한국과 일본의 용도별 건축물 화재하중에 관한 비교 연구

A Comparative Study on the Fire load of Structures by Usage in Korea and Japan

이병훈* · 진승현** · 권영진***

Lee, Byeong-Heun*, Jin, Seung-Hyun**, and Kwon, Young-Jin***

Abstract

In this Study, to secure data for the fire safety design of buildings, we calculated the fire load of domestic buildings through combustible investigation and based on existing studies. In addition, we classified the use of rooms according to the purpose of building. In addition, we reclassified the survey data and compared it with data from Japan. The comparison showed that the living room fire load was 417.14 (MJ/m²), the bedroom fire loads of buildings except housing were 1,005.9 (MJ/m²), and the fire loads of office facilities and similar facilities were 1,354.8 (MJ/m²). These values are 1.8 to 4.3 times higher than the Japanese standard.

Key words : Fire Safety, Fire Load, Combustible Survey

요 지

본 연구에서는 건축물의 화재안전설계를 위한 기초적 자료 확보를 목적으로 가연물 조사 및 기존 문헌조사를 통해 국내 건축물의 화재하중을 계산하였으며, 건축물의 사용목적에 따라 실의 용도를 구분하는 일본과 비교하고자 건축물의 사용목적에 따라 조사된 데이터를 재분류하고 비교하였다. 비교결과 거실 417.14 (MJ/m²), 주택이 아닌 건축물의 침실 1,055.9 (MJ/m²), 업무시설 및 유사한 시설 1,354.8 (MJ/m²)을 일본의 기준과 비교했을 때 약 1.8~4.3배 높은 것으로 조사되었다.

핵심용어 : 화재안전설계, 화재하중, 가연물 조사

1. 서 론

국내의 경우 도시인구의 밀집화로 인해 건축물의 형태는 고층화·대형화·복합화가 진행되고 있다.

이러한 건축물은 다양한 용도로 사용되며 화재가 발생하면 일반 건축물보다 대형 인재가 발생할 확률이 높기 때문에 국가적인 대책을 마련하고 있다. 국내의 경우 2011년 소방시설공사업법 11조에 의거하여 특정소방대상물의 성능위주설계에 대한 규정이 신설되었으며 대상 건축물의 설계단계에서 화재안전성능을 확보할 수 있는지에 대해 심의를 진행한다. 이러한 화재안전성능의 확보여부를 검토하기위해서

는 실내공간에서의 초기화원, 화재하중, 환기인자, 소방시설의 설치 및 작동유무, 수용인원 등을 고려한 다양한 시나리오를 바탕으로 화재안전성능을 검증해야하며, 화재성상의 기초가 되는 가연물 및 화재하중에 대한 정보가 필수적이다.

하지만, 국내에서 자체적으로 발간하는 국내 성능위주설계 가이드라인을 살펴보면 화재안전설계의 기초가 되는 가연물 연소특성 및 화재하중에 대하여 NFPA, SFPE에서 제시되는 방법 및 정량적 수치를 이용하고 있다. 다만, 가연물 및 화재하중 등을 활용하는 것에 있어 국가별 차이가 크다 (Nam and Hwang, 2017). 미국·유럽권의 국가와 한국의

*정회원, 호서대학교 소방방재학과 박사과정(E-mail: lll8930z@naver.com)

Member, A doctor course, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

**정회원, 호서대학교 소방방재학과 박사과정

Member, A doctor course, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

***교신저자, 정회원, 호서대학교 소방방재학과 교수(Tel: +82-41-540-5497, Fax: +82-41-540-5738, E-mail: jungangman@naver.com)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire&Disaster prevention of Hoseo University

생활환경 및 지리적 요건은 차이가 크기 때문에 국내 실정에 맞는 화재하중의 표준화가 필요하다.

또한, 성능위주설계에서는 공간특성 및 화재위험특성을 구분하여 설계가 이뤄져야하지만 건축법과 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률의 이원화로 인해 기존 용도분류체계 간 시설기준이 충돌하는 문제점이 있다. 따라서, 이에 대한 용도분류체계를 일원화시키거나 이를 보완할 수 있는 방안에 대해 조사할 필요가 있다.

국내 건축법은 일본의 법령체계를 일부 차용하였기 때문에 체계 및 내용이 유사한 부분이 많으며, 건축물의 사용목적과 더불어 면적을 기준으로 용도구분이 이뤄지는 경우가 많으나 일본의 경우에는 각 개별법에서 규정한 기준에 따라 용도가 구분되며, 국가에서 공인한 용도별 적재가연물 밀도(이하, 화재하중)에 대한 표준이 마련되어 있다.

이에 본 연구에서는 성능위주 화재안전설계를 위한 기초적 자료를 확보하기 위해 가연물 조사 및 국내 화재하중에 대한 기존 문헌을 정리하였다. 이를 국내와 생활양식이 유사한 일본의 용도별 건축물 화재하중 기준에 적용하여 비교하고자 한다.

2. 일본의 용도별 건축물 화재하중 조사

국내의 경우에는 건축법상의 사용용도와 규모를 기준으로 용도분류가 이뤄지고 있으며, 동일한 용도의 건축물이라고 하더라도 면적에 따라 다른 기준이 적용된다. 일례로 500 m² 이하의 의원, 치과의원 등은 의료시설이 아닌 제1종 근린생활시설로 분류되며, 소매점, 음식점, 업무시설의 경우에도 사용목적이 아닌 바닥면적을 기준으로 용도가 구분된다. 같은 용도로 사용됨에도 바닥면적에 따라 용도가 달라지는 것은 현재의 분류방법이 화재위험도를 제대로 평가할 수 없다는 것을 의미한다(Lee, 2012).

일본의 경우 지리적 여건이나 여러 가지 제반조건이 유사한 점이 있으며, 국내 건축법이 일본의 법령형식을 많이 차용했기 때문에 우선적으로 일본의 용도별 건축물 화재하중에 대해 조사하고자 한다.

일본의 경우 2000년 5월 국토교통성고시 제1442호에 따라 「전관 대피 안전 검증 법에 관한 산출방법 등을 정하는 건」에 따라 건축물의 사용용도를 22가지 항목으로 구분하여 Table 1과 같이 적재 화재하중을 표준화하고 있다.

Table 1. Standard Fire Load by Building Use in Japan

Division			Fire Load (MJ/m ²)
The Living Room of a House			720
A Bedroom in a Building Other Than a House			240
An Office, or Something Like That			560
A Conference Room, or Something Like That			160
Classroom			400
Arena in the Gym, or Something Like That			80
An Exhibition Room in a Museum or Art Gallery, or Something Like That			240
A Department Store or a Store Running a Commodity Sales Business or Similar	A Sales Floor for Furniture or Books and Other Similar Items		960
	Other Parts		480
Restaurants and Other Restaurants	A Simple Dining Room		240
	Other Restaurants		480
Theater, Movie Theater, Entertainment Hall, Viewing Hall, Public Hall, Meeting Room, and Other Rooms for Similar Purposes	Seating Area	Fixed Seats	400
		In Order Cases	480
	Stage Part		240
An Auto Garage or Auto Repair Plant	Compartment and Other Similar Parts		240
	Roadways and Other Similar Parts		32
Corridors, Stairs, and Other Passages			32
Entrance Halls, Lobbies, and Other Similar	Buildings Used In Theaters, Movie Theaters, Entertainment Halls, Auditoriums, Public Halls or Meeting Halls or for Other Similar Purposes, or For Department Stores or Stores Operating Goods Sales Businesses or Other Similar Purposes		160
	Other Parts		80
Mechanical Compartment of Elevators and Other Equipment			160
Rooftop Plaza or Balcony			80
A Room Used for Storing Warehouses and Other Articles			2,000

국내와 다른 점을 살펴보면 건축물의 용도를 주거시설, 업무시설 등으로 구분하는 것이 아니라 사용하는 목적에 따라 구분한다는 점이다. 국내 건축물이 복합적인 용도로 사용되는 것을 고려했을 때 건축물의 부위별로 화재하중을 산정한다면 좀 더 정확하게 화재위험도를 평가하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

3. 화재하중에 관한 국내 기존문헌조사 및 가연물 조사

3.1 가연물 조사

가연물 조사는 일반적으로 고정, 적재, 수납을 구분하여 진행해야하나 기존 문헌조사와 같이 적재 화재하중을 도출하기 위해 적재 및 수납 가연물만을 대상으로 한다. 측정대상은 서울특별시, 천안시에 위치한 업무시설 10개소, 요양시설 9개소를 대상으로 Fig. 1과 같이 가연물 조사를 진행했다. 요양시설은 국내의 고령화사회 진입으로 인해 최근 급증하고 있는 건축물 용도이며, 재실자 대부분이 거동이 어렵다는 점을 들어 조사를 진행했다. 현장에서 측정이 가능한 항목에 대해서는 체중계와 줄자 등을 이용해서 중량과 치수를 측정했고 Fig. 2와 같이 지나치게 크거나 무거워 측정이 어려운 경우에는 해당 물품의 제품명을 카탈로그 또는 검색을 통해 기입했다(Lee et al., 2020).

Fig. 1. Flowchart of Combustible Survey

Fig. 2. Combustible Survey

불연성 재질의 가연물에 대해서는 치수만 측정하고 화재 하중에는 반영하지 않았다. 캐비닛처럼 내부에 적재된 수납 가연물의 경우에는 하나를 대상으로 관리자 입회하에 중량을 측정하고 평균값을 냈다.

3.2 가연물 조사 결과 및 화재하중 계산

성장기 화재성상을 예측하는데 있어서는 가연물의 재질 및 연소특성 역시 중요한 인자이다. 하지만, 기술의 발전에 따라 다양한 종류의 소재가 개발되었으며 사용되고 있기에 이를 파악하기에는 한계가 있다.

따라서, 이를 간략하게 계산하기 위해 가연물의 소재는 목재 계열의 연소열 18.9 (MJ/kg)과 합성고분자계열 37.8 (MJ/kg)의 연소열을 이용하여 Eq. (1)과 같이 계산한다.

$$w = \frac{\left(\sum_i W_W \cdot H_W + \sum_i W_P \cdot H_P \right)}{H_W \cdot A_r} \quad (1)$$

여기서, w 는 화재하중(kg/m²), W_W , W_P 는 각각 목재계열, 합성고분자계열의 중량(kgf), H_W , H_P 는 각각 목재계열, 합성고분자계열의 연소열(MJ/kg), A_r 은 바닥면적(m²)을 의미한다. 가연물 조사 결과에 따른 용도별 화재하중은 Tables 2, 3과 같다(Seo et al., 2014).

Table 2. Result of Combustible Investigation (Office Facilities)

Division		Floor Area (m ²)	Combustible Weight (kg)	Fire Load (MJ/m ²)
Office Facilities	O-1	20.30	310.7	289.27
	O-2	24.64	342.3	262.56
	O-3	15.59	597.7	724.60
	O-4	10.32	561.3	1,027.96
	O-5	15.76	523.8	628.16
	O-6	24.27	794.4	618.63
	O-7	23.45	528.8	426.20
	O-8	15.38	257.46	316.38
	O-9	23.25	556.4	452.30
	O-10	22.74	664.5	552.29

Table 3. Result of Combustible Investigation (Elderly Facilities)
Fire load (MJ/m²)

	Bed Room	Office Space	Treatment Room	Living Space	Restaur-Ant
E-1	868.49	549.96	-	445.88	-
E-2	669.01	389.62	312.01	427.81	427.81
E-3	902.19	672.75	2,105.2	1,063.8	180.82
E-4	577.61	3,784.5	512.9	2,504.0	138.61
E-5	584.7	279.51	289.65	584.7	289.65
E-6	1,029.5	797.37	-	-	345
E-7	225.72	797.37	2,990.3	435.12	188.13
E-8	230.92	501.64	203.5	188.13	57.3
E-9	636.03	906.47	1,068.95	807.02	232.47

3.3 국내 기존문헌조사 및 데이터 취합

가연물 중량은 가연물의 양을 나타내는 요인으로서, 성장기 화재에 있어서는 화재가 확대되는 정도 등에 관련이 있다. 가연물 특성은 건축물의 용도에 의존하지만 모든 건축물을 대상으로 가연물 조사를 시행하는 것은 어려운 일이다. 따라서 기존문헌조사를 통해 용도별 건축물에 대한 화재하중을 조사하였다.

Kim (1997)은 건축물의 내화설계와 건축물의 화재위험도 분류의 기초적 자료 확보를 목적으로 서울 강남에 위치한 165 m² 이하의 면적을 가진 설계 사무소 10개소를 대상으로 가연물 조사를 시행했다. 또한, 분석을 위해 모집단의 표준편차를 이용한 T-Distribution Curve를 적용해 신뢰도를 확보했다. 해당 연구에서 조사된 사무용도 공간에 대한 10개소의 데이터를 사용하였다.

Lee et al. (2003)은 성능위주 설계법에 적용이 가능한 용도별 화재하중 밀도 설정을 위해 화재하중 밀도에 대한 범위를 파악하기 위해 9개 용도의 29개 건축물을 대상으로 가연물 조사를 실시하고 그에 따른 화재하중을 산출했다.

Kim (2003)은 국내 실정에 맞는 화재하중 산정을 위해 일관된 조사방법, 계산방법을 제안하고 교육, 업무, 판매, 주거시설로 구분해 화재하중을 도출했다. 교육시설, 사무시설, 판매시설, 주거시설에 대한 데이터를 사용하였다.

Kim (2006)은 현대 도시에서 과밀화 현상을 보이는 지하 생활공간에 대한 화재하중을 산정하고 해당 공간의 마감재료 및 물품을 선정하여 Cone Calorimeter 시험을 실시했다. 지하상가의 의류매장, 신발매장 등의 판매시설에 대한 데이터를 사용하였다.

Choo et al. (2006)은 지하상업공간의 화재하중에 대한 용도별 조사를 수행한 뒤 단위면적당 연소속도를 예측했다. 이벤트홀, 로비, 의류매장 등의 판매시설과 숙박시설의 데이터를 사용하였다.

Yun (2008)은 성능위주설계의 도입에 맞춰 공동주택의 가연물 조사를 실시하였으며, 거실 및 주방 등에 대한 데이터를 사용하였다.

Seo (2014)는 건축물의 화재하중 산정을 위해 가연물 배치형태에 따라 용도의 재분류를 시도했으며 가연물의 화재성장률에 영향을 미치는 가연물 표면적을 도출했다. 영화상영관 및 다세대 주택에 대한 데이터를 사용했다.

Kim (2015)은 공동주택의 가연물 조사를 통해 화재하중을 산출했으며, 조사결과를 기반으로 마감재료 및 주요가연물에 대한 연소시험을 진행하고 화재성장률 및 열방출률을 정량화시킬 수 있는 가연물 모델화 방법을 제안했으며, 주거시설에 대한 데이터를 사용했다.

기존문헌 중 내화설계의 정립을 목적인 경우가 많아 고정가연물에 대한 데이터는 제외했으며, 조사된 결과는 Table 4와 같다. 현장 및 문헌조사결과는 사용목적에 따라 세분화했으며, 중량은 등가 목재 연소열을 이용해 환산값을 입력했다.

Table 4. Gather of Fire Load Investigation Results

Division			Fire Load (MJ/m ²)	
Classifi-Cation	Purpose	Number	Mean	Standard Deviation
Residential Facilities	Bedroom	38	439.69	146.39
	Living Room	36	210.68	103.23
	Small Room	30	382.96	164.28
	Kitchen	1	177.09	-
	Balcony	5	185.11	106.98
Educational Facilities	Classroom	34	133.46	68.65
	Staff Room	30	128.26	27.89
	Science Room	30	138	35
	Health Room	29	109.52	28.24
	Computer Room	26	99.75	23.58
	Library Room	23	454.32	257.04

Table 4. (Continued)

Division			Fire Load (MJ/m ²)	
Sales Facilities	Restaurant	4	339.38	65.2
	Cloth	22	410.54	229.37
	Shoes	2	1,482.8	1,031.28
	Lobby	2	351.07	173.03
	Leather	1	276.7	-
	Book And Document	2	3,258.9	45.9
	Living Props	2	261.1	97.43
	Event Hall	2	100.36	60.67
	Banquet Room	1	336.04	-
	Others	8	648.27	318.45
Office Facilities	Office Space	27	470.22	204.47
Culture Facilities	Theater	3	173.88	9.54
	Cinema	6	273.42	28.82
Accommodation Facilities	Bedroom	4	303.86	163.34
	Banquet Room	2	143.55	33.55
Medical Facilities	Bedroom	3	129.59	1.78
Elderly Facilities	Bedroom	9	636.03	262.33
	Office Space	9	964.36	1,051.6
	Treatment Room	7	1,068.9	1,000.29
	Living Space	8	807.07	688.38
	Restaurant	8	232.47	110.8

조사결과 다른 건축물 용도라고 하더라도 유사한 목적으로 사용되는 실이 존재하고 있으며, 사무용도의 실은 반복적으로 확인된다. 또한, 병원시설과 노인요양시설의 입원실 역시 유사한 용도로 판단되며 이와 같이 유사한 용도로 사용되는 실에 대한 취합 및 재분류를 진행할 필요가 있다.

4. 조사결과와 재분류 및 한일 비교

상기와 같이 3장에서는 기존문헌에 대한 데이터를 조사하고 이를 국내 건축물 용도분류에 따라 구분하였다. 이를 2장에서 언급한 일본의 용도별 화재하중 분류체계에 따라 재분류를 실시한다. 다만, 용도별 건축물의 화재하중을 재분류하기에 앞서 해당 수치를 계산하기 위해서는 계절의 변화에 따라 적재가연물의 중량의 증감이 이뤄지는 등의 변화를 예측하여 최악의 상황을 고려하는 화재시나리오의 목적에 따라 가중치를 부여해야한다.

따라서, 화재안전설계에 이용하기 위해서는 변동 폭을

고려하여 화재하중을 적용할 필요가 있기 때문에 정규분포를 이용하여 가중치를 부여하고자 한다. 일반적으로 정규분포의 경우 확률밀도함수의 면적을 확률로 표현한다(Kim et al., 2015).

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Eq. (2)와 같이 정규분포 $N(\mu, \sigma^2)$ 를 따르는 확률변수 X 를 표준정규분포 $N(0,1)$ 을 따르는 새로운 확률변수 Z 로 전환시켜주는 것을 표준화라고 한다. μ 는 평균, σ 는 표준편차를 의미한다.

Fig. 3. Standard Normal Distribution

Fig. 3과 같이 표준정규분포에 따르면 $\mu-\sigma < \mu < \mu+\sigma$ 경우 68.26%, $\mu-2\sigma < \mu < \mu+2\sigma$ 경우 95.45%의 확률을 가진다. 따라서, 화재하중의 값은 약 95%의 확률을 가지고 있는 평균에 2배의 표준편차를 더한 값으로 계산한다.

구획실의 용도 구분은 일본의 분류기준 22가지에 추가적으로 의료시설, 침실이나 거실이 아닌 주택의 방과 침실, 도서관·열람실 등 책을 대여하거나 독서를 위한 공간을 포함해 26가지로 구분했으며, Table 5와 같다. 조사결과 거실 417.14 (MJ/m²), 주택이 아닌 건축물의 침실 1,055.9 (MJ/m²), 업무시설 및 유사한 시설 1,354.8 (MJ/m²) 등으로 조사되었으며 15개 이상 조사된 용도를 대상으로 일본의 기준과 비교했을 때 약 1.8~4.3배 높은 것으로 조사되었다. 교실의 경우에는 약 0.6배 수준으로 나타났다. 다만, 데이터 샘플의 부족으로 인해 체육관 및 유사한 시설, 미술관, 복도·통로 등 10개 용도에 대해서는 비교하지 못했다.

5. 결론

본 연구에서는 성능위주 화재안전설계를 위한 기초적 자료를 확보하기 위해 가연물 조사 및 국내 화재하중에 대한 기존 문헌을 정리하고 이를 실의 사용목적에 따라 재분류하였다.

Table 5. Comparison of Survey Results with Japan

Division			Number	Fire Load (MJ/m ²)			Japan
				Result of Survey			
				Mean	Standard Deviation	Result	
The Living Room of a House			36	210.68	103.23	417.14	720
A Bedroom in a Building Other Than a House			16	458.03	298.95	1,055.9	240
An Office, or Something Like That			66	381.77	486.55	1,354.8	560
A Conference Room, or Something Like That			13	584.76	611.95	1,808.6	160
Classroom			90	119.31	50.77	220.84	400
Arena in the Gym, or Something Like That			-	-	-	-	80
An Exhibition Room in a Museum or Art Gallery, or Something Like That			-	-	-	-	240
A Department Store or a Store Running a Commodity Sales Business or Similar	A Sales Floor for Furniture or Books and Other Similar Items		2	3,258.9	45.90	3,350.7	960
	Other Parts		33	529.1	440.44	1,409.9	480
Restaurants and Other Restaurants	A Simple Dining Room		-	-	-	-	240
	Other Restaurants		12	261.11	108.61	478.33	480
Theater, Movie Theater, Entertainment Hall, Viewing Hall, Public Hall, Meeting Room, and Other Rooms for Similar Purposes	Seating Area	Fixed Seats	9	240.24	52.78	345.80	400
		In Order Cases	-	-	-	-	480
	Stage Part		-	-	-	-	240
An Auto Garage or Auto Repair Plant	Compartment and Other Similar Parts		-	-	-	-	240
	Roadways and Other Similar Parts		-	-	-	-	32
Corridors, Stairs, and Other Passages			-	-	-	-	32
Entrance Halls, Lobbies, and Other Similar	Buildings Used in Theaters, Movie Theaters, Entertainment Halls, Auditoriums, Public Halls or Meeting Halls or for Other Similar Purposes, or for Department Stores or Stores Operating Goods Sales Businesses or Other Similar Purposes		2	100.36	60.67	221.7	160
	Other Parts		2	351.07	173.03	697.13	80
Mechanical Compartment of Elevators and Other Equipment			-	-	-	-	160
Rooftop Plaza or Balcony			5	185.11	106.98	399.07	80
A Room Used for Storing Warehouses and Other Articles			-	-	-	-	2,000
A Place Where Medical Facilities or Medical Practices are Implemented			36	296.08	582.57	1,461.2	-
A Bedroom in a House			38	439.69	146.39	732.46	-
A Room in a House, Not in a Bedroom or Living Room			30	382.96	164.28	711.53	-
A Library, Reading Room, Etc.			23	474.08	257.04	988.16	-

- (1) 건축물의 용도별 화재하중을 산정하기 위해 가연물 조사 및 기존 문헌을 분석하고 용도로 구분한 결과 건축물 분류 상 전혀 다른 용도로 사용되는 건축물이 라고 하더라도 유사한 목적으로 사용되는 실이 존재하고 있으며, 사무용 공간을 따로 두는 경우가 많은 것으로 조사되었다.
- (2) 일본의 용도분류방법 및 사용목적에 따라 총 26가지로 구분한 결과 거실 417.14 (MJ/m²), 주택이 아닌 건축물의 침실 1,055.9 (MJ/m²), 업무시설 및 유사한 시설

1,354.8 (MJ/m²) 등으로 조사되었으며, 일본의 기준과 비교했을 때 약 1.8~4.3배 높은 것으로 조사되었다. 다만, 교실의 경우에는 약 0.6배 수준인 220.84 (MJ/m²)로 조사되었다.

다만, 10개 용도에 대해서는 데이터샘플의 부족으로 비교하지 못했다. 향후 가연물 조사 및 화재하중에 대한 데이터샘플의 확보를 통해 지속적인 보완이 이뤄져야할 것으로 생각되며, 고정가연물 역시 고려되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 소방대응력 향상을 위한 연구개발사업(NFA 002-010-01030000-2020)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Choo, Y.H., Lee, J.H., and Hong, W.H. (2006). An analysis of the fire load and ventilation factor in underground commercial space. *Journal of the Korean Housing Association*, Vol. 17, No. 2, pp. 135-142
- Kim, D.E. (2015). *A study on the combustion characteristics of combustible materials and fire propagation for the analysis of fire behavior in domestic apartment house*. Ph.D. dissertation, Hoseo University.
- Kim, D.H. (2003). *A study on the establishment of the fire load by building occupancy*. Ph.D. dissertation, Konkuk University.
- Kim, H.D., Nam, D.K., and Cho, S.W. (2015). Prediction method for fire load prediction of bedding and bags using a standard normal distribution. *Fire Science and Engineering*, Vol. 29, No. 4, pp. 7-14.
- Kim, H.J. (2006). *A study on the fire load of underground shopping center*. Master's thesis, Kyungpook National University.
- Kim, W.H. (1997). A survey of fuel loads in office buildings. *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 11, No. 1, pp. 37-45.
- Lee, B.H., Jin, S.H., Kim, D.E., and Kwon, Y.J. (2020). An experimental study on the combustion characteristics of major combustible materials in office buildings. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 20, No. 1, pp. 273-280.
- Lee, P.G., Choi, I.C., and Kim, H.S. (2003). A study on the application of the fire load energy density of building occupancy for architectural fire safety: Focused on the results of field survey to estimate internal fire load. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol. 19, No. 1, pp. 259-266.
- Lee, Y.J. (2012). *A study on the use classification system of the buildings considering the characteristics of fire risk*. Ph.D. dissertation, University of Seoul.
- Nam, D.G., and Hwang, C.H. (2017). Measurements of the heat release rate and fire growth rate of combustibles for the performance-based design: Focusing on the combustibles in residential and office spaces. *Fire Science and Engineering*, Vol. 31, No. 2, pp. 29-36.
- Seo, D.G. (2014). *The analysis on the design factor such as design fire, occupant density and sprinkler droplet for performance-based fire safety design*. Ph.D. dissertation, Hoseo University.
- Seo, D.G., Kim, D.E., Kim, J.H., Kim, D.J., and Kwon, Y.J. (2014). *A study on the prediction of fire growth rate during initial fire for performance fire safety design*. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 14, No. 2, pp. 7-14.
- Yun, K.C. (2008). *A survey study on the fire loads of apartment building*. Master's thesis, Pukyong National University.

Received	August 28, 2020
Revised	September 1, 2020
Accepted	September 8, 2020