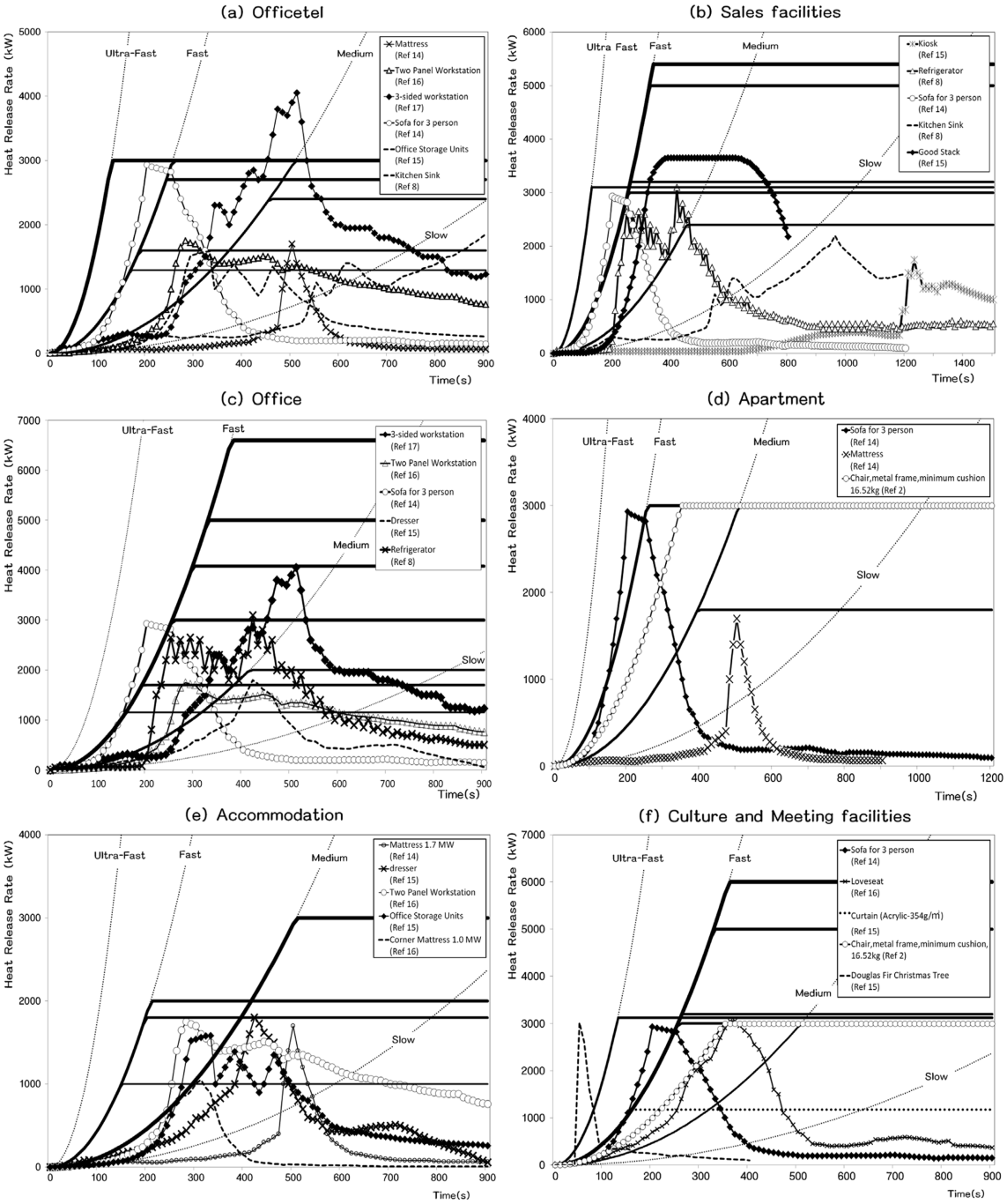

Figure 2. The design fire curves determining for performance based design in Korea.

4. 설계화재 적정성 분석 및 결과

현행 성능설계에서 선정된 설계화재를 분석한 결과 우리나라는 주로 외국의 단위 가연물에 대한 실 화재 실험 자료를 참고하여 그것과 동일하거나 또는 안전율을 고려하여 좀 더 큰 설계화재를 선정하고 있었다. 하지만, 설계화재는 플래시 오버를 거쳐 완전 성장하는 화재를 가정하는 것이 일반적이며 그러한 점에서 보았을 때 단위 가연물 정도의 화재 크기를 설계화재로 선정하는 것은 설득력이 떨어진다.

다음으로, 건축물의 용도별로 선정된 설계화재를 크기별로 구분하여 Table 6과 같이 정리해 보았다. 3 MW 이하로 설정된 경우가 오피스텔은 14건/15건(전체), 오피스는 8건/12건(전체), 아파트는 7건/7건(전체), 숙박시설은 8건/8건(전체)이었으며 판매시설과 문화 및 집회시설은 3.5 MW 이하가 5건/7건(전체)이었다. 그리고 5 MW를 초과하는 경우는 전체 용도에 대해 4건 밖에 없었다. 외국의 설계화재 가이드라인 그리고 국내의 실 화재 실험 자료와 조사 대상

Table 6. The Ranges of Design Fire Size about Study Cases

Occupancy / Design fire (kW)	Officetel	Sales facilities	Office	Apartment	Accommodation	Culture & Meeting
DF ≤ 1,500	1 Case	-	1 Case	-	1 Case	-
1,500 < DF ≤ 2,000	3 Case	-	4 Case	3 Case	6 Case	-
2,000 < DF ≤ 2,500	1 Case	1 Case	-	-	-	-
2,500 < DF ≤ 3,000	9 Case	8 Case	3 Case	4 Case	1 Case	3 Case
3,000 < DF ≤ 3,500	-	4 Case	-	-	-	2 Case
3,500 < DF ≤ 4,000	-	-	-	-	-	-
4,000 < DF ≤ 4,500	1 Case	-	2 Case	-	-	-
4,500 < DF ≤ 5,000	-	6 Case	1 Case	-	-	1 Case
5,000 < DF	-	2 Case	1 Case	-	-	1 Case

을 비교해 보았을 때 우리나라는 설계화재 크기를 대체로 낮게 설정하고 있는 것으로 보인다. 이는 화재위험을 낮게 평가하여 자칫 큰 인명피해를 유발할 수 있으므로 설계화재 크기 선정에 있어서 더 신중을 기할 필요가 있다. Table 4의 국내 실 화재 실험 자료에서 주거용도는 대략 5 MW 전후의 화재크기를 보이고 있으며, Table 1~2의 해외 설계화재 가이드라인에서는 스프링클러 설비의 작동을 고려하지 않았을 경우 주거용도와 호텔의 최대 열방출률을 5 MW(또는 250 kW/)로 제시하고 있다. 이러한 국내 실 화재 실험 자료와 외국의 설계화재 가이드라인을 종합해 보았을 때, 용도(취침기능)와 내장된 가연물이 유사한 주거용도(공동주택)와 호텔의 설계화재 크기는 5 MW 이상으로 선정하는 것이 바람직해 보인다. 하지만, 오피스의 경우에는 외국 설계화재 가이드라인에서 5 MW를 제시하고 있으나, 국내 실 화재 실험 결과 약 6 MW~7 MW까지 화재가 성장하였음을 Table 4에서 볼 수 있었고 각종 서류 및 사무용품 등 화재하중이 크므로 공동주택과 호텔보다 설계화재를 더 크게 설정할 필요가 있다고 생각된다. 판매시설과 문화집회시설의 경우에도 판매 상품과 무대장치 등 다양한 가연물이 내장되어 있어 화재 위험이 큰 용도로 분류되고 있으며 이러한 이유로 외국 설계화재 가이드라인에서는 10 MW를 제시하고 있고 국내 실 화재 실험 자료(의류매장)에서는 약 8 MW까지 화재가 성장하였음을 확인 할 수 있었다. 이러한 내용에 따르면 판매시설과 문화집회시설의 경우 8 MW~10 MW의 설계화재를 선정하는 것이 적정할 것으로 보인다. 그러나 Table 5~6의 현재 성능설계에서 선정된 설계화재 크기와 비교해 보았을 때 그 편차가 너무 커서 현 단계에서 성능설계에 바로 적용하기는 쉽지가 않다. 따라서 오피스, 판매시설, 문화집회시설의 설계화재 크기는 공동주택과 호텔보다 큰 6 MW 이상으로 선정할 것을 생각해 볼 수 있다. 다만, 오피스, 판매시설, 문화집회시설의 경우에는 사무용품, 취급 품목 그리고 공연 및 집회의 형태 등에 따라 예상되는 화재크기의 변화폭이 취침용도에 비해 상당히 넓기 때문에 설계화재를 일률적으로 적용하기 보다는 용도의 특성에 따라 크게는 10 MW 이상까지도 고려할 수 있는 노력과 합의가 필요하다고 생각하며 그것이 건축물의 화재 위험에 따라 설계를 하는 성능설계의 취지에도 부합된다고 생각한다. 오피스텔의 경우에는 주거기능과 사무기능이 복합된 형태의 공간이며 이러한 경우에는 더 큰 위험성을 가진 오피스의 기준에 따르는 것이 옳다고 판단된다. 성능설계가 화재로부터 안전한 설계가 되기 위해서는 완전 성장하는 큰 화재를 설계화재로 선정할 수 밖 에 없다. 하지만, 실제로 플래시 오버에 도달하는 화재는 20% 미만이라는 외국의 아파트 화재 통계자료[7]를 감안해 보았을 때 공동주택과 호텔 그리고 주거기능이 복합된 오피스텔의 경우 설계화재를 5.0 MW 이상으로 설정하는 것이 너무 과하다는 우려도 있을 수 있다. 취침용도의 경우 피난개시시간이 지연될 가능성이 높아 설계화재 크기를 5.0 MW 이상으로 설정하는 경우 화재로부터 안전한 설계안을 제시하기가 기술적으로나 비용 적으로 대단히 어려워 결국 대책의 포기로 이어질 가능성이 크다[13]. 따라서 이러한 용도에 대해서는 스프링클러 설비의 작동을 설계안의 평가에서 인정해 주거나, 또는 사생활 보호를 위해 항상 출입문을 닫은 상태로 생활하는 점을 반영하여 출입문 폐쇄상태로 설계안을 평가하는 것을 인정해 주는 등 여러 상황을 성능설계 심의과정에서 검토하여 화재안전설계가 이루어지도록 유도할 필요가 있다.

5. 결 론

국내 성능설계에서 선정된 설계화재의 적정성을 분석해 본 결과, 현재의 설계화재 크기는 각 용도별로 예상되는 화재 위험 크기보다 대체적으로 낮게 선정되고 있음을 확인할 수 있었다. 이에 본 논문에서는 외국의 가이드라인과 국내 실 화재 실험 자료를 검토하여 공동주택과 호텔에 대해서는 5.0 MW 이상, 오피스와 오피스텔 그리고 판매시설과 문화집회시설에 대해서는 6.0 MW 이상으로 설계화재를 선정하는 안을 제안하였다. 다만, 취침용도의 경우

피난개시시간의 지연으로 인해 시험설계안의 개발에 어려움이 있을 것으로 생각이 되며, 이러한 경우에는 설계안의 평가에서 소화설비 작동 및 출입문의 폐쇄상태를 현장 여건에 따라 반영할 수 있도록 인정해 줄 필요가 있으며, 또한 오피스, 판매시설, 문화집회시설의 경우에는 사무용품, 취급 품목 그리고 공연 및 집회의 형태 등에 따라 예상되는 화재크기의 변화폭이 취침용도에 비해 상당히 넓기 때문에 설계화재를 일률적으로 적용하기 보다는 용도의 특성에 따라 크게는 10 MW 이상까지도 고려할 수 있는 노력과 합의가 필요하다. 끝으로, 설계화재 가이드라인은 실화재 실험 자료나 공학적 근거가 부족한 상황에서 설계화재를 선정하는 경우에 참고자료로서의 역할을 하는 것이며 향후 국내 실 화재 실험 자료가 축적된다면 그것을 토대로 설계화재를 선정하는 것이 바람직하다.

References

1. D. E. Kim, D. G. Seo and Y. J. Kwon, “A Study on PBD case of Evacuation in Japan for PBD Approach of Korea”, Proceedings of 2008 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 322-327 (2008).
2. NFPA 72, “National Fire Alarm and Signaling Code”, 2010 Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, p. 267, 273 (2010).
3. ISO TR 13387-2. “Fire Safety engineering. Part 2. Design fire scenarios and design fires”, ISO/TR 13387-2:1999, p. 12 (1999).
4. ICC, “International Building Code. Sec. 909.9”, Falls Church, VA: International Code Council (2003).
5. ICBO, “Uniform Building Code. Sec. 905.6.1”, Whittier, CA: International Conference of Building Officials, (1997).
6. NFPA 92B, “Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces”, 2005 Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, p. 20 (2005).
7. Leif Staffansson, “Selecting design fires”, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Lund University (Sweden), p. 34, 39 (2010).
8. Y. H. Yoo, “Development of Fire Spread Prevention and Escape Safety Design Technique According to Standard Fire Model”, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, pp. 12-64, p. 309 (2009).
9. S. C. Kim, “Validation and Reliability Analysis of Guideline of Performance Based Fire Protection Design of a Super Tall Building”, National Emergency Management Agency, pp. 303-310 (2014).
10. British Standards Institution, PD 7974-1:2003, “Application of fire safety engineering principles to the design of buildings - Part 1: Initiation and development of fire within the enclosure of origin”, London: British Standards Institution, p. 26 (2003).
11. European Standard, “Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fires”, EN 1991-1-2, p. 51 (2002).
12. Hadjisophocleous, George V, and Noureddine Benichou, “Fire Safety Design Guidelines for Federal Buildings”, pp. 96-97 (1997).
13. The Building Center of Japan, “The Total Design Method of Fire Protection in Building v3. The Design Method of Safety Escape”, pp. 55-56 (1989).
14. J. Klote and J. Milke, “Principles of Smoke Management”, The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Inc., pp. 11-26 (2002).
15. Society of Fire Protection Engineers, “SFPE handbook of fire protection engineering”, 3th edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, pp. 3-10~3-33 (2010).
16. Seoul national university and Samsung C&T Corporation, “Performance-Based Design for Fire Safety”, Hammurabi Publishing Group, pp. 115-139 (2006).
17. D. Madrzykowski, “Office Work Station Heat Release Rate Study: Full Scale vs Bench Scale”, Interflam 96, Proceedings of 7th International Interflam Conference, 26-28 March 1996, Cambridge, England, pp. 47-55 (1996).