



# 배연설비 배치에 따른 원룸건물의 성능기반 피난안전성 평가

## Performance-based Evaluation on Evacuation Safety of Studio Residential Buildings according to Installation of Smoke Exhaust System

허인욱\* · 한선진\*\* · 강현\*\*\* · 황선주\*\*\*\* · 주영현\*\*\*\*\* · 김강수\*\*\*\*\*  
Heo, Inwook\*, Han, Sun-Jin\*\*, Kang, Hyun\*\*\*, Hwang, Sun Joo\*\*\*\*, Ju, Young Hyun\*\*\*\*\*,  
and Kim, Kang Su\*\*\*\*\*

### Abstract

Most studio residential buildings of the type frequently constructed in big cities suffer from a paucity of smoke exhaustion facilities and fire-fighting equipment. This poses a significant safety risk and may cause many casualties when fires or fire-related accidents occur. In this study, fire and evacuation simulations were conducted at a studio residential building, and the level of evacuation safety was evaluated according to the location of fire ignition, installation of smoke exhaustion equipment, and evacuation delay time. The simulation results showed that the most effective methods to minimize casualties caused by fire are to install smoke exhaustion equipment and to significantly reduce the evacuation delay time by all possible means.

**Key words :** Fire Simulation, Evacuation Simulation, Evacuation Safety, Smoke Exhaustion Facilities, Evacuation Delay Time

### 요 지

대도시에 널리 건축되고 있는 원룸건물들에는 배연설비 및 소방시설이 갖추어지지 않은 곳이 많아 화재발생 시 많은 인명피해를 초래할 수 있다. 이 연구에서는 원룸건물을 대상으로 화재 및 피난시뮬레이션을 수행하였으며, 화재구획의 위치, 배연설비의 설치유무, 피난지연시간에 따른 피난안전성을 평가하였다. 시뮬레이션 결과, 인명피해를 최소화하기 위해서는 배연설비를 설치하고 가능한 피난지연시간을 감소시키는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 화재시뮬레이션, 피난시뮬레이션, 피난안전성, 배연설비, 피난지연시간

## 1. 서 론

최근 국내에서는 생활패턴의 변화와 핵가족화로 인하여 1인 주거비율이 급격히 증가하고 있으며, 이에 따라 원룸건

물의 수가 크게 증가하고 있다. 그러나, 원룸건물에는 소화설비나 배연설비 등의 소방설비가 적절히 갖추어져 있지 않은 경우가 많아서 화재발생 시 많은 인명피해를 야기할 수 있다는 문제점이 대두되고 있다. 실제로 최근 송파구와 오산

\*정회원, 서울시립대학교 건축공학과 박사과정(E-mail: inwookheo@gmail.com)  
Member, Ph.D. Candidate, Department of Architectural Engineering, University of Seoul  
\*\*정회원, 서울시립대학교 건축공학과 박사과정  
Member, Ph.D. Candidate, Department of Architectural Engineering, University of Seoul  
\*\*\*공학박사, 서울시립대학교 건축공학과 박사후 연구원  
Ph.D., Post-Doctoral Research Fellow, Department of Architectural Engineering, University of Seoul  
\*\*\*\*서울시립대학교 건축공학과 학부과정  
Undergraduate Student, Department of Architectural Engineering, University of Seoul  
\*\*\*\*\*서울시립대학교 건축공학과 학부과정  
Undergraduate Student, Department of Architectural Engineering, University of Seoul  
\*\*\*\*\*교신저자, 정회원, 공학박사, 서울시립대학교 건축공학과 교수(Tel: +82-2-6490-2762, Fax: +82-2-6490-2749, E-mail: kangkim@uos.ac.kr)  
Corresponding Author, Member, Ph.D., Professor, Department of Architectural Engineering, University of Seoul

시에서 발생한 원룸건물 화재사고 사례에서 많은 인명피해가 발생되었다. 따라서, 원룸건물에서 화재사고 시 발생하는 연기 및 유독가스의 유동 등에 대한 사전분석을 통하여 거주자의 피난안전성을 평가함으로써 인명피해를 최소화할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다. Park et al. (2009)은 실버타운 건축물에서 화재시 피난허용시간을 시뮬레이션을 통하여 도출하였으며, Kim et al. (2007)은 개구부와 복도의 너비를 변수로 하여 복합영화관에 대한 피난안전성 평가를 수행하였으며, 피난안전성을 확보하기 위한 개구부 크기와 복도의 적정너비를 제안하였다. 이외에도 최근에는 고층건축물, 종합병원 등 비교적 대규모 건축물들의 피난안전성 평가에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Bae 2018; Lim 2018). 다만, 현재까지 국내에서 활발히 건설되고 있는 소형 원룸 건축물에서의 피난안전성에 대한 해석적 연구는 여전히 매우 부족한 실정이다.

이 연구에서는 5층 규모의 특정 원룸건물을 대상으로 배연창과 배연기의 유무, 화원의 위치 및 피난지연시간을 변수로 하여 화재·피난 시뮬레이션을 수행하였으며, 각 변수에 따른 피난안전성을 평가하고자 하였다.

## 2. 피난안전성 평가 개요

### 2.1 인명안전기준

건물에서 화재발생시 재실자의 위험도 상승요인은 매우 다양하지만, 일반적으로 사람에게 직접적으로 영향을 주는 인자는 열, 가시거리, 독성가스 등으로 나눌 수 있다. 이러한 위험도 상승요인들은 화재발생 시 재실자의 피난안전성을 크게 저하시킬 수 있으므로 ‘소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준’(MPSS, 2016)에서는 Table 1에 나타난 바와 같이 위험도 상승요인들에 대한 제한값을 제시하고 있다. 이 연구에서는 Table 1에 제시된 제한값을 인명안전기준값으로 설정하고, 원룸건물에 대한 화재·피난 시뮬레이션을 수행하여 피난안전성을 평가하였다.

Table 1. Performance Criteria for Life Safety

		Performance criteria
Breath height limit		1.8m from the bottom
Temperature limit		Less than 60℃
Allowable visibility		5m
Allowable Toxicity limit	CO	1,400ppm
	O <sub>2</sub>	More than 15%
	CO <sub>2</sub>	Less than 5%

### 2.2 피난안전성 평가방법

화재·피난 시뮬레이션을 통하여 화재 발생 후 건물 내부 상태가 인명안전기준값을 만족하지 못하는 상황에 도달하는

시간과, 재실자들이 피난을 완료할 때까지 소요되는 시간을 비교함으로써 피난안전성을 평가할 수 있다. 여기서, 재실자들이 피난을 완료하는데 필요한 시간을 피난요구시간(Required Safe Egress Time, RSET)이라 하며, 화재 발생 후 건물 내부 상태가 인명안전기준값에 도달할 때까지의 시간을 피난허용시간(Available Safe Egress Time, ASET)이라 한다. 따라서, 피난요구시간이 피난허용시간보다 작은 경우에는 피난안전성이 확보된 것으로, 그 반대의 경우에는 피난안전성이 확보되지 못한 것으로 판단할 수 있다.

### 2.3 피난안전성 평가대상

이 연구에서는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 지상 1층이 필로티 구조로 된 5층 규모의 원룸건물을 대상으로 피난안전성 평가를 실시하였다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 대상 건물의 내부는 각 층마다 9개의 구획으로 구성되어 있으며, 각 구획의 면적은 16 m<sup>2</sup>이다.

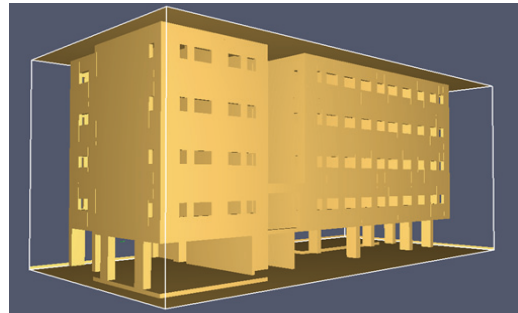


Fig. 1. Description of Studio Residential Building (5 story building)



Fig. 2. Floor Plan of Studio Residential Building (9 rooms on each story)

## 3. 화재·피난 시뮬레이션 개요

### 3.1 화재 시뮬레이션 개요

이 연구에서는 미국표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)에서 개발한 Fire Dynamic Simulation (FDS)를 사용하여 대상건물에 대한 화재 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 시간은 500초, 초기온도는 20℃로 설정하였다. 가연물은 일반적으로 원룸에 비치되는 가구인 책상, 의자, 옷장, 침대로 한정하였으며, 각 가구의

면적은 Table 2에 나타난 바와 같다. 침대의 매트리스는 폴리에틸렌(Polyethylene) 재질, 나머지는 모두 목재로 가정하였으며, 각 재료별 단위면적당 열방출율(Heat Release Rate Pur Unit Area, HRRPUA)은 Table 3에 나타난 바와 같이 ‘Establishing the Design Fire Parameters for Buildings’ (Grigoraş and Diaconu-Şotropa, 2013)에 제시된 값을 사용하였다. 각 가연물의 열방출율(Heat Release Rate, HRR)은 각 가구의 면적과 HRRPUA를 곱하여 산정하였으며, 가연물의 총 열방출율은 6,248 kW으로 산정되었다.

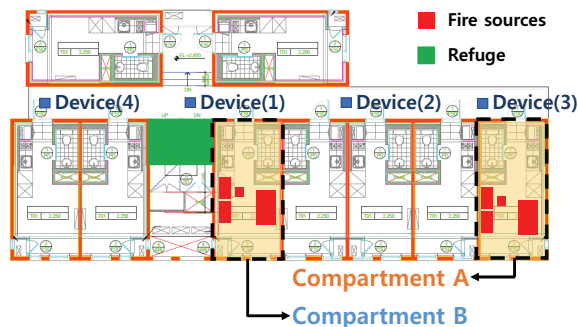
**Table 2.** Horizontal Area of Combustibles

	Horizontal area (m <sup>2</sup> )
Desk	0.84
Chair	0.16
Wardrobe	0.96
Bed	2.00

**Table 3.** HRRPUA of Combustible Materials

Material	HRRPUA [MW/m <sup>2</sup> ]
Wood furniture	1.80
Polyethylene	1.36

화재는 3층에서 발생한 것으로 가정하였으며, Fig. 3에 나타난 바와 같이 화재발생 구획(Compartment)은 2가지 경우, 즉, 피난구에서 가장 멀리 위치한 A 구획과 피난구에서 가장 가까이 위치한 B 구획을 고려하였다. 각 층마다 4개소에 가시거리, 열, 독성가스 등을 계측할 수 있는 감지기(Device)를 설치하였다. 또한, 배연창과 배연기의 설치유무에 따른 피난 허용시간을 비교하기 위하여 배연설비를 설치하지 않은 경우, 배연창만 설치한 경우, 배연창과 배연기를 모두 설치한 경우를 변수로 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 배연창 및 배연기의 설치 위치는 2층 ~ 5층으로 가정하였으며, ‘방재기술자료 No. 07’ (KFPA, 2016)에 제시된 바와 같이 건물의 바닥면적을 고려하여 배연창은 2.79 m<sup>2</sup>, 배연기는 0.74 m<sup>2</sup>의 크기로 설치하였다.



**Fig. 3.** Fire Compartments and Devices

이 연구에서는 시뮬레이션 변수인 화재발생 구획의 위치, 배연창 및 배연기의 설치유무를 조합하여 Table 4에 나타난 바와 같이 총 6가지 화재시나리오에 대한 화재시뮬레이션을 수행하였다.

**Table 4.** Fire Scenarios

Fire scenarios	Fire location (comp. A/B)	window ventilation	Smoke extractor
S1-AXX	A	x	x
S2-AWX	A	o	x
S3-AWE	A	o	o
S4-BXX	B	x	x
S5-BWX	B	o	x
S6-BWE	B	o	o

### 3.2 피난 시뮬레이션 개요

이 연구에서는 화재 시뮬레이션과 더불어 에이전트 기반 모델(Agent Based Model)에 근거하여 재실자의 속성에 따라 피난거동을 예측할 수 있는 프로그램인 Pathfinder (Thunderhead Engineering Consultants, Inc., 2017)를 활용하여 피난 시뮬레이션을 수행하였다. Table 5에 나타난 거주형태별 최소면적(MLTM, 2011)을 참조하여 14 m<sup>2</sup>의 면적에 1인이 거주하는 것으로 가정하였다. 대상 건물은 각 층 바닥면적이 156.2 m<sup>2</sup>이므로 층별 수용인원은 11명으로 산정되었다. 또한, 3층 화재실 거주자는 화재 발생 직후 대피를 시작하며, 그 외 재실자는 피난지연시간이 지난 후에 대피하기 시작하는 것으로 설정하였다.

**Table 5.** Minimum Residential Area (MLTM, 2011)

Household members	Member	Total area (m <sup>2</sup> )
1	Single	14
2	Couple	26
3	Couple+Child	36

Table 6에 나타난 바와 같이 ‘소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준’(MPSS, 2016)에서는 건축물 경보시설의 수준에 따른 피난지연시간을 제시하고 있다. 여기서, W1은 방재센터 등 CCTV 설비가 갖춰진 통제실의 방송을 통해 육성 지침을 제공할 수 있는 경우, W2는 녹음된 음성 메시지 또는 훈련된 직원과 함께 경고방송을 제공할 수 있는 경우이며, W3은 화재경보신호를 이용한 경보설비와 함께 전문 훈련을 받지 않은 직원을 활용하는 경우이다. 이 연구에서는 피난 시뮬레이션 수행 시 건축물의 경보시설 수준을 W1과 W3의 경우로 가정하였으며, 이에 따라 비화재실의 피난지연시간을 W1의 경우에는 60초와 120초, W3의 경우에는 300초로 각각 설정하였다.

**Table 6.** Evacuation Delay Time (minutes)

Usage	W1	W2	W3
Dormitory, middle/high-rise housing*	< 2	4	> 5

\* Residents knows floor plan very well, and are accustomed to alarms and escape routes, but might fell in a sleep

## 4. 화재 · 피난 시뮬레이션 결과

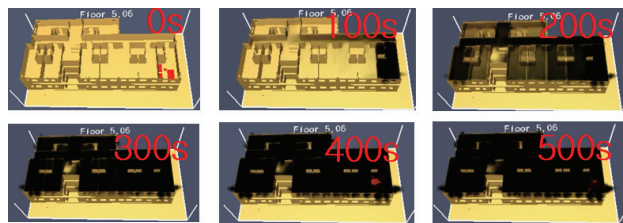
### 4.1 화재 시뮬레이션 결과

Figs. 4 ~ 9는 화재 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로서, 각각 화재지속시간에 따른 연기거동, 가시거리분포, 온도분포, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO) 및 산소(O<sub>2</sub>)의 농도 분포에 대하여 나타내었다.

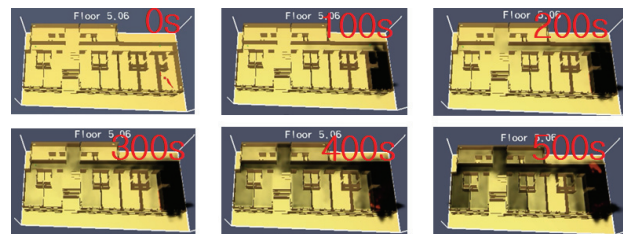
Fig. 4에는 화재발생 후 3층의 연기거동을 100초 간격으로 나타내었다. Fig. 4 (a)에서 확인할 수 있듯이 배연설비가 갖추어지지 않은 경우에는 화재발생 후 약 100 초의 시간이 경과 된 후에 피난구까지 연기가 확산되는 것으로 나타났으며, 약 200 초가 지난 시점에서는 화재발생층 전실에 연기가

확산되는 것으로 나타났다. 이와는 달리, Figs. 4(b) 및 (c)에 나타난 것과 같이 배연설비(배연창 및 배연기)가 설치된 경우에는 화재발생 후 500초가 지난 시점에서도 피난구까지 확산되는 연기의 양이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 특히, Fig. 4(c)에 나타난 바와 같이 배연창과 배연기가 모두 갖추어진 경우에는 화재발생구획(A)을 제외하고는 연기가 다른 구역으로 거의 확산되지 않았다.

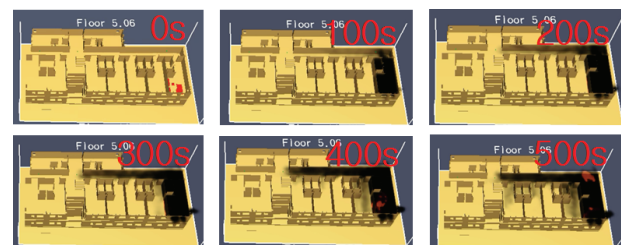
Fig. 5에는 화재시뮬레이션을 통하여 도출된 화재발생층의 연기확산에 따른 피난구 위치에서의 가시거리를 나타내었다. 그래프에서 점선으로 표시한 선은 Table 1에 제시된 인명안전기준값을 의미하며, 점선과 가시거리 그래프가 교차했을 때의 시간이 곧 피난허용시간이다. Fig. 5(a)에 나타난 바와 같이 A구획에서 화재가 발생하였을 때의 피난허용시간은 배연설비를 설치하지 않은 경우와 배연창을 설치한 경우에 각각 114초 및 307 초로 확인되었다. 또한, 배연창과 배연기를 모두 설치한 상황에서는 시뮬레이션 종료시간(500 초)이 지난 후에도 가시거리가 감소하지 않는 해석결과를 나타내었다. 이에 비해, Fig. 5(b)에 나타난 바와 같이 B 구획에서 화재가 발생하였을 때의 피난허용시간은 배연설비를 설치하지 않은 경우에는 113초, 배연창만 설치한 경우에는 114 초, 그리고 배연창과 배연기가 모두 설치된 경우에는 373 초로 확인되었다. 이러한 해석결과로부터 피난구에서 가까운 위치에 화재가 발생할 경우에는 배연창이 가시거리 확보에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. Fig. 6에는 화재지속시간에 따른 피난구 위치에서의 실내온도를 나타내었으며, Table 1에 나타난 바와 같이 화재발생 건축물의 실내온도가 60 °C에 도달할 때까지의 시간을 피난허용시간으로 규정할 수 있다. Fig. 6(a)에 나타난 바와 같이 A구획에서 화재가 발생한 경우, 배연설비가 설치되어 있지 않았을 때 피난구 주변 실내온도는 화재발생 후 약 375 초에서 60 °C에 도달하는 것을 확인할 수 있었다. 반면, 배연창을 설치한 경우와 배연창과 배연기를 모두 설치한 경우에는 화재시뮬레이션이 종료되는 시점에서도 상온과 거의 유사한 온도를 유지하는 것으로 나타났다. Fig. 6(b)에 나타난 바와 같이, B구획에서 화재가 발생하였을 때의 피난허용시간은 배연설비를 설치하지 않은 경우와 배연창만을 설치한 경우에서 각각 362 초 및 380 초로 나타났다. 이와는 달리, 배연창과 배연기를 모두 설치한 경우에는 화재시뮬레이션이 종료되는 시점에서도 피난구 주변 최대온도가 28 °C에 머무르는 것으로 나타났다. 시뮬레이션 분석결과, 동일한 화재 시나리오 조건에서 Fig. 5에 나타난 한계가시거리 기준은 Fig. 6의 실내 한계온도 기준에 비해 더 짧은 피난허용시간을 제공하는 것으로 나타났다. 또한, Figs. 5(b) 및 6(b)에 나타난 해석결과로부터 화재발생 시 재실자의 피난을 위한 가시거리와 실내온도를 안정적으로 확보하기 위해서는 배연창과 배연기가 모두 필요할 것으로 판단된다.



(a) Fire scenario S1-AXX



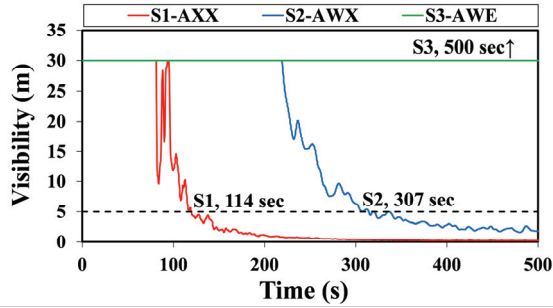
(b) Fire scenario S2-AWX (window ventilation)



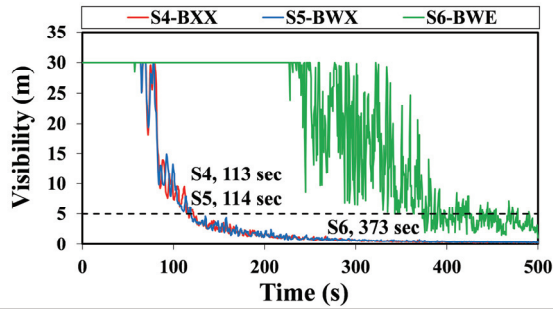
(c) Fire scenario S3-AWE (window ventilation + smoke extractor)

**Fig. 4.** Smoke Behaviors at 3<sup>rd</sup> Floor with Fire Initiated at Compartment A



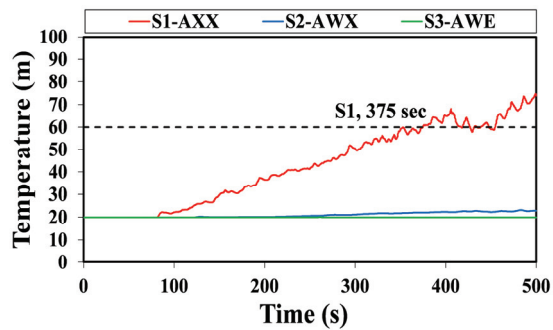


(a) Cases with fire initiated at compartment A

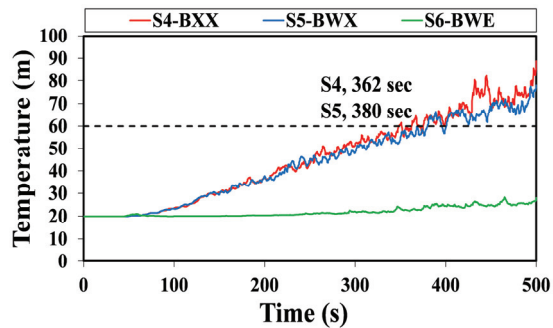


(b) Cases with fire initiated at compartment B

Fig. 5. Analysis Results on Visibility



(a) Cases with fire initiated at compartment A

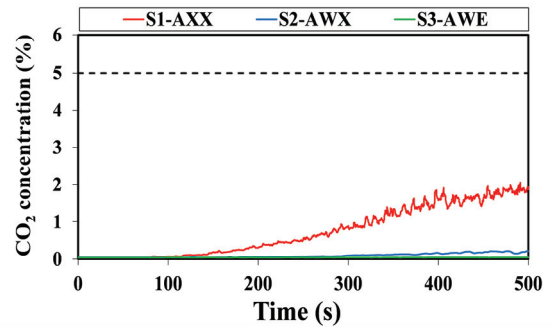


(b) Cases with fire initiated at compartment B

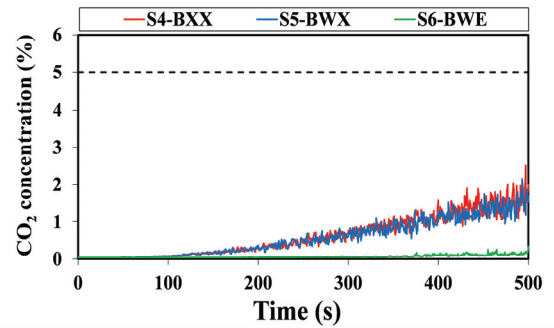
Fig. 6. Analysis Results on Temperature

Fig. 7에는 화재 지속시간동안 실내공간의 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>) 농도를 측정된 결과를 나타내었으며, Table 1에 나타

낸 바와 같이 이산화탄소의 농도가 5 %에 도달할 때까지의 시간을 피난허용시간으로 정의할 수 있다. 해석결과, A구획에서 화재가 발생한 경우의 이산화탄소 최대농도는 배연설비 설치유무에 따라 각각 2.06% (배연설비 없음), 0.22% (배연창 설치) 및 0.04% (배연창 및 배연기 설치)로 나타났다. 또한, B구획에서 화재가 발생한 경우, 이산화탄소 최대농도는 배연설비 설치유무에 따라 각각 2.51% (배연설비 없음), 2.16% (배연창 설치) 및 0.22% (배연창 및 배연기 설치)로 확인되었다. 즉, 6개의 모든 화재시나리오에서 이산화탄소의 농도가 독성기준치보다 낮게 측정되었다.



(a) Cases with fire initiated at compartment A

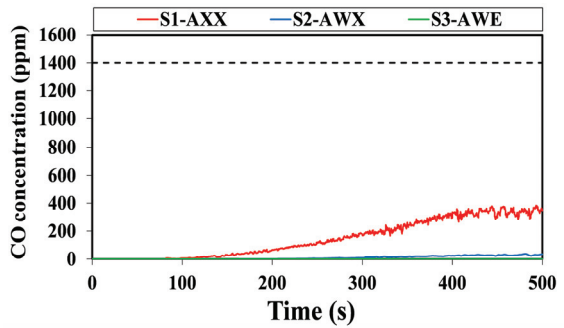


(b) Cases with fire initiated at compartment B

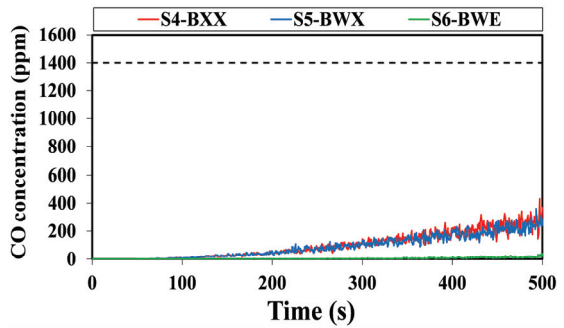
Fig. 7. Analysis Results on CO<sub>2</sub> Concentration

Fig. 8에는 화재 지속시간동안 실내공간의 이산화탄소 (CO) 농도를 측정된 결과를 나타내었다. Table 1에 따르면, 화재발생 건축물에서 일산화탄소의 농도가 1400 ppm에 도달할 때까지의 시간을 피난허용시간으로 정의할 수 있다. 시뮬레이션 결과, 앞선 이산화탄소 해석결과와 마찬가지로 6개의 모든 화재시나리오에서 실내 일산화탄소의 농도가 독성기준치보다 낮은 것으로 확인되었다.

Fig. 9에는 화재 지속시간동안 실내공간의 산소(O<sub>2</sub>) 농도 변화를 나타내었으며, 재실자의 인명보존을 위한 산소의 최소농도 기준은 15%이다. 해석결과, 배연설비가 설치될 경우, 재실자의 대피를 위한 안정적인 산소농도를 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 다만, Fig. 9를 통해 알 수 있듯이 배연설비가 설치되어 있지 않은 경우에도 약 18% 이상의 산소농도가 확보되는 것으로 나타났다.

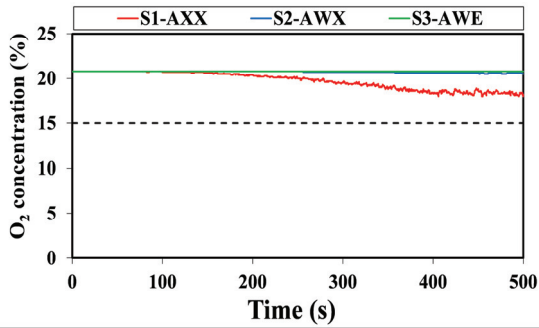


(a) Cases with fire initiated at compartment A

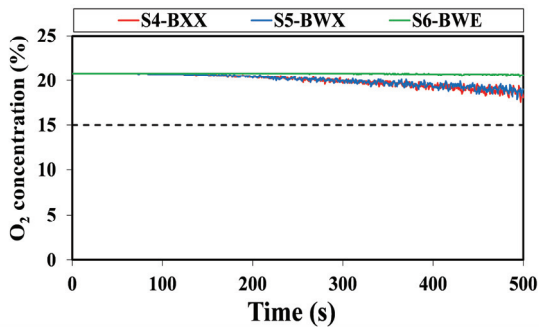


(b) Cases with fire initiated at compartment B

Fig. 8. Analysis Results on CO Concentration



(a) Cases with fire initiated at compartment A



(b) Cases with fire initiated at compartment B

Fig. 9. Analysis Results on O<sub>2</sub> Concentration

Figs. 4 ~ 9에 나타난 시나리오 해석결과를 종합적으로 살펴보면, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO) 및 산소(O<sub>2</sub>)의 농도는 인명안전기준값 이하로 나타났으며, 재실자의

피난허용시간이 연기의 확산에 의한 가시거리 및 실내온도에 의하여 결정되는 것으로 나타났다. 또한, 연기의 확산을 최소화함으로써 재실자의 피난을 위한 가시거리를 확보하고 실내온도를 인명안전기준값 이하로 유지하기 위해서는 배연창과 배연기가 모두 필요할 것으로 판단된다.

#### 4.2 피난 시뮬레이션 결과

Fig. 10에는 피난지연시간에 따른 재실자의 피난요구시간(RSET)을 나타내었다. 앞서 3.2절에서 언급된 바와 같이 피난지연시간은 Table 6을 바탕으로 60초 (Case 1), 120초 (Case 2) 및 300초 (Case 3)로 설정하였으며, 이에 따른 피난요구시간은 각각 88초, 148초 및 329초로 산정되었다.

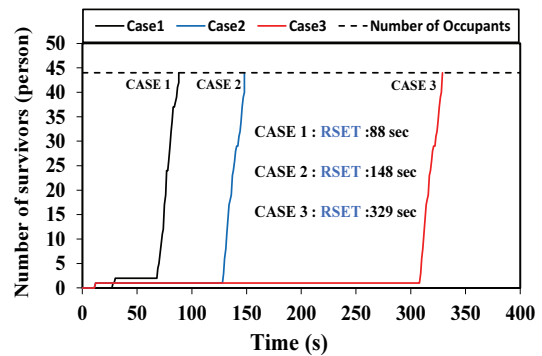


Fig. 10. Number of evacuated people

#### 4.3 피난안전성 평가

이 연구에서는 4.1절에 나타난 화재시뮬레이션을 통하여 도출한 피난허용시간과 4.2절에 나타난 피난지연시간에 따른 피난요구시간을 비교하여 피난안전성 평가를 수행하였다. 여기서, 피난허용시간은 해석결과 인명안전기준값에 도달할 때까지의 시간이 가장 짧게 나타난 한계가시거리를 기준으로 산정된 피난허용시간을 적용하였다.

##### 4.3.1 A구획 화재

Table 7에는 A구획에서 화재가 발생하였을 경우의 피난안전성 평가결과를 나타내었다. 피난구에서 상대적으로 먼 곳에 위치한 A구획에서 화재가 발생한 경우, 피난지연시간이 60초일 때는 배연설비의 설치유무에 관계없이 사상자가 존재하지 않아 피난안전성능이 확보되는 것으로 나타났다. 반면, 피난지연시간이 120초 및 300초 일 때, 배연설비를 설치하지 않은 경우에는 약 30명 이상의 재실자가 피난을 하지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 배연창만 설치되어 있는 경우, 120초의 피난지연시간까지는 사상자가 발생되지 않았으나, 300초의 피난지연시간을 가질 경우에는 30명 이상의 사상자가 발생하는 것으로 나타났다. 이외는 달리, 배연창과 배연기가 모두 설치된 경우에는 모든 피난지연시간에 대해서 피난안전성능이 확보되는 해석결과를 얻을 수 있었다.

**Table 7.** Evaluation on Evacuation Safety Under the Fire Initiated at Compartment A

Fire Scenarios	Scenario S1-AXX			Scenario S2-AWX (window ventilation)			Scenario S3-AWE (window + extractor)		
	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3
Evacuation Delay time (s)	60	120	300	60	120	300	60	120	300
Number of casualties (person)	0	31	32	0	0	32	0	0	0
Required Safe Egress Time (s)	88	148	329	88	148	329	88	148	329
Available Safe Egress Time (s)	114			307			More than 500		

**Table 8.** Evaluation on Evacuation Safety Under the Fire Initiated at Compartment B

Fire Scenarios	Scenario S4-BXX			Scenario S5-BWX (window ventilation)			Scenario S6-BWE (window + extractor)		
	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3
Evacuation Delay time (s)	60	120	300	60	120	300	60	120	300
Number of casualties (person)	0	31	32	0	31	32	0	0	0
Required Safe Egress Time (s)	88	148	329	88	148	329	88	148	329
Available Safe Egress Time (s)	113			113			371		

#### 4.3.2 B구획 화재

Table 8에는 B구획에서 화재가 발생하였을 경우의 피난 안전성 평가결과를 나타내었다. 배연설비가 설치되지 않은 경우와 배연창과 배연기가 모두 설치되었을 경우에는 피난에 성공한 재실자의 수가 A구획 화재시나리오와 동일하게 평가되었다. 배연창만이 설치되고, 피난지연시간이 120초인 경우, A구획 화재시나리오에서는 모든 재실자가 피난에 성공한 반면에 B구획 화재시나리오에서는 30명 이상의 인명피해가 발생하는 것으로 평가되었다. 또한, B구획 화재시나리오에서는 배연설비 설치유무에 관계없이 A구획 화재시나리오에 비해 피난허용시간이 상대적으로 짧은 것으로 확인되었다. 이는 피난구와 화재발생구획 사이의 상대적인 거리차에 의해 나타난 결과이다. 따라서, 원룸 건물의 피난 설계시에는 피난구의 위치와 거리를 고려한 배연설비 계획이 요구되며, 가능한 배연창과 배연기를 모두 설치하는 것이 피난안전성을 높이는 데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

### 5. 결론

이 연구에서는 화재에 취약한 원룸건물을 대상으로 FDS와 Pathfinder를 활용한 화재 및 피난 시뮬레이션을 수행하였으며, 총 6개의 화재시나리오와 3개의 피난 케이스에 대하여 피난안전성 평가를 수행하였다. 이 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- (1) 화재시뮬레이션 해석결과, 대상건물에서는 재실자의 피난허용시간(Available Safe Egress Time, ASET)이

주로 연기의 확산, 실내온도, 가시거리에 의해 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히, 한계가시거리 기준(5 m)이 피난허용시간을 지배하는 것으로 나타났으며, 상대적으로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO) 및 산소(O<sub>2</sub>)의 농도는 피난허용시간에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

- (2) 피난시뮬레이션 해석결과, 피난지연시간이 60초일 때에는 모든 화재시나리오에서 피난안전성을 확보할 수 있는 것으로 나타났으며, 피난지연시간이 증가할수록 사상자의 수가 급격히 증가하는 것으로 확인되었다. 따라서, 피난지연시간에 영향을 주는 화재경보, 화재방송 등의 알람설비를 원룸 건물의 설계단계에서 고려하여 설치한다면, 화재 시 인명피해를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.
- (3) 피난허용시간 및 재실자의 인명피해 수준은 화재 발생 위치, 배연설비의 유무에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 또한, 이 연구에서 수행한 피난안전성 평가결과로부터 배연창의 크기를 방재기술자료 No. 07' (KFPA, 2016)에 근거하여 결정하고, 배연기를 피난구 주변에 설치하는 것이 화재 발생위치에 상관없이 재실자의 인명피해를 최소화 하는 데에 가장 효과적인 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원 (18AUDP-B100356-04)에 의해 수행되었습니다.

## References

- Bae, T.H. (2018). *A study on improvement of evacuation performance for general hospital ward using the smoke detector and smoke ventilator*. Master's thesis, Seoul National University of Science & Technology.
- Grigoraş, Z.C., and Diaconu-Şotropa, D. (2013). Establishing the design fire parameters for buildings. *Buletine of the Polytechnic Institute of Jassy: Constructions. Architecture Section*, Vol. 59(63), No. 5, pp. 133-142.
- KEPA (Korean Fire Protection Association). (2016). No. 07: Exhaustion and control system of smoke. *Technical Data on Prevention of disaster* (6th ed). Seoul: KEPA.
- Kim, J.H., Joo, S.Y., and Lee, J.J. (2007). An evaluation on evacuation safety in multiplex cinema based on fire & evacuation simulation. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 7-13.
- Lim, J.H. (2018). *A study on the safety of fire evacuation for high-rise buildings*. Master's thesis, Seoul National University of Science and Technology.
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). (2011). *Upward adjustment of minimum living area of three-person households: 29→36 m<sup>2</sup>*. Notification No. 2011-490, MLTM.
- MPSS (Ministry of Public Safety and Security). (2016). *Methods and standards of the performance-oriented design for fire facilities*. Notification No. 2016-30, Fire Prevention Division, MPSS.
- Park, Y.H., Kim, B.K., and Jung, J.C. (2009). Evaluation on the evacuation performance of silver town by PBD. *Proceedings of 2009 Spring Annual Conference*, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 120-128.
- Thunderhead Engineering Consultants, Inc. (2017). *Pathfinder*. Retrieved from <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>

---

<b>Received</b>	October 5, 2018
<b>Revised</b>	October 10, 2018
<b>Accepted</b>	October 24, 2018