

해외출장
보고서

건축물 안전관리시스템 구축 및
제도화 방안 연구

미국의 건축물 안전관리시스템 관련 관계자 면담 및 시설 답사

2019.06.02 - 06.09
미국 보스턴, 퀸시, 뉴욕

김은희 부연구위원, 김꽃송이 연구원

(auri) 건축도시공간연구소

목 차

I. 출장개요 및 세부일정	1
1. 출장개요	1
2. 출장목적	1
3. 출장 주요내용	1
4. 출장 세부일정	2
II. 출장내용	3
1. 건축물 안전관리시스템 개발 기관 면담	3
① 전미방화협회 NFPA 기관 담당자 면담	3
② 뉴욕 소방청 FDNY 기관 담당자 면담	12
2. 미국 건축물 안전관리 법제도 관련 전문가 자문	17
① Arup 설계사무소 전문가 자문회의	17
② Parkins&Will 설계사무소 전문가 자문회의	21
3. 미국 건축물 안전관리 사례 답사	27
① Prudential Center 화재재건사례 답사	27
② 뉴욕 소호거리·차이나타운 화재안전계획 답사	31
③ 뉴욕 Trump Tower 화재재건사례 답사	35
④ 뉴욕 World Trade Center 화재·붕괴사례 답사	38
III. 출장에 따른 연구 시사점	43

I. 출장개요 및 세부일정

1. 출장개요

- 일시 : 2019. 6. 2 ~ 6. 9 (6박 8일)
- 출장지역 : 미국 보스턴, 퀸시, 뉴욕

2. 출장목적

- 국내 건축물 안전관리시스템 구축방향 및 제도화 방안 모색
 - 건축물 안전관리시스템을 개발·운영 중인 미국의 전미방화협회 NFPA, 뉴욕 소방청 FDNY와 미국 법제도를 적용하고 있는 설계사무소 전문가와의 인터뷰, 적용 사례 답사를 통해 국내 건축물 안전관리시스템 구축방향 및 제도화 방안 모색

3. 출장 주요내용

- 미국의 건축물 안전관리시스템 개발기관 관계자 면담
 - 전미방화협회 NFPA 관계자 면담 및 시설 견학
 - 뉴욕 소방청 FDNY 방문 및 관계자 면담(서면으로 진행)
- 미국의 건축물 안전관리 법제도 관련 전문가 자문
 - Arup 설계사무소 엔지니어 자문
 - Perkins&Will 설계사무소 건축가 자문
- 미국의 건축물 안전관리 시설 답사
 - 보스턴 프루덴셜(Prudential Center) 센터 화재안전계획 답사
 - 뉴욕 소호거리, 차이나타운 건축물 화재안전계획 답사
 - 뉴욕 트럼프 타워(Trump Tower) 화재안전계획 답사
 - 뉴욕 911 메모리얼 뮤지엄(memorial museum(World Trade Center 화재·붕괴사례)) 답사

4. 출장 세부일정

[표 1] 출장 세부일정

일 자	현지시간	출발지	도착지	일 정
6월2일 (일)	09:30 10:30	인천	보스턴	인천공항-보스턴 로건 국제공항
	10:30 13:00	보스턴		보스턴 로건 국제공항-숙소
	17:00 18:00	보스턴		Prudential Center 답사
6월3일 (월)	11:00 13:00	보스턴		보스턴 Arup 설계사무소 엔지니어 자문회의
	15:00 18:00	보스턴		Perkins&Will 설계사무소 건축가 자문회의
6월4일 (화)	10:00 12:00	보스턴	퀸시	보스턴-퀸시
	14:30 17:30	퀸시		전미방화협회 NFPA 담당자 면담 및 NFPA 건물 답사
	19:00 21:00	퀸시	보스턴	퀸시-보스턴
6월5일 (수)	11:00 15:00	보스턴	뉴욕	보스턴 Back Bay Station - 뉴욕 Penn Station
	16:00 18:00	뉴욕		뉴욕 소호거리, 차이나타운 건축물 답사
6월6일 (목)	10:00 12:00	뉴욕		Trump Tower 답사
	14:30 17:30	뉴욕		뉴욕 소방청 FNDY 방문 및 관계자 면담(서면으로 진행)
6월7일 (금)	13:00 17:00	뉴욕		뉴욕 911 메모리얼 뮤지엄(World Trade Center 화재·붕괴사례) 답사
6월8일 (토)	14:00	뉴욕		뉴욕 존 F. 케네디 국제공항
6월9일 (일)	17:20	인천		인천공항

II. 세부 수행내용

1. 건축물 안전관리시스템 개발 기관 면담

① 전미방화협회 NFPA(National Fire Protection Association) 기관 담당자 면담

□ 회의 개요

- 일 시 : 2019년 6월 4일(화) 14:30
- 장 소 : 1 batterymarch park, Quincy, MA 02169, USA
- 목 적 : 생명안전규정 LSC(Life Safety Code) 101과 건축물 화재안전 평가시스템 FSES(Fire Safety Evaluation System)의 개발배경 및 평가방법 등에 대한 내용 청취
- 참석자 :
 - Amanda Kimball, P.E. Research Director, Gregory Harrington, P.E. Principal Fire Protection Engineer, Olga Caledonia Director, International Development, Donald P.Bliss Vice President, Field Operations(NFPA)
 - 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ NFPA 기관 소개

- 전미방화협회 NFPA는 공신력 있는 민간기관으로, 건축물 화재 안전과 관련한 규정(Code)을 개발
 - NFPA는 300개 이상의 건축물 화재 안전 규정(Code)를 제시하고 있으며, 전 세계에 있는 약 8,000명 이상의 자원봉사자로 구성된 250개 이상의 기술위원회(Technical Committees)가 규정을 개발
 - 기술위원회는 화재보험, 화재 서비스, 건축물 자재 등 다양한 화재 관련 산업 종사자들로 구성되어 있으며, 1개의 기술위원회는 약 30명으로 구성됨
 - NFPA 규정들은 3~5년 마다 개정되며, 개정 기간 동안 개선이 필요한 규정에 대해서는 open meeting을 통해 공개적으로 의견을 받고 해당 과정을 온라인에 게시함
- NFPA는 건축물 화재안전 규정을 개발하는 업무 외에도 화재안전 관련 교육자료(Public Education), 리서치 저널(NFPA Journal) 운영, 화재 안전 관련 데이터 수집 등을 시행
 - 화재안전 관련 교육(Public Education) : 건축가·소방안전관리자·소방관·건축주 등을 위한 온라인 화재안전 교육 강좌 및 교육자료를 제공

- 리서치 저널(NFPA Journal) : 화재 안전 관련 논문, 보도자료 등을 제공
- 화재안전 관련 데이터 수집 : NFPA는 주요 화재 원인, 화재안전 관련 문제점, 소방관 사상자 현황, 화재 예방 시스템 및 기타 여러 주제에 대한 다양한 데이터를 수집하며, 소방연구재단(Fire Protection Research Foundation)과 함께 전 세계 조직(Research Group)과 협력하여 화재 안전 위험요소 및 해결방안을 분석
- NFPA는 멤버십 제도를 통해 기관 운영자금을 확보하고 있으며, 멤버십에 가입한 국가 또는 도시에게는 화재 안전 규정(Code) 및 기술 자문, 교육 등을 무료로 제공
 - 멤버십 제도 유형(types)에는 Professional Membership, Renew your Membership, Student Membership이 있으며, 1년/2년/3년 단위로 선택하여 가입할 수 있음
 - 공공기관에 한해서는 무료로 기술 자문을 수행

□ 생명안전규정 LSC(Life Safety Code) 101 개발배경 및 주요내용

- 개발배경
 - LSC 101은 초기에는 팜플렛(pamphlet) 형태의 Building Exit Code로 1927년에 개발됨
 - 이후 1942년에 보스턴 Cocoanut Grove Night Club에서 대규모 화재사건이 발생하면서 'Code Language'로 쓰여진 규정 제정이 필요해짐에 따라 Building Exits Code를 개정하여 1966년에 LSC 101 개발
- 적용범위
 - 생명안전규정 LSC 101은 NFPA에서 3년 주기로 발간하는 건축물 화재안전 규정(Code)로, 주로 Medicare와 Medicaid를 실행하는 모든 의료시설의 가이드로 활용
 - LSC 적용 여부는 미국 보건복지부(Department of Health and Human Services) 장관의 권한이며, 보건복지부 장관은 개별 주의 화재안전 규정이 LSC와 비교하여 더 적합하거나 엄격하다고 판단될 경우, LSC를 대신하여 주별 화재안전 규정을 도입할 수 있음
 - 이와 같이 미국은 주별로 LSC 101 적용 여부를 달리하고 있으며, 각기 상이한 LSC 101 개정집(edition)을 적용
 - 미국에는 LSC 101의 2015 edition을 적용하는 주가 있고, 2018 edition을 적용하는 주가 있는 등 주별로 각기 상이한 개정집을 적용하며, 특정 기준에 한하여 업데이트된 개정집의 기준을 적용하기도 함
 - 예를 들어, LSC 101 2015 edition을 적용하고 있으나, 특정 스프링클러 설치 기

준에 한하여 LSC 101 2018 edition을 적용

• 주요내용

- LSC 101은 총 43장(Chapter)으로 구성되며, 건축물 용도별/신축-기존 건축물로 구분하여 화재안전 시설계획기준을 제시

[표 2] LSC 101(2013 edition)의 주요내용

장(Chapter)	주요내용
1 총칙 (Administration)	- 규정의 적용범위, 개발 목적, 적용대상, 등가성, 규정에서 활용된 단위체계 기술
2 참고문헌 (Referenced Publications)	- 규정에 인용된 참고문헌 기술
3 용어 정의 (Definitions)	- 규정에서 제시하는 주요 용어 정의
4 일반사항 (General)	- 1장에서 수록되지 않은 나머지 일반 규정 수록 - 위험가정조건, 인명안전 적합성 선택조건, 기초적인 요구사항, 일반 요구사항 등
5 성능위주의 선택사항 (Performance-Based Option)	- 규정의 대안으로써, 성능위주의 대안설계방법 제시
6 건축물 용도 분류 및 위험물 (Classification of Occupancy and Hazard of Contents)	- 건축물 용도 정의 및 분류 기준 제시 - 위험물 분류기준 제시
7 피난계획 (Means of Egress)	- 비상구 접근로, 피난통로, 대피장소, 옥외피난 계단, 바닥구조, 대피장소 등 피난경로 관련 계획기준 제시 - 피난설비(유도등, 방호구역, 피난사다리, 구조대 등) 계획기준 제시
8 방화설비 (Features of Fire Protection)	- 방화벽, 방화구조 및 구획, 방연칸막이 구조 기준 제시
9 건축물 공기조화설비와 소화설비 (Building Service and Fire Protection Equipment)	- 공기조화설비, 제연설비, 화재감지 및 경보설비, 스프링클러설비, 기타 자동소화설비, 소화기, 옥내소화전 설비, 특수 검사 및 시험 기준 제시
10 내장재, 수용품(가구 등) 및 비품 (Interior Finish, Contents, and Furnishings)	- 천장·바닥·벽 내장재별 내화성능 기준 제시 - 수용품(가구 등) 및 비품에 적용해야하는 내화성능 기준 제시
11 특수 구조물 및 고층건물 (Special Structures and High-Rise Buildings)	- 옥외 구조물, 타워, 물로 둘러싸인 구조물, 부두, 차량 및 선박, 가설 구조물 화재안전 시설 계획기준 제시 - 고층건축물 화재안전 시설계획기준 제시
12-13 집회시설 : 신축 및 기존 건축물 (New and Existing Assembly Occupancies)	- 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시 - 시설계획기준은 신축 건축물에 적용되는 기준과 기존 건축물에 적용되는 기준으로 구분하여 제시됨
14-15 교육시설 : 신축 및 기존 건축물 (New and Existing Educational Occupancies)	- 위와 동일
16-17 보호시설 : 신축 및 기존 건축물 (New and Existing Day-Care Occupancies)	- 위와 동일

장(Chapter)	주요내용
18-19	의료시설 : 신축 및 기존 건축물 (New and Existing Health Care Occupancies) - 위와 동일
20-21	응급의료시설 : 신축 및 기존 건축물 (New Ambulatory Health Care Occupancies) - 위와 동일
22-23	교정시설 : 신축 및 기존 건축물 (New Detention and Correctional Occupancies) - 위와 동일
24	단독 및 2가구 주택 (One-and Two-Family Dwellings) - 신축 건축물에 대한 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시
25	유보 (Reserved) - 단독 및 2가구 주택의 기존 건축물 시설계획기준 개발 예정
26	숙박시설 (Lodging or Rooming Houses) - 신축 건축물에 대한 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시
27	유보 (Reserved) - 단독 및 2가구 주택의 기존 건축물 시설계획기준 개발 예정
28-29	호텔 및 기숙사 : 신축 및 기존 건축물 (New Hotels and Dormitories) - 위와 동일
30-31	아파트 : 신축 및 기존 건축물 (New and Existing Apartment Buildings) - 위와 동일
32-33	요양원 : 신축 및 기존 건축물 (New Residential Board and Care Occupancies) - 소규모 시설과 대규모 시설과 구분하여 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시
34-35	유보 (Reserved) - 요양원의 기존 건축물 시설계획기준 개발 예정
36-37	상업시설 : 신축 및 기존 건축물 (New Mercantile Occupancies) - 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시 - 시설계획기준은 신축 건축물에 적용되는 기준과 기존 건축물에 적용되는 기준으로 구분하여 제시됨
38-39	업무시설 : 신축 및 기존 건축물 (New Business Occupancies) - 위와 동일
40	공업시설 (Industrial Occupancies) - 신축 건축물에 대한 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시
41	유보 (Reserved) - 공업시설의 기존 건축물 시설계획기준 개발 예정
42	창고시설 : 신축 및 기존 건축물 (Storage Occupancies) - 최소구조기준, 피난계획, 방화설비, 건축물 공기조화설비 및 소화설비 등에 대한 적용기준 제시 - 시설계획기준은 신축 건축물에 적용되는 기준과 기존 건축물에 적용되는 기준으로 구분하여 제시됨
43	건물재건 (Building Rehabilitation) - 수선, 개보수, 개조, 개축, 용도변경, 증축 시 적용해야 할 규정 제시
	부록 A 설명자료
	부록 B 피난기구
	부록 C 참고문헌
출처 : NFPA, 화재보험협회, 인명안전코드 핸드북 제13판, 화재보험협회, 목차 내용 재구성	

□ FSES(Fire Safety Evaluation System) 개발배경 및 안전성 평가방법

- 개발배경
 - FSES는 여러 기능(용도)이 복합화되어 LSC 101을 적용하기 어려운 의료시설, 교정시설, 숙박 및 요양시설, 업무시설, 교육시설의 화재안전 확보를 위해 개발됨
 - FSES는 특정 용도시설에만 적용되며, NFPA는 FSES에 없는 용도시설은 LSC 101을 준수할 것을 권고
 - FSES는 안전성 평가 결과값이 LSC 101 규정을 준수한 것과 동등한 안전성을 제공하는지 확인함으로써, 건축물 안전 여부를 평가
 - FSES의 내용은 1981년에 개발되어 LSC 101의 부록으로 수록되다가 1980년대 말에 NFPA 101A(Guide on Alternative Approaches to Life Safety)로 통합되어 발간되었으며, 미국 국가표준기준(American National Standard)로 승인됨
- 개발주체
 - FSES는 NFPA의 기술위원회(Technical Committee)에 의해 개발되었으며, 델파이 분석기법을 활용해 안전성 평가지표 및 평가방법을 개발
 - 안전성 평가지표 및 평가방법 개발 시 활용된 데이터는 미국 국방부, 소방청의 국가공공데이터를 활용하였으며, 필요 시 설문조사(survey)를 시행함
 - 기술위원회는 NFPA 101A 개정을 소관하고 있으며, 현재 안전 수준 및 관련 규정의 개정현황을 반영하여 FSES를 개선
- 주요내용
 - FSES는 총 9장(Chapter)으로 구성되며, 4~9장에 건축물 용도별 화재안전평가방법을 기술하고 있음

[표 3] NFPA 101A의 주요내용

장(Chapter)	주요내용
1. Administration	범위, 목적, 적용방법
2. Referenced Publications	관련 규정
3. Definitions	용어 정의
4. Fire Safety Evaluation System for Health Care Occupancies	의료시설 화재안전평가시스템
5. Fire Safety Evaluation System for Detention and Correctional Occupancies	교정시설 화재안전평가시스템
6. Evacuation Capability Determination for Board and Care Occupancies	숙박 및 요양시설 피난능력측정시스템
7. Fire Safety Evaluation System for Board and Care Occupancies	숙박 및 요양시설 화재안전평가시스템
8. Fire Safety Evaluation System for Business Occupancies	업무시설 화재안전평가시스템
9. Fire Safety Evaluation System for Educational Occupancies	교육시설 화재안전평가시스템
부록 A. Explanatory Material	자재
부록 B. Informational References	참고문헌

출처: NFPA(2006), NFPA 101A Guide on Alternative Approaches to Life Safety, pp.5~161. 목차 직접 인용 및 재정리

- **(평가목표)** FSES는 단일 시설계획요소의 화재 안전성을 평가하는 것이 아니라 건축물의 종합적인 화재 안전성을 평가하며, LSC 101 안전수준과의 동등성을 판단하는데 목표가 있음
- **(평가도구)** FSES는 구조화된 워크시트를 활용하여 건축물 화재 안전성을 정량적·정성적으로 평가

NV – Where a single egress route exists for more than a Lottery building, this PSES does not evaluate overall safety. Other egress routes may exist outside the building footprint with the equivalency concept of Section 4.4 of NFPA 101.

Use (2) if all vertical opening is in accordance with 6.8.6.2 and:

- Use (1) if educational occupancy is existing;
- Use (1) if vertical opening enclosure is existing;

Use (3) if vertical opening construction is Type IIIB, Type IIB or Type V/000.

For peripheral structures less than 50' apartment system must be mechanically sprinkled.

- Use (1) in existing educational occupancy if student occupied egress level is LED is not sprinklered.
- Use (2) if existing educational occupancy if level below LED is not sprinklered.

If alternative protection system is provided in accordance with 6.8.6.2, 6.8.6.3 or 6.8.6.4, use 6.8.6.2

- Use (1) Parameter 5 value is 4;
- Use (1) for 1-story buildings only; for more than 1-story building the NV entry applies; use 6.8.6.2
- Use (1) if no smoke control but aggregate floor areas having a maximum perimeter length of 100' and average width of 10' <length is 100' and <300' B width.

WORKSHEET 9.6.6 FACILITY FIRE SAFETY REQUIREMENTS				
Considerations		Met	Not Met	Not Applicable
A.	Building utilities conform to the requirements of Section 9.1 (NFPA 101).			
B.	The air conditioning, heating, and ventilating systems conform to Section 9.2 (NFPA 101), except for enclosure of vertical openings, which have been considered in Safety Parameter 3 of Table 9.6.2.			
C.	Elevator installations are made in accordance with the requirements of Section 9.4 (NFPA 101).			
D.	Rubbish chutes, incinerators, and laundry chutes are installed in accordance with Section 9.5 (NFPA 101).			
E.	Emergency lighting is provided in accordance with the requirements of 14.2.9 and 15.2.9 (NFPA 101).			
F.	Exit signs are provided in accordance with the requirements of 14.2.10 and 15.2.10 (NFPA 101).			
G.	Kindergarten, first and second grade student occupancy within the building conforms to the requirements of 14.2.1.2 through 14.2.1.4 and 15.2.1.4 (NFPA 101).			
H.	Artwork on walls and ceilings conforms to the requirements of 14.7.4.3 and 15.7.4.3 (NFPA 101).			

WORKSHEET 9.6.7 CONCLUSIONS

1. ☐ All of the checks in Worksheet 9.6.5 are in the "yes" column and the applicable considerations identified in Worksheet 9.6.6 are met. The level of fire safety is at least equivalent to that prescribed by NFPA 101, *Life Safety Code*, for educational occupancies.
2. ☐ One or more of the checks in Worksheet 9.6.5 are in the "no" column or some or all of the items in Worksheet 9.6.6 are not met, or some combination of these results. The level of fire safety is not determined by this system to be equivalent to the life safety requirements prescribed by NFPA 101, *Life Safety Code*, for educational occupancies.

- **(평가방법)** FSES의 평가방법의 기본구조는 건축물 용도를 고려하여 가중치를 산출하고, 건축물 유형별 화재안전평가지표(Safety Parameter)를 활용하여 개별 시설계 획요소에 대한 안전성(Safety Parameter Values)를 평가한 이후, 이를 지수화하여 종합적인 관점에서 LSC 101과의 동등성 여부를 비교하는 것임
- 다만 5개 건축물의 유형별 안전성 평가지표 및 평가방식은 일부 상이함
- 숙박 및 요양시설의 경우, 소규모(재실자 16인 미만)/ 대규모(재실자 16인 이상)/ 아파트로 구분하여 화재안전평가지표 및 평가방법을 제시하고 있음
- 화재안전 평가지표의 평가기준은 NFPA 101A에 상세히 제시되어 있으며, 평가기준은 LSC 101, NFPA 5000 등 NFPA의 규정(Code)에 근거하고 있음

[표 4] FSES 평가방법 및 절차의 기본구조

절차			평가방법	비고
평가범위 결정	1단계	적용대상 범위 확인		<ul style="list-style-type: none"> - 의료시설 : 모든 화재구역 (Fire/Smoke Zone) - 의료시설을 제외한 나머지 시설 : 시설 전체, 단, 출입구 시설여건 (Use Condition) 확인 필요. 이후 화재안전평가지표 평가 시 출입구 조건에 따라 안전변수 값 (Parameter Values)가 달라짐
화재안전 성 평가	2단계	화재 위험도 가중치(or 시설여건) 산출·결정		<ul style="list-style-type: none"> 의료시설 : 재실자 위험요소 (Occupancy Risk Parameter Factors)를 평가하여 위험도 가중치 (Adjusted Occupancy Risk factor R) 계산·산출 - 교정시설 : 출입구 시설여건(Use Condition) 결정. 이후 화재안전평가지표 평가 시 출입구 시설여건에 따라 안전변수 값(Parameter Values)이 달라짐
		※해당단계는 의료시설과 교정시설에만 존재		
	3단계	화재안전평가지표(Safety Parameters)에 대한 안전변수 값(Parameter Values) 결정		
	4단계	Individual Safety Evaluations Using Worksheet를 활용하여 개별지표의 안전성(Individual Safety Evaluations) 평가		
	5단계	워크시트를 활용하여 필수 안전 요구 값(Mandatory Safety Requirements) 결정		
	6단계	지수화된 산식을 통해 종합적인 관점에서 화재안전 동등성 평가(Fire Safety Equivalency Evaluation)		방화구획의 안전성, 소화 안전성, 피난 이동 안전성, 일반 안전성 등의 관점에서 종합적으로 LSC 101과의 동등성 평가 안전성 지수의 수치가 양수(+)이면 Life Safety Code 101 규정에 적합한 수준으로 판명, 음수(-)가 나오면 LSC 속성에 적합하지 않은 것으로 평가됨
	7단계*	체크리스트로 구성된 시설 화재 안전 추가 요구사항 워크시트(Facility Fire Safety Requirements Worksheet) 평가		평가결과는 Met/Not Met/Not Applic으로 구분됨
결과 도출	8단계	최종 평가결과(Conclusions) 도출		화재안전 동등성 평가와 화재안전 추가 요구사항 워크시트 결과를 토대로 최종 평가결과 도출

* 7단계는 체크리스트를 활용한 정성평가로 시행됨

출처: NFPA(2006), NFPA 101A Guide on Alternative Approaches to Life Safety 2007 Edition, pp.23~31, pp.41~49, pp.79~120, pp.134~141, pp.151~158, 직접인용 및 참고 재정리



[그림 4] NFPA 본사 전경



[그림 5] NFPA 본사 입구



[그림 6] NFPA 내부



[그림 7] NFPA 건축물 안전 코드(NFPA 101, 101A 등)



[그림 8] 기관 담당자 면담 현황



[그림 9] AURI 및 NFPA 관계자

② 뉴욕 소방청 FDNY(Fire Department City of New York) 기관 방문

□ 회의 개요

- 일 시 : 2019년 6월 6일(목) 14:30
- 장 소 : 9 Metrotech Center , Brooklyn , NY. 11201-3857
- 목 적 : FireCast의 개발배경 및 평가방법 등에 대한 내용 청취
- 자문대응 :
 - Richard M. Roche Executive Officer(FDNY), 서면자문
 - 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ FDNY(Fire Department City of New York) 기관 소개

- FDNY는 뉴욕시의 화재 예방, 인명 구조, 응급의료서비스, 테러 예방, 화재대책 등에 대한 서비스를 제공하는 정부부서
 - FDNY는 미국에서 가장 큰 소방서이며, 세계에서 도쿄 소방서 다음으로 규모가 큼
 - FDNY는 약 11,000명의 소방관과 약 4,300명의 EMT·구급요원·화재조사관으로 구성되며, 뉴욕시의 약 850만명의 시민들에게 서비스를 제공
- 화재 및 비상사태가 발생하면 전화경보(Telephone alarms), 화재경보설비(Fire alarm boxes), Class 3 알람, 구두경보(Verbal alarms)의 4가지 방법을 통해 FDNY에 신고할 수 있음
- FDNY는 다양한 화재·사고 현장 특성을 고려하여 Engine companies, Ladder companies, Rescue companies, Squad companies, Hazardous materials company를 운영하고 있음
 - Engine companies : 소화전으로부터의 급수 확보, 핸드라인 배치, 화재 진압 등의 임무 수행. Engine companies는 물탱크, 다양한 직경의 소방호스, 비상 의료 서비스 공급장치, 연장 사다리 등 각종 공구들을 포함하며, FDNY에는 총 197개의 Engine companies가 있음
 - Ladder companies : 화재 현장에서 수색 및 구조, 환기, 사다리 관리·운영 임무를 수행하며, 다양한 유형의 사다리 소방차를 보유. FDNY에는 총 143개의 Ladder companies가 있음
 - Rescue companies : FDNY에서 가장 경험이 많고 고도의 특수 훈련을 받은 엘리트들로 구성되어 있으며, 특수 화재 및 구조 사고에 대응하는 임무 수행. 구조 소방서들은 로프 구조, 건물 붕괴 구조, 제한된 공간 구조, 물 구조 등 기술적인 구조

- 작업이 필요한 업무를 수행하며, FDNY에는 총 5개의 Rescue companies가 있음
- Squad companies : FDNY의 특수훈련을 받은 소방관들로 구성되어 있으며, 위험 물질 사고를 완화하는 작업을 수행함. FDNY에는 총 8개의 Squad companies가 있음
 - Hazardous materials company : 뉴욕시 내의 주요 위험물질(hazardous materials) 사고, 건물 붕괴 및 테러 사고, 오염 관련 사고 등에 대응하기 위한 임무를 수행하며 위험한 상황을 처리할 수 있는 다양한 장비를 갖춘 구조 소방차 및 Haz-Mat 소방차를 운영



[그림 10] FDNY 전경

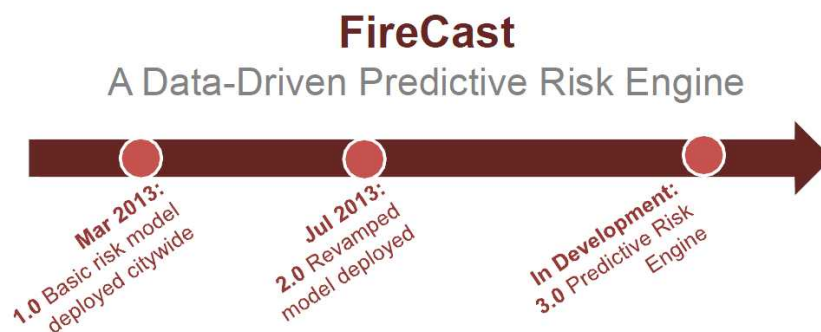


[그림 11] FDNY 입구

□ FireCast 개발배경 및 주요내용

- 건축물 화재 위험 기반 검사 시스템 FireCast 개발배경
 - 약 820만명에 가까운 시민들이 살고 있는 뉴욕시는 매년 약 160만건 이상의 화재, 의료사고 등이 발생
 - 2007년 도이치 은행에서 대규모 화재사건이 발생되자 뉴욕시는 건축물 안전 확보를 위해 가장 효과적인 위험도 관리 방법을 적용하여 도시 차원의 건축물 화재 위험 기반 검사 시스템 FireCast를 개발
 - 도이치 은행 화재 수사관들은 소방관들에게 적합한 정보를 제시간에 제공하지 못했기 때문에 인명피해가 확대되었다고 보고

- FireCast가 개발되기 이전의 뉴욕시 기존 건축물의 화재 안전점검은 각 소방서마다 기준이 달랐으며, 종이문서(silos) 형태로 정보가 수집되거나 다양한 컴퓨터 시스템에 개별적으로 저장되어 데이터 공유 및 관리가 어렵다는 문제점이 있었음
- FireCast 개발 이후, 뉴욕시는 건축물 정보를 토대로 화재 위험이 큰 건축물의 우선순위를 정하여 화재 위험이 높은 건물의 경우 보다 강화된 안전검사 또는 구조적 문제(문의 위치, 화재 시 비상탈출 경로 등)를 해결하고, 이를 통해 뉴욕 시민 및 소방관들의 안전을 확보
- FireCast 개발주체
 - FireCast는 뉴욕 소방청 FDNY와 뉴욕시 데이터 분석팀 MOCA(Mayor's office of data analytics)에 의해 개발됨
 - 2013년 FDNY의 분석팀(Analytics Unit)에서는 FireCast라는 빅데이터 기반의 위험도 예측 알고리즘을 개발
 - FireCast의 초기모델은 현재 FireCast 2.0으로 업데이트되었으며, FireCast 3.0이 개발 중에 있음
 - FireCast는 현재 위험 기반 조사 시스템 RBIS(Risk Based Inspection System)에 통합되어 있으며, FDNY는 RBIS를 통해 화재 위험이 높은 건물을 식별하고 건축물 안전 검사의 우선순위를 부여
 - FDNY는 모든 건축물의 안전 정보를 중앙 데이터베이스에 저장하고 있으며, 이 데이터들은 다른 도시 데이터와 상호 연결됨

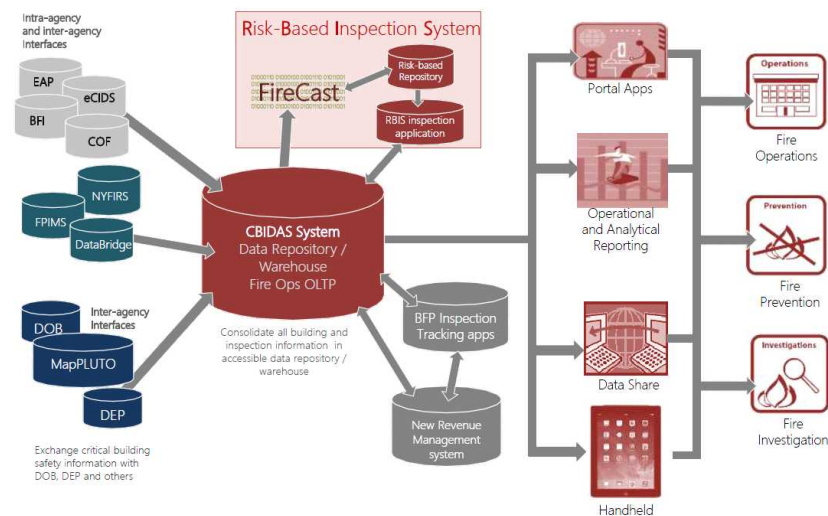


[그림 12] FireCast 개발과정

출처: Joe Woznica 외(2014), FireCast : Leveraging Data Science for Smart Fire Risk Mitigation, FDNY, p. 11, 직접인용

- FireCast의 건축물 안전 평가 데이터 수집방법
 - FDNY는 CBIDAS(Coordinated Building Inspection and Data Analysis System)를 개발하여 데이터를 수집·관리하며, 공공데이터 공유 플랫폼인 데이터 브릿지(Date Bridge)를 통해 정부 기관 간 관련 데이터 공유
 - FireCast는 CBIDAS를 통해 수집된 건축물 안전 데이터를 기반으로 화재 발생 상관관계를 분석하여 위험도의 우선순위를 측정하며, 매일 데이터 업데이트 사항을 반영하여 화재 위험도를 재계산함
 - 화재 위험도 평가를 위한 데이터는 관련 기관에서 제공받고 있으며, 현장 안전점검을 통해 업데이트함

FDNY Tech: Current and Future Build Coordinated Building Inspection Data Analysis System (CBIDAS)

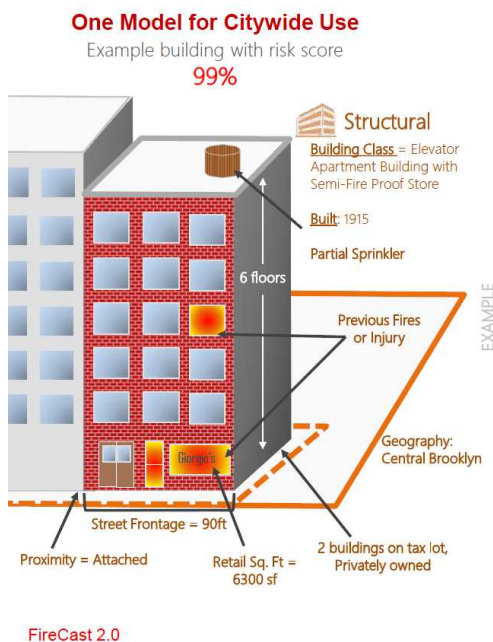


[그림 13] FireCast의 건축물 화재 위험도 측정 우선순위 결정모델

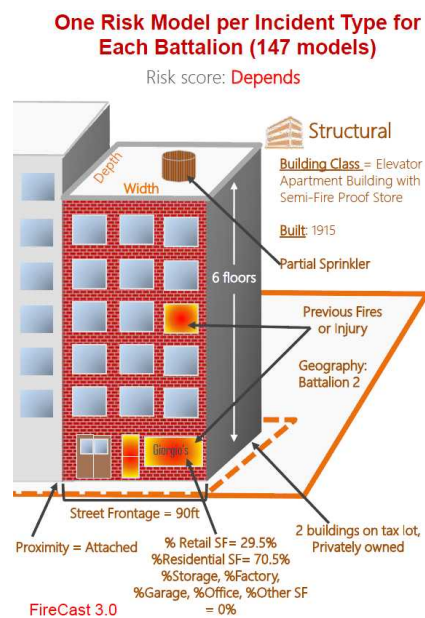
출처: Joe Woznica 외(2014), FireCast : Leveraging Data Science for Smart Fire Risk Mitigation, FDNY, p. 10, 직접인용

- FireCast의 건축물 안전 평가지표 현황
 - FireCast 2.0은 모든 건축물에 대해 건축물 준공연도, 스프링클러 설치 유무(전체/부분), 건축물 용도 분류, 소유주, 지리적 특성, 도로와의 관계, 건축물 주소(지번), 규모, 화재발생 유무, 기타 사고발생 유무 등 약 60개의 데이터 수집하며, 관련 데이터는 5개 기관으로부터 제공받음
 - 현재 개발 중인 FireCast 3.0은 약 7,500개의 건축물 지표로 구성될 예정이며, 17개 기관에서 데이터를 제공할 계획

- FireCast 1.0과 2.0은 전체 도시를 하나의 데이터 세트로 묶어서 화재 위험도를 계산하였으나, FireCast 3.0은 도시를 49개 구역으로 분류하여 개별지역의 고유한 화재 이력과 특성을 토대로 건물 화재 위험점수를 도출
- FireCast 3.0은 화재 위험도 평가에서 인간 행태를 반영하기 위해 311 응급 서비스 현황 데이터를 포함함. 연간 처리되는 260만 건의 311 민원 중 140만건이 건축 관련 민원으로, 이는 대부분 FDNY가 안전점검을 시행하는 건축물과 관련이 있음



[그림 14] FireCast 2.0에서 수집한 데이터 예시
출처: Joe Woznica 외(2014), FireCast : Leveraging Data Science for Smart Fire Risk Mitigation, FDNY, p. 15, 직접인용



[그림 15] FireCast 3.0에서 수집할 데이터 예시
출처: Joe Woznica 외(2014), FireCast : Leveraging Data Science for Smart Fire Risk Mitigation, FDNY, p. 16, 직접인용

- 안전점검을 통해 화재가 예방되지는 않았지만 소방관들은 건물배치, 스탠드파이프 (standpipes)의 위치, 경보시스템, 소화전 및 기타 건축물 주요정보에 대한 데이터를 수집함으로써 효율적으로 인명구조를 시행할 수 있게 됨
- 건축물 화재안전 확보를 위해 데이터 기록 및 수집에 대한 중요성이 커짐에 따라 데이터 표준규정 NFPA 951(Standard for Data Development and Exchange for the Fire Service), 건축물 데이터 수집을 위한 가이드 NFPA 951(Guide to Building and Utilizing Digital Information)를 개발

2. 미국 건축물 안전관리 법제도 관련 전문가 자문

① Arup 설계사무소 전문가 자문회의

□ 회의 개요

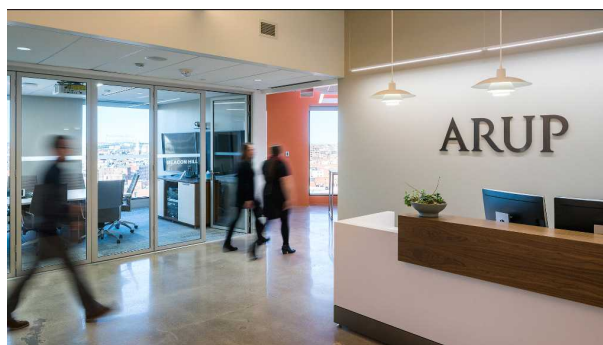
- 일 시 : 2019년 6월 3일(월) 11:00
- 장 소 : 100 Federal St k200, Boston, MA 02110
- 목 적 : 미국의 건축물 안전관리에 대한 인식 및 건축물 조성단계별 안전관리 체계에 대한 자문
- 참석자 :
 - 황찬미 엔지니어, Peter Hoad Director(Arup)
 - 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ Arup 설계사무소 소개

- ARUP은 1946년 Ove Arup에 의해 설립되었으며, 건설 산업과 관련된 종합서비스를 제공
 - 인간의 행동과 위험요소에 대한 데이터 시뮬레이션 및 분석을 통해 모든 유형의 구조물에 안전관리 시스템을 적용하여 화재관련 제도 컨설팅, 전략 자문, 전문 화재 안전 설계, 건설 감독, 검사 및 위험평가, 화재 후 복구 등의 서비스를 제공
 - Arup의 보스턴 지사는 1998년도에 설립되었으며, 엔지니어링, 컨설턴트, 건축물 설계(신축 및 기존건축물 포함), 건축물 에너지 계획, 스마트 기반시설, 대중교통 솔루션을 제공함
- Arup은 한국을 포함한 34개의 나라에 지사가 있으며, 14,000명이 넘는 디자이너, 플래너, 엔지니어, 컨설턴트와 기술 전문가(technical specialists)로 구성됨



[그림 16] 전문가 자문회의 현황



[그림 17] Arup's Boston office

출처:

ARUP,

<https://www.arup.com/news-and-events/arups-boston-office-achieves-well-certification>, (검색일자: 2019.6.20.)

□ 미국의 건축물 안전관리에 대한 인식

- 미국은 안전한 건축물로 인정받은 부동산일수록 높은 가격이 형성되므로, 건축주가 자발적으로 건축물 안전 개선을 위한 노력 시행
 - 미국은 부동산 시장의 경쟁력이 강해 국가가 화재·구조안전 시설기준을 의무화하지 않아도 건축주가 자발적으로 IBC(International Building Code), LSC(Life Safety Code) 101 등에 있는 건축안전 규정(Code)를 적용하여 안전한 건축물을 건립하는 사회 분위기가 조성되어 있음
 - 건축주는 해당 건축물이 안전한 환경으로 구축되어 있는지 report를 작성해서 세입자에게 송부하며, 세입자들도 Design Permit을 내고 건물에 입주
 - 세입자가 특정공간을 리모델링하거나 시설계획 개선을 위해서는 Tenant Improvement Building Permit Checklist를 우선 확인하고, Tenant Improvement Building Permit Application을 신청해야 함
 - 미국은 LEED 인증제도도 자발적으로 거의 모든 건축물에 적용되고 있음

City of Nampa Building Department
411 3rd St S
Nampa, ID 83651
(208) 468-5435

Code Analysis for Commercial/Multi-Family Projects

The following code analysis information **IS REQUIRED** on all commercial plans submitted to the Building Department for review and approval.

Staff Use	Analysis Items:	Code References
<input type="checkbox"/>	1. Type of Construction	IBC Chapter 6
<input type="checkbox"/>	2. Occupancy Classification & Separation	IBC Chapter 5 & Table 508.4
<input type="checkbox"/>	3. Actual/Allowable Area	IBC Chapter 5 & Table 506.2
<input type="checkbox"/>	4. Actual/Allowable Height	IBC Chapter 5 & Table 504.3
<input type="checkbox"/>	5. Actual/Allowable Stories	IBC Chapter 5 & Table 504.4
<input type="checkbox"/>	6. Occupant Load (per use)	IBC Chapter 10 & Table 1004.1.2
<input type="checkbox"/>	7. Exits Req d/Provided	IBC Chapter 10 & Tables 1006.2.1, 1006.3.1 & 1006.3.2 (2)
<input type="checkbox"/>	8. Required fire resistance of ext. walls	IBC Chapter 6 & Table 602
<input type="checkbox"/>	9. Required opening protection	IBC Chapter 7 & Table 705.8
<input type="checkbox"/>	10. Fire resistive construction requirement's	IBC Chapter 6 & Table 601
<input type="checkbox"/>	11. Special inspection(s) required	IBC Chapter 17
<input type="checkbox"/>	(Indicate type of inspections and name(s) of the agencies to perform these inspections on construction documents)	
<input type="checkbox"/>	12. Code year/Type of Code Based on Current Adopted Codes	

CURRENT ADOPTED CODES (1-1-2018)

- 2012 International Residential Code
- 2015 International Building Code
- 2012 International Mechanical Code
- 2012 International Fuel Gas Code
- 2017 Idaho State Plumbing Code
- 2017 National Electrical Code
- 2012 International Energy Code (Residential)
- 2015 International Energy Code (Commercial)
- 2009 ICC/ANSI A117.1
- 2015 International Existing Building Code

DESIGN CRITERIA:
Seismic Design Category = Based on Site Class
Wind Speed = As Per 2015 IBC & 2012 IRC
Ground Snow load = 20 psf
Collateral Load for Steel Buildings = 5 psf minimum

[그림 18] Code Analysis for Commercial/Multi-family Projects

출처: NAMPA(2018), Tenant Improvement Building Permit Guide, p.1 직접인용

Tenant Improvement Building Permit Checklist

General Requirements for all REMODELS AND/OR TENANT IMPROVEMENT plan submittals (THREE COMPLETE SETS) Sheet sizes shall not be less than 24" x 36" and not more than 30" x 42".

****NOTE: Architectural plans MUST be stamped and signed by an Idaho Registered Architect. ****
A CD(s) CONTAINING ALL SUBMITTAL ITEMS IN PDF FORMAT IS REQUIRED**

Staff	Applicant	
Date:	Date:	
		CONSTRUCTION PLANS (Remodels, Tenant Improvements, Change of Occupancy)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Site Plan - Building location, landscaping and parking. Dimensioned plan if any exterior work is being done.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Code Analysis - Required information is detailed on the Code Analysis form within this application.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor Plan - Floor Plan of the ENTIRE BUILDING. Indicate the location of the subject tenant space and all exit schemes, exterior wall openings, door swings, use designations, exit signage, wall locations, room uses, etc. For the remainder of the tenant spaces, please indicate the type of occupancies in each tenant space within the entire building and their square footages.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ComCheck Energy Analysis - (if applicable) - Prepared by an Idaho Licensed Architect or Engineer.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Building Sections and Details - Sections of walls, fire rated assemblies, stairways, and floor/ceiling assemblies.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Room and Finish Schedules - Including the room finishes for ceilings, walls and floors. Also, include schedules for all windows and doors, indicating the type, size, safety glazing, and door hardware.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Structural Plans & Calculations (stamped by the Design Professional performing the structural calculations) - (if applicable).
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conservation Elements - Insulation R-values, glazing U-Factors, glazing solar heat gain coefficient (SHGC) value, rough opening sizes, air sealing notes. (if Changing or Adding).
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Electrical Plans - Exit signage, switching diagrams, lighting schedule with fixture, bulb and ballast type, number of bulbs per fixture, and fixture wattage; exterior lighting bulb and ballast type, and type of control. Location of exit signage and emergency lighting shall coordinate with the floor plan or the reflected ceiling plan.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mechanical Plans - (if Adding or Changing) Equipment schedule listing the make and model of the equipment and other information pertinent to compliance with IECC; duct insulation R-values, mechanical system control schematic, load calculations. Information regarding all fire rated penetrations, smoke dampers, fire dampers, etc.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plumbing Plans - (if adding any plumbing) Plumbing plan, isometrics, grease/sand interceptor details (if a restaurant will be required to provide grease interceptor information), and calculations to determine actual interceptor sizing according to the requirements in the Uniform Plumbing or International Plumbing Code, but in no case shall be less than 1500. Be sure to include the sewer connection, type and location of reduced pressure backflow device(s), gas line piping materials and calculations, water line piping layout and materials, and drain/waste/vent piping layout and materials.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Civil Plans - May be required depending on the scope of work. Please check with the City of Nampa Engineering Division to find out what your requirements may be. Some items that would trigger civil plans are, but not limited to: Change to storm drainage, adding/changing utilities, adding fire sprinklers, redesign/paving of parking lot, conversion from residential to commercial occupancy.
		CONSTRUCTION PLANS (Only Change of Occupancy without any remodel being done)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Code Analysis - Required information is detailed on the Code Analysis form within this application.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor Plan - Floor Plan of the ENTIRE BUILDING. Indicate the location of the subject tenant space and all exit schemes, exterior wall openings, door swings, use designations, exit signage, wall locations, room uses, etc. For the remainder of the tenant spaces, please indicate the type of occupancies in each tenant space within the entire building and their square footages.

그림 19 Tenant Improvement Building Permit Checklist

출처: NAMPA(2018), Tenant Improvement Building Permit Guide, p.4 직접인용

- 미국은 규정의 시설계획기준이 개정되면 건축주가 자발적으로 건축물을 개선
 - 프랭크로이드 라이트가 설계한 'SC Johnson Wax Research Tower'의 경우, 1950년에 준공이 완료되어 해당 년도의 건축 규정을 준수하였으나, 1982년 피난계단 설치기준이 개정되자 저층부만 전시공간으로 활용하고 이 외의 층은 사용하지 않음
 - 건축물을 개정된 시설계획기준에 맞춰 리모델링하기 어려워 개정된 규정에 적합한 공간만을 사용함

※ SC Johnson Wax Research Tower 화재안전 관리

- 높이: 153피트
- 1982년의 개정된 규정에 따르면 Research Tower의 외관에 화재 탈출구(fire escape)를 추가로 설치해야하나, 매끄러운 외관 디자인을 보호하기 위해 2층 이상의 층은 폐쇄하고 1층만 전시공간으로 활용함
- 2013년에 건축물을 복원하고 아래의 몇 개의 층을 활용하기 위한 막대한 프로젝트를 시작하였고, 내외부 구조를 개선하여 에너지 효율을 향상시킴



[그림 20] SC Johnson Wax Research Tower 외부공간

출처: scjohnhson, <https://www.scjohnson.com/en/a-family-company/architecture-and-tours/frank-lloyd-wright/in-sc-johnsons-frank-lloyd-wright-designed-research-tower-architecture-meets-science>, (검색일자: 2019.6.12.)



그림 21 SC Johnson Wax Research Tower 외부공간

출처: ArchDaily, <https://www.archdaily.com/544911/ad-classics-sc-johnson-wax-research-tower-frank-lloyd-wright>, (검색일자: 2019.6.12.)

□ 미국의 건축물 조성단계별 안전관리 법제도 체계

- 미국은 건축물 조성단계별 안전관리 관련 문서를 행정기관에 제출하여 안전관리를 시행
 - 설계-시공-사용승인 단계별 요구되는 관련 문서를 작성하여 승인을 받아야하며, 해당 과정은 건축계획규정(Code)에 적합해야 함
 - 건축허가를 위해서는 건축물 조성단계별 안전관리 관련 문서를 제출해야 함
 - 시공단계에는 소방청의 전문가가 각각의 소방설비의 작동여부를 현장점검(시험)하는 과정이 포함되며, 모든 소방설비의 작동여부를 측정함

- 미국은 미국국제기준협회 ICC(International Code Council)의 IBC(International Building Code) 또는 NFPA Code를 적용하여 건축물 안전관리를 확보
 - 미국은 공신력 있는 민간기관에서 건축물 화재·구조 안전 확보를 위한 규정(Code)과 안전평가시스템을 개발하고, 주별로 해당 규정 및 시스템을 선택적으로 적용
 - 예를 들어 IBC 2012년 개정집을 적용하는 주에서 의료시설에 대해서는 LSC 101을 적용해야한다고 명시할 수 있으며, 방화구획 시설기준은 IBC 2015 규정을 준수하도록 명시할 수 있음
- 미국의 주에서는 건축규정으로 IBC가 가장 널리 활용되고 있으며, LSC 101은 의료시설 관련 건축물 건립 시 주로 활용됨
 - 미국의 대부분의 주는 IBC 적용 건축물에 한해 건축허가를 발급

② Parkins&Will 설계사무소 전문가 자문회의

□ 회의 개요

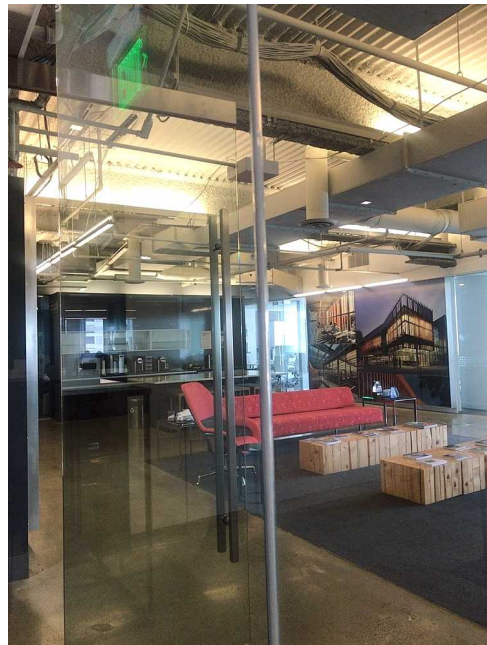
- 일 시 : 2019년 6월 3일(월) 15:00
- 장 소 : 225 Franklin Street, Suite 1100 Boston, Massachusetts 02110
- 목 적 : 건축물 안전관리를 위한 미국 법체계 및 시설계획기준 자문
- 참석자 :
 - 지강일 건축사, Tom Reisenbichler(Parkins&Will)
 - 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ Parkins&Will 설계사무소 소개

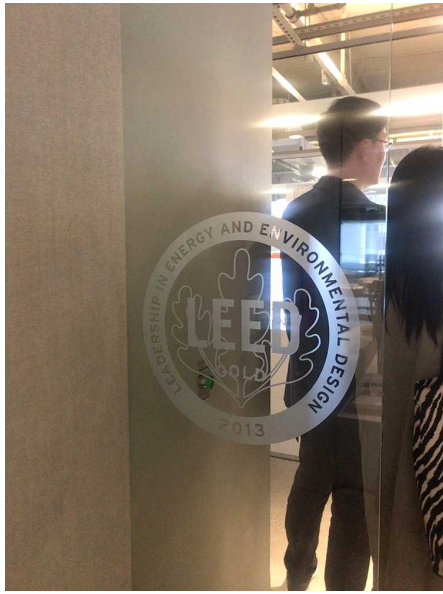
- 퍼킨스+윌(Perkins + Will)은 1935년 설립되었으며, 2018년 Fast Company에 의해 건축분야에서 세계에서 가장 혁신적인 회사로 지정됨
- Perkins&Will은 건축, 인테리어 디자인, 브랜드, 도시 디자인, 조경 디자인 등의 서비스를 제공하며 2500명의 전문가 팀으로 구성
- 건축 자재 업체 및 컨설턴트와의 공동 작업을 통해 국가가 지정한 안전관리 관련 조례에 맞는 건축물 설계하며, 자체적으로 건축 자재 및 건물 안전 시스템에 대한 연구팀을 운영함



[그림 22] Parkins&Will Boston Office 복도 및 로비



[그림 23] Parkins&Will Boston Office 회의실



[그림 24] Perkins&Will Boston Office [그림 25] 전문가 자문회의 현황
LEED 인증

□ 미국의 건축물 안전관리 법체계

- 미국은 국내와 달리 민간기관에서 건축물 화재·구조 안전 확보를 위한 규정(code)과 안전평가시스템을 개발하고 있으며, 주별로 각기 상이한 규정 및 안전평가시스템을 적용
- 미국 건축규정은 건축물의 용도(기능), 재실자 수 등을 고려한 복잡하고 상세한 시설 계획기준으로 제시되고 있어, Code Consultant가 존재함
 - 미국에서는 IBC, LSC 101 외에도 다양한 건축규정이 개발되어 있어 별도의 Code Consultant가 해당 건축물에 적용되는 건축규정에 대한 자문 수행

□ 미국국제기준협회 ICC의 IBC(International Building Code) 개발배경 및 개발주체

- 미국의 국제기준협회 ICC(International Code Council)는 공신력 있는 민간기관으로, 건축물 성능 강화에 대한 현대사회 요구에 따라 국제 건축물 기준 IBC(International Building Code)를 개발
 - IBC는 1997년에 최초로 개발되었으며, 3년마다 개정안이 공표됨
 - IBC는 공중보건, 안전, 복지, 불필요한 건설비용 등을 보장하기 위한 건축물 시설계획기준을 제시
 - IBC는 전세계 연구자가 모여 제정한 법률로, 건축가·소유주·연구자들의 리뷰를 토대로 지속적으로 개정되고 있어 실효성이 높음

- IBC는 ICC에 의해 임명된 5개 소위원회와 그 당시의 국제법 관련 위원회 국제건축 기준위원회BOCA(Building Officials and Code Administrators International, Inc), 국제건축공무원위원회ICBO(International Conference of Building Officials), 미국남부지역 건축기준위원회SBCCI(Southern Building Code Congress International)에 의해 개발됨
- IBC 적용은 의무사항은 아니나, 미국의 대부분의 주에서 IBC를 적용한 건축물에 한해 건축허가를 발급

□ IBC(International Building Code)의 건축물 안전 규정

- IBC는 총 35장(Chapter)으로 구성되며, 5~10장에는 화재안전 시설계획기준이, 14~26장에는 구조기준이 포함되어 있음

[표 6] IBC의 주요내용

장(Chapter)	주요내용	화재 기준	구조 기준
1-2	권한 및 용어 정의	-	-
3	건축물 용도 분류	-	-
4,31	특정 용도 또는 계획요소에 대한 시설계획기준	-	-
5-6	건축물 유형별 높이 및 면적 기준	○	-
7-9	화재예방기준	○	-
10	대피기준	○	-
11	장애인을 고려한 건축물 시설계획기준	-	-
12-13, 27-30	건축물 설비기준(조명, HVAC, 배관설비, 엘리베이터 등)	-	-
14-26	구조성능 기준	-	○
32	건축물 외부계획(대지) 기준	-	-
33	시공단계에서의 안전시설 설치기준	-	-
35	참고문헌	-	-
Appendices A-M	부록		

출처: ICC(2014), 2015 International Building Code,p.ix, 직접인용

- IBC는 재실자 밀도를 주요한 고려요소를 보고 재실자(사람) 수를 고려한 화재·구조안전 시설계획기준을 제시한다는 점에서 국내와 차이가 있음
 - 국내 화재·구조안전 시설계획기준은 건축물 규모(층수, 면적)를 구간별로 분류하여 제시
 - 반면 미국의 IBC 기준은 건축물이 포함해야 할 최대 재실자 수를 먼저 산정한 이후, 재실자 수를 고려한 화재·구조안전 시설계획기준을 제시

- IBC의 건축물 안전 관련 시설계획기준 적용단계
 - (1단계) Chapter 6. Types of Construction의 건축물 안전등급 평가표에 따라 신축하고자 하는 건축물 요소의 안전성을 평가하여 유형 분류¹⁾
 - 건물요소는 총 6개이며, 주요구조(Primary structural frame), 내·외부 벽, 외부의 비내력벽, 내부의 비내력벽, 바닥구조, 지붕구조로 구성됨
 - 건축물 유형은 5가지로 분류됨
 - type 1과 type 2은 table 601에 나열된 건물요소가 불연성 자재인 건축물 유형을 뜻하며, type 3는 외벽이 불연성 자재로 구성되고 내부 자재가 IBC에서 허용된 재료로 구성된 건축물임. type 4(Heavy Timber)은 외벽이 불연성 재료로 구성되고 내부 자재가 목재인 건축물 유형. type 5는 주요구조와 외벽·내벽이 IBC에서 허용하는 자재로 구성된 유형
 - 건물요소는 table 601에 규정된 것 이상의 내화등급을 가져야하며, 외벽은 table 602에 규정된 것 이상의 내화등급을 가져야 함

[표 7] 건물요소에 대한 내화성능 요구사항

출처: ICC(2014), 2015 International Building Code, p.113, 직접인용

BUILDING ELEMENT	TYPE I		TYPE II		TYPE III		TYPE IV	TYPE V	
	A	B	A	B	A	B	HT	A	B
Primary structural frame ^f (see Section 202)	3 ^a	2 ^a	1	0	1	0	HT	1	0
Bearing walls									
Exterior ^{a, f}	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Interior	3 ^a	2 ^a	1	0	1	0	1/HT	1	0
Nonbearing walls and partitions									
Exterior	See Table 602								
Nonbearing walls and partitions									
Interior ^d	0	0	0	0	0	0	See Section 602.4.6	0	0
Floor construction and associated secondary members (see Section 202)	2	2	1	0	1	0	HT	1	0
Roof construction and associated secondary members (see Section 202)	1 ^{1/2} ^b	1 ^{b, c}	1 ^{b, c}	0 ^c	1 ^{b, c}	0	HT	1 ^{b, c}	0

For SI: 1 foot = 304.8 mm.

a. Roof supports: Fire-resistance ratings of primary structural frame and bearing walls are permitted to be reduced by 1 hour where supporting a roof only.

b. Except in Group F-1, H, M and S-1 occupancies, fire protection of structural members shall not be required, including protection of roof framing and decking where every part of the roof construction is 20 feet or more above any floor immediately below. Fire-retardant-treated wood members shall be allowed to be used for such unprotected members.

c. In all occupancies, heavy timber shall be allowed where a 1-hour or less fire-resistance rating is required.

d. Not less than the fire-resistance rating required by other sections of this code.

e. Not less than the fire-resistance rating based on fire separation distance (see Table 602).

f. Not less than the fire-resistance rating as referenced in Section 704.10.

1) ICC(2014), 2015 International Building Code, pp.113~114, 직접인용 및 재구성

[표 8] 인접건물(또는 건물-도로 중앙선) 이격거리를 고려한 외벽 내화등급 요구사항

출처: ICC(2014), 2015 International Building Code, p.114, 직접인용

TABLE 602
FIRE-RESISTANCE RATING REQUIREMENTS FOR EXTERIOR WALLS BASED ON FIRE SEPARATION DISTANCE^{a, d, g}

FIRE SEPARATION DISTANCE = X (feet)	TYPE OF CONSTRUCTION	OCCUPANCY GROUP H ^e	OCCUPANCY GROUP F-1, M, S-1 ^f	OCCUPANCY GROUP A, B, E, F-2, I, R, S-2, U
X < 5 ^b	All	3	2	1
5 ≤ X < 10	IA Others	3 2	2 1	1 1
10 ≤ X < 30	IA, IB IIB, VB Others	2 1 1	1 0 1	1 ^c 0 1 ^c
X ≥ 30	All	0	0	0

For SI: 1 foot = 304.8 mm.

a. Load-bearing exterior walls shall also comply with the fire-resistance rating requirements of Table 601.

b. See Section 706.1.1 for party walls.

c. Open parking garages complying with Section 406 shall not be required to have a fire-resistance rating.

d. The fire-resistance rating of an exterior wall is determined based upon the fire separation distance of the exterior wall and the story in which the wall is located.

e. For special requirements for Group H occupancies, see Section 415.6.

f. For special requirements for Group S aircraft hangars, see Section 412.4.1.

g. Where Table 705.8 permits nonbearing exterior walls with unlimited area of unprotected openings, the required fire-resistance rating for the exterior walls is 0 hours.

- (2단계) Chapter 5. GENERAL BUILDING HEIGHTS AND AREAS에 따라 건물의 구조, 건물 전체에 자동 스프링클러 시스템 설치 여부, 용도를 고려하여 허용 가능한 건물 높이와 층수, 면적을 결정²⁾

[표 9] 건축물 높이 결정 기준

출처: ICC(2014), 2015 International Building Code, p.98, 직접인용

TABLE 504.3^a
ALLOWABLE BUILDING HEIGHT IN FEET ABOVE GRADE PLANE

OCCUPANCY CLASSIFICATION	SEE FOOTNOTES	TYPE OF CONSTRUCTION								
		TYPE I		TYPE II		TYPE III		TYPE IV	TYPE V	
		A	B	A	B	A	B	HT	A	B
A, B, E, F, M, S, U	NS ^b	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
H-1, H-2, H-3, H-5	NS ^{c, d}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
H-4	NS ^{c, d}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
I-1 Condition 1, I-3	NS ^{d, e}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
I-1 Condition 2, I-2	NS ^{d, f, g}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
I-4	NS ^{d, h}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
R	NS ^{d, h}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S13R	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60

For SI: 1 foot = 304.8 mm.

Note: UL = Unlimited; NS = Buildings not equipped throughout with an automatic sprinkler system; S = Buildings equipped throughout with an automatic sprinkler system installed in accordance with Section 903.3.1.1; S13R = Buildings equipped throughout with an automatic sprinkler system installed in accordance with Section 903.3.1.2.

a. See Chapters 4 and 5 for specific exceptions to the allowable height in this chapter.

b. See Section 903.2 for the minimum thresholds for protection by an automatic sprinkler system for specific occupancies.

c. New Group H occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.5.

d. The NS value is only for use in evaluation of existing building height in accordance with the *International Existing Building Code*.

e. New Group I-1 and I-3 occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.6. For new Group I-1 occupancies Condition 1, see Exception 1 of Section 903.2.6.

f. New and existing Group I-2 occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.6 and Section 1103.5 of the *International Fire Code*.

g. For new Group I-4 occupancies, see Exceptions 2 and 3 of Section 903.2.6.

h. New Group R occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.8.

2) ICC(2014), 2015 International Building Code, pp.113~114, 직접인용

- (3단계) Chapter 10. MEANS OF EGRESS에 따라 건축물 용도별로 요구되는 면적별 재실자 수(밀도)를 산정³⁾
- 예를 들어, 도서관의 경우 열람실은 50 net당 1인이 있다고 가정하여 해당 건축물의 총 재실자 수를 산정하고, 이후 재실자 수를 고려한 화재안전계획을 적용

[표 10] 건축물 최대바닥면적에 따른 재실자 수 산정기준(일부)

건축물 용도(FUNCTION OF SPACE)	재실자 밀도 산정을 위한 바닥면적 기준(OCCUPANT LOAD FACTOR)*
교육시설(Educational)	
교실(Classroom area)	20 net
매점 및 기타 공간(Shops and other vocational room areas)	50 net
도서관(Library)	
열람실(Reading rooms)	50 net
서고(Stack area)	100 gross

* Floor area in square feet per occupant.

출처: ICC(2014), 2015 International Building Code, p.251, 직접인용 및 재구성

- (4단계) 건축물의 내화성능 유형, 건축물의 허용 가능한 높이·층수·면적, 재실자 수가 산출되면 이를 토대로 IBC의 화재안전 시설계획기준 적용
- IBC는 각 자재들이 시간별로 화재에 견딜 수 있는 내화성능을 고려하여 자재별 치수를 제시하는 등 국내보다 상세한 시설계획기준을 제시

[표 11] 자재별 내화성능 요구사항(일부)

출처: ICC(2014), 2015 International Building Code, p.153, 직접인용 및 재구성

TABLE 721.1(1)
MINIMUM PROTECTION OF STRUCTURAL PARTS BASED ON TIME PERIODS
FOR VARIOUS NONCOMBUSTIBLE INSULATING MATERIALS^a

STRUCTURAL PARTS TO BE PROTECTED	ITEM NUMBER	INSULATING MATERIAL USED	MINIMUM THICKNESS OF INSULATING MATERIAL FOR THE FOLLOWING FIRE-RESISTANCE PERIODS (inches)			
			4 hours	3 hours	2 hours	1 hour
1. Steel columns and all of primary trusses (continued)	1-1.1	Carbonate, lightweight and sand-lightweight aggregate concrete, members 6" × 6" or greater (not including sandstone, granite and siliceous gravel). ^a	2½	2	1½	1
	1-1.2	Carbonate, lightweight and sand-lightweight aggregate concrete, members 8" × 8" or greater (not including sandstone, granite and siliceous gravel). ^a	2	1½	1	1
	1-1.3	Carbonate, lightweight and sand-lightweight aggregate concrete, members 12" × 12" or greater (not including sandstone, granite and siliceous gravel). ^a	1½	1	1	1
	1-1.4	Siliceous aggregate concrete and concrete excluded in Item 1-1.1, members 6" × 6" or greater. ^a	3	2	1½	1
	1-1.5	Siliceous aggregate concrete and concrete excluded in Item 1-1.1, members 8" × 8" or greater. ^a	2½	2	1	1
	1-1.6	Siliceous aggregate concrete and concrete excluded in Item 1-1.1, members 12" × 12" or greater. ^a	2	1	1	1
	1-2.1	Clay or shale brick with brick and mortar fill. ^a	3¾	—	—	2¼
	1-3.1	4" hollow clay tile in two 2" layers; ½" mortar between tile and column; ⅜" metal mesh 0.046" wire diameter in horizontal joints; tile fill. ^a	4	—	—	—
	1-3.2	2" hollow clay tile; ¾" mortar between tile and column; ⅜" metal mesh 0.046" wire diameter in horizontal joints; limestone concrete fill ^a ; plastered with ¾" gypsum plaster.	3	—	—	—
	1-3.3	2" hollow clay tile with outside wire ties 0.08" diameter at each course of tile or ⅜" metal mesh 0.046" diameter wire in horizontal joints; limestone or trap-rock concrete fill ^a extending 1" outside column on all sides.	—	—	3	—
	1-3.4	2" hollow clay tile with outside wire ties 0.08" diameter at each course of tile with or without concrete fill; ¾" mortar between tile and column.	—	—	—	2

3) ICC(2014), 2015 International Building Code, p.251, 직접인용

3. 미국 건축물 안전관리 사례 답사

① Prudential Center 화재재건사례 답사

□ 회의 개요

- 일 시 : 2019년 6월 2일(일) 17:00
- 장 소 : 800 Boyston street, Boston, MA 02199
- 목 적 : 초고층 건축물 화재재건사례 답사
- 참석자 : 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ Prudential Center 화재

- Prudential Center 화재발생 시기 및 피해 현황
 - 52층 규모의 초고층건물인 Prudential Center에서 1986년 2월, 14층에서 화재가 발생하여 약 1,500명의 직장인들이 대피하였으며, 18명의 사상자를 발생시킴
 - 피해재산은 수백만달러에 달했으며, 14층의 바닥 대부분이 훼손됨
 - 화재는 고층에서 옆 건물인 Hemenway로 확산될 위험의 소지가 있었으나, 방화벽으로 인해 확산되지는 않음



[그림 26] 1986년 화재가 발생한 Prudential Tower 14층 모습
출처: gettyimages,
<https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/captain-of-prudential-tower-security-guy-lopes-walks-along-news-photo/917893812>(검색일자: 2019.6.18.)



[그림 27] 2019년도의 Prudential Tower

- 화재피해 확대 원인
 - Prudential Center는 1960년대 초에 지어진 오래된 건물로 스프링클러가 의무화되어 있지 않아 화재피해가 확대됨
 - 화재로 인한 연기는 계단실로 유입되어 피난대응을 지연시킴

□ Prudential Center 화재발생 이후 조치

- Prudential Center 화재 발생 이후, 보스턴 시는 1975년 1월 1일 이후 건설 중이거나 준공 완료된 모든 건축물의 경우, 21층(70피트) 이상에 자동스프링클러(Automatic Sprinkler Systems)를 의무 설치하는 조례(Boston Fire Prevention Code)를 통과시킴

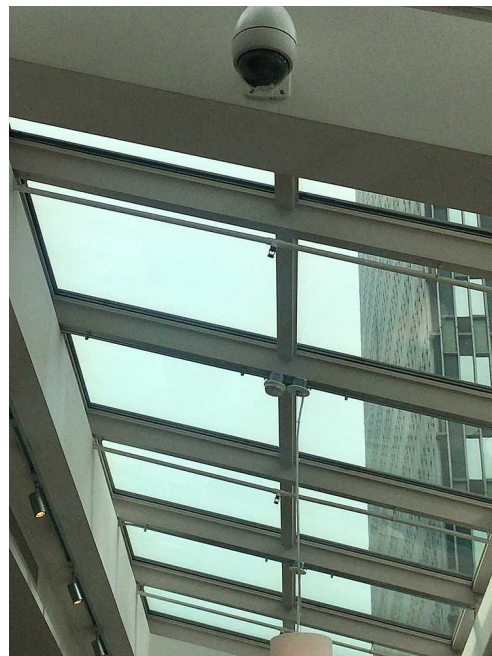
[표 12] Boston Fire Prevention Code의 자동스프링클러 설치 기준

장(Chapter)	기준
14. 화재 소화 시스템 (Fire Extinguishing Systems)	14.09 자동 스프링클러 시스템 (Automatic Sprinkler Systems) (a) 모든 빌딩 및 건설 중인 건축물 중 70피트 이상의 건축물은 자동스프링클러 설치를 통해 보호되어야 함 (b) Boston Fire Prevention Code의 14.12절에 언급된 주거 시설은 소방서의 장이 요청할 경우, 자동스프링클러를 설치해야 함 (c) 신축건축물의 자동스프링클러 설치: 내부의 외부마감이 완료되자마자 시작되어야 함. 스프링클러의 헤드는 천장을 마감함과 동시에 설치해야 함 (중략)

출처: The City Council of Boston(1979), Boston Fire Prevention Code, p.51 직접인용 및 재구성



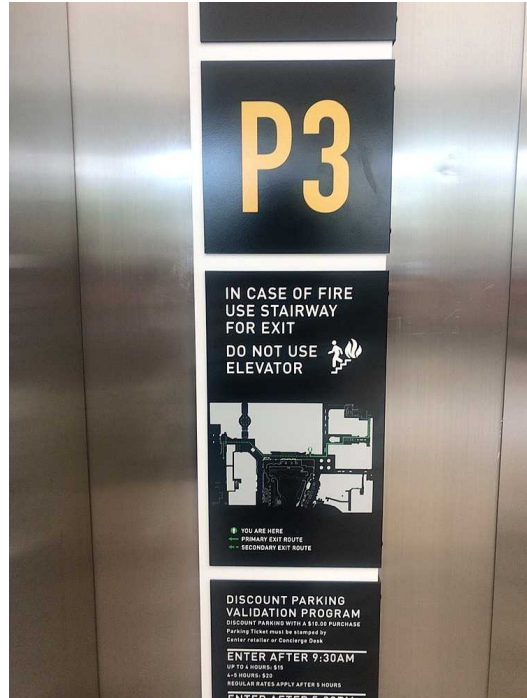
[그림 28] Prudential Center 아트리움



[그림 29] 아트리움의 스프링클러 설비



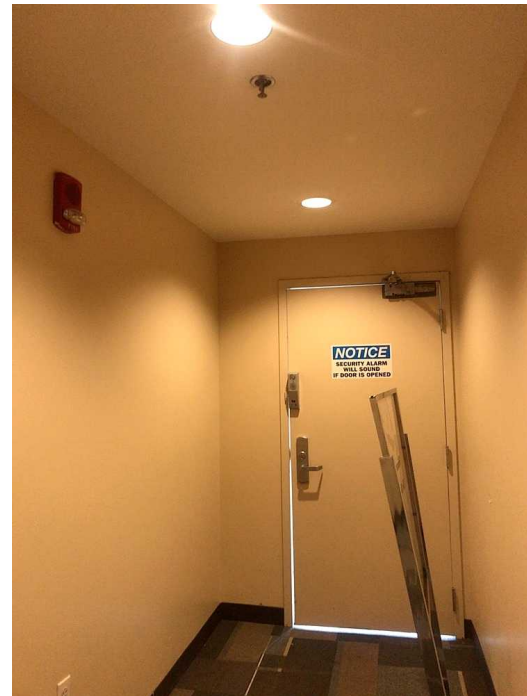
[그림 30] Prudential Tower 입구



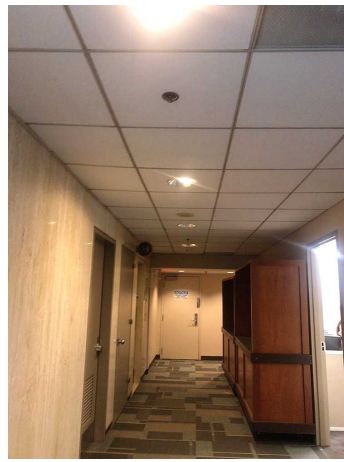
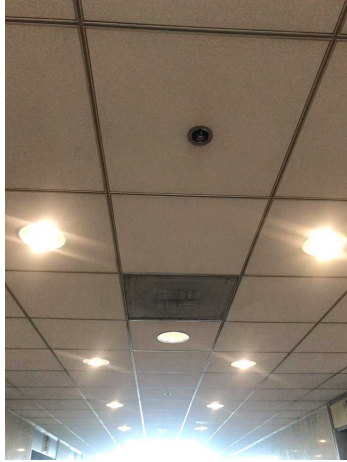
[그림 31] 화재 시 엘리베이터 사용을 금하는 안내문구



[그림 32] Prudential Tower 50층의 경보설비 및 비상방송설비



[그림 33] Prudential Tower 50층의 경보설비 및 방화문



[그림 34] Prudential Tower 50층에 설치된 스프링클러, 비상구 유도등



[그림 35] Prudential Tower 50층
에 설치된 자동화재감지기

[그림 36] Prudential Tower 50층
에 설치된 옥내소화전설비

② 뉴욕 소호거리·차이나타운 화재안전계획 답사

□ 답사 개요

- 일 시 : 2019년 6월 5일(수) 16:00
- 장 소 : Soho, New York, NY 및 Chinatown, New York, NY, USA 일대 답사
- 목 적 : 소규모 건축물에 적용된 화재안전 시설계획 답사
- 참석자 : 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ 뉴욕 소호거리 화재

- Triangle Shirtwaist 공장 화재발생 시기 및 피해 현황
 - 1911년에 발생한 Triangle Shirtwaist 공장 화재에서 146명의 노동자가 사망하였으며, 대부분의 희생자는 14세~23세 사이의 이탈리아 및 유대인 이민 여성들이었음
 - Triangle Shirtwaist 공장은 그리니치 빌리지 지역에 있는 Asch Building의 8/9/10층에 위치해있었으며, 1900~1901년에 건설됨
 - 화재 이후 Triangle Shirtwaist 공장은 뉴욕 대학 소유의 Brown Building으로 재건되었으며, 현재까지 건물을 사용하고 있음



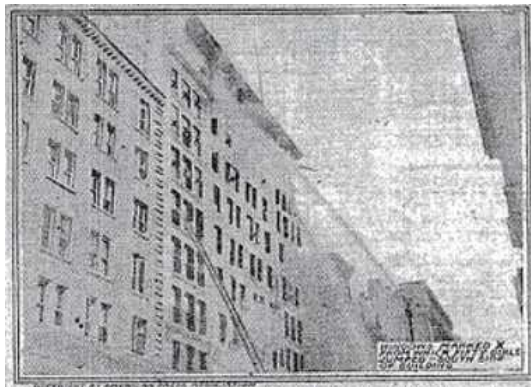
[그림 37] Triangle Shirtwaist 공장 화재 현황
출처: Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_Shirtwaist_Factory_fire, (검색일자: 2019.6.18.)



[그림 38] Brown Building (구 Triangle Shirtwaist 공장)
출처: Wikipedia,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Brown_Building_\(Manhattan\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Brown_Building_(Manhattan)), (검색일자: 2019.6.18.)

- 화재피해 확대 원인

- Triangle Shirtwaist 공장은 불법침입 및 도난 방지를 위해 계단실 및 출입구 문을 잠가놓는 관행이 있어 근로자들이 빠르게 대피하지 못해 인명피해가 확대됨
- 엘리베이터는 열로 인해 작동하지 않았으며, 계단실은 계단참이 없고 조명이 잘 설치되지 않아 피난통로로서의 역할을 수행하기 미흡하였음. 이에 계단실을 통해 피난 하던 다수의 인원이 사망함
- 피난이 어려운 근로자들은 화재건물에서 벗어나기 위해 높은 창문에서 뛰어내리는 등 혼란스러운 상황이 지속됨
- Triangle Shirtwaist 공장은 화장실 부족, 환기시설 미흡 등 열악한 업무환경을 갖고 있었으며, 건축물의 안전을 보장하기 위한 몇 가지 시설계획기준을 준수하지 않았음
- 특히 건축물은 인화성 물체로 가득 차 있었는데, 작업실에 의류제품, 재봉틀, 천이 달린 의류 제단기, 린넨, 면화제 등이 빈틈없이 자리하고 있어 화재를 빠르게 확산 시킴
- 또한 화재대피공간은 많은 사람들을 부족하기에는 턱없이 작고 내구성이 미흡하였으며, 스프링클러가 설치되지 않아 화재소화를 지연시킴
- 당시에는 화재안전 측면에서 한 개의 층에 몇 명의 인원을 수용해야하는지 관련 기준이 없었기 때문에 각 층마다 객실이 너무 많이 설치되어 인명피해가 확대됨
- FDNY가 보유한 소방차 사다리는 화재가 발생한 8층에서 2개 층이 낮은 6층까지만 도달할 수 있어, 화재 대응 장치가 미흡하였음



[그림 39] 50명의 여성이 뛰어내린 창문

출처: Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_Shirtwaist_Factory_fire, (검색일자: 2019.6.18.)



[그림 40] 61명의 노동자가 뛰어내린 창문

출처: Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_Shirtwaist_Factory_fire, (검색일자: 2019.6.18.)

□ 소호거리 Triangle Shirtwaist 공장 화재발생 이후 조치

- 뉴욕 화재안전규정 개정
 - 1911년 Triangle Shirtwaist 공장 화재 이후, 뉴욕 입법부(The New York State Legislature)는 공장조사위원회를 구성하여 도시 내 공장 건축물의 시설계획 및 근무환경을 조사하고, 인명 안전 및 노동자 삶의 질을 확보하기 위한 개선방안을 보고
 - 그 결과, '화재 훈련, 정기적인 화재안전검사, 소방호스 및 자동스프링클러 작동여부 검사, 출구 표지판 및 화재경보 설치, 회전 문 및 계단실(피난계단 포함) 시설계획기준 등과 같은 새로운 안전 규정이 신설됨
 - 예를 들어, 평방피트당 90파운드를 견디는 옥외 직선 피난계단을 설치하는 기준이 마련되었으며, 피난계단은 모든 층에서 연속적으로 설치할 것을 권고. 난간이 있는 층의 경우, 단단히 고정된 발코니와 최소 너비 2feet 높이 6feet의 장애물을 설치하지 못하도록 규정. 옥외계단의 경우, 식별이 용이하도록 대비가 좋은 색상을 사용할 것을 권고
 - 또한 근무환경 개선을 위한 화장실 설치, 여성 및 어린이 근로시간 제한 등의 규정이 신설되었으며, 미국사회안전협회(the American Society of Safety Professionals)가 설립됨
 - 이에 따라 1913년 이후 준공되는 공장 및 사무실 건축물에는 개정된 화재안전 시설계획요소 및 안전관리제도를 적용해야함



[그림 41] 소호거리 건축물 옥외피난계단



[그림 42] 소호거리 건축물 옥외피난계단



[그림 43] 차이나타운 건축물 옥외피난계단



[그림 44] 차이나타운 건축물 옥외피난계단

- 건축물 재건 현황

- 뉴욕 대학은 1916년부터 이 건물의 8층에 도서관 및 교실을 설치하여 시설을 운영하기 시작했으며, 1929년에 Brown Building으로 명칭이 변경됨
- 현재 Brown Building은 Silver Center for Arts and Science에 통합됨

③ 뉴욕 Trump Tower 화재재건사례 답사

□ 답사 개요

- 일 시 : 2019년 6월 6일(목) 10:00
- 장 소 : 721 fifth avenue, NYC, USA
- 목 적 : 초고층 건축물 화재재건사례 답사
- 참석자 : 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

□ 뉴욕 Trump Tower 화재

- 뉴욕 Trump Tower 화재발생 시기 및 피해현황
 - 2018년 3월, Trump Tower의 50층 주거시설에서 화재가 발생하여 6명의 소방관이 부상을 입고 1명의 거주자가 사망하는 사고 발생
 - 뉴욕 소방청 FDNY가 도착했을 당시에는 이미 화재가 확산되고 있는 상황이었으며, 상당한 연기가 발생하고 있었음
 - Trump Tower는 초고층건축물이 다수 밀집되어 있는 뉴욕의 미드타운 맨하탄(Midtown Manhattan)의 중심에 위치하고 있어 화재가 발생하자 도로 혼잡 및 보행 환경, 인근건물까지 피해를 야기함



[그림 45] Trump Tower 화재 현황

출처: Carla Herreria and Nina Golgowski(2018), One Person Dead, Firefighters Injured In Fire At Trump Tower In New York, U.S.News, 2018.4.7.



[그림 46] Trump Tower 화재 현황

출처: amNewYork(2018), <https://www.amny.com/news/fatal-fire-trump-tower-victim-1.17922965>, (검색일자: 2019.6.18.)



[그림 47] 화재당시 Trump Tower 및 FDNY
출처: VINNews.com(2018),
<https://www.vosizneias.com/294850/2018/04/07/new-york-1-killed-in-fire-at-trump-tower-in-new-york/>, (검색일자: 2019.6.21.)



[그림 48] 화재당시 Trump Tower의 혼잡한 인접도로
출처: CNN(2018),
<https://edition.cnn.com/2018/04/09/us/trump-tower-fire/index.html>, (검색일자: 2019.6.21.)



[그림 49] Trump Tower 전경



[그림 50] Trump Tower의 혼잡한 인접도로



[그림 51] Trump Tower의 혼잡한 인접도로 및 초고층건축물

- Trump Tower 화재피해 확대 원인
 - Trump Tower는 1979-1983년 당시의 건축규정에 따라 설계·준공되어 스프링클러가 설치되지 않아 피해가 확대됨
 - Trump Tower의 자동경보설비를 통해 뉴욕 소방청 FDNY에 신고가 접수되었으나, 주거시설 내의 경보설비는 작동하지 않아 거주민들의 화재발생 인지가 늦어짐
 - Trump Tower는 58층(약 202m) 규모의 초고층건축물로, 화재가 진압된 이후에도 내부 연기 통제가 어려워 피해가 확대됨

□ Trump Tower 화재발생 이후 조치

- Trump Tower 거주공간에 스프링클러 설치
 - 1983년 이후 스프링클러 설치 규정이 개정되면서 상업용 고층건축물은 스프링클러 소급적용 대상이 되었으나, 노후 주거용 고층건축물의 경우 건축물을 대수선할 경우에만 스프링클러 설치 규정을 적용받음

- 1990년대에 두 건의 대규모 아파트 화재가 발생되자 당시 뉴욕시장은 모든 고층건축물에 스프링클러를 설치하도록 요구하는 법안을 제안하도록 함⁴⁾
- 1999년에 노후 아파트 스프링클러 설치기준이 제시되었으나, 당시 행정부 관계자들 및 부동산업자들이 재정이 너무 많이 소요된다는 부정적인 의견을 제시. 도널드 트럼프 대통령도 뉴욕시의 노후 주택들에 스프링클러를 설치하는 법안을 반대함
- 스프링클러 시스템이 의무화되는 법안은 통과되었으나 신축건축물에 적용되는 기준으로, 기존 건축물 및 이미 건축허가가 승인된 건축물은 해당 법안에서 제외됨
- 그러나 Trump Tower 화재 발생 이후, 스프링클러가 거주민들의 안전을 확보하는데 기여하므로 설치가 필요하다는 인식이 확산되면서 도널드 트럼프 대통령은 300만달러를 투입하여 트럼프타워 내 350여개 거주공간에 스프링클러를 설치함⁵⁾



[그림 52] 화재경보설비 및 비상구



[그림 53] 비상EV



[그림 54] 화재감지기 및 스프링클러



[그림 55] 화재알람 및 비상EV



[그림 56] 화재경보설비



[그림 57] 화재경보설비

4) CurbedNewYork, Trump fought law requiring retrofit of sprinklers in New York City high-rises, <https://ny.curbed.com/2018/4/9/17215222/trump-tower-fire-nyc-death-sprinklers>, (검색일자: 2019.6.18.)

5) Firefighternation(2018), Trump Tower Fire Highlights Code Exceptions, <https://www.firefighternation.com/articles/2018/04/trump-tower-fire-highlights-code-exceptions.html>, (검색일자: 2019.6.18.)

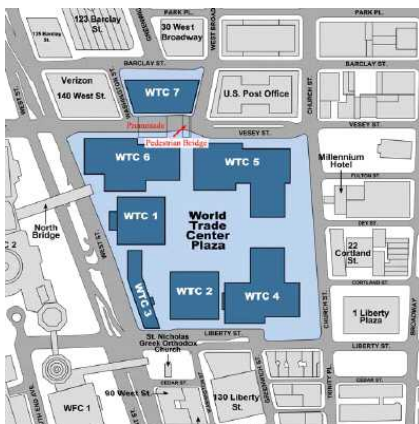
④ 뉴욕 World Trade Center 화재·붕괴사례 답사

□ 답사 개요

- 일 시 : 2019년 6월 6일(목) 13:00
- 장 소 : 180 Greenwich St, New York, NY 10007, USA
- 목 적 : 초고층 건축물 화재사례 답사
- 참석자 : 김은희 연구위원, 김꽃송이 연구원(AURI)

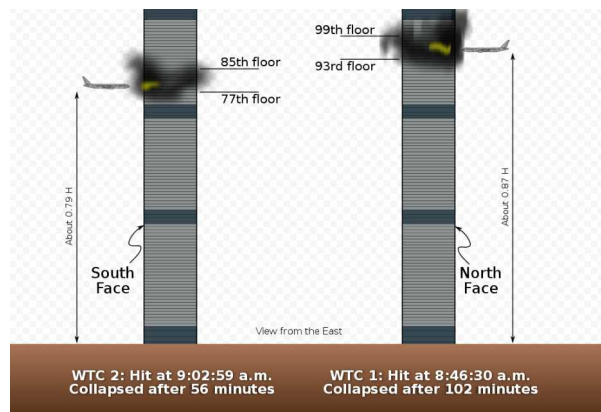
□ 뉴욕 World Trade Center 화재·붕괴 사례

- World Trade Center 화재·붕괴 발생 시기 및 피해현황
 - (1993년 1차 테러) 뉴욕 세계무역센터 WTC(World Trade Center)는 1993년 WTC1의 지하주차장에서 첫 테러가 발생하였으며, 6명의 사망자와 약 1,000여명의 부상자가 발생함
 - WTC1의 지하주차장에서 발생한 450kg 다이너마이트 폭탄테러는 부분적인 폭발임에도 불구하고 폭발된 부분에 설비기계가 집중되어 있어 가압방연시스템(방연)이 작동하지 않았고 이로 인해 연기가 최상층에까지 확산됨
 - (2001년 2차 테러: 911테러) WTC 쌍둥이 타워 중 1WTC의 95층에 비행기가 충돌하였고, 그로부터 18분 후에 2WTC가 충돌하는 자살테러가 발생하였으며, 이로 인해 약 4,450명이 사망함
 - 비행기 충돌 이후 47분이 경과한 시점에 2WTC가 붕괴되었으며, 그로부터 약 40분 후 1WTC이 붕괴됨



[그림 58] WTC 배치도

출처: NIST(2008), Final Report on the Collapse of WTC building 7, p.2 직접인용



[그림 59] WTC 테러발생 지점 및 붕괴시점

출처: wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Collapse_of_the_World_Trade_Center, (검색일자: 2019.6020)

- 1,2WTC가 붕괴되면서 주변 건물도 손상되거나 파괴되었음. 5WTC에는 화재가 발생하였고 부분적으로 붕괴되었으며, 3WTC, 4WTC, 6WTC, St. Nicholas Greek Orthodox Church 등의 주변건물에서 화재가 발생함

[표 13] WTC 붕괴에 따른 경제적 손실

	피해내역	금액(단위 : 억 달러)
1	인명손실보상액(사망자와 행불자 5,000명)	112
2	세계무역센터 복원비용	67
3	컴퓨터 등 사무기기 및 용품 손실액	120
4	지하철 터널 복구비	40
5	주변지역 복구비	53
6	2002년도 기업활동 등 손실액	420
7	2003년도 이전기업 손실액	180
8	기타 : 실업자 발생 115,300명 추산	58
	합계	1,050

출처: 윤명오 외(2001), 미국 WTC의 붕괴와 방재계획, 한국강구조학회지, v.13.n.4, p.33 직접인용

□ World Trade Center 화재·구조 안전계획

- World Trade Center의 화재·구조 안전계획은 첨단성을 자랑하였으며, 피난출구와 피난수단의 종류 및 배치, 탈출구, 비상등에 이르기까지 기존의 고층건축물이 요구하는 기준을 모두 충족하였음
- World Trade Center 방화시스템
 - WTC는 규모와 기능의 복잡성을 고려하여 다수의 방화시스템이 설치되어 있었으며, 이러한 시스템은 여러 위치에서 중앙운영통제센터(Operation Control Center-OCC)에 의해 모니터링됨
 - WTC의 모든 지하층 및 중앙광장, 4,5WTC의 모든 층에는 자동식 스프링클러가 설치되어 있었으며, 1,2WTC의 90%에 자동스프링클러가 설치됨
 - 1,2WTC에는 연기감지기가 설치되어 있었으며, Fire Cart(공기호흡기, 방화복, 인공 호흡기 등)가 각 타워의 일부 층에 설치됨
- World Trade Center 피난계획
 - WTC의 모든 건축물은 외부로 탈출하기 위한 피난출구계획이 적어도 2개 이상 적용되도록 설계되어 있었으며, 출구는 외부 쇼핑센터 및 중앙광장 등으로 연결되었음
 - WTC의 각 타워는 거주층에 밀폐된 피난계단실이 설치되어 있었으며, 계단은 외부 또는 중앙광장으로 연결되었음

□ World Trade Center 화재·붕괴 피해확대 원인 및 방재계획의 한계

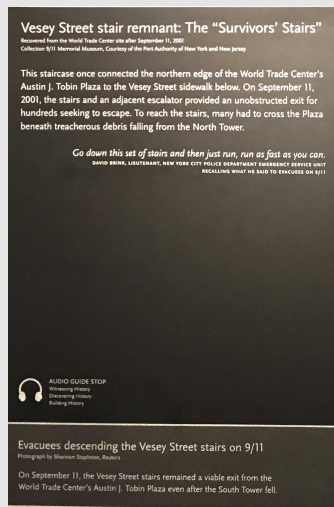
- World Trade Center 화재·붕괴 피해확대 원인
 - WTC는 뉴욕 맨하탄에 위치한 7개 건축물로 이뤄진 복합 complex로 1970년에 준공되어 개관하였으며, 이 중 WTC1와 WTC2는 110층 규모의 초고층건축물로, 뉴욕의 랜드마크였음
 - (초고층건축물 특성에 따른 피해) 비행기 충돌 후 5분 이내에 도착한 FDNY 소방대원들과 경찰관의 지원으로 각 타워 내에 있는 99개 비상계단을 통해 피난이 이뤄졌으며, 85층~1층까지 피난에 소요된 시간은 약 1시간 정도였음

※ World Trade Center의 Survivor's Stairs

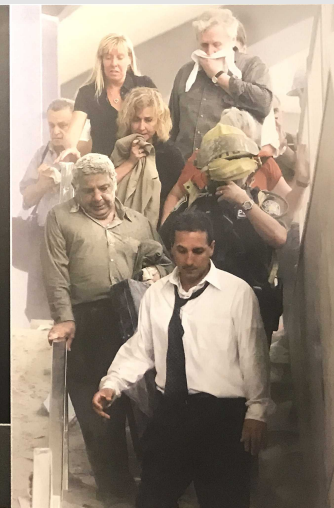
- WTC의 Survivor's Stairs는 WTC's Austin J. Tobin Plaza의 북측의 가장자리에서 Vesey Street 보도 아래로 연결되었으며, 수백명이 이 계단을 통해 탈출함
- 이 계단에 도달하기 위해 많은 사람들이 붕괴로 인해 파편물이 떨어지는 Austin J. Tobin Plaza의 광장을 지나야했음



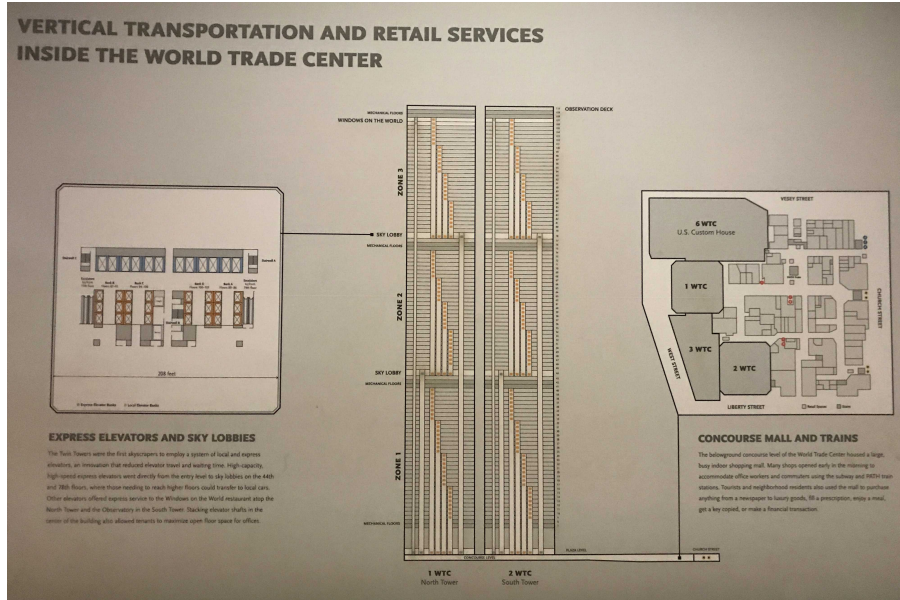
[그림 60] WTC Survivors Stairs



[그림 61] WTC Survivors Stairs

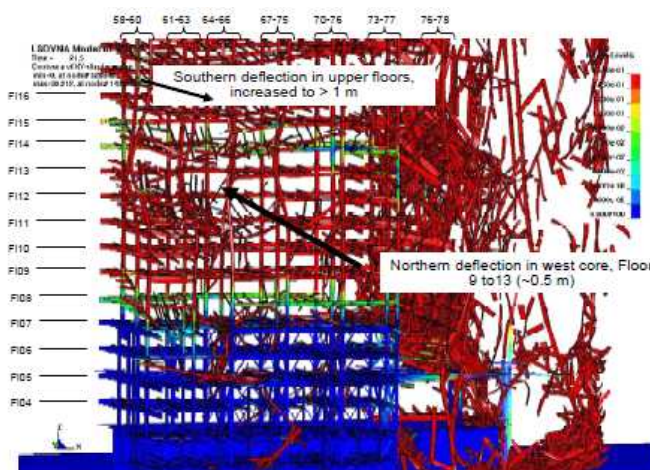


- WTC에는 240개가 넘는 엘리베이터가 설치되어 있었으며 스카이로비(Sky Lobby) 시스템을 통해 각 타워 내 99개의 엘리베이터가 조정되었음. 엘리베이터 시스템은 고속 및 완행용으로 구분되며, 각 타워에는 3개의 엘리베이터만이 건물의 전체 층을 통과함



[그림 62] WTC의 엘리베이터 구조 및 중앙 홀 배치도

- (구조 특성에 따른 피해) WTC의 구조는 충돌한 비행기 보잉 707에 의한 충격량 정도에는 견딜 수 있게 설계되었으나, 충돌 시 비행기 질량 및 비행속도를 가산하면 충격량은 건물이 약 1m 정도로 좌우로 흔들릴 만큼 컸기 때문에 건축물이 붕괴될 정도에 이릅니다
- 비행기에는 고발열량의 항공유가 다량 보유되어 있어 비행기가 건축물 내부로 파고들 때 순간 1,000℃ 이상의 고열이 발생하면서 폭발의 크기를 가중시킵니다
- WTC는 3시간 이상 견딜 수 있는 내화피복 구조로 설계되었으나, 비행기 충돌 시 폭발에 의한 충격으로 철골의 내화피복이 박리되어 철골 구조체의 강도가 급속하게 약화되었고 이는 건축물 붕괴로 이어집니다



[그림 63] 붕괴에 따른 내부 구조물 변화 모습 시뮬레이션

출처: NIST(2008), Final Report on the Collapse of WTC building 41, 직접인용.



[그림 64] WTC의 붕괴된 구조체

- (비상전력공급시스템에 따른 피해) 방재계획의 주요부문을 구성하고 있는 비상운영통제시스템, 배연설비, 소화설비, 경보설비, 비상전력공급시스템 등에서 문제점이 발생
- 특히 전력공급시스템이 테러와 함께 단절된 상태에서 비상전력시스템마저 단절되어 피해가 확대됨
- 냉각수 공급시스템이 파괴되면서 비상발전기가 20분 만에 과열되어 가동이 중단되었고, 이에 따라 피난, 수색, 구조 활동이 지연됨
- 중앙운영통제센터(Operation Control Center-OCC)의 기능이 정지되면서 피난에 대한 경보가 전달되지 않아 사무실에 남아있던 직원들은 피난여부를 스스로 판단했으며, 화재감지시스템도 사용할 수 없는 결과를 초래함

□ New World Trade Center 재건계획

- New WTC 건설계획에는 1WTC 등 다수의 초고층건축물의 재건축, WTC 사망자들의 기념비적인 장소, 지하의 상업시설, 뉴욕 지하철 및 버스터미널 등의 계획이 포함됨
- NEW 7WTC의 재건
 - 7WTC 재건을 위한 설계는 2004년에 완료되었으며, 이후 2년 동안 뉴욕경찰청 NYPD(New York City Police Department)의 보안계획 협의를 마쳐 재건됨
 - 새로운 7WTC는 2006년 5월 오픈하였으며, LEED 골드 등급을 획득함
- NEW 1WTC의 재건
 - 1WTC는 WTC 재건 사업 중 두 번째로 착공한 건축물로, 2006년에 공사가 시작됨
 - New 1WTC는 오피스타워로 건설되었으며, 541m의 규모로 건설되어 미국 내 가장 높은 초고층빌딩으로 설계됨
- NEW 2WTC의 재건
 - 2WTC은 구 WTC 부지에 재건 중이었으나, 현재 보류된 건축물로 지상 88층, 415m의 규모를 갖는 건축물로 설계되었으며 구 2WTC의 층수보다는 22층 낮은 규모로 설계됨
- 911 메모리얼 준공
 - WTC 붕괴로 인해 생명을 잃은 사망자를 기념하기 위해 911 메모리얼을 준공함

Ⅲ. 출장에 따른 연구 시사점

□ 국내 건축물 안전관리시스템 구축방향에 대한 시사점 도출

- 위험수준, 취약도 등 건축물 여건을 고려한 안전관리시스템 구축
 - 미국의 경우 건축물 안전수준은 전문가에 의해 평가, 문서화되고 이후 시장에서 자발적인 건축물 가치 판단기준으로 작동
 - 따라서 공신력 있는 전문기관의 신뢰도 높은 건축물 관리 코드와 평가시스템 개발이 일반적인 상황
 - 대표적인 코드제정 기관인 ICC와 NFPA의 IBC, LSC 가 보편적으로 활용되고 있으며 이에 따르면 위험 수준에 따라 건축물 유형을 구분하고 피난안전계획조건(특히 재실자수)에 따라 안전관리 수준이 달라짐
- 복잡한 건축물, 피난약자 이용 건축물, 공공의 안전책임이 큰 시설에 대한 안전성 평가 시스템 도입
 - 최근 대규모 또는 집합 건축물의 경우 용도가 복합되면서 기능이 복잡해지는 추세. 따라서 단일 용도의 건축기준을 적용하는 데 한계가 있는 건축물은 별도의 안전관리시스템 도입을 추진
 - 또한 거주자(교정시설 수감자 포함), 환자, 학생 등 안전사고로부터 대피, 대응이 상황적으로, 신체적으로 취약한 사람이 이용하는 대상 건축물은 안전관리평가시스템을 도입하여 보완
- 법 규정에 기반한 평가지표의 도출과 건축물 용도에 따른 적용의 차별화
 - 안전평가지표는 IBC와 LSC의 기준 법을 토대로 도출하며 대상 건축물의 용도와 규모에 따라 평가지표는 다르게 적용
 - 안전평가지표는 재실자위험도가 기본이 되며 피해에 영향을 미치는 매개변수를 반영. 해당 지표는 건축물 용도에 따라 달라짐
- 보강조치 차별화로 건축물 관리 비용 산정 및 대응 가능
 - 시설의 사용방식에 따라 안전관리 방법을 달리 적용할 수 있으며 결과적으로 예상되는 투입비용 산정의 근거로 활용될 수 있음
 - 미국에서는 이러한 평가 및 결과 대응이 의무는 아니나 시장가치 상승에 중요한 요소로 작용. 국내 실정에 부합하는 안전관리시스템의 활용방안 모색 필요