

고층빌딩에서 옥외피난계단의 효용성에 관한 연구 A Study on the Efficiency of Evacuation Exterior Stairs in High-rise Buildings

최규출[†]

Kyu-Chool Choi[†]

동원대학 소방안전관리과
(2009. 1. 22. 접수/2009. 2. 13. 채택)

요 약

건축법 시행령 제36조에는 3층 이상의 건축물로 문화 및 집회시설 중 공연장이나 위락시설로 바닥면적이 1천 m² 이상인 건축물은 옥외피난계단을 설치하도록 하고 있다. 도시의 인구집중화와 함께 고층빌딩의 증가는 인적재난에 대한 다양한 대비책을 요구하고 있다. 최근 10년 동안 고층빌딩 증가율은 85%로 급등하였다. 이러한 고층빌딩의 증가는 도시지역의 인적재난으로 이어져 화재발생 시 많은 인명피해와 재산피해를 동반한다. 고층빌딩에서 화재가 발생하였을 때 가장 어려운 소방활동이 피난활동이다. 상층으로 확산되는 연기 때문에 고층빌딩에서의 피난로 확보는 인명피해를 최소화 시키는 유일한 방법이다. 고층빌딩에서 직통계단이나 옥내계단으로는 피난로 확보가 어려워 고층빌딩 일수록 옥외피난계단이 필요하다. 옥외피난계단 설치에 관한 현행 법규는 너무 미미(微微)하여 고층빌딩의 피난로 확보대책으로는 적당치 못하다. 고층빌딩의 피난로 확보를 위하여 고층빌딩군(群)의 분류에 해당되는 10층 이상의 건축물에는 옥외피난계단 설치를 의무화하도록 관련법을 개정토록 하여야 한다.

ABSTRACT

Article 36 of the Building Code Enforcement Ordinance requires that an exterior evacuation stairs be installed for the buildings of three stories and over with cultural facilities or gathering places which have over 1,000 m² floor area of public performance halls or recreational facilities. The concentration of population together with the increase of high-rise buildings in cities call for various precautionary measures to be taken against human disasters. For the past ten years high-rise buildings showed 85% of increase, marking a steep rise. This increase of high-rise buildings may lead to human disasters in urban areas and, in case of fire breakout, may cause great loss of human lives and property damages. The most difficult fire-fighting activities in high-rise building fires are those of evacuation. Because smoke spreads through the upper floors, the securement of evacuation route in high-rise buildings may be the only way to minimize loss of lives. In high-rise buildings exterior escape stairs are necessary because it is difficult to secure evacuation route with only direct stairs or interior stairs. The Building Code now in force provides insignificant coverage on the exterior evacuation route installment and therefore becomes an inadequate means for evacuation route securement in high-rise building fires. To compensate for this inadequacy the Building Code should be revised to include a mandatory clause that an exterior evacuation stairs be established for the buildings of ten stories and over which can be categorized into high-rise building group.

Keywords : Human disaster, High-Rise Building, Evacuation Exterior Stairs, Fire-fighting activities, Evacuation route

[†]E-mail: kcchoi@tongwon.ac.kr

1. 서 론

우리나라의 「재난 및 안전관리 기본법」에서는 재난은 「국민의 생명과 신체, 재산이나 국가에 피해를 주는 것」으로 정의하고 있다. 이러한 재난에는 자연재난, 인적재난, 사회적 재난, 생활안전 재난 등이 있다. 재난의 형태 중 가장 많이 발생하는 인적재난에는 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화생방 사고, 환경오염 사고 등 다양한 재난이 있다. 인적재난은 사람의 잘못이나 부주의에 의해 발생하는 재난(災難)으로 역으로 보면 사람의 주위나 사전 예방대책으로 예방할 수 있거나, 아니면 발생되었다 하여도 준비된 상태에 따라 얼마든지 그 피해를 최소화할 수 있는 재난(Disaster)이란 뜻이 된다.

화재는 인적재난의 대표적인 사례로 화재가 발생되면 인명피해나 재산피해를 동반하는 재난으로서 우리 사회의 고질적인 무관심이나 방심에서 오는 인적재난이다. 도시발달과 함께 도시 건축물의 고층화, 밀집화 속에서 발생한 화재는 지금까지 무수히 많은 인명피해와 재산피해를 가져왔다. 최근 10년간 도심의 건축물에서 발생하였던 대형화재의 발생현황은 Table 1과 같다.¹⁾

조사통계에서 확인 할 수 있듯이 도심의 대형 건축물화재는 많은 인명피해를 동반하고, 아울러 재산피해도 크다는 것을 확인할 수 있다. 이는 도시지역의 인구 밀집화에 따른 결과로 다중이용업소의 증가에 의한 대형 화재사고의 발생과 관련이 있다. 2007년도에 발생한 화재를 분석하여 보면 가장 많은 화재가 발생한

장소가 음식점으로 사람이 많이 모이는 다중 이용시설이었다.

재난방재의 기본은 최악의 상황을 가정하여 최선의 대책을 준비하는 것이 바람직한 예방대책이 된다. 고층빌딩에서 화재가 발생되었을 때 발화층 이상의 상층에 있는 사람의 인명피해를 최소화하기 위해 건축법에서는 피난계단이나 직통계단을 설치하도록 하고 있다. 고층빌딩에서의 최악의 화재상황은 지하층에서 발화하여 최상층으로 이어지는 연소 확대현상이라 할 수 있다. 고층빌딩에서의 가장 어려운 방재활동은 제연활동과 피난이라 할 수 있다. 고층빌딩에서 화재가 발생할 때 상층에 있는 사람의 원활한 대피를 위하여 각종 피난기구나 피난설비를 갖추도록 하고 있다. 건축법에는 문화집회시설이나 공연시설에 대해서는 옥외피난계단을 설치하도록 규정하고 있다. 실제 2005년 일본의 '가오사키' 병원에서 발생한 화재 때 옥외피난계단을 통하여 500여명의 환자들이 대피하여 인명피해를 최소화시킨 사례가 있다.

화재현장에서는 경보시설작동, 초기소화활동, 피난활동을 화재의 주요 3대 활동이라 한다. 화재현장에서 피난활동은 화재가 성장기에 도달하기전 피난 층으로 대피함으로써 인명피해를 최소화 시킬 수 있는 중요한 소방 활동으로 화재예방활동과 함께 필수적으로 갖추어져야 할 설비 중의 하나이다. 경보시설과 초기 소화설비는 건축물의 높이와 구역에 상관없이 시설이 가능하나, 건축물의 높이가 40m(12~13층)를 초과하게 되면 소방 활동의 어려움이 급증하는 특징을 보인다. 최근 고층빌딩의 증가와 함께 소방대책이 강화되어 건물 내부재의 난연화, 불연화재료를 이용한 내화구조의 시공토록 하고 있다.

고층빌딩에서 발생한 화재는 방재활동이 가장 어렵고, 소방활동과 피난활동의 어려움으로 나타나게 되어 이에 대한 여러 가지 소방설비의 강화가 필요하다.

이 연구는 고층건물화재의 피난시설로서 옥외피난계단의 피난효과를 확인하여 피난계단 설치의 의무화에 관련된 규정이나 법률적 뒷받침을 마련하도록 하고자 한다.

2. 고층빌딩 현황과 화재특성

2.1 고층빌딩

2.1.1 분류

고층빌딩(High-rise building)의 분류는 특별하게 법규정에는 없지만 세계고층학회 기준에서는 50층 이상을 의미하고, 일반적 기준으로는 30층에서 40층까지를

Table 1. The Status of Big Fire (1997~2006)

연도	구분 화재 발생	인명피해(명)			재산피해 (백만원)
		계	사망	부상	
연평균	5	128	52	76	6,961
2006	2	37	13	24	92
2005	5	80	10	70	25,080
2004	1	5	5	·	6
2003	10	432	230	202	15,163
2002	5	59	44	15	116
2001	6	121	41	80	970
2000	5	117	31	86	345
1999	3	171	79	92	15,779
1998	6	198	41	157	7,412
1997	7	61	28	33	4,647
증감율(%)	39.5	234.6	63.7	169.4	

의미한다. 경우에 따라서는 6층에서 10층까지는 중층, 10층 이상 50층 미만은 고층으로 분류하기도 한다.^{2,3)}

초고층빌딩(Super-high-rise building)은 국가별로 다소 차이는 있지만 미국은 50층에 200m 이상, 일본은 60m 이상, 중국은 100m 이상 건물을 초고층으로 정의하고 있다. 우리나라에서도 서울시가 최초로 50m 이상, 또는 지상 50층 이상 빌딩을 초고층 빌딩으로 규정하기로 하였다.

Table 2는 고층빌딩의 정의를 여러 기준에서 살펴본 것이다.^{4,5)}

2.1.2 현황

우리가 흔히 고층빌딩이라 분류하는 10층 이상의 빌딩 현황을 살펴보면(Table 3) 2003년에는 38,556 동(棟)에서 5년 동안 70,698 동(棟)으로 증가하여 85% 급증 현상을 보였다. 같은 기간 동안 서울시에서는 86%가 증가하였고, 부산시에서는 42%가 증가하여 서울시에서의 증가율이 전국 증가율을 주도하고 있다.

Table 2. A Word as Define of High-rise Bldg

구분	정의 기준	고층빌딩 정의	비고
저층	2층~5층 미만	일반적기준	법적인 규정 없음
중층	6층~10층 미만	일반적기준	
고층	10층~50층 미만	일반적기준	
초고층	50층, 220m 이상	세계초고층학회 기준	
	30층~40층 이상	일반적기준	
	횡력저항 구조시스템 있는 건물	기술적기준	
	건물 폭의 높이 비 5 이상 건물	초기정의	

Table 3. Increase-rate of High-rise Bldg

		2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
서울	11층~20층	6,633	9,598	10,499	10,627	11,283
	21층~30층	806	2,108	2,259	2,326	2,520
	31층 이상	18	53	64	63	108
부산	11층~20층	2,745	2,733	2,922	2,998	3,179
	21층~30층	813	1,358	1,503	1,657	1,753
	31층 이상	2	34	70	109	128
전국	11층~20층	35,122	49,410	53,355	54,941	60,461
	21층~30층	3,414	7,525	8,241	8,652	9,904
	31층 이상	20	108	164	215	330

2.2 화재발생

2.2.1 현황

우리나라의 화재발생 추이를 분석하면 1980년대 1만 건 이내에서 꾸준히 증가추세를 보이다가 1994년 2만 건을 넘어서면서 부터 1998년 3만 건 화재발생시대에 접어들었다. 이후 매년 증가추세를 보였던 발생건수는 2001년을 정점으로 감소하기 시작하였다. 이러한 화재 증감현상은 경제산업정책에 따른 소방대상물의 급격한 증가와 인화성 석유류 사용증대 등의 영향으로 분석된다.

화재 발생 장소별 현황은 건축물화재는 2001년 30,078 건을 정점으로 감소하면서 소폭의 증가와 감소를 반복

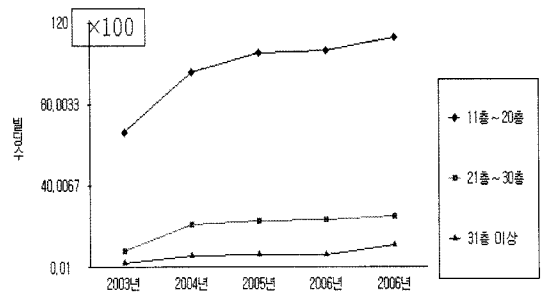


Figure 1. Variation of High-rise Bldg. in Seoul city.

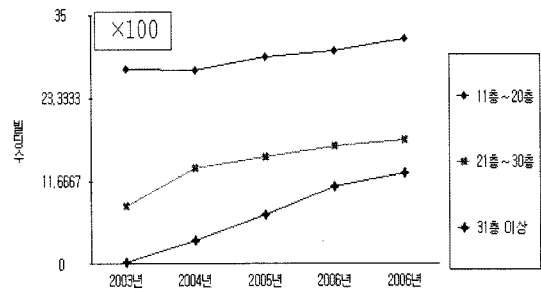


Figure 2. Variation of High-rise Bldg. in Busan city.

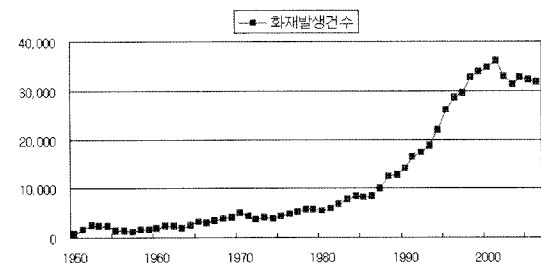


Figure 3. Status of fire (1950~2000).

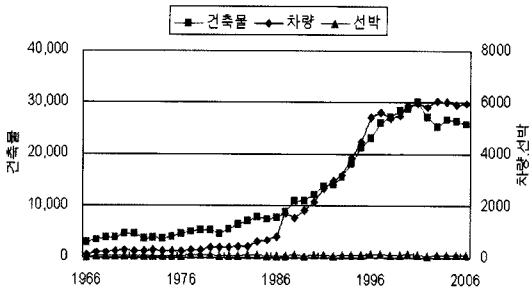


Figure 4. The scene type of fire.

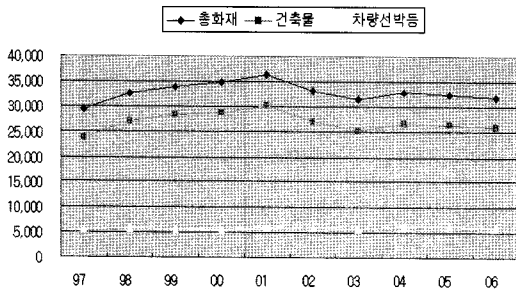


Figure 5. Status of fire (after 1997).

하고 있으며, 차량화재는 계속 증가 추세를 보이다가 2003년 6,049건(19.29%)을 기점으로 증가세는 주춤하였으며, 2006년도에는 5,931건이 발생하여 18.66%를 차지하고 있다.

3. 고층빌딩화재 피해특징

3.1 국내 빌딩화재

3.1.1 대연각 화재

- 빌딩: 서울 중구소재 7층짜리 호텔건물
- 화재일시: 1971년 12월 25일
- 화재발생: 1층 커피숍주방 LPG가스 취급부주의
- 인명피해: 사망 163명, 부상 63명
- 문제점: 연기와 화염에 휩싸인 호텔건물에 피난 계

단이 없어 대피가 불가능 하였음

3.1.2 청량리 대왕코너 화재

- 빌딩: 동대문구 청량리 6층호텔 및 상가건물
- 화재일시: 1974년 11월 3일
- 화재발생: 6층의 전기합선 추정
- 인명피해: 사망 88명, 부상 35명
- 문제점:갑작스런 번진 화염으로 대피 불가능

3.2 해외 빌딩화재

3.2.1 MGM Grand Hotel 화재

- 빌딩: 미국 라스베이거스에 위치한 26층 호텔
- 화재일시: 1980년 11월 21일 AM 7:10
- 화재발생: 1층 카지노 스넬바에서 발화
- 인명피해: 사망 85명, 부상 680명
- 화재전파: 1층에서 발생한 연기가 엘리베이터와 엘리베이터실 샤프트 통해 전 층으로 확산, 호텔 객실은 환풍구를 통해 연기 확산
- 문제점: 저층의 연기가 전 층 확산

3.2.2 세계 무역센터 화재

- 빌딩: 미국 뉴욕소재 세계무역센터 110층 건물
- 화재일시: 1993년 2월 26일 PM 12:30
- 화재발생: 80층 구역 비행기 충돌 폭발 화재
- 인명피해: 사망 6명, 부상 1,024명
- 화재전파: 95층까지 화염전파시간 12분소요, 79층 입주자 폭발과 동시 연기확산 느낌
- 문제점: 계단실, 엘리베이터 홀을 통한 연기침입, 방화문 틈새의 기밀 유지상태 불량
- 교훈: 연기는 수직구획으로 급속확산 침입, 연기가 피난의 장애요소, 수직 구획 확산연기가 거실로 침입

4. 옥외피난계단의 피난 효용성

고층건물에서 발생된 화재는 출하층에 따라 피난특성이 각기 달라져야 한다. 화재초기에는 옥내피난계단

Table 4. A case of Fire from high-Rise Bldg. in World

빌딩 명	위치	층수	발생일시	피해현황	화재특징
주택공사112호	동경	33	'98.6.3	1,200명대피	지하층발화
UIC빌딩	싱가포르	41	'98.3.22	1개층 전소	36층 발화
인도네시아은행	자카르타	26	'97.12.8	사망21,부상14	22-26층전소
크라이슬러 빌딩	미국 뉴욕	77	'97.12.5	없음	출하층 74층

을 이용한 피난이 가능하나 화재가 성장한 중기 이후에는 옥내피난계단이 연기의 이동통로가 되기 때문에 피난용 계단으로 사용하면 더 위험한 장소로 변한다. 이는 피난계단이 오히려 소방안전의 방해요소로 작용하게 된다.

이때 옥내에 설치된 피난계단 보다는 옥외에 설치된 피난계단이 더 효과적으로 사용할 수 있는 피난통로가 된다. 즉 연기가 건물을 휩싸고 있는 경우에는 옥외피난계단으로 대피하여야 안전한 피난을 할 수 있게 된다.

미국에서는 고층건물인 경우 대부분 옥외계단 설치를 의무화하고 있는 이유도 바로 화재 안전성 차원의 대피를 원활하게 할 수 있는 유일한 수단이기 때문이다.

옥외피난계단을 설치할 때는 빌딩의 외벽 맞은편에 최저 2개소 이상 설치하여야 하고, 복도와 면하게 설치하여야 한다. 설치되는 벽면에 개구부는 없어야 하고 계단에서 수평거리로 3~5m 이상의 거리를 유지하여야 한다.

옥외피난계단의 출입구는 안쪽에서 내화방화용 철문을 설치하여야 한다. 이는 고열에 의한 철문의 변형을 방지하고, 건물 내부에 퍼진 화재 연기 분출을 방지하기 위해서이다.

4.1 옥외피난계단의 설치구조

옥외에 설치하는 피난계단은 출입구 이외의 개구부와의 거리는 계단에서 그 계단으로 통하는 출입구 외의 개구부 등으로 부터 2m 이상의 거리를 두고 설치하여야 한다. 출입구는 감종 또는 울종 방화문을 설치하고, 방화문은 피난방향으로 열리도록 하며, 항상 닫힌 상태로 유지하거나 연기 또는 온도상승에 의해 자동적으로 닫히는 구조로 설치되어야 한다. 옥외피난계단의 유효폭은 0.9m 이상으로 하여야 하고, 계단의 구조는 내화구조로 하며, 지상에까지 직접 연결되도록 설치하여야 한다.

4.2 안전피난 공간으로 이용

건물의 외부에 설치되는 옥외피난계단은 화재의 크기나 성격에 큰 영향 없이 피난용으로 사용이 가능하다. 옥내피난계단이나 직통계단 등은 화재 시 연기가 가득 차는 경우의 피난용으로의 사용이 불가능하여 설치 목적을 달성하지 못하는 경우가 흔히 있을 수 있다. 반면에 옥외에 설치된 피난계단은 어떠한 경우라도 피난목적 모두 수용할 수 있는 피난시설이다.

옥외피난계단을 통하여 의과대학 부속병원에서 발생한 대형 화재사고에서 인명피해를 최소화 할 수 있었던 사례를 알아보자.

옥외피난계단을 통한 대피 성공사례로 흔히 등장하는 1997년 일본의 '가와사키' 부속병원의 화재이다. 18층 규모의 고층 병원건물의 5층에서 발화된 화재는 화재면적 400m² 정도의 손실을 끼쳤으며, 피난자 500여명을 무사히 대피 시킬 수 있어 화재피해를 최소화 하였다. 입원환자 전원이 옥외피난계단을 통하여 무사히 대피할 수 있었기 때문에 단 한사람의 인명피해도 발생시키지 않은 대표적인 사례로 전해지고 있다.

4.3 일시적 피난장소 기능

화재가 발생하면 건물 내에 있던 대부분의 사람들이 계단방향으로 일시에 모여들어 위험 공간을 형성하여 계단실 주변은 더욱 패닉(Panic)상태를 고조화 시키는 역할을 하게 된다. 계단실은 유도등도 없고 열기와 연기가 가득 찬 상태로 대피자의 불안감, 긴박감을 조성하게 되어 대피공간으로 사용할 수 없다. 반면 옥외계단은 외기와 정면 공간으로 연결되어 있어 화재의 영향이 없으므로 임시 대피공간으로 가장 적합한 대피소가 될 수 있다.

피난계단의 대피 수용능력은 1m²당 4명 정도의 대피가 가능한 것으로 알려져 있으며, 실제 사람을 세워 실험하여본 결과는 10명까지도 수용하는 놀라움을 보이기도 하였다. 이는 위급상황에서의 인간의 안전에 대한 대피본능이라 설명하고 있다.

4.4 화재진압대원의 진입통로

고층빌딩에서 발생한 화재의 진압에서는 소방대원들의 현장 투입 어려움이 화재진압의 큰 문제점으로 제기되고 있다. 옥외에 설치된 피난계단은 열기와 연기에 가득 찬 고층빌딩 화재에서 소방대원 진입로로 활용할 수 있어 고층빌딩에서 소방 활동의 효율화 및 극대화를 가져오는 결과를 기대할 수 있다. 화재 진압 시 위층으로의 진압대원 진입여부가 소화활동을 좌우하는 큰 요소이어서 옥외계단의 역할이 화재진압의 결정적인 요소로 작용하게 된다.⁶⁾

화재현장에 제일 먼저 도착하는 대원이 구조대이고, 최후에 도착하는 자가 사다리차로 먼저 도착한 구조대가 화재현장 위층으로의 진입이 곤란한 경우가 대부분이다. 또한 사다리차가 도착하여도 사다리의 도달 한계가 있어 건물마다 위층으로의 진입이 쉽지 않다. 이러한 경우에 옥외계단은 꼭 설치되어야 할 피난시설이다.

실제 산소마스크를 착용한 소방대원이 옥내계단을 이용하여 화재현장에 접근하기 위해 계단을 오르다 보면, 정작 소방 활동이 필요한 층에 도착했을 때는 산소량이 부족해 구조나 진압활동을 하지 못하는 사례가

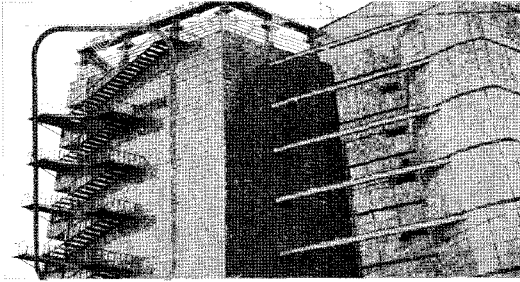


Figure 6. Evacuation exterior stairs of recreational Bldg.

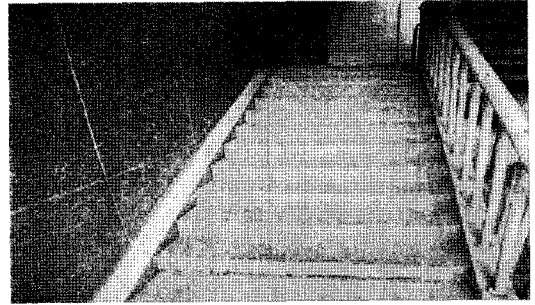


Figure 9. Structure of evacuation exterior stairs.

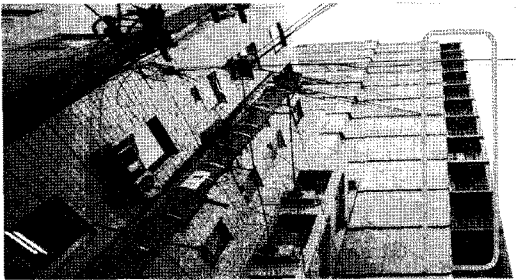


Figure 7. Evacuation exterior stairs of department.

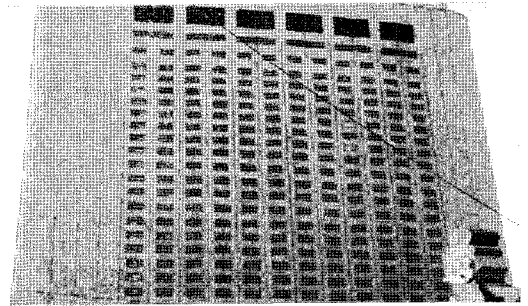


Figure 10. None exterior stairs of High-rise Hotel Bldg.

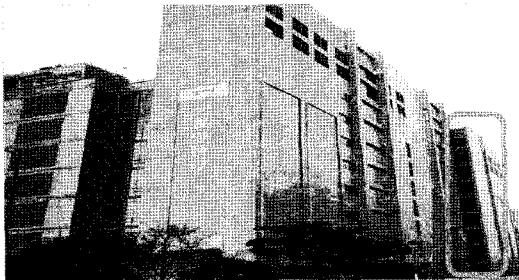


Figure 8. Evacuation exterior stairs of store.



Figure 11. None exterior stairs of Hospital Bldg.

발생하기도 한다.

이러한 여러 상황에서 옥외계단의 필요성은 화재의 진압이나 구조 활동에 있어 필요한 피난시설이면서 소화활동 보조수단으로서 필요한 소방시설의 일부로 보아야 한다.

Figure 6~8은 대형 판매시설, 백화점 건물, 유흥시설에 설치된 옥외계단으로 이러한 건물들은 현행 소방관련법으로는 옥외피난계단을 설치하여야 할 의무사항이 없는 건물이나, 건물주나 건축 설계자의 자제 판단에 의해 피난용 옥외계단을 설치한 건물들이다. Figure 9는 옥외계단으로 설치된 피난계단의 구조를 나타내고 있는 그림이다. 반면 이 세 종류의 빌딩보다 층수도 높

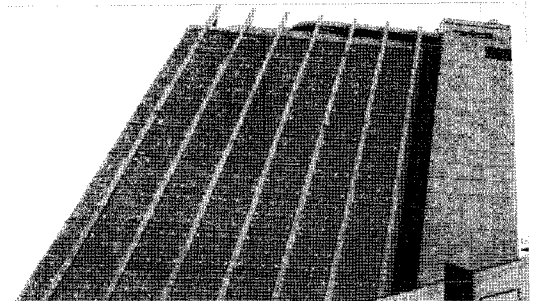


Figure 12. None exterior stairs of an office Bldg

고, 이용자가 훨씬 많은 대형 호텔이나 백화점 건물에서도 일반적으로 옥외피난용 계단은 찾아보기 힘든 상태이다.

Figure 10~12는 서울에서 위치한 비교적 규모가 큰 백화점, 대학병원, 호텔 건물로 외벽 어디에도 옥외계단은 찾아 볼 수 없다.

5. 결 론

화재발생에 따른 피해현황을 분석하여 보면 화재발생에 대한 초기진화가 얼마나 신속히 진행되었는가에 따라 피해정도가 크게 달라진다.

화재신고를 접하고 화재현장에 도착하기 까지 우리의 소방기관은 5분내 도착을 목표로 항상 소방대원들에게 교육과 훈련을 시행하고 있다. 현장에 아무리 빨리 도착하여도 화재가 이미 성장기에 접어들면 건물내로 진입하지 못하고 외부에서 소화활동을 진행 할 수밖에 없다.

이러한 진압활동이 고층빌딩인 경우에는 화재현장에 진입하지 못하고 인명구조나 화재진압을 더욱 어렵게 한다. 이러한 위급상황에서 화재건물 내에 있는 구조요구가 직접 계단이나 다른 피난시설을 이용하여 안전하게 대피할 수 있다면 화재로 인한 인명피해는 최소화 할 수 있을 것이다. 재산피해는 어찌할 수 없다 하여도 인명피해를 줄일 수 있는 피난방법이 있다면 어떠한 희생을 감수하고라도 법적인 뒷받침을 받아 반드시 설치되어야 할 것이다.

이처럼 고층빌딩에서 화재발생 시 대표적인 피난시설로 이용될 수 있는 것이 바로 옥외피난계단이라 할 수 있다. 옥외피난계단은 현재의 소방 관련법에서는 규제하지 않고 있고, 건축법 시행령 36조에서만 일부 시설물에 한정하여 피난계단 설치를 의무화하고 있다. 건축법 시행령 36조는 ‘문화 및 집회시설, 공연장이나 위

락시설 중 주점영업을 하고 있는 곳’, 또는 ‘바닥 면적이 1천 제곱미터를 초과하는 문화 및 집회시설’에는 옥외피난계단을 설치토록 하고 있다.

이와 같이 규제력이 약한 건축이나 소방 관련법률 등이 화재발생 시 막대한 인명피해를 가져오는 주요한 요인으로 작용하고 있다.

우리나라에도 이제 10층 이상의 고층빌딩이 7만 동(棟)을 넘어서는 현 시점에서 화재빈도가 높고, 다중이 이용하는 시설이나 고층빌딩에 대하여 옥외피난계단을 설치하도록 법령을 정비하여 가장 기본적으로 바람직한 방재개념인 ‘최악상황을 고려한 최선의 선택’의 한 방편으로 옥외피난계단 설치를 적극 확대하여야 할 것으로 보인다.

실제 일본의 대학병원에서 옥외피난계단이 유용하게 활용되어 500여명의 입원환자를 일시에 큰 피해 없이 대피할 수 있었다는 일본의 교훈을 받아들여야 할 시기가 본다.

참고문헌

1. 소방방재청, “2007년 화재통계연보”, pp.48-51(2007).
2. 황은경, “건축물 용도분류 체계 비교에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집(2007).
3. 황은경, “건축물 화재안전구정간 문제점 도출에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, Vol.23, No.12(2007).
4. 김홍배, “소방시설관리 실태에 관한 연구”, 한국화재소방학회, Vol.15, No.3(2001).
5. 국토해양부, “건축법 시행령 제34-37조”(2008).
6. 행정안전부 고시 제2004-30호, “특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)”(2004).
7. 김정엽, “금기가압 재연시스템의 현장 성능평가연구”, 한국화재소방학회춘계발표논문집(2008).