

신축 승선생활관의 화재 위험성 예측 및 개선방안에 관한 연구

김별¹ · 황광일[†]

(Received January 13, 2016 ; Revised March 22, 2016 ; Accepted March 28, 2016)

A study on prediction and improvement method of fire risk for a newly built college dormitory

Byeol Kim¹ · Kwang-Il Hwang[†]

요약: 승선생활관은 거주밀도가 높으며 유동인구도 특정한 시간에 몰리는 특징을 가지기 때문에 화재와 같은 재난이 발생할 경우 큰 인명피해 발생으로 이어질 수 있다. 이에 이 연구에서는 국내 K대학의 신축 승선생활관을 대상으로 화재 시뮬레이션 프로그램인 FDS를 사용하여 화재발생 시의 위험성을 예측하고 이에 따른 문제점을 분석하여 개선방안을 제시하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다. 승선생활관 다림질실에서 화재발생 시, 발화 후 65초에 연기감지기가 작동하고, 13초 뒤인 78초에 스프링클러가 작동하기 시작한다. 온도 및 일산화탄소 농도는 각각 241초, 248초에 허용기준 값에 도달하지만, 발화 후 66초에 허용 가시거리 값에 도달하기 때문에, 화재발생 후 적어도 1분 이내에 준비를 끝내고 피난을 개시해야 인명피해가 발생하지 않을 것으로 예측된다. 이 기숙사의 화재위험성 예측 결과를 종합해 보았을 때, 인명안전에 가장 위험한 요소를 가시거리 값으로 판단할 수 있다. 가시거리 확보를 위해 제연설비를 설치할 경우, 제연설비 설치 후 승선생활관 복도의 연기확산이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

주제어: 승선생활관, 화재, 위험, 안전, 가시도

Abstract: As a college dormitory has the features of high dwelling density and a floating population that becomes crowded during particular times, when a disaster such as a fire occurs, it has the risk of causing much loss of life. In this study, the fire simulation program Fire Dynamics Simulator (FDS), is used to predict the risk when a fire occurs, to analyze the problem, and to suggest an improvement plan for a new cadet dormitory at an university in Korea. The research results are as follows. When a fire occurred in the ironing room inside the cadet dormitory, a smoke detector operated after 65 seconds. Thirteen seconds later, a sprinkler started to operate. The temperature and carbon monoxide density reached the limit value at 241 and 248 seconds, respectively. Because the limit visibility value was reached within 66 seconds after the occurrence of a fire, it is predicted that preparation must be finished and evacuation should begin within 1 minute after the fire occurs, in order to have no casualties. Synthesizing this dormitory fire risk prediction result, the visibility value is considered to be the most dangerous factor for personal safety. Because of this, installing a smoke extraction system is suggested to secure visibility. After the installation of a smoke extraction system, the problem of smoke diffusion in the corridors improved.

Keywords: Dormitory, Fire, Risk, Safety, Visibility

Nomenclature			
		q_b'''	Heat release rate of particles
t	Time	T	Temperature
ρ	Density	W	Molecular weight
u	Velocity	R	Universal gas constant
p	Pressure	q	The conductive, diffusive, and radiative heat fluxes
g	Acceleration of gravity	m_b'''	The production rate of species by evaporating particles
f_b	External force vector	τ_{ij}	Viscous stress tensor
h_s	Sensible enthalpy	ϵ	Dissipation rate
q	Heat release rate per unit volume		

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4850-3558>): Division of Mechanical Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan, 49112, Korea, E-mail: hwangki@kmou.ac.kr, Tel:051-410-4368

¹ Department of Energy Plant Engineering, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, E-mail: pooh4762@gmail.com, Tel: 051-410-5030

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

국민안전처의 2014년 화재통계자료에 따르면 2014년 한 해 발생한 화재 건수는 42,143건이며 이로 인해 2,181명(사망자 325명, 부상자 1,856명)에 달하는 사상자와 4,053억 원의 재산피해가 발생한 것으로 나타났다[1]. 이러한 인명, 재산피해를 줄이기 위해서는 화재발생초기에 화재를 감지하여 경보함으로써 신속히 대응해야 한다. 특히 기숙사, 아파트와 같이 다수의 사람이 공동생활을 하는 곳에서 인명, 재산피해를 줄이기 위해서는 화재 발생초기에 화재를 감지하여 경보하는 화재감지 기술이 중요하다.

대학기숙사는 다수의 학생이 공동생활을 하며 실내에서 전열기 사용, 흡연, 취사 등으로 인한 전기, 담뱃불 화재와 같은 각종 화재의 위험률이 높으며[2], 유동인구도 많은 편이기 때문에 화재나 재난이 발생할 경우에 큰 인명피해를 볼 수 있다. 이러한 관점에서 대학기숙사에서 화재발생 시, 기숙사의 화재안전 및 피난에 대한 연구가 수행되어 왔다.

기존에 수행된 연구를 살펴보면, Jeong *et al.* [2]은 대학기숙사의 평면 형태별 피난 안전성 평가를 실시하여, 건축물의 피난 안전성 향상을 위한 기준 마련 및 계획을 위한 기초 자료를 제시하였다. Baek *et al.* [3]은 소방서와 근접성이 불리한 대학기숙사에서 화재모의 실험을 실시하였고, 화재발생 시 생기는 문제들에 초기에 대응하기 위하여 학생의용소방대도입을 제안하였다. Lee *et al.* [4]는 대학기숙사에 설치된 화재경보장치의 경보음 전달 실태를 조사하였고, 효과적인 경보음 전달을 위해 경보장치 음향적 조건을 검토하였다. 또한 Cho *et al.* [5]국가 간 기숙사에 관한 피난안전 규정을 정리 및 비교·분석한 결과를 토대로 피난시뮬레이션 프로그램을 활용하여 피난 성능 평가를 하여 이를 통해 우리나라의 피난 안전 규정에 맞는 기준을 제시하였다.

하지만 대학기숙사에서 화재발생 시 기숙사 내부에 설치된 화재감지기와 소방시설의 작동시간을 확인하여, 화재위험성을 예측하고 이에 따른 문제점을 해결하기 위해 개선방안을 제안한 연구는 찾아볼 수 없었다.

더욱이 최근 기숙사에는 학생들의 보안 및 안전성의 문제로 정맥인식시스템과 같이 생체인식시스템을 도입하여 특정인에게만 출입을 허용하는 특징을 가진다. 그리고 운영특성에 따라 남학생과 여학생 구역이 공존하는 경우 출입통제시스템을 사이에 두고 구역 간 출입을 제한하는 경우도 있다. 이 경우 화재와 같은 재난 발생으로 피난을 해야 하는 상황에서 출입통제시스템을 개폐할 수 없게 되면 다른 구역으로의 신속한 이동(피난)이 불가능해지기 때문에 대형 인명피해로 발전할 가능성이 있다.

따라서 본 연구는 국내 대학기숙사 중 하나를 대상으로 화재시뮬레이션을 수행하고 이를 통해 화재발생 시의 위험성을 예측하고 이에 따른 문제점을 분석하여 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 대학기숙사에서 화재발생 시, 화재위험성 예측과 개선방안에 관한 연구로 연구범위와 방법을 요약하면 아래와 같이 3가지로 나눌 수 있다.

첫째, 대학기숙사의 화재안전감지기술 관련 법적기준과 화재위험성 평가기준을 조사하였다.

둘째, 국내 K대학의 신축 승선생활관을 대상으로 필드모델 화재시뮬레이션 프로그램인 FDS를 활용하였다. 화재발생 시 주요한 사상원인이 화상과 연기, 유독가스 흡입이라는 사실[6]에 근거하여, 연기로 인해 시야확보에 영향을 주는 온도, 가시거리, 일산화탄소 농도 값을 산출하고 화재 위험성을 분석하였다.

셋째, 대학기숙사에서 화재발생 시, 화재안전성이 확보되지 않는 경우, 화재안전성능 향상을 목적으로 제연설비 설치를 제안하고 도입효과를 예측하였다.

2. 기숙사의 화재안전감지기술

2.1 기숙사의 화재감지기술 관련법규

기숙사에 적용되는 화재감지기술 관련법규는 국내 화재안전기준 중 『자동화재탐지설비의 화재안전기준』 [7]과 『스프링클러설비의 화재안전기준』 [8]에서 찾아볼 수 있다.

여기서 자동화재탐지설비란 감지기, 중계기, 수신기 등으로 구성된 설비를 말하며, 감지기는 화재발생 시 열, 연기 또는 불꽃을 감지하고 중계기를 거쳐 수신기에 신호를 전달하여 화재발생장소를 알리고, 소화설비에 작동 신호를 보내어 피난 및 소화 활동을 유도하는 것을 말한다.

자동화재탐지설비기준에는 자동화재탐지설비를 설치하여야 하는 특정 소방대상물들 중에 기숙사를 포함하고 있으며, 감지기 설치하는 부착 높이에 따라 설치하도록 규정하고 있다. 설치 높이가 4m 미만인 경우에는 Table 1에 제시된 감지기를 사용하도록 하고 있으며 연기감지기는 계단·경사로, 복도(30m 미만의 것 제외), 엘리베이터 권상기실, 파이프 피트 및 덕트 기타 이와 유사한 장소, 천장 또는 반자의 높이가 15m 이상 20m 미만의 장소로 규정하고 있다. 이러한 기준에서 볼 때 기숙사의 화재감지기 설치 기준은 기숙사의 시설(거주, 교육 및 편의 시설)내의 가연물의 수량, 종류, 화재위험성 등 환경적 측면들을 반영하지 않은 채 화재감지기기준이 설정된 것을 확인해 볼 수 있다.

또한 스프링클러설비는 소방대상물의 화재를 자동으로 감지하여 소화 작업을 실시하는 자동식 물소화설비의 일종으로 화재가 발생하여 온도가 상승하면 화재감지장치가 작동하여 배관내의 가압수가 스프링클러헤드로 방사되어 소화 작업을 하는 설비이다. 스프링클러는 크게 폐쇄형스프링클러헤드와 개방형스프링클러헤드로 구분한다.

스프링클러 설치기준에서는 기숙사를 스프링클러 설치 대상으로 지정하고 있으며, 설치 소방 대상물별로 기준헤드를 다르게 정해두고 설치를 하도록 한다. 폐쇄형스프링

클러헤드를 사용하는 경우, 기숙사가 지하층을 제외한 층수가 10층 이하이고, 헤드의 부착높이가 8m 미만인 소방대상물이기 때문에 기준개수를 10개로 지정하고 있다. 그리고 모든 헤드에서 80L/min으로 방수된다는 가정하에 위의 기준이 적용된다. 개방형스프링클러헤드를 설치하는 경우, 사용하는 스프링클러의 수원은 최대 방수구역에 설치된 스프링클러헤드의 개수가 30개 이하일 경우에는 설치헤드수에 1.6m³를 곱한 양 이상이 되도록 규정하고 있다.

Table 1: Installation Standards for Fire Detector

Attachment height	Types of fire detector
Less than 4m	Differential active fire detector
	Spot type of combined heat detector
	Constant temperature type fire detector
	Ionization or optical smoke detector
	Combinational fire detector of heat
	Combinational fire detector of smoke
	Combinational fire detector of heat and smoke
	Flame detector

2.2 화재위험성 평가 기준

기숙사내 발화를 통해 생성되는 요소 중 인체에 해를 끼칠 수 있는 가장 위험한 요소로는 온도, 가시거리, 일산화탄소 농도 3가지가 있다. 온도는 대류와 복사에 의해 상승하며 재실자의 호흡을 방해하고 피부에 화상을 발생시킨다. 또한 화재발생으로 인해 생성된 연기는 피난 시의 시야 확보에 영향을 미쳐 재실자에게 심리적으로 위험을 느끼게 하고 일산화탄소 농도는 가스 질식과 같이 인체에 치명적인 영향을 준다. 이에 소방방재청에서는 **Table 2**에 제시된 인명안전 기준에 따라 화재위험성을 평가하고 있다[9]. 그리고 **Table 3**은 연기의 농도와 가시거리가 피난에 미치는 영향을 그리고 **Table 4**는 일산화탄소 농도에 따른 인간의 반응을 요약한 것이다.

Table 2: Criteria for human safety

	Criteria
Limits of Breath	1.8m above floor
Temperature	60℃
Visibility	5m
CO	1,400ppm

Table 3: Situation according to the optical density and the visibility

Optical density	Visibility [m]	Situation
0.1	20 - 30	Smoke detector works
0.3	5	Difficulty of evacuation
0.5	3	Feeling of darkness
1.0	1 - 2	Hardness of seeing
10	0.2 - 0.5	Guide light is not visible

Table 4: Human symptoms according to the carbon monoxide concentration

Carbon monoxide concentration [ppm]	Time [min]	Effect
200	120-180	Light headache
800	45	
3,200	10-15	Dizziness
6,900	30	
12,800	1-2	Death

3. 화재시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 대상건물 개요

이 연구의 시뮬레이션 대상건물은 2016년 3월에 준공한 K대학교 신축 승선생활관이다. 승선생활관의 경우 일반적인 대학기숙사의 특징뿐 아니라 해상의 특수한 생활 여건과 환경에서 선박의 안전 및 효율적인 관리에 필요한 인성을 기르기 위하여 인원점검, 집합훈련과 같이 다수의 학생들이 동시에 행동하는 특징을 가진다. 또한 운영특성상 남학생과 여학생 사생실이 한 층에 배치되어 있지만 사생활을 보호하기 위해 남학생구역과 여학생구역을 출입통제시스템을 사이에 두고 나누고 있으며 평소엔 열리지 않고, 비상시에만 개폐가 가능하도록 설계되어 있다. 평소에는 열리지 않는 특징 때문에 성별이 다른 학생들은 다른 구역의 구조를 파악하기 힘들며, 관리 권한자에게만 출입이 허용하도록 되어 있다. 이러한 특징으로 인해 화재와 같은 재난 발생 시, 일반 학생이 출입통제시스템을 열고 피난을 하는 것은 쉽지 않을 것으로 예상된다.¹⁾ **Figure 1**과 **Table 5**에 신축 승선생활관의 조감도 및 전반적인 개요이다.



Figure 1: Aerial view of the college dormitory

Table 5: Overview of the college dormitory¹⁾

Classification	Contents
Construction end	December 2015 (Planned)
Building scale	BF1/ F5
Gross floor area	27,060.01 m ²
Capacity (Room)	1,500 Person (Single room:20, Double room: 732, Disabled room: 8)

¹⁾한국해양대학교 승선생활관 설계보고서, January 23, 2013

3.2 화재시뮬레이션 개요

3.2.1 화재시뮬레이션을 위한 지배방정식

승선생활관의 화재위험성을 분석하기 위한 해석 툴은 미국 NIST(National Institute of Standard and Technology)에서 개발한 소프트웨어인 FDS Ver 6.0.1를 이용하였고(NIST, 2014), 모델링은 Pysosim 2014을 활용하였다. FDS에서는 화재발생으로 인한 연기와 열을 해석하기 위하여 난류모델, 연소모델, 복사모델, 가시도 모델을 사용한다. 난류모델에서는 화재해석을 위한 기본방정식으로 연속방정식(1), 운동량 방정식(2), 에너지 방정식(3), 이상기체 상태방정식(4)을 적용하며, 다음과 같이 표현된다[10][11].

1) Continuity equation

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u) = m_b''' \quad (1)$$

2) Momentum equation

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u) + \nabla \cdot \rho u u + \nabla p = \rho g + f_b + \nabla \cdot \tau_{ij} \quad (2)$$

3) Energy equation

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h_s) + \nabla \cdot \rho h_s u = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \dot{q}_b''' - \nabla \cdot \dot{q}'' + \epsilon \quad (3)$$

4) Ideal gas equation

$$p = \frac{\rho R T}{W} \quad (4)$$

3.2.2 화재시뮬레이션의 시나리오 및 입력조건

화재시뮬레이션은 신축 중인 승선생활관 도면에 기초하여 입력값을 설정하였다. Figure 2에 화재시뮬레이션 해석공간 및 설치된 소방설비를 나타내었다. 승선생활관 각 학생실에는 1개의 열감지기와 3개의 스프링클러가 설치되어있고, 각 층에는 이들을 포함하여 188개의 열감지기와 947개의 스프링클러, 그리고 24개의 연기감지기가 설치되어있다.

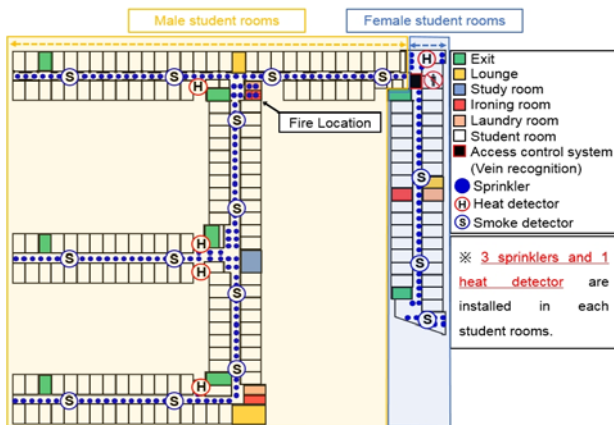


Figure 2: Floor plan of the college dormitory

Table 6: The condition of fire simulation

Classification		Contents
Floor plan size		119m × 106m × 2.3m
Fire Condition	Fire place	Ironing room
	Type of fire	Electrical fire
	Heat release rate	3,810.6 kW
	Reactions	Polyurethane
	Time slot	Midnight
Time		0~500 sec

그리고 Table 6에 화재시뮬레이션을 위한 화재발생조건을 나타내었으며, 화재시뮬레이션의 시나리오 및 상세 입력조건은 아래와 같이 요약하였다.

첫째, 입구인 1층을 제외하고 승선생활관 2~5층은 구조와 위치가 똑같기 때문에 화재시뮬레이션의 해석공간을 4층으로 하고 시뮬레이션을 실시하였다.

둘째, 화재발생 시간대는 야간시간대로 화재가 발생한 곳을 제외하고 모든 학생실, 공용실 그리고 피난계단으로 통하는 문은 모두 닫혀 있으며, 출입통제시스템은 화재발생 후 감지기와 연동되어 특정인의 정맥인식 없이도 문을 밀면 열 수 있도록 설계되어 있지만, 오랜 기간 사용하지 않아 문이 작동하지 않는 최악의 상황으로 설정하였다.

셋째, 화재발생 위치는 Figure2에 표시한 다림질실로 선정하였다. 이는 다림질실의 위치가 피난계단을 마주하고 있으며, 3방향 복도의 교차점에 있어 화재발생 시, 마주하고 있는 피난계단 하나를 사용할 수 없을 뿐만 아니라 복도에도 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 또한 다림질실에서는 전기화재로 인해 나무로 구성된 다리미대와 위의 커버가 불에 타는 것으로 시나리오를 구성하였다.

3.3 화재시뮬레이션 결과

앞에서 구성한 시나리오를 토대로 화재시뮬레이션을 실시하여 승선생활관의 화재발생 시, 화재감지기와 스프링클러 작동시간을 파악하였으며, 화재위험성을 예측하기 위하여 온도, 가시거리, 일산화탄소 농도 결과 값을 도출하였다.

3.3.1 화재감지기와 스프링클러 작동시간

Figure 3에 승선생활관 복도에 설치되어 있는 연기 및 열감지기와 그리고 다림질실 및 다림질실 앞 복도의 스프링클러를 표기하였다.

다림질실에서 화재발생 시, Figure 4에 나타난 것과 같이 복도의 설치된 18개의 연기 및 열감지기 중 ㉑번 연기감지기가 발화 후 65초 뒤 최초로 작동하였으며, 연기감지기 작동 13초 뒤인 78초에 ㉒번 스프링클러가 그리고 35초 뒤인 100초에 ㉓번 열감지기와 작동하였다.

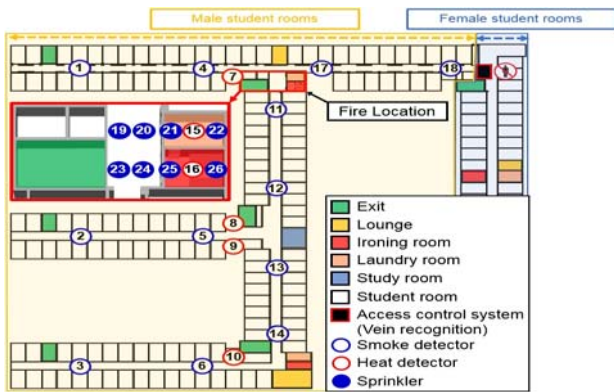


Figure 3: Locations of fire detectors and sprinkler on 4th floor at college dormitory

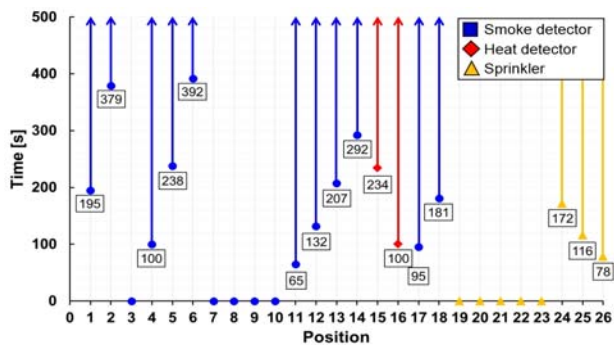


Figure 4: Activation time of fire detectors and sprinkler

3.3.2 온도 및 일산화탄소 농도

복도 방향으로 개방된 다림질실에서 화재발생 시, 가장 위험할 것으로 예측되는 복도에 Figure 5에서 보는 것과 10개의 가상측정점을 두고 온도와 일산화탄소 농도를 예측하였다. Figure 6과 Figure 7에서 볼 수 있듯이 화재발생 후, 온도의 경우 241초에 허용기준인 60℃에 도달하였으며, 일산화탄소 농도는 248초에 허용기준인 1,400ppm에 도달하였다. 온도 및 일산화탄소 농도 결과만 볼 때는 화재가 발생하고 4분 이내에 피난을 완료해야 인명피해가 발생하지 않을 것으로 해석된다.

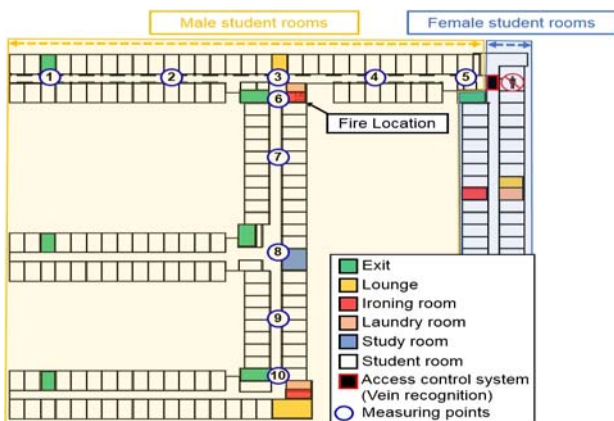


Figure 5: Measuring points of cadet dormitory

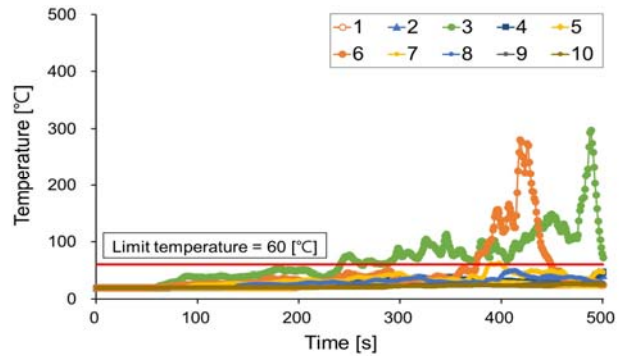


Figure 6: Temperature at the each points

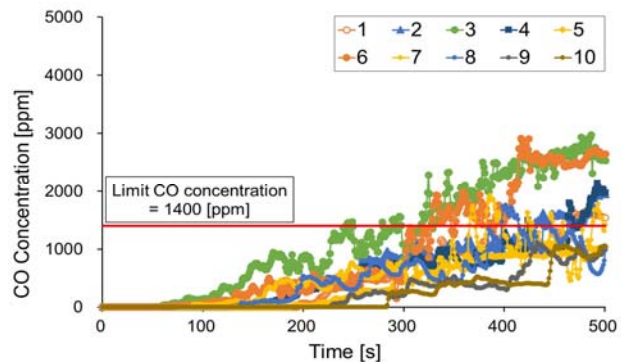


Figure 7: CO concentration at the each points

3.3.3 가시거리

Figure 5에 나타난 각 측정지점에서 허용가시거리기준인 5m에 도달하는 시간을 Figure 8에 나타내었다. 다림질실과 가까운 위치 특성상 Figure 5의 ③번 위치에서 화재가 발생하고 66초 뒤, 제일 먼저 허용가시거리기준에 도달하는 것을 확인해 볼 수 있었다. 이는 ③번 위치 부근에 있는 학생들은 화재가 발생하고 적어도 1분 이내에 피난을 개시해야 시야 확보에 전혀 영향을 받지 않는다는 의미이다. 66초는 연기감지기가 작동하고 불과 1초 뒤이기 때문에, 야간에 화재가 발생하여 피난개시시간이 조금이라도 지연된다면 ③번 위치 부근의 학생들은 가시거리 미확보로 인한 위험이 클 것으로 예상되었다.

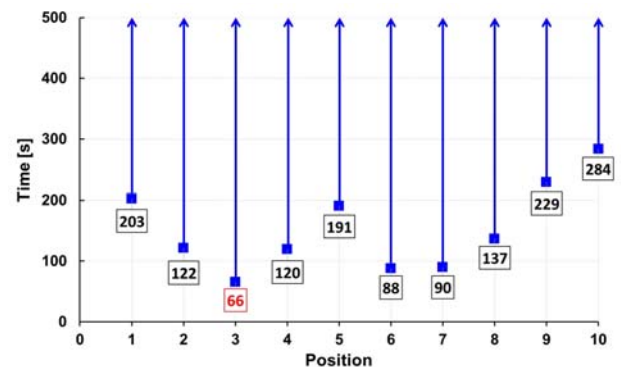


Figure 8: Time to reach the limit visibility value

Figure 9는 허용가시도 값에 도달하는 시간을 기준으로 하여 구간 A-B (Figure 5의 ①-⑤ 방향)의 연기가 확산 되는 모습을 입면으로 나타낸 것이다. 앞에서 언급하였듯이, 3방향의 복도가 교차하는 위치 특성상 T위치 주변에 거주하는 학생들은 감지기가 작동하고 지연시간 없이 피난을 개시해야 한다. 그리고 출입통제시스템이 설치된 문을 사용할 수 없다면, 출입통제시스템과 가까이 있는 B지역의 학생들은 다른 피난 계단을 사용 하기 위하여 복도 반대편인 A지역 까지 가야 하기 때문에 K위치의 학생이 피난에 있어 가장 취약할 것으로 예측된다.

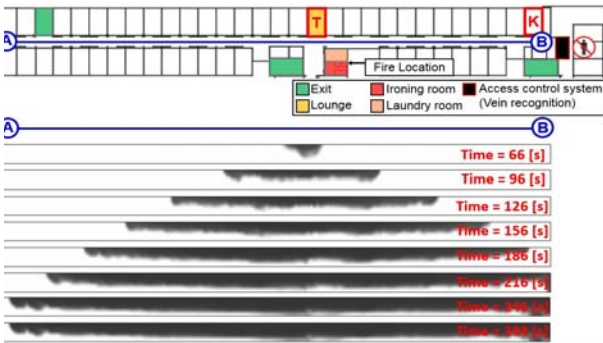


Figure 9: Visualization of the smoke layer (A-B Section)

Figure 10은 화재가 발생하고, 출입통제시스템이 설치된 문을 사용할 수 없을시, 가장 위험할 것으로 예상되는 K위치에 있는 학생의 관점에서 피난 환경을 나타낸 것이다. L.Bryan[12]의 연구에 따르면 일반적으로 교육이 잘 되어있는 사람의 피난개시 지연시간이 최대 2분 이내라고 언급하고 있으며, 이 점을 고려했을 때 K위치에 있는 학생은 연기감지기가 65초에 작동하고, 피난개시 지연시간을 2분으로 본다면, 185초에 피난을 개시할 수 있게 되는데, 이때는 이미 복도에 가득찬 연기로 인하여 가시거리를 확보할 수 없어 피난하는데 상당한 어려움이 있을 것으로 예상된다.

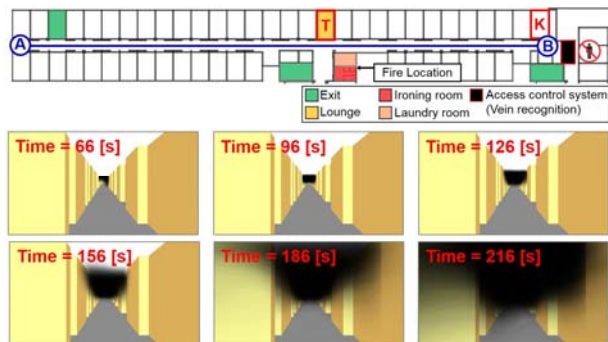


Figure 10: The viewpoint of the evacuation environment at B position (From B to A)

Figure 11은 허용가시도 값에 도달하는 시간을 기준으로 하여 화재가 발생한 다름질실에서 수직구간인 C-D구간(Figure 5의 ③-⑩ 방향)의 연기가 확산 되는 모습을 단면으로 나타낸 것이다. 구간 A-B에 비하여 연기확산이 느

리게 진행되지만, C-D구간의 학생들 또한 피난개시 시간이 지연된다면, 복도에 가득 찬 연기로 인해 피난이 어려울 것으로 예상된다.

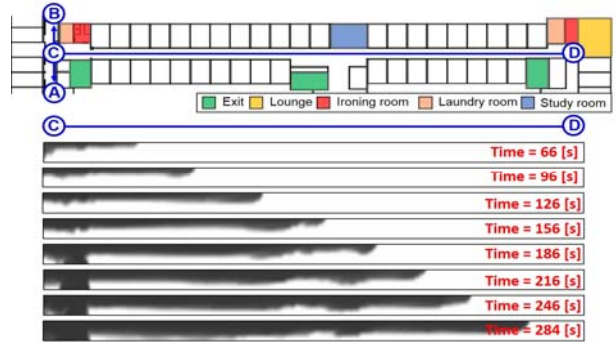


Figure 11: Visualization of the smoke layer (C-D Section)

4. 제연설비에 의한 화재안전성능 개선효과

전술한 바와 같이 이 기숙사에서 화재발생 시 재실자의 피난활동에 가장 위험할 것으로 예상되는 요소는 가시거리로 분석되었다. 가시거리 결과값을 근거로 할 때, 출입통제시스템이 설치된 문을 사용할 수 없을 경우에는 Figure 10의 K에 위치한 학생들이, 사용할 수 있을 경우에는 T에 위치한 학생들이 피난을 하는 데 있어서 가장 위험할 것으로 예측된다. 그렇기 때문에 화재발생 시, 가장 위험한 인자인 가시거리 확보하기 위한 방안으로 Figure 12에서 보는 것과 같이 제연설비 설치를 제안하고 그 도입 효과를 예측하였다.

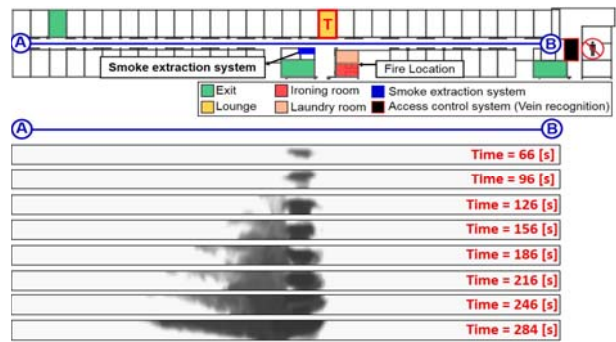


Figure 12: Visualization of the smoke layer after smoke extraction system installed (A-B Section)

제연설비의 시뮬레이션 조건은 제연설비의 화재안전기준을 적용하여 연기 배출량은 5,000m³/hr, 공기유입구 크기는 3.5m²로 설정하였다[13]. 제연설비 성능예측 결과인 Figure 12, Figure 13과 Figure 9, Figure 11을 비교해보면 제연설비 도입에 의해 연기확산이 개선되는 것을 분명히 확인할 수 있다. 그러나 Figure 12에서 볼 수 있듯이, 여전히 T지역에 위치한 학생들은 연기확산으로 위험하기 때문에 T지역에 위치한 학생들을 위한 추가적인 개선방안이 필요하다.

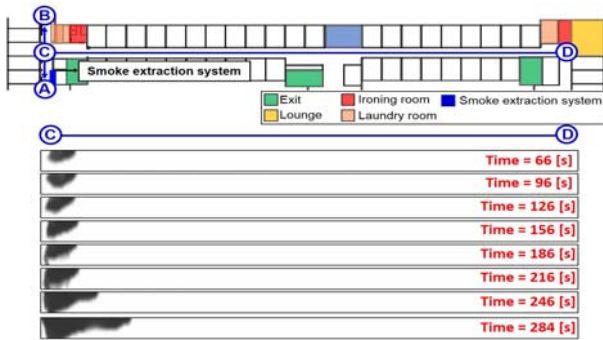


Figure 13: Visualization of the smoke layer after smoke extraction system installed (C-D Section)

5. 결 론

이 연구는 대학기숙사에서 화재발생 시, 화재위험성을 예측하고 위험요소를 파악하여 그에 따른 개선방안을 제안하는 것을 목적으로 수행되었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 승선생활관 다림질실에서 화재발생 시, 승선생활관 복도에 설치된 연기 감지기가 화재발생 후, 65초 뒤 최초로 작동하였으며, 연기감지기 작동 13초 뒤인 78초 그리고 35초 뒤인 100초에 열감지기와 스프링클러가 각각 작동하였다. 온도와 일산화탄소 농도의 경우 허용 기준에 각각 241초, 248초에 도달하였지만, 가시거리의 경우 발화 후 66초 뒤 허용가시거리 기준에 도달하였다.

둘째, 온도, 일산화탄소농도 그리고 가시거리 결과를 종합하면 발화 후 66초 뒤에 가시거리 값이 허용가시거리 기준 값에 도달하기 때문에 화재 인근지역에 거주하고 있는 학생들은 66초 이내에 피난을 시작해야 시야확보에 영향을 받지 않기 때문에, 인명피해가 발생하지 않을 것으로 예측되었다. 특히 출입통제시스템이 설치된 문을 사용할 수 없을 경우에는, 출입통제시스템 근처에 있는 학생들은 피난을 위해 복도 반대편까지 이동해야 하기 때문에 화재발생 시 피난을 하는 데 있어 가장 취약하다고 판단되었다.

셋째, 화재발생 시, 가장 위험한 요소인 가시거리 확보를 위한 방안으로 제연설비 설치를 제안하였으며, 제연설비 설치로 인해 승선생활관 복도의 연기확산이 설치 전보다 개선되어 가시거리가 증가하고 피난가능시간이 연장되는 것을 확인하였다.

넷째, 제연설비 설치 시 연기 확산이 개선되는 것을 확인할 수 있었지만, 3방향 복도가 교차하는 지점인 T지역 근처의 학생들은 여전히 위험하므로 T지역에 위치한 학생들을 위한 추가적인 방안이 필요하다. 추가적인 방안으로는 제연설비 이외에 T지역 근처에 위치한 학생실에 외기와 접해 있는 간이 완강기와 같은 피난 기구를 설치해야 한다.

다섯째, 출입통제시스템을 사용할 수 없는 경우와 같이 예상치 못한 최악의 상황, 시간 그리고 장소에서의 화재 상황에서 피난 대응전략 수립과 대응능력 향상을 위한 다양한 훈련프로그램의 개발과 교육이 필요하다고 판단된다.

References

- [1] Ministry of Public Safety and Security, 2014 Fire Statistical Yearbook, 2014 (in Korean).
- [2] H. J. Jeong, G. S. Jeong, and Y. C. Ahn, "Study on the escape safety of university dormitory with the consideration of plan types," Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, vol. 10, no. 6, pp. 1-7, 2010 (in Korean).
- [3] D. S. Baek and S. C. Lee, "A study on introduction of student volunteer fire department in dormitory far from fire station," Fire Science and Engineering, vol. 29, no 3, pp. 65-69, 2015 (in Korean).
- [4] M. J. Lee and M. J. Kim, "A study on the measurement and an improved design for audibility of fire alarm sound in a university dormitory," Journal The Korean Society of Living Environmental System, vol. 20, no 3, pp. 280-289, 2013 (in Korean).
- [5] S. W. Cho, Y. H. Lee, C. H. Choi, and S. G. Oh, "A study on comparison to international building egress safety rule in high rised dormitory," Journal of the Architectural Institute of Korea, vol. 25, no. 2, pp. 67-76, 2009 (in Korean).
- [6] National Fire Data System, <http://125.60.28.52:5989/nfds2/rdPage.aspx>, Accessed July 24, 2015.
- [7] National Emergency Management Agency, The Standards on Automatic Fire Detection System (NFSC 203), 2012 (in Korean).
- [8] National Emergency Management Agency, The Standards on Sprinkler System (NFSC 103), 2012 (in Korean).
- [9] National Emergency Management Agency, The Standard and Method of Performance Based Design for Fire Fighting Equipment, 2015 (in Korean).
- [10] K. McGrattan (Ed.), Fire Dynamics Simulator FDS User's Guide, 6th ed., National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [11] K. McGrattan (Ed.), Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide, 6th ed., National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [12] L. Bryan, "Behavioral Response to Fire and Smoke," The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, J. DiNenno(Eds), National Fire Protection Association, 2008
- [13] National Emergency Management Agency, The Fire Safety Standards on Smoke Extraction System (NFSC 501), 2012 (in Korean)