

B-04

사례를 통한 다중이용업의 피해원인 분석 및 대책에 관한 연구

이수경, 김찬호, 김상원
서울산업대학교 안전공학과

A Study on the Cause Analysis and the Measures of Fire
Damage in Public Use Facilities

Su-Kyung Lee, Chan-Ho Kim, Sang-won Kim
Dept. of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

1. 서론

최근 발생한 서울 송파구 나우고시원 화재 및 전북 군산시 개복동 대가 유흥주점 화재, 인천 인현동 라이브 호프집 등 다중이용업소에서의 화재로 많은 인명피해가 잇따라 발생됨에 따라 국내 다중이용업소에 대한 안전이 사회문제화 되어 왔다. 그러나 이들의 업소는 불특정 다수인의 출입과 실내구조 및 내장재료의 다양성 등으로 인한 위험성이 잠재하고 있어 유사시 인명피해 및 재산피해를 최소화 할 수 있는 제도적이고 기술적인 보완, 즉 실효성 있는 개선책이 요구되고 있는 실정이지만 관계인들의 안전불감증과 무관심으로 인하여 안전사각지대의 대형참사를 내포하고 있는 잠재적 불안요소를 항상 안고 있다.

2. 다중이용업의 화재 발생현황 및 사고사례(송파 나우고시원 화재 사례)

(1) 화재 발생 개요

- (a) 일 시 : 2006년 7. 19(수) 15: 53
- (b) 건물구조 : 양식 철골조 스타브 4/1층 1동
- (c) 연 면 적 : 1,336.35㎡
- (d) 피해사항 : 사상 20명 (사망 8명, 부상 12명), 재산피해는 64,101천원

(2) 문제점

- (a) 화재실의 비상구 및 비상문이 모두 개방되어 있어 연소속도가 빨랐다.
- (b) 지하1층의 가연성 물질인 폴리우레탄 폼으로 그 연소특성은 연소속도가 빠르고 다량의 맹독성 가스 발생으로 그것들이 개방된 비상구를 통해 직통계단으로 순식간에 유입되어 그곳이 굴뚝효과가 발생했다.
- (c) 고시원에 있던 사람들은 비좁은 통로와 미로구조로 비상벨이 울렸어도 듣지 못하는 등 화재인지가 늦어 미처 대피하지 못하였고
- (d) 2층부터 4층은 피난로가 직통계단으로 이곳에 열기와 유독가스가 화재초기에 유입되어 상층에 있던 거주자들의 피난로가 막혀 피난하지 못하고 화장실이나 호실

로 대피하였고 창문도 방충망으로 막혀 열기와 유독가스가 있는 상황에서 파괴하기가 곤란하였다.

- (e) 3층과 4층 고시원은 다수의 사람들이 상주하고 있었고, 그 곳 갑종방화문을 이탈하여 옥상에 방치하여 방화구획이 되지 않았으며,
 - (f) 4층과 옥상사이 계단에 물품을 적재하여 연소되면서 옥상으로 대피할 수 있는 피난로를 차단하는 결과를 초래하여 유독가스에 질식되는 다수의 인명피해가 유발된 것으로 판단된다.
- (3) 인명피해 원인 : 연기질식에 의한 사망

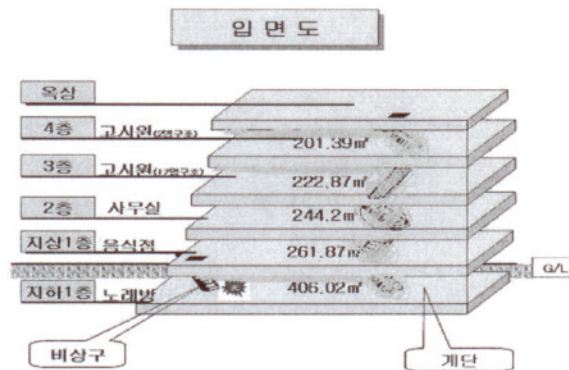


Fig. 1. Smoke movement in the facility

- (4) 인명피해의 직접적인 원인인 농연확산 경로
- (a) 지하1층에서 열려져 있는 비상구를 통해 피난계단으로 유입된 농연이 3층 및 4층으로 빠르게 유입되어 확산
 - (b) 3층과 4층은 고시원으로 미로와 칸막이 등으로 시야의 확보가 어려웠으며,
 - (c) 유일한 피난계단이 농연에 의해 휩싸이자 피난로가 확보되지 못해 실내로 피했으나, 비상구가 개방되어 실내로 연기가 유입
 - (d) 2층의 방화문은 닫혀 있어 화재 및 연기의 확산이 지연되었으나, 비상구가 개방되어 있는 3층 및 4층은 굴뚝효과에 의해 농연의 확산

3. 다중이용업의 화재위험 분석

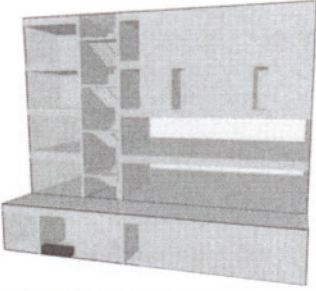
- (1) 내부 구조 또는 업주변경 등에 대한 사후 관리 불가능
- (2) 단일건물내 집중화, 대규모화로 인한 화재 위험도 증가
- (3) 실내장식물 등 다량의 가연성 내장재 및 밀폐화, 무창층화
- (4) 다중이용업소 관계인의 안전교육 부재 및 자율방화관리체계 취약
- (5) 실내구조 및 이용객의 안전의식 해이
- (6) 신종업종의 출현과 제도적 관리의 부재

4. 시뮬레이션 수행

4.1 대상선정 및 입력자료

시뮬레이션 대상인 건축물의 제원 및 설정은 아래의 [Table 1]과 같다.

Table 1. Resources of an object

구분	내용	
내부도		
제원 (최대)	18 × 15 × 14.5 (m)	
초기 설정값	설 정	설 정 값
	초기 온도	25 °C
	발 화 원	Polyurethane
	내부 기류속도	0 m/s
	Heat Release Rate	SFPE(Society of Fire Protection Engineers) Principles of Smoke Management 제공 자료 Sofa with polyurethane foam padding (Fig. 1 참조)
시뮬레이션 시간	600sec (10min)	
격자수	128,400개 (60×60×9+60×40×40)	
분석 방법	- 대피자의 호흡선위치인 1.5m상부의 Factor를 분석 - 전체, 대회의장, 3장에서의 결과를 토대로 한 대피인원의 정체가 가장 많은 지역 등 총 3지역을 분석 - 각 지역의 Temperature, CO, Soot Density, FED를 분석	

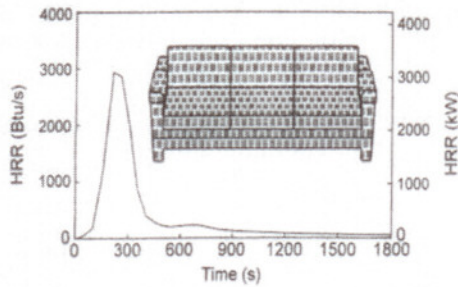


Fig. 2. Sofa With polyurethane foam padding (data from Lawson et al.[1984])

4.2 화재위험성 평가기준

건물 내에서의 화재는 대부분 연기에 의한 질식사로 인식되고 있으며, 이와 같이 질식사를 유발하는 원인은 화재 발생시 초기에 연기에 휩싸여 대피로를 확보하지 못하여 유독가스에 노출되고 의식 불명상태에 도달하여 이차적으로 유독가스에 장시간 노출로 인하여 질식사 하는 것이 가장 큰 원인으로 판명되고 있다.

따라서, 안전성평가에 있어서 중요한 고려사항은 대피자의 안전한 대피를 확보할 수

있도록 가시거리, 온도 및 연기 농도를 유지할 수 있는지의 여부이다.

다음은 National Fire Protection Association(NFPA) 및 Society of Fire Protection Engineers (SFPE)에서 제공하는 기준 및 연구 결과로서 본 연구에서는 다음 기준에 준하여 안전성 평가를 실시한다.

- (1) 화재시 대피공간의 공기의 온도는 60℃ 이하 유지 조건 만족.
- (2) 연기에 의한 가시거리는 발광체 30m, 출입문, 벽 계단 등과 같이 스스로 발광하지 않는 반사체는 10m에서 식별 가능한 조건 만족.
- (3) 화재시 대피공간의 CO농도는 1000ppm이하 유지조건 만족.

4.3 조건 및 시나리오 설정

대상물에 대한 시나리오는 기본적으로 Worst Scenario를 바탕으로 다음 각 조건에 의해 시뮬레이션을 수행한다.

- (1) 시나리오 1 : 방화문이 개방되었을 때 화재 Modeling
 - (2) 시나리오 2 : 방화문이 닫혔을 때의 화재 Modeling
 - (3) 시나리오 3 : 방화문이 개방되고 스프링클러가 작동되었을 때의 화재 Modeling
- 각 시나리오별 공통조건은 다음과 같다.
- 시작 포인트는 상온(25℃기준)
 - 화재 발생전 기류의 영향은 없는 것으로 가정함.
 - 화원은 지하 노래방의 구획된 한 장소에서 발생한다고 가정함
 - 발화원은 FDS Data Base를 이용한 Polyurethane으로 가정함
 - 시뮬레이션 시간은 600초(10분)으로 정함.

5. 시뮬레이션 결과 고찰

5.1 “시나리오 1”에 대한 결과분석

본 건축물 화재 위험성 시뮬레이션을 통해 다음의 결론을 얻었다.

- (1) 화재지점에서의 대피 한계시간은 70초, 지하 1층 전체의 대피 한계시간은 130초로 나타났다.
- (2) 또한 3층과 4층에서의 유일한 대피로인 계단부에서의 대피 한계시간은 250초로 나타남으로서 지하층에서 화재시 지상층의 추가 대피로가 필요한 것으로 나타났다.
- (3) 화재지점 근접층을 제외한 다른층의 경우 온도에 상승에 의한 위험성 증가보다 굴뚝효과로 인한 연기농도의 지속적인 상승이 건물내의 위험성을 증가시키는 우선적 요인이 되는 것으로 나타났다.

5.2 “시나리오 2”에 대한 결과분석

본 건축물 화재 위험성 시뮬레이션을 통해 다음의 결론을 얻었다.

- (1) 화재지점에서의 대피 한계시간은 70초, 지하 1층 전체의 대피 한계시간은 130초로 나타났다.
- (2) 화재로 인한 화재실에서의 Heat Detector 작동시간은 130초로 나타났으며, 이로 인한 계단부의 방화셔터가 내려감에 따라 계단부를 통한 온도 및 연기의 전파를 차단하였다.
 - 방화셔터의 설치로 인해 지하층을 제외한 모든 상층부에서의 안전이 확보되었다.

5.3 “시나리오 3”에 대한 결과분석

본 건축물 화재 위험성 시뮬레이션을 통해 다음의 결론을 얻었다.

- (1) 화재지점에서의 대피 한계시간은 70초, 지하 1층 전체의 대피 한계시간은 130초로 나타났다.
- (2) 또한 3층과 4층에서의 유일한 대피로인 계단부에서의 대피 한계시간은 350초로 나타남으로서 지하층에서 화재시 지상층의 추가 대피로가 필요한 것으로 나타났다.
- (3) 화재로 인한 화재실에서의 Sprinkler 작동시간은 130초로 나타났으며, 이로 인한 연기 및 온도의 전파 억제효과가 나타났다. Sprinkler 작동으로 인해 미설치시보다 3, 4층에서의 대피 한계시간이 100초 연장된 것으로 나타났다.
- (4) 화재지점 근접층을 제외한 다른층의 경우 온도에 상승에 의한 위험성 증가보다 굴뚝효과로 인한 연기농도의 지속적인 상승이 건물내의 위험성을 증가시키는 우선적 요인이 되는 것으로 나타났다.

Table 2. A smoke flow comparison (Third floor)

		360초							540초			
시나리오 1												
시나리오 2												
시나리오 3												
temp	25.0	28.5	32.0	35.5	39.0	42.5	46.0	49.5	53.0	56.5	60.0	C
CO	0.00	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	ppm
soot	0.00	3.95	7.90	11.9	15.8	19.8	23.7	27.6	31.6	35.5	39.5	mg/m3

Table 3. A smoke flow comparison (Fourth floor)

		420초							600초			
시나리오 1												
시나리오 2												
시나리오 3												
temp	25.0	28.5	32.0	35.5	39.0	42.5	46.0	49.5	53.0	56.5	60.0	C
CO	0.00	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	ppm
soot	0.00	3.95	7.90	11.9	15.8	19.8	23.7	27.6	31.6	35.5	39.5	mg/m3

6. 결론

앞서 시뮬레이션을 통해 나타나듯이 화재로 인한 열과 연기의 확대는 대단히 빠른 속도로 이루어지며, 이에 따른 설비적 또는 인위적인 안전확보가 적실히 요구되거나 다중이용업의 특성상 현실적으로 묘연한 일이라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 개선방안을 제시하고자 한다.

(a) 방화문의 설치 및 유지관리

다중이용업소에서 방화문은 불특정다수의 이용자가 존재하는 건물에 있어서 연기 및 열의 신속한 확대를 방지하여 피난시간 및 피난로 확대에 결정적이라 할 수 있다.

(b) 피난로의 확보

고시원은 생활용품 등의 적치로 인하여 피난에 장애를 초래할 뿐 아니라 피난로가 협소하거나, 미로형태로 되어 있어 항상 피난의 문제점을 안고 있다. 따라서 피난로의 크기, 피난로의 단순화 및 양방향화 등이 절실히 요구 되고 있다.

(c) 간이스프링클러 설치

현재 지하층에 한하여 영업면적이 150m²이상일 경우에 간이스프링클러를 설치토록 하고 있으나, 간이 스프링클러를 설치하여 초기 소화는 물론 이거나와 연기의 확대를 지연시켜 피난로 확대에 효과적으로 할 수 있다.

(d) 관계자의 안전의식

영업허가 후에도 지속적인 현장방문을 통한 철저한 지도·감독 및 관계자는 물론 거주자에 대해서도 별도의 주기적인 교육이 요구된다 하겠다.

참고문헌

1. 한국소방안전협회, “업체회원 가이드북”, 2004.
2. 소방방재청, “소방행정자료 및 통계”, 2006.
3. NFSC 601 “다중이용업소의 소방시설등의 화재안전기준“, 2004.
4. 한국소방안전협회, “방화관리지 실무교본”, 2002.
5. 한국소방안전협회, “다중이용업소의 실태조사 및 제도개선 방안에 관한 연구”, 2005.
6. 이무철, “고층건축물의 발코니확장에 관한 성능위주 방화설계 연구” 서울산업대 산업대학원 석사학위논문, 2006.
7. NFPA 5000, Building Construction and Safety Code, Chapter 37.1.4”
8. 김원국, “성능위주의 소방 설계를 위한 건축물 화재모델링”, 오름출판사, 1999.
9. NIST, “FDS Technical Reference Guide version 4.0”,2005.
10. NFPA 72, National Fire Alarm Code
11. 소방방재청, “소방행정자료 및 통계”, 2005.
12. 이수경, “신종 다중이용업 안전관리 제고 방안에 관한 연구”, 한국화재소방학회 춘계학술논문, 2002.
13. 김우석 외2, “숙박용도에 대한 피난 적정성 검토에 관한 연구”, 한국화재소방학회춘계학술논문, 2003.