Fire Sci. Eng., Vol. 30, No. 5, pp. 18-25, 2016 [Research Paper]

성능위주 화재와 피난시뮬레이션 입력데이터의 표준화 필요성에 대한 제안

장근호
(주)우원엠앤이

Proposals on the Input Data Standardization Needs of Fire and Evacuation Simulation in Performance Based Design

Jang Keun Ho
Woowon Mechanical & Environmental Engineers

(Received June 24, 2016; Revised August 9, 2016; Accepted September 5, 2016)

요 약

국내 성능위주설계 방법 및 기준에서는 다양한 입력 데이터들에 대한 입력 규정이 따로 마련되어있지 않으며, 설계자별로 인용하는 근거 데이터가 상이하여 피난허용시간과 피난완료시간에 많은 차이를 보이고 있다. 이는 성능위주 화재와 피난 시뮬레이션에 대한 신뢰도 문제와도 직결되고 있다. 시뮬레이션에 입력되는 다양한 데이터들을 표준화함으로서 설계자의 경험이나 기술능력에 무관하게 동일한 위험도의 건물에서는 동일한 결과가 도출되어야 한다. 또한 그 위험도 합당한 소방 · 방재설비가 설치되고 유사한 성능위주 대상 건물에서는 개연성 있는 초기투자비용이 소요됨으로서 효율적이고 효과적인 안전 확보가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

National performance-based design methods and prescribed standards for various input data not defined as separated regulation, ASET and RSET fire and evacuation simulations on the data cited by different designers. This is also directly connected reliability problems for the evacuation simulation and performance-based fire. standardizing the various input to performance-based fire and evacuation simulations of a similar risk, regardless of the experience of designer or technical skills. The performance-based targets proper fire-fighting and emergency equipment installed reasonable initial investment cost to done ensure safety.

Keywords : Fire and evacuation simulation, Performance-based design, Risk, Standardization

1. 서 론

최근 국내 건축물 성능위주소방 설계에서 화재시뮬레이션은 Fire Dynamics Simulator (FDS)를 주로 사용하고 있으며, 피난시뮬레이션 프로그램은 Building EXODUS, Simulex, Pathfinder 등을 주로 사용하고 있다. 화재와 피난시뮬레이션 결과는 화재발생시 위험에 대한 척도가 되어야 하고 결과를 통해 해당되는 위험에 적합한 설비를 설치해야 함에도 불구하고, 설계실무자들의 경험과 기술능력에 따라 각각 상이한 결과가 도출됨으로서 동일한 위험도 건물에 대해 소방 · 방재시설에 대한 초기투자비가 과소하거나 과대하게 요구되고 있는 실정이다. 따라서 다양한 입력 데이터를 표준화하여 동일한 결과 값을 얻을 수 있도록 보완 할 필요가 있다[1].

화재와 피난시뮬레이션의 입력데이터는 2014년에서 2016년까지 진행된 성능위주설계나 사전재해영향성 검토 심의를 받은 대표적인 7개 현장을 대상으로 하였으며, 동일한 설계사가 2개 이상 중복되지 않도록 샘플링하여, 데이터가 어느 한 설계사에 편중되지 않도록 하였다. 입력 데이터에 대한 영향성 평가는 7개 현장 중 다양한 시뮬레이션을 수행하기 용이한 1개의 현장을 임의로 선정하였다.

2. 화재와 피난시뮬레이션 데이터의 표준화 필요성

성능위주 설계 화재와 피난시뮬레이션의 주요 입력 데이터 변경이 시뮬레이션 결과에 어떤 영향을 미치는지를 조사하였다. 화재실에서의 피난가능시간의 적용 사례를 살

E-Mail: jkh@300302.com
TEL: +82-2-860-9716, FAX: +82-2-860-9788

ISSN: 1738-7167
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.5.018

펴보았으며, 화원의 크기, 화원의 크기와 화원의 면적(화재하중)과의 상호 연관성, 열방출 속도, 화원의 위치에 따른 결과 값의 변화를 고찰하였다. 이러한 입력값은 성능위주 설계를 수행하는 설계자의 재량에 맡겨져 있는 것으로서 유사규모의 성능위주 설계를 수행함에 있어 서로 다른 위험도를 도출하게 되는 원인이 되고 있다.

2.1 화재와 피난시뮬레이션 대상 건축물

평가대상 건축물은 지하6층, 지상 25층 1개동으로 구성되어 있다. 지하6층에서 지하1층까지는 기계실, 전기실, 주차장 용도이며, 지상1층에서 지상4층까지는 근린생활시설, 지상 5층에서 지상 10층까지는 업무시설, 지상11층에서 25층까지는 오피스텔로 구성된 복합건축물이다. 자세한 건축물의 개요는 Table 1과 같다.

2.2 피난가능시간의 선정

피난가능시간은 발화실과 비발화실의 구분 없이 국민안전처고시 제 2016-30호 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준[(2)] 별표 1 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성기준의 3에서 Table 2와 같이 규정하고 있다. Table 2는 건축물의 용도별로 Closed-circuit television (CCTV) 갖춰진 통제실의 방송을 통해 훈련된 직원이 대피방송을 할 수 있는 경우에는 W1, CCTV가 갖춰진 통제실이 없으며, 녹음된 메시지 또는 훈련된 직원과 함께 경고방송 제공할 수 있는 경우는 W2, 경보설비와 훈련된 직원이 없는 경우 W3으로 분류하고 있으며, 각각의 경우에 피난가능시간을

Table 1. Fire and Evacuation Simulation Target Architecture Overview

Division		Contents
Project Name		Bucheon 00 Street business facilities and sales facilities
Land Conditon	Location	Gyeonggi-do Province Bucheon city Jungdong 00 Street
	District	Fire prevention district, Central commercial area, Urban design district
	Land Area	3,733.10 m^2
Building Area		2,948.26 m^2
Total Floor Area	Overground	42,495.8320 m^2
	Underground	18,032.1200 m^2
	Sum	60,527.9520 m^2
Number of layers		Basement 6 floors, Ground 25 floors
Occupancy		Sales facility/Office Hotel (540 Room)
Maximum hight		103.30 m
Structure		Reinforced concrete structure
Total parking car		765 Ea (Legal 740 Ea)

Table 2. Evacuation Start Delay Time Estimated Results (unit: min)

Occupancy type	W1	W2	W3
Office, commercial and Industrial buildings, school, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building. the alarm system, and evacuation procedure)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sports centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure)	< 2	3	> 6
Dormitories, residental mid-rise and high-rise (Occupants may be asleep but are predominantly with the building, alarm system, and evacuation procedure)	< 2	4	> 5
Hotels and boarding houses (Occupants may be asleep and unfamiliar with the building, alarm system, and evacuation procedure)	< 2	4	> 6
Hospitals, nursing homes, and other institutions establishment (A significant number of occupants may require assistance)	< 3	5	> 8

<Remark>
W1: Live directives using a voice communication system from a control room, or live directives in conjunction with well-trained, uniformed staff that can be seen and heard by all occupants in the space
W2: Nondirective voice messages (pre-recorded) and/or informative warning visual display with trained staff
W3: Warning system using fire alarm signal and staff with no relevant training

Table 3. Evacuation Start Delay Time Example in Fire Room

Project name	Year	Use	Area (m^2)	ASET	Evacuation start delay	RSET	Method
Gwangjin 00 Complex	2016	Sales facility	462.0	171 s	18 s	156 s	Smoke detector
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Kitchen	145.0	146 s	92 s	105 s	Maximum Value
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Hotel	30.0	63 s	30 s	36 s	Maximum Value
Bucheon 00 Business	2016	Office hotel	30.0	44 s	26 s	30 s	Smoke detector
Bucheon 00 Business	2016	Sales facility	120.0	300 s	36 s	56 s	Smoke detector
Kimhae 00 Office hotel	2016	Office hotel	32.0	54 s	25 s	37 s	Smoke detector
CheongLa 00 Business	2015	Office hotel	84.0	38 s	20 s	35 s	Smoke detector
CheongLa 00 Business	2015	Sales facility	710.0	249 s	60 s	103 s	Smoke detector
Goyang 00 Complex	2015	Apartment	483.0	161 s	42 s	68 s	Smoke detector
Goyang 00 Complex	2015	Office hotel	362.0	77 s	18 s	42 s	Smoke detector
Junggu 00 Complex	2014	Kitchen	248.0	77 s	32 s	43 s	Maximum Value

규정하고 있다. 검토대상 건축물은 대부분 CCTV가 갖춰진 통제실이 없으므로 W2로 분류됨에 따라 사무실, 상점의 경우는 피난가능시간을 3 min, 고층 주택, 호텔, 오피스텔 등은 피난가능시간을 4 min으로 적용하여야 한다.

그러나 Table 3과 같이 상점, 주방, 오피스텔, 아파트 등 소공간으로 구획된 화재실의 경우 허용피난시간(Available Safe Egress Time, ASET)이 대부분 3 min~4 min 미만으로서 Table 2의 피난가능시간을 적용할 수 없다.

성능위주설계[3]나 사전재해영향성[4] 검토 심의 도서를 작성하는 소방 설계사에서는 비화재실의 경우에는 Table 2의 관련 규정을 준수하고 있으나, 화재실의 경우에는 이러한 문제점을 해결하기 위해 화재실의 공간에 연기감지기를 설치하여 연기가 감지되는 시간이나 일본 건축방재지침의 피난가능시간에 대한 수계산 방식을 적용하고 있으며, 일부 설계사는 2가지를 비교해서 큰 값을 적용하는 경우도 있다[5].

Table 3은 성능위주설계나 사전재해영향성 검토 심의 도서를 작성 시 화재실에서 피난가능시간을 적용한 사례들이다. 년도는 화재와 피난시뮬레이션을 수행한 년도이며, 용도는 시뮬레이션을 수행한 화재실의 용도이며, 면적은 화재실의 면적이다. 허용피난시간(ASET)은 해당 화재실에서 가장 빨리 인명안전 평가기준에 도달하는 가시거리를 기준으로 하였으며, 피난가능시간은 화재실에서 재실자가 피난을 개시한 시간이며, 피난완료시간(Required Safe Egress Time, RSET)은 피난시뮬레이션을 수행해 전체 재실자가 해당화재실에서 피난을 완료하는 시간을 기준으로 한 것이다. 적용방식에서 연기감지기는 FDS 프로그램에 연기감지기를 설치하여 연기감지기가 작동하는 시간을 피난가능시간으로 설정한 경우이며, 수계산은 일본 건축방재지침의 수계산 방식을 적용한 경우이며, 최대값은 두 가지 방식을 계산해서 더 큰 값을 적용한 사례이다. 일본건축센터 건축방재계획지침의 수계산 방식은 다음 식(1)과 같다.

Table 4. Evacuation Start Delay Time Compare in Fire Room

Project name	Area (m^2)	Smoke detector ①	Hand calculation ②	Maximum value ③	Max-min value	Deviation
Gwangjin 00 Complex	462.0	18 s	43 s	43 s	25 s	238%
Yongsan 00 Renewal Projet	145.0	92 s	30 s	92 s	0 s	0%
Yongsan 00 Renewal Projet	30.0	28 s	30 s	30 s	2 s	107%
Bucheon 00 Business	30.0	26 s	30 s	30 s	4 s	115%
Bucheon 00 Business	120.0	36 s	30 s	36 s	0 s	0%
Kimhae 00 Office hotel	32.0	25 s	30 s	30 s	5 s	120%
CheongLa 00 Business	84.0	20 s	30 s	30 s	10 s	150%
CheongLa 00 Business	710.0	60 s	53 s	60 s	0 s	0%
Goyang 00 Complex	483.0	42 s	44 s	44 s	2 s	105%
Goyang 00 Complex	362.0	18 s	38 s	38 s	20 s	211%
Junggu 00 Complex	248.0	32 s	31 s	32 s	0 s	0%

발화실의 피난가능시간 $T = a\sqrt{A}$ (1)

여기서 a: 천장의 높이가 6 m 미만인 거실 또는 그 부분에서는 2 천장의 높이가 6 m 이상인 거실 또는 그 부분에서는 3

A: 발화실의 면적(m^2)

(단, 발화실의 면적이 작아 30 s 미만인 경우에는 30 s로 적용)

Table 3에서 적용사례를 보면 화재실에서 피난가능시간은 최소 18 s가 적용되었으며, 100 m^2 이상의 실에서는 최대 92 s, 100 m^2 미만의 작은 실에서는 허용피난시간이 최대 30 s로 적용되었음을 알 수 있다.

Table 4는 연기감지기를 설치하는 경우와 수계산값과의 최대값을 적용하는 경우에 화재실에서 피난가능시간이 최소 0%에서 최대 238%까지 상이한 입력 데이터를 적용하고 있음을 보여주고 있다.

2.3 화원의 선정

성능위주설계 방법 및 기준에는 화원의 선정에 대한 기준이 없어서 각 설계사에서 국내외 논문, 데이터를 기준으로 각각 상이한 화원과 열방출율, 화재성장속도를 적용하고 있다. Table 5는 최근 3년간 각 설계사에서 성능위주설계 및 사전재난영향성 검토 심의 도서 작성과정에서 용도별로 화원, 열방출률, 화원의 면적, 화재성장속도[열방출율(HRR, Heat Release Rate)에 도달한 시간] 등을 적용한 사례이다.

동일한 용도에서도 화원의 종류가 상이하며, 같은 화원을 적용하는 경우에도 인용하는 근거 데이터가 달라 열방출율, 화재성장속도가 다름을 알 수 있다. 주차장의 경우를 보면 최소값 3.5 MW에서 최대값 10.0 MW까지 최대 285.7%의 차이를 보이고 있으며 화재성장속도 또한 200%

Table 5. Fire Cause Examples

Project name	Year	Use	Fire couse	Heat release rate (MW)	Fire couse area (m^2)	HRR max arrival time
Goyang 00 Complex	2015	Apartment	Sink	1.5	1	530 s
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Hotel	Mattress	1.7	1	500 s
Bucheon 00 Business	2015	Hotel	Sink	2.3	1	380 s
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Kitchen	Refrigerator	3.3	1	600 s
Junggu 00 Complex	2014	Kitchen	Sink	2.4	1	530 s
Junggu 00 Complex	2014	Lounge	Refrigerator	3.0	1	600 s
Gwangjin 00 Complex	2016	Business	PC	1.8	1	300 s
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Business	Desk	3.0	1	280 s
Bucheon 00 Business	2016	Business	Office supplies	7.8	1	530 s
Goyang 00 Complex	2015	Business	PC	7.8	1	530 s
Junggu 00 Complex	2014	Business	PC	1.7	1	300 s
Bucheon 00 Business	2016	Office hotel	Sofa	3.0	1	260 s
Kimhae 00 Office Hotel	2016	Office hotel	Sofa	3.0	1	260 s
Hwaseong 00 Complex	2015	Office hotel	Mattress	2.0	1	530 s
Goyang 00 Complex	2015	Office hotel	Sofa	3.0	1	260 s
Gwangjin 00 Complex	2016	Sales	Table,Chair	2.2	1	220 s
Bucheon 00 Business	2016	Sales	Sales booth	3.6	1	530 s
Bucheon 00 Business	2015	Sales	Table,Chair	2.2	1	530 s
Hwaseong 00 Complex	2015	Sales	Sales booth	5.4	1	530 s
Goyang 00 Complex	2015	Sales	Sales booth	5.0	1	260 s
Goyang 00 Complex	2016	Parking	Car 1 Ea	3.5	1	300 s
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Parking	Car 1 Ea	10.0	1	450 s
Bucheon 00 Business	2016	Parking	Car 2 Ea	5.0	1	530 s
Kimhae 00 Office Hotel	2016	Parking	Car 1 Ea	5.0	1	530 s
Hwaseong 00 Complex	2015	Parking	Car 2 Ea	10.0	1	260 s
Goyang 00 Complex	2015	Parking	Car 2 Ea	10.0	1	260 s
Bucheon 00 Business	2015	Parking	Car 1 Ea	5.0	1	260 s

Table 6. Fire Growth Rate

Fire class	t (s)	α (kW · s^{-2})
Ultra-fast	75 s	0.1876
Fast	150 s	0.0469
Medium	300 s	0.0117
Slow	600 s	0.0029

차이가 발생하고 있다. 식(2)과 Table 6은 화재성장속도(Fire Growth Rate)를 분류한 내용이며, Q는 열방출율(HRR, Heat Release Rate), α 값은 화재성장상수, t(s)는 최성기에 도달하는 시간을 나타낸다. 화재성장속도는 열방출율이 1,055 kW에 도달하는 시간을 기준으로 화재성장속도를 분류하고 있다[6].

$$Q = \alpha t^2 \quad (2)$$

실재 설계중인 프로젝트의 오피스텔에 화원의 크기와 면적, 열방출율 등의 입력 값을 변화시켜서 화재시뮬레이션 결과 값에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. Figure 1은 화재 시뮬레이션을 위한 기준 오피스텔 평면도이다. 화원의 위치는 오피스텔 내부에서 발생한 것으로 가정하였고 P1은 화재실의 출입문 P2, P3은 화재실 좌우측에 설치된 피난계단의 출입문 P4, P5는 중앙코어에 설치된 특별피난계단의 출입문이다. 피난허용시간은 가시거리, 온도, CO 농도 등의 인명안전 평가기준을 적용하며, 대부분 건축물 FDS 시뮬레이션에서 가장 먼저 인명한계기준에 도달하는 가시거리 감소 값을 기준으로 하였다.

2.3.1 화원의 크기에 따른 영향

Table 7은 화원의 크기에 따른 각 출입문에서의 피난허용시간을 검토한 내용이다. 화원이 5 MW에서 1 MW로 감소함에 따라 출입문 P1에서는 54.8%, P2는 76.7%, P3는 52.4%, P4에서는 56.9% 평균 허용시간은 약 60.2% 감소했다. 출입문 2의 경우에는 시뮬레이션 설정시간동안에

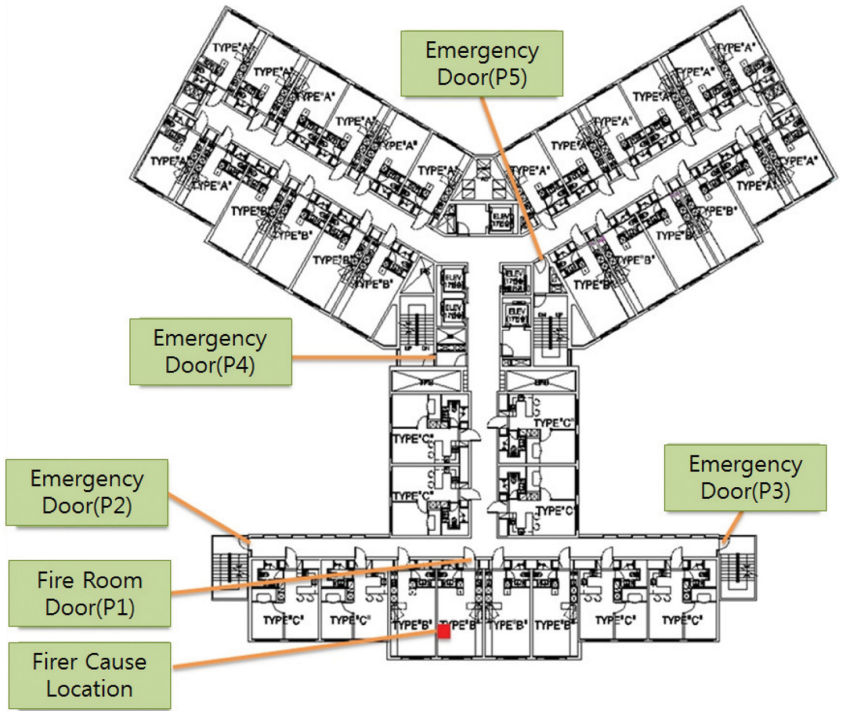

Figure 1. Office hotel floor plan.

Table 7. Effect of the Fire Source Size

Case	Size of fire source (MW)	ASET [unit: s]				Note
		Door 1	Door 2	Door 3	Door 4	
1	5	274	460	283	304	Size of fire source 1 m^2, HRR max arrival time 260 s (Fast)
2	3	332	534	340	370	
3	2	380	600	380	420	
4	1	500	600 more	540	534	
Min/Max value (%)		54.8%	76.7%	52.4%	56.9%	60.2% (Ave)

가시거리가 감소량이 피난허용 한계치에 도달하지 않았음을 나타낸다. 출입문 2의 경우 출입문 3과 화재실에서의 거리는 유사하나 피난허용시간이 상대적으로 길어진 것은 출입문이 좌측으로 열리는 구조로 연기전파의 장애요소로 작용한 것으로 판단되며 화원의 크기에 따라 허용피난에 미치는 영향이 큰 것을 확인 할 수 있다.

2.3.2 화재성장속도에 따른 영향

Table 8은 화재성장속도를 변화시켰을 때 각 출입문에서 피난허용시간을 검토한 내용이다. 화재성장속도를 Medium에서 Ultra Fast로 변화시키는 경우 출입문 P1에서는 약 49.6%, 출입문 P2에서는 약 52.1%, 출입문 P3에서는 약 38.7% 출입문 P4에서는 47.4%로 감소하였으며 평균값은 약 46.9%이었으며 출입문의 위치에 따라 다소의 차이는 있으나 화재성장속도 선정에 따른 피난허용시간의 영향이 큰 것을 알 수 있다.

2.3.3 화원의 위치에 따른 영향

Figure 2는 화원의 위치가 주출입구에서 이격된 거리에 따른 영향성을 검토하기 위한 지하주차장 기준층 평면도이다. P1, P2, P3는 특별피난계단의 출입문이고, P4는 상층부로 연결되는 주차램프이다. 성능위주 심의과정에서 심의위원의 요청에 따라 화원의 위치를 주출입구 인근에 설치하는 경우와 임의 선정하는 경우에 대한 허용 피난시간의 검토이다.

Table 9는 화원이 출입문 P3에서 5 m~25 m까지 각각 이격되어 설정된 경우 출입문에서 피난허용시간을 검토한 결과이다. 출입문에서 화원까지의 거리가 25 m에서 5 m로 감소하는 경우 P1에서는 피난허용시간의 최대값과 최소값 차이는 약 82.6%, P2는 85.4% P3는 84.1%, P4는 86.1% 각각 감소하였으며, 그 평균값은 84.6%이다. FDS 화재시뮬레이션에서 출입문 가까운 곳에서 화재가 발생하는 경우 출입문으로 연소가스가 빨리 도달하므로 해당 출입구에서 피난허용시간이 감소하며, 피난시뮬레이션에서 피난허용시간이 경과한 이후에는 출입문이 폐쇄되고 다른 출입문을 이용해서만 피난하는 것으로 되어있다.

2.4 주차장 피난 인원수 적용

Table 10은 최근 2년간 성능위주설계 및 사전재난영향성 검토 심의도서에서 주차장 피난인원수를 적용한 사례

Table 8. Effect of the HRR

Case	HRR (fire class)	ASET [unit: s]				Note
		Door 1	Door 2	Door 3	Door 4	
1	Ultra Fast	136	224	110	144	Size of fire source (1 MW), Area (1 m^2)
2	Fast	190	330	190	210	
3	Medium	274	430	284	304	
Min/Max value (%)		49.6%	52.1%	38.7%	47.4%	46.9% (Ave)

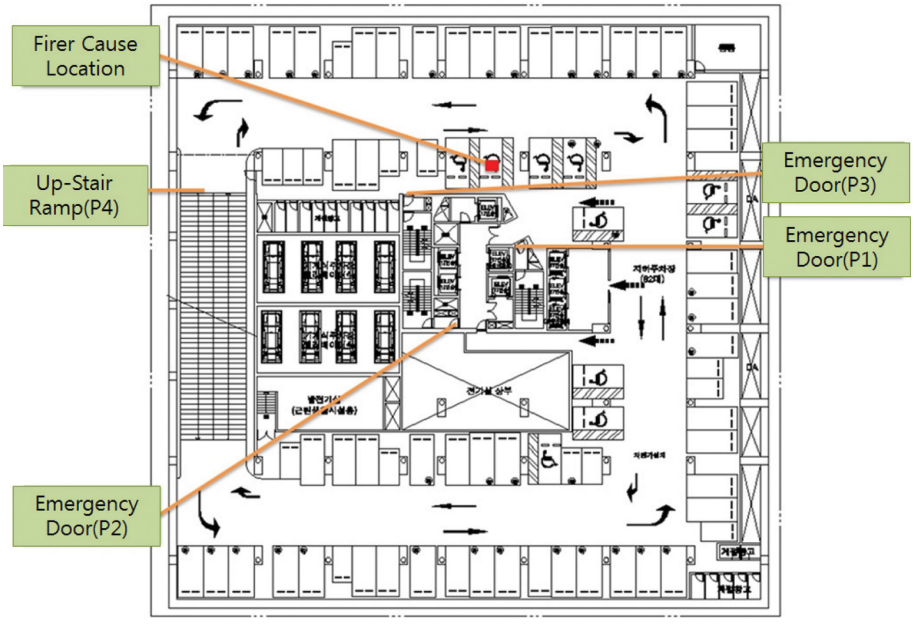

Figure 2. Basement parking area floor plan.

Table 9. Effect of the Fire Source Location

Case	Distance from door to fire source (m)	ASET [unit: s]				Note
		Door 1	Door 2	Door 3	Door 4	
1	5	284	464	244	300	Other conditions are same
2	10	286	454	290	284	
3	15	270	444	274	300	
4	20	344	520	270	300	
5	25	314	490	290	330	
Min/Max value (%)		82.6%	85.4%	84.1%	86.1%	84.6% (Ave)

Table 10. Evacuation Person Example in Parking Area

Project name	Year	Use	Parking section	Persong/ Parking section	Evacuation person	Evacuation person/ Parking section
Gwangjin 00 Complex	2016	Parking	21 Ea	2 Person	42 Person	2 Person
Yongsan 00 Renewal Projet	2016	Parking	111 Ea	18.6 m^2/Person	489 Person	4.4 Person
Bucheon 00 Business	2016	Parking	85 Ea	2 Person	170 Person	2 Person
Kimhae 00 Office Hotel	2016	Parking	141 Ea	1 Person	141 Person	1 Person
Hwaseong 00 Complex	2015	Parking	317 Ea	1 Person	317 Person	1 Person
Goyang 00 Complex	2015	Parking	395 Ea	18.6 m^2/Person	804 Person	2 Person
Bucheon 00 Business	2015	Parking	137 Ea	2 Person	274 Person	2 Person

Table 11. Effect of the Evacuation/Parking Section

Case	Evacuation person/ Parking section	RSET [unit: s]				Note
		Door 1	Door 2	Door 3	Door 4	
1	1	217	265	209	199	Other conditions are same
2	2	238	306	214	200	
3	3	271	338	243	203	
4	4	306	360	269	211	
5	4.4	327	353	279	211	
Min/Max value (%)		66.4%	73.6%	74.9%	94.3%	77.3% (Ave)

이며 주차구획당 피난인원을 1명에서 4.4명까지 적용하고 있음을 보여준다. 성능위주설계 방법 및 기준에는 주차장에 대한 인원밀도 규정이 없어 설계사에서 각각 상이한 국내외 논문 또는 데이터를 기준으로 적용하고 있으며, 심의과정에서 심의위원의 요청에 따라 달리 적용하고 있는 경우도 있다.

Table 11은 주차구획당 피난인원수 적용에 따른 각 출입문에서 피난완료시간(RSET)을 검토한 사항이다. 주차구획당 피난인원이 4.4명에서 1명으로 변화하는 경우에 P1에서는 66.4%, P2는 73.6%, P3은 74.9%, P4는 94.3% 감소하였으며, 평균 77.3% 감소하였다.

3. 결 론

본 연구에서 성능위주 화재와 피난시뮬레이션 입력데이터의 표준화 필요성을 연구하기 위해 화재실에서 피난가능시간의 적용, 화원의 종류, 화원의 크기, 화재성장속도, 화원의 위치, 주차장 피난 인원수의 변화에 따라 피난허용시간(ASET), 피난완료시간(RSET)에 얼마나 영향을 미치는지를 검토하였으며, 다음과 같은 결론이 도출 되었다.

1. 구획된 소공간 화재실에서 피난가능시간의 적용은 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준에서 제시하고 있는 규정은 허용피난시간을 초과하여 피난개시 이전에 재실자가 사망에 이르므로 적용할 수 없으며, 이러한 이유로 각 설계사 별로 연기감지기 설치에 따른 화재감지시간 또는 일본건축센터 건축방재계획 지침의 수계산값과의 최대를 적용함에 따라 최대 238%까지 상이한 기준을 적용하고 있다.

2. 동일한 용도에서 화원의 종류가 상이하며, 같은 화원을 적용하는 경우에도 인용하는 근거데이터가 달라 주차

장의 경우 열방출률은 최대 285.7%, 화재성장속도도 200% 이상 차이를 보이고 있다. 화원의 크기가 5배 이상 상이한 경우 피난허용시간은 약 60.2%로 감소한다.

3. 화재성장속도가 Utra Fast에서 Medium로 변화되는 경우 최성기에 도달하는 시간은 500 s에서 75 s로 감소하며 피난허용시간도 평균 46.9% 감소하였다.

4. 화원의 위치를 출입문에서 5 m~25 m까지 각각 이격하여 설정한 경우 출입문에서 피난허용시간을 검토한 결과 따라서 피난허용시간이 평균 84.6%까지 줄어 들었다.

5. 주차장 피난 인원수 선정은 주차구획당 인원수가 최대 4.4배 이상 차이를 보이고 있으며, 피난완료시간은 평균 77.3%까지 차이를 나타낸다.

국내 성능위주설계 방법 및 기준에서는 다양한 입력 데이터들에 대한 입력 규정이 따로 마련되어있지 않으며, 설계자별로 인용하는 근거 데이터가 상이하여 피난허용시간(ASET), 피난완료시간(RSET)에 많은 차이를 보이고 있다. 이는 성능위주 화재와 피난 시뮬레이션에 대한 신뢰도 문제와도 직결되고 있다. 성능위주 화재와 피난시뮬레이션에 입력되는 다양한 데이터들을 표준화함으로서 설계자의 경험이나 기술능력에 무관하게 동일한 위험도의 건물에서는 동일한 결과가 도출되고 그 위험도 합당한 소방 · 방재설비가 설치되고 유사한 성능위주 대상 건물에서는 개연성 있는 초기투자비용이 소요됨으로서 효율적이고 효과적인 안전 확보가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

향후 실물테스트를 통한 화재 및 피난시뮬레이션의 신뢰성 검증과 화재 및 피난시뮬레이션의 표준 입력데이터 선정 제안 등에 대한 연구를 보완할 예정이다.

후 기

본 연구는 2016년도 한국화재소방학회 춘계학술대회에서 저자가 발표했던 “성능위주 화재피난시뮬레이션의 개선방안” 논문내용에 구체적인 화재와 피난시뮬레이션 데이터를 보완하고 발전시켜 작성한 논문입니다.

References

1. K. H. Jang, “A Study on the Improvements of Fire and Evacuation Simulation in Performance Based Design”, KIFSE Annual Spring Conference, pp. 217-218 (2016).
2. Legislative Office, Performance-based design methods and standards of fire protection facilities, 2016. (www.law.go.kr).
3. Ministry of Public Safety and Security, Low on fire protection contractor, 2016. (www.law.go.kr).
4. Ministry of Public Safety and Security, Special low on complex high-rise buildings and underground links disaster management, 2016. (www.law.go.kr).
5. Japanese Architecture Center, Building Disaster Planning Guidelines, Korea Fire Protection Association (1997).
6. NFPA 92B-Annex C - Table C.1, CIBSE guide.E - Fire engineering.