

NFPA 101 피난 안정성 평가에 기초한 피난 규정 개선 방향 연구

강 경 호* · 정 석 환**

*서울시립대학교 재난과학과 박사과정

**세종사이버대학교 소방방재학과

A Study on the Improvement of Means of Egress Based on NFPA 101

Kyeong-Ho Kang* · Suck-Hwan Joung**

*Department of Disaster Science, University of Seoul

**Department of Fire and Disaster Prevention, SEJONG CYBER UNIVERSITY

Abstract

The object of this study is to evaluate whether the means of egress of Jechon Sports Center and Miryang Sejong Hospital, where massive fire human casualties occurred in 2017 and 2018 respectively, comply with NFPA 101(Life Safety Code), and to suggest the need for supplementation of domestic means of egress regulations. The study evaluated the number and arrangement of the means of egress, travel distance, common path of travel, dead end and discharge from exit for each building by applying the means of egress regulations of NFPA 101. As a result of the evaluation through NFPA 101, the travel distance was appropriate, but some of the other items except for the travel distance did not meet NFPA 101. The regulations that need to be supplemented are 1)occupant load calculation 2)egress capacity calculation 3)continuous concept of means of egress 4)concept of common path of travel. It is especially necessary to revise the requirement for fire door of the evacuation floor(normal 1st floor) of the stairwell in case of below the five story building.

Keywords : Means of Egress, Discharge from Exit, Common Path of Travel

1. 서론

2017년 12월 21일 발생한 제천 스포츠센터 화재(이하 “제천화재”)와 2018년 1월 26일에 발생한 밀양 세종병원 화재(이하 “밀양화재”)는 2003년 대구 지하철 화재 이후 발생된 대규모 인명 피해를 초래한 화재로 기록되고 있다.

화재 및 피난 관련 국내 건축법과 소방법은 대규모 인명 피해 후 주요 원인을 분석하여 개정되어 왔으며, 제천화재 이후도 마찬가지로의 개정 과정을 보였다. 그러나 화재 및 피난 관계 법령의 개정은 비용 증가 및 규제 강화라는 측면이 부각되어 안전 측면이 강화된 규정의 도입이 지연되고 있다.

제천화재 및 밀양화재 등 대규모 인명피해를 초래한 화

재와 관련하여 채진 외는 제천스포츠센터, 밀양 세종병원 화재 및 이천 물류창고 신축공사장 화재를 대상으로 다수 사상자 발생 재난현장에서의 대응방안 연구를 수행하였으며, [1] 최유정 외는 화재사례 분석을 통해 소방안전관리자의 화재대응 교육 훈련을 위한 시나리오 개발과 관련된 연구를 수행하였다. [2] 화재의 원인 분석과 관련하여 김홍식 외는 필로티 반자 내의 화염확산과 관련된 연구를 통해 제천화재의 발화원과 건축 구조적 특성과 관련된 화염 확산의 특성을 분석하였으며, [3] 이의평은 초기 대응 단계에서의 피난 지연 및 연기확산 등의 원인분석과 필로티 구조 등과 관련된 건물 구조적 측면과 설비적 측면에서의 원인분석을 수행하였다. [4,5]

다수의 사상자 발생 화재 후의 관련 연구들은 피난 관련

†Corresponding Author : Suck-Hwan Joung, Department of Fire and Disaster Prevention, SEJONG CYBER UNIVERSITY, 121, Gunja-ro Gwangin-gu, Seoul, E-mail: shiner@sjcu.ac.kr

Received February 8, 2023; Revision March 19, 2023; Accepted March 25, 2023

건축법의 개정을 위한 여건 조성에 일조한 것으로 보이며, 2019년 피난 관련 규정의 주요 내용이 개정·시행되고 있으나 대규모 인명 피해를 근본적으로 방지하기 위한 피난로의 규정으로는 부족한 면이 있다.

피난안정성과 관련 된 국내외의 연구 동향으로는 국외의 경우, A. K. Hesarshahab는 NFPA 101의 주요 요구 항목에 대한 체크리스트 작성 및 현장 조사 결과를 Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES) 소프트웨어 이용한 분석을 통해 화재안전의 개선을 위해 NFPA 101 규정 등 관련 법령의 적용 필요성을 제기하였으며, [6] R. M. Gershon은 911 세계무역센터의 피난 연구에서 피난 장애를 초래하는 요인을 건강 및 직업 변수 등의 개인적 요소, 기후 변수 대비를 포함한 조직적 요소 및 출구 경로, 불량 표지판 등을 구조적 요소들로 구분하여 영향을 분석하였다. [7]

국내의 경우 이양주 외는 고층 주상복합건축물의 계단 폭과 수용인원 산정기준에 따른 피난효율 비교분석에서 소방방법에 따른 수용인원 산정과 NFPA 101 기준 비교하여 수용인원 산정 기준의 개선 필요성을 제기하였으며, [8] 이광원 외는 NFPA 101 및 영국 기준과 국내기준의 피난 요소들에 대한 기준 분석을 통해 재실자 밀도 등의 규정 적용의 필요성을 제기하였다. [9]

기존의 연구들은 NFPA 101의 피난로의 구성요소에 대해 각 요소의 피난 안정성 평가 및 특정 용도를 대상으로 피난안정성의 분석하였다. 다수의 인명 피해를 예방하기 위해서는 건축물 임의의 지점에서 외부의 안전한 장소까지의 모든 피난경로 구성 요소의 안전성이 확보되어야 한다. 2019년 이후의 피난 관련 규정의 개정에도 불구하고 많은 화재·피난 전문가들은 보다 완성도 높은 관련 규정의 개정 필요성을 요구하고 있다.

이에 본 연구에서는 신축 또는 기존 사용 건축물의 사례 분석과 다르게 다수의 인명피해가 발생된 제천화재와 밀양화재의 건축물을 대상으로 NFPA 101 규정에 따른 피난 경로 평가를 통해 다수의 인명피해 발생 원인과 피난 경로상의 문제점의 인과성 확인을 통해 문제점을 도출하여 추가적인 피난 관련 규정의 개정의 필요성과 방향을 제시하려 한다.

2. 제천 및 밀양화재 분석

2.1 제천화재

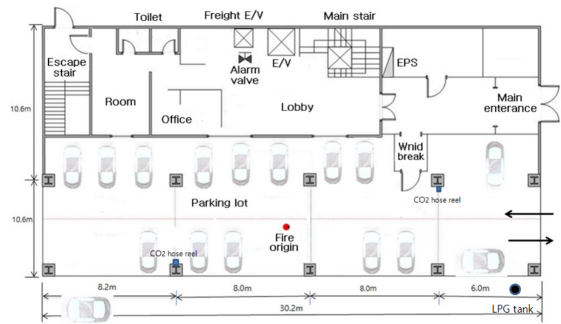
제천 스포츠센터는 지하 1층, 지상 9층, 연면적 3,813.6㎡의 철근콘크리트조 슬래브 구조이며, 주용도는 목욕탕,

헬스클럽 및 레스토랑이다. 1층 필로티 주차장에서 발화되어 29명이 사망하고 40명이 부상하였다. [10]

제천화재는 화재 초기 피난유도과정에서 내부 구조에 익숙한 세신사와 이발사에 의한 인적 문제점을 제외하고 다수 사상자가 발생한 주요 원인을 피난경로의 관점에서 분석하면

- 1층 방화구획 적용 대상 제외에 따른 주계단 방화문 미설치
- 말발굽을 이용한 피난계단의 출입문 개방
- 2층, 3층의 매립형 방화문의 미작동
- 8층 및 9층 이동을 위한 내부 계단의 부적절한 가연성 재료의 마감재 및 지붕 설치로 요약할 수 있다. [4,5,10]

Figure 1은 제천화재 건축물의 1층 평면도와 화재로 인해 소손 된 주계단이다.



a) 1st Floor Plan⁵⁾



b) Main Stairwell after Fire¹⁰⁾

[Figure 1] First Floor Plan and Main Stairwell after Fire for Jecheon Sports Center.

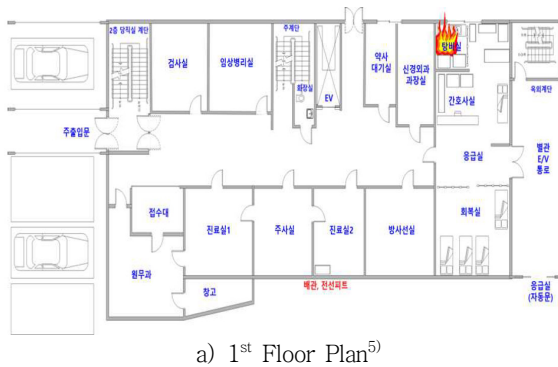
2.2 밀양화재

밀양세종병원은 지상 5층, 연면적 1,489㎡의 병원으로 1층 응급실 내 탕비실 천정에서 발화되어 사망 39명, 부상 151명이 발생되었다.[11]

다수 사상자가 발생한 원인을 피난경로의 관점에서 분석하면,

- 1층 주계단 방화문은 방화구획 제외 규정에 따라 미설치
- 1층과 2층 내부계단의 방화구획 미비
- 1층에서 외부로의 피난경로 부적절-응급실 경우 외부 피난
- 자력 피난이 불가능 용도에 대한 수평피난 구획의 미비로 요약할 수 있다. [4~5,10~11]

Figure 2는 밀양화재 건축물의 1층 평면도와 화재로 인해 소손된 주계단이다.



[Figure 2] First Floor Plan and Main Stairwell after Fire for Miryang Sejong Hospital

3. NFPA 101에 따른 피난로 평가

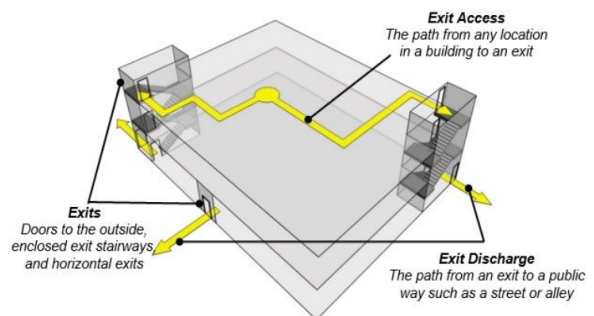
3.1 NFPA 101의 피난로 개념

피난로(Means of Egress)는 IBC(International Building Code)와 NFPA 101에서 건물의 임의의 지점에서 공공도로까지 연속적이고 장애가 없는 보행로로 정의하고 있으며 비상구접근근로(Exit access), 비상구(Exit), 비상구출구에서 공공도로까지 부분(Exit discharge)으로 구성된다.

비상구접근근로(Exit access)는 비상구까지의 피난로 부분으로 건물의 임의의 지점에서 비상구(Exit)까지의 모든 경로를 포함한다. 피난 시 적절한 시간 내에 비상구까지 도달하는 것이 무엇보다도 중요하므로 NFPA 101에서는 비상구접근근로와 관련해서 3가지 거리에 대한 제한 사항이 있다. 첫째, 양방향 피난이 가능한 지점까지의 비상구접근근로 부분인 단일피난보행로(Common path of travel)에 대한 거리 둘째, 막다른 복도(Dead end)에 대한 거리, 셋째로 비상구까지의 보행거리(Travel distance)이며, 각 거리는 용도 및 스프링클러설치 여부에 따라 제한된다.

비상구(Exit)는 비상구접근근로(Exit access)와 비상구출구에서 공공도로까지 부분(Exit discharge) 사이의 부분으로 건물의 다른 부분과 구획된 피난로 부분으로 문, 계단실 등을 포함하며, 화재 상황에서 건물 내 남아있는 거주자의 보호를 목적으로 하고 있다. NFPA 101에서 비상구는 다른 목적으로 사용해서는 아니 되며, 내부마감재료의 제한도 다른 부분보다 강하게 규제하고 있다. 또한 내화구조로 건물의 다른 부분과 4개 층 이상과 연결된 비상구는 2시간, 3개층 이하는 1시간의 내화성능을 요구하고 있다.

Figure 3은 3가지 구성요소로 형성된 피난로를 나타낸다. 피난로의 안정성은 피난로의 각 구성요소를 개별적으로 방호하는 개념이 아니라 전체적, 연속적인 개념으로 방호해야 확보될 수 있다. 피난로의 구성요소인 피난로의 수, 복도의 폭, 계단실의 폭 등은 용도별 특성과 건물 내 수용인원에 기초하여 필요한 복도 등의 크기와 피난로의 수를 결정하여 안정성을 확보한다.



[Figure 3] Means of Egress¹²⁾

〈Table 1〉 Capacity Factor

Area	Stairways (width/person)	Level Components and Ramps (width/person)
	mm	mm
Board and care	10	5
Health care, sprinklered	7.6	5
Health care, nonsprinklered	15	13
High hazard contents	18	10
All others	7.6	5

3.2 NFPA 101에 기초한 피난로 안정성 평가

제천화재와 밀양화재 건축물을 NFPA 101에 따라 피난로의 안정성을 수용인원, 피난용량계산, 최소 복도 폭, 비상구 수량, 피난로의 배치, Common path of travel, 막다른 복도(Dead end), 보행거리(Travel distance) 및 건물 바깥으로의 출구 (Discharge from exit)의 총 9개 항목에 대하여 평가를 실시하였다.

각 항목의 평가 방법은 아래와 같다. 수용인원은 건물 및 실의 용도에 따라 NFPA 101 7.3.1.2의 인원당 면적의 개념인 수용인원인자(Occupant load factor)에 따라 산출된다. 피난용량계산은 NFPA 101 7.3.3.3.1의 인원당 폭의 길이 개념인 용량인자(Capacity factor)를 이용하여 산출하며, Table 1과 같다. 최소 복도 폭은 각 용도별 요구 사항의 내용에 따라 결정된다. 비상구 수는 NFPA 101 7.4에 따라 최소 2개 이상이며, 각 실의 수용인원이 50명 이상 인 경우에도 양방향 피난이 가능하여야 하며, 각 용도별 요구 사항에서 허용되거나 양방향 피난이 가능한 지점까지의 보행거리 (Common path of travel)가 충족되는 층층의 경우에 한하여 1개가 가능하다. 피난로의 배치는 NFPA 101 7.5.1.3.2에 따라 건물 또는 평면(Area)의 최대 대각선 길이의 1/2이상 이격이 요구되며, 스프링클러가 설치된 경우 1/3 이상으로 완화된다. Common path of travel, 막다른 복도(Dead end) 및 보행거리(Travel distance)는 NFPA 101 Table A.7.6에 따라 결정된다. 건물 바깥으로의 출구 (Discharge from exit)는 NFPA 101 7.7에 따르며 비상구 (Exit)는 직접 공공도로나 외부에 접해야 하는 것이 기본 원칙이며, 비상구의 말단이 피난층의 내부를 거쳐서 외부로 나가는 경우에는 전체 피난로의 1/2을 초과해서는 안 되며, 피난용량으로도 1/2 이상이 직접 외부 또는 공공도로와 접해야 한다.

3.3 제천화재 건축물의 피난로 평가

수용인원은 NFPA 101 7.3.1.2의 수용인원인자

(Occupant load factor)에 따라 평가하여 총 651명으로 평가되었다. 피난 용량은 유효폭(Clear width)을 수용인원인자로 나누어 구한다. 제천의 경우 수용인원인자는 수평 피난로의 경우 5 mm/인, 계단과 같은 수직 피난로 경우 7.6mm/인으로 산출되었으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 최소 복도 폭은 NFPA 101에 따라 1,120 mm이나 제천의 경우 복도가 형성되지 않은 구조이다. 비상구 수량은 NFPA 101 7.4에 따라 최소 2개여야 하며, 5층과 9층의 경우 1개만 있었다. 피난로(means of egress)의 배치는 1개만 설치된 5층과 9층을 제외하고는 적절하게 배치된 구조였다.

NFPA 101 Table A.7.6에 따라 평가된 Common path of travel은 거실 배치 형태에 의하여 2, 3, 4, 7층에서 부적절한 것으로 분석되었으며, 5층과 9층은 피난로가 1개로 평가할 수 없었으며, 막다른 복도(Dead End)은 7층이 기준값 6.1m를 초과하여 8.2m 부적절한 거실 배치였으며, 보행거리(Travel distance)는 내부계단으로 연결된 9층을 제외하면 모든 층이 적절한 것으로 평가되었다.

건물 바깥으로의 출구(Discharge from exit)는 Figure 1의 a)에서와 같이 2개 중 1개가 외부와 접하는 구조로 평가되었다.

Table 2와 3은 제천 건축물의 수용인원, 피난용량, 최소 복도폭, 비상구 수량, 피난로 배치, Common path of travel, 막다른 복도, 보행거리에 대한 평가 결과를 나타낸다.

3.4 밀양화재 건축물의 피난로 평가

밀양화재 건축물에 대한 평가도 3.2절에 따라 제천화재 건물과 동일한 방법으로 수행하였으며, 그 결과를 Table 4와 5에 나타내었다. 총 수용인원은 120명으로 분석되었으며, 각 층의 피난 용량은 수용인원 이상인 것으로 분석되었다. 최소 복도폭은 NFPA 101 18.2.3.4에 따라 기존 병원의 경우 1,220 mm 이상이나 평가 결과 1,000mm로 부적절한 것으로 분석되었다. 비상구의 수는 3층의 경우 2개를 가지고 있었으나 1개는 경유거실(병실)을 통해 접근 가능한 구조로 직접 접근 가능한 비상구는 1개로 양방

<Table 2> Evaluation of Means of egress for Jechon Sports Center -1

Floor	Area (m ²)	Occupant Load (persons)	Egress Capacity (persons)	Minimum Corridor Width (mm)	Number of Means of Egress	Arrangement of means of egress		
						Diagonal Distance/2(m)	Min. Distance (m)	Results
B1F	447	54	355	1,120	2	15.7	12	Pass
1F	241	18	540		2	15.7	10.5	Pass
2F	635.2	138	355		2	14.5	12.5	Pass
3F	635.2	138	355		2	14.5	12.5	Pass
4F	640	105	355		2	14.5	12.5	Pass
5F	118.7	26	178		1	-	-	Fail
6F	462	66	355		2	14.5	11	Pass
7F	368	80	355		2	14.5	9.5	Pass
8F	167	18	355		2	14.5	8.2	Pass
9F	80	9	355		1	-	-	Fail
Total	3794.1	651						

<Table 3> Evaluation of Means of egress for Jechon Sports Center -2

Floor	Common Path of Travel (m)			Dead End (m)			Travel Distance (m)		
	Criteria	Actual	Results	Criteria	Actual	Results	Criteria	Actual	Results
B1F	23	19	Pass	6.1	None	Pass	76	22	Pass
1F	23	4.4	Pass	6.1	None	Pass	76	16.6	Pass
2F	6.1	23.5	Fail	6.1	None	Pass	76	31.5	Pass
3F	6.1	23.5	Fail	6.1	None	Pass	76	31.5	Pass
4F	6.1	20.8	Fail	6.1	None	Pass	76	29.5	Pass
5F	23	N.A	N.A	6.1	None	Pass	76	11	Pass
6F	23	17.4	Pass	6.1	None	Pass	76	24.5	Pass
7F	6.1	13	Fail	6.1	8.2	Fail	76	16.3	Pass
8F	23	8.1	Pass	6.1	None	Pass	76	15.5	Pass
9F	23	N.A	N.A	6.1	None	Pass	76	N.A	N.A

<Table 4> Evaluation of Means of egress for Miryang Sejong Hospital -1

Floor	Area (m ²)	Occupant Load (persons)	Egress Capacity	Minimum Corridor Width(mm)			Number of Means of Egress	Arrangement of means of egress			
				Criteria	Actual	Results		Diagonal Distance/2 (m)	Min. Distance (m)	Results	
1F	310.9	15	277	1,220	1,000	Fail	2	14.5	15.5	Pass	
2F	354.7	32	208						23	Pass	
3F	338.2	29	69						1	NA	NA
4F	275.7	25	138						2	10.5	Fail
5F	209.7	19	138						2	10.5	Fail
Total	1489.2	120	-						-	-	-

<Table 5> Evaluation of Means of egress for Miryang Sejong Hospital -2

Floor	Common Path of Travel (m)			Dead End (m)			Travel Distance (m)		
	Criteria	Actual	Results	Criteria	Actual	Results	Criteria	Actual	Results
1F	NA			9.1	3m	Pass	46	15	Pass
2F				9.1	None	Pass		17	Pass
3F				9.1	7m	Pass		20	Pass
4F				9.1	8m	Pass		16	Pass
5F				9.1	None	Pass		13	Pass

향 피난이 불가능하였으며, 중환자실의 면적이 160 m²로 2개의 Exit access door가 요구되었으나 1개만 설치되었다. 피난로의 배열은 4층과 5층은 최소 이격거리가 14.5 m 이상 요구되었으나 10.5 m로 평가되어 부적절 하였다.

Common path of travel은 신규 병원은 반드시 스프링클러가 설치되어야 하며, 최소 거리는 30 m이며, 기존 병원의 경우는 별도의 요구 사항이 없기 때문에 밀양 세종병원은 스프링클러가 없는 대상이므로 평가를 실시하지 않았다. 막다른 복도는 복도가 없는 거실 배치구조인 2층과 5층을 제외하고는 적정한 것으로 평가되었다. 보행거리는 46 m 이하가 기준이며 평가결과 가장 긴 3층에서 20 m로 적정한 것으로 평가되었다.

건물 바깥으로의 출구(Discharge from exit)는 밀양 세종병원의 경우 3개의 비상구가 피난층인 1층에 도달하나 외부계단 1개를 제외하고는 2개는 1층 내부부를 통해 외부로 나가는 구조로 Figure 2의 a)와 같다.

4. 분석

4.1 화재 분석 및 피난안정성 평가 분석

화재 분석 결과 다수의 사상자가 발생된 공통 원인은 피난층(1층)에서 발화되었으나 상층 거주자의 피난 안정성 확보에 필요한 비상구(Exit)의 안정성 확보의 실패로 분석된다. 그 원인은 방화구획의 개념이 층별 및 면적별만 도입되어 있어 2019년 이전의 규정에 따라 1층 피난 계단 방화문이 설치되지 않은 것이다.

두 건축물에 대해 NFPA 101에 따른 피난로 평가를 실시한 결과 3가지 문제점이 도출되었다. 첫째는 건물 바깥으로의 출구(Discharge from exit)에 대한 문제로 전체 피난로의 1/2 이상이 직접 외부 또는 공공도로와 접해야 하나 두 건축물 모두 부적절한 것으로 평가되었다. 두 번째는 피난로의 수량과 배치에서 양방향 피난이 불가능한 경우로 제천은 5층과 9층, 밀양은 3층에서 단방향 피난만 가능한 피난경로 배치형태를 가져서 화재 발생 위치에 따라서 피난이 불가능할 수 있는 것으로 평가되었다. 세 번째는 양방향 피난이 가능한 위치까지의 도달 거리 개념인 Common path of travel로서 제천 2, 3, 4, 7층에서 부적절한 것으로 평가되었으며, 이러한 원인은 각 거실에서의 양방향 피난로 확보 관련 국내 규정이 부재한 것이 주요 원인이라 할 수 있다. 왜냐하면 국내에 유사한 규정이 있는 보행거리의 경우 불법 증축되었던 제천의 9층을 제외하고는 모두 적정한 것으로 평가되었기 때문이다. 이러한 결과는 적절한 피난 규정의 도입을 통해 피난 안정성을 확

보할 수 있다는 것으로 보여준다 할 수 있다.

4.2 피난관련 규정의 개선 방향

대규모 인명 피해가 발생된 주요 원인은 기존 연구 성과와 화재 조사보고서 등의 자료를 분석한 결과 발화층인 피난층(1층)의 방화구획 미비이고, NFPA 101에 따른 피난안정성 평가 결과 직접 외부로의 피난 경로, 양방향 피난 경로 확보 및 피난로 접근성이 부적합한 것으로 분석되었다.

화재 분석과 피난 안정성 평가를 통해 분석된 피난로 관련 규정의 개선 방향은 크게 3가지로 요약할 수 있다.

첫째, 비상구(Exit)의 구획관련 규정의 개선으로 2019년 개정된 방화구획 관련 규정은 “매층마다 구획할 것”으로 1층과 2층의 방화구획 적용이 강화되었으나 피난계단이 적용되지 않는 5층 미만의 건축물의 경우 직통계단의 설치기준에서 구획의 의무가 없어 제천 및 밀양화재와 같이 1층에서 발화하는 경우 피난로인 계단이 연기 또는 화염에 노출될 위험성이 상존할 수 있으므로 층수, 용도 및 면적에 따라 예외되지 않도록 모든 직통계단의 출입구는 피난층의 포함한 모든 층에서 구획되도록 개선될 필요가 있다.

둘째, 바깥 쪽으로의 출구 규정(Discharge from Exits)의 개선이다. 제천 및 밀양 화재 이후에도 비상구에서 공공도로까지 부분에 대한 피난 규정의 개념 도입이 없어 1층 또는 피난층 화재로 인한 상층부 거주자의 피난 위험성이 상존하므로 전체 피난로의 비상구중 1/2 이상은 반드시 외부로 직접 연결되어야 하며, 외부와 접하지 않는 비상구는 외부까지의 경로가 스프링클러 등에 의해 방호되어야 하는 규정 도입이 필요하다.

셋째, 양방향 피난 경로 확보를 위한 2개소의 직통계단의 설치 규정은 화재 이후 보행거리의 측정 기준을 명확히 하고 상호간 이격거리를 건물 평면의 대각선 길이를 기준으로 설정하여 안정성을 높였으나 설치 대상 기준의 개정이 이루어지지 않아 NFPA 101 7.4와 같이 Common path of travel에 적합한 발코니와 중층을 제외한 모든 위치에서의 양방향 피난이 가능하도록 한 규정으로의 개정이 필요하다.

5. 결론

다수의 사상자가 발생한 제천화재 및 밀양화재에 관한 기존의 관련 연구를 분석하고, 해당 건축물을 NFPA 101 기준에 따라 피난 안정성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 다수의 사상자가 발생 한 제천 및 밀양화재는 1층(피난층)에서 발생 되었으며, 방화구획 미적용으로 피난 경로가 연기 및 화염에 노출되어 화재 층 이외의 층에서도 다수의 사상자가 발생한 공통점을 확인할 수 있었다.

2) NFPA 101에 따른 피난 안정성 평가 결과

- 양방향 피난 경로의 확보를 평가하는 비상구의 수량과 배치에서 밀양화재 건축물 3층은 직접 접근 가능한 비상구가 1개로 평가 되었으며, 4층과 5층에서 배치 이격거리가 부적절한 것으로 분석되었다. 제천 화재 건축물의 경우 헬스클럽 휴게실인 5층과 불법 증축된 9층이 양방향 피난이 불가능한 평면구조를 채택하고 있었다.

- 건축물 바깥쪽에서의 출구 기준은 제천의 경우 1개의 비상구 출구가 외부로 직접 접하는 구조로 적절한 배치를 가졌으며, 밀양의 경우 외부계단 이외의 2개의 비상구가 모두 1층 거실을 경유하는 구조로 부적합하였다.

- 비상구(Exit)는 거실과 접하는 모든 출입문의 구획이 요구되나 국내 관련 규정에 따라 두 건축물 모두 방화 구획 규정을 적용하여 출입문이 구획되지 않았다.

3) 제천 및 밀양화재 이후 국내 피난 관련 규정의 개정에도 불구하고 비상구(Exit)에 해당되는 직통계단의 출입구에 관한 구획 관련 규정이 개정되지 않아 5층 미만의 직통계단만 적용되는 건축물에서는 1층 화재로 인한 피난 경로의 안정성이 위협받을 수 있는 것으로 분석되어 이에 대한 관련 규정의 개정이 필요할 것으로 분석되었다.

4) 건축물 바깥쪽에서의 출구 설치기준은 NFPA 101의 Discharge from exit의 개념을 도입하여 최소 1/2 이상의 비상구가 피난층의 거실을 경유하지 않고 외부로 직접 피난할 수 있는 개념을 도입하여 피난층 화재로 인한 피난경로의 안정성 확보가 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구는 다수의 사상자가 발생 한 2개의 건축물에 대한 제한된 피난 안정성 평가를 기준으로 분석된 결과로 향후 다양한 용도 및 바닥면적을 갖는 건축물에 대한 평가를 통해 피난 안정성 평가에 기반한 관련 규정 개정 연구가 필요할 것이다.

6. References

[1] J. Chae, S. J. Yun(2021), "Study on effective response plans for disaster sites with multiple casualties." *Fire Science and Engineering*, 35(6): 118-126. doi: 10.7731/KIFSE.f318653a

[2] Y. J. Choi, S. G. Choi, S. K. Kim(2022), "Basic

research for the development of fire response training scenarios for fire safety managers through fire case analysis." *Fire Science and Engineering*, 36(1):43-55. doi: 10.7731/KIFSE.e7d07c53

[3] H. S. Kim, B. Y. Oh, M. Y. Park(2020), "Fire spread in insulation materials in the ceiling of a piloti-type structure." *Fire Science and Engineering*, 34(5): 18-26. doi: 10.7731/KIFSE.78ac4f83

[4] E. P. Lee(2018a), "Analysis of the causes of casualties of Jecheon sports center fire-Focus on an initial response and management." *Fire Sci. Eng.*, 32(5):57-66. doi: 10.7731/KIFSE.2018.32.5.057

[5] E. P. Lee(2018b), "Analysis of causes of casualties in Jecheon sports center fire-Focus on structural factors of building and equipment." *Fire Sci. Eng.*, 32(4):86-94. doi: 10.7731/KIFSE.2018.32.4.086

[6] A. K. Hesarshahab, R. Mirzae, R. Gholamnia(2019), "Fire risk assessment in selected commercial buildings in Mashhad, Iran, based on NFPA 101 Standard in 2018." *Sci J Rescue Relief*, 11(3): 184-191.

[7] R. R. M. Gershon, L. A. Magda, H. E. M. Riley, M. F. Sherman(2012), "The world trade center evacuation study: Factors associated with initiation and length of time for evacuation." *Fire and Materials*, 36:481-500. doi: 10.1002/fam.1080

[8] Y. J. Lee, K. C. Ko, W. C. Park(2011), "Comparison of evacuation efficiency for stair width and code for occupant load calculation in high-rise buildings." *J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng*, 25(1):1-6.

[9] G. W. Lee, S. H. Lee, J. H. Choi, W. H. Hong(2014), "A comparative study on domestic and foreign egress regulation for building fire safety." *Proceedings of 2014 Fall Annual Conference, Architectural Institute of Korea*, 309-400.

[10] E. P. Lee(2019), "Comparative analysis between the Jecheon Sports Center and Miryang Sejong Hospital Fires." *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, 19(5):151-158. doi: 10.9798/KOSHAM.2019.19.5.151

[11] Miryang Fire Department(2018), *Fire investigation report-Sejeong hospital*.

[12] U.S. ACCESS BOARD TECHNICAL GUIDE(2015), *Accessible means of egress*.

저자 소개



강 경 호

서울시립대학교 재난과학과 박사과정
관심분야 : 인명안전, 스프링클러시스템 및 연
기제연 등



정 석 환

세종사이버대학교 소방방재학과 조교수
관심분야 : 연기제어 시스템, FDS Simulatio
및 피난분석 등