

FREM에 의한 고층건물의 화재위험도 평가

1. 머리말

화재에 대한 과학적 연구가 빠르게 발전되고 있는 가운데, 화재 및 폭발 위험에 대한 평가 기법은 원자력, 화학, 석유화학 공업 분야에서 시작되어 1970년 이후에는 건물의 화재위험도를 종합적으로 평가하기 위한 기법의 연구도 활발히 이루어지고 있다.

화재위험도 평가는 사업장의 안전관리와 재무관리 등을 포함하는 위험관리 (Risk Management)의 주요 요소로서 경영관리 전반에 걸쳐 필수적인 분야이지만, 다양한 화재의 특성상 과학적·공학적이거나 통계적으로 그 접근이 용이하지 않다. 또한, 위험도 평가를 위한 비용의 문제도 실용성 측면에서 간과할 수 없는 중요한 고려사항이 되기 때문에, 전 세계적으로 보편화 되어 있는 평가 기법은 흔치 않다.

지수를 이용한 화재위험도 평가 방식은 최소의 비용으로 상대적 위험도를 신속, 정확하게 추정해 내기 위한 위험요소의 평가 절차로서, 비용-효과에 대한 우선 순위 결정과 화재위험도 평가 프로그램에 대한 도구 선정에 광범위하게 적용될 수 있다.

본 고에서는, 화재위험도 분석의 실용화를 목적으로, 특정 평가기법 즉, FREM (Fire Risk Evaluation Model)을 적용하여 국내의 대표적인 고층 건물 100동에 대한 화재위험도 평가를 실시하고, 이와 관련된 문제점을 찾아내어 개선 기반을 마련

코자 한다.

2. 화재위험도 분석의 개념

(1) 위험도 평가의 정의

「위험도 평가」는 흔히 「잠재된 위험으로부터 안전을 확보하기 위한 기초작업」으로 정의한다. 따라서, 이 용어는 사용 목적에 따라 여러 형태의 해석이 가능하다.

○ 사업장에서의 위험도 평가

대형건물, 공장 등 대부분의 사업장에는 크고 작은 위험이 내재하고 있으며, 특히 화학공장에서 사용 또는 저장하고 있는 원료 및 제품은 대부분 위험물질로서, 이의 누출 또는 화재·폭발과 같은 사고가 발생할 경우 막대한 피해를 발생시키게 된다.

사업장에서의 위험도 평가는 이와 같은 중대산업사고를 미연에 방지하기 위하여 위험설비 등의 안전관리를 철저히 하는 데 있다.

○ 보험업무로서의 위험도 평가

언더라이팅(Underwriting)은 일반적으로 “보험을 인수하거나 거절하는 과정”으로 설명되며, 또한 구체적인 의미로서 “보험대상물의 위험을 평가하는 체계화된 기법”으로 해석한다.

보험산업에서의 위험도 평가는 이와 같이 △인수여부의 결정 △보유한도의 결정 △적용요율의 결정 △담보범위의 결정 등을 위하여 목적물에 내재된 여러 종류의 위험을 평가하는 것을 말한다.

(2) 위험도 평가 절차

위험도 평가의 절차가 그 대상이나 수단 등에 따라 확일적이지는 않지만, 기본적인 흐름은 같다 하겠다. 그림 1과 같이 위험도 평가의 절차는, 추상적·개념적인 위험에 대하여 이의 존재를 확인하고 계량화하여 기본위험과 실제위험을 도출해 내는 과정이다.

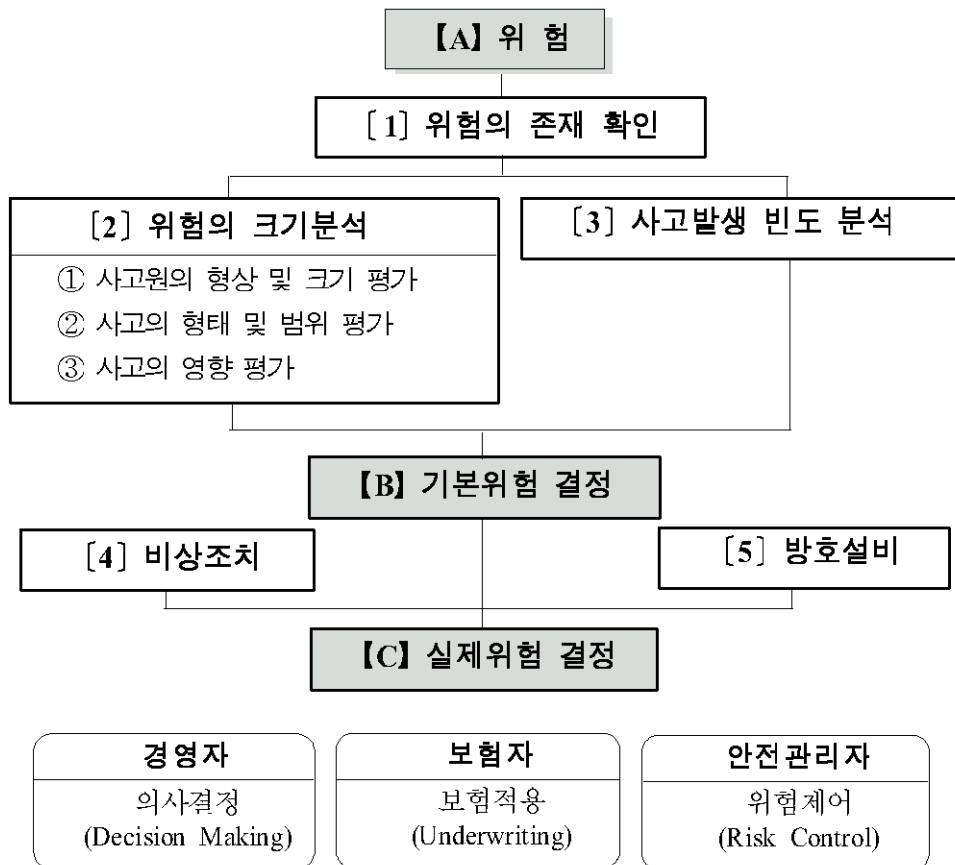
그림에서와 같이 도출된 위험(실제위험)은 사업장의 효율적 안전관리, 보험자의 과학적 언더라

이팅은 물론 경영자의 신속한 의사결정에 이용될 수 있다.

3. FREM에 의한 고층건물의 화재 위험도 분석

(1) FREM 개요

「화재위험 평가 모델」 즉, FREM은 현재 유럽에서 건축허가 또는 보험업무에 위험도 평가 도구로 널리 사용되고 있는 Gretener Method (Method for Fire Safety Evaluation)를 컴퓨터 프로그램으로 제작한 것이다.



【그림 1】 위험도평가 흐름도

【표 1】 화재위험도 등급

화재위험도 값 (R)	위험도 구분
$R < 1.2$	낮은위험 (Small Risk)
$1.2 \leq R \leq 1.4$	보통위험 (Normal Risk)
$1.4 < R \leq 3$	약간높은위험 (Increased Risk)
$3 < R \leq 5$	높은위험 (Large Risk)
$5 < R$	매우높은위험 (Very Large Risk)

FREM은 위험평가에 이용되는 알려진 변수들을 미리 고려하여 구성한 수학적 모델이다. 점수표의 구성과 배치는 전문가의 판단과 경험 그리고 어느 정도 객관적인 판정결과에 의해 결정되므로 여타의 위험평가 방법보다 핵심적인 요소를 누락시킬 염려가 적다.

○ **FREM 화재위험도 산정 개념**

건물내의 잠재위험과 활성위험을 합산하여 「화재위험」을 정하고, 이를 기본대책·특별대책·내화대책 등과 같은 「방호대책」으로 상쇄하여 실제 「화재위험도」를 산정한다.

$$\text{즉, 화재위험도}(R) = \frac{\text{화재위험}}{\text{방호대책}} = \frac{\text{잠재위험}(P) \times \text{활성위험}(A)}{\text{기본대책}(N) \times \text{특별대책}(S) \times \text{내화대책}(F)}$$

이다.

○ **화재위험도 평가 항목**

화재위험도 평가 항목은 잠재위험 13, 활성위험 5, 기본대책 6, 특별대책 7, 내화대책 6개 등 모두 38개 항목으로 구분되어 있다.

○ **화재위험도 등급**

각 항목별 점수를 계산하여 화재위험도를 지수로 표시하며 위험도는 표 1과 같이 5종류의 위험등급으로 구분한다.

○ **화재위험도 산정 단계**

FREM을 사용하여 위험도를 산정하는 단계는 다음과 같다.

- 제1단계 : 방화구획(평가대상)의 결정
- 제2단계 : 자료 입력
- 제3단계 : 위험도 산출
- 제4단계 : 위험도 개선

제4단계의 「위험도 개선」은 제3단계에서 산출된 위험값이 1.4를 초과하는 경우 그 값이 낮은 위험 또는 보통위험이 되도록 화재위험요소를 감소시키거나 방호대책을 높이는 과정이다.

(2) **FREM에 의한 고층건물의 화재위험도 평가**

○ **평가 개요**

FREM을 이용하여 오피스건물 40동, 호텔건물 30동, 병원건물 30동 등 고층건물 100동에 대한 화재위험도 평가를 실시하였다.

평가 대상 가운데 61동이 Small Risk, 17동이 Normal Risk, 22동이 Increased Risk로 나타났다.

표 2와 3에서와 같이 일반 고층건물에서 비교적 높은 위험으로 평가되는 Increased Risk의 비율이 호텔 7%, 오피스 25%인 것에 비하여 병원이 34%로 높게 나타났으며, 화재위험도 지수인 FREM 값도 병원이 평균 1.2로 가장 높게 나타났다.

평가의 모 집단인 특수건물 화재통계를 이용하

【표 2】 화재위험도 평가 결과

구 분	오피스	호 텔	병 원	계
Small Risk	23 (57%)	25 (83%)	13 (43%)	61
Normal Risk	7 (18%)	3 (10%)	7 (23%)	17
Increased Risk	10 (25%)	2 (7%)	10 (34%)	22
Large Risk	0	0	0	0
Very Large Risk	0	0	0	0
계	40	30	30	100

여, 최근 5년간의 화재발생 건수로 용도별 화재 발생 빈도를 계산한 결과, 병원건물은 2.02 ($10^{-2}/y$), 오피스건물은 2.01 ($10^{-2}/y$), 호텔건물은 3.06 ($10^{-2}/y$)로 각각 나타났다.

○ 고층건물의 화재위험도 요소 비교 분석

오피스건물, 호텔건물, 병원건물은 타용도 건물과 비교하여 일반적으로 「낮은 위험」 범주로 분류되지만, 이들 가운데 위험도가 상당히 높은 「Increased Risk」도 22%로 나타났다. Increased Risk로 평가된 오피스건물 중 3동을 선정하여 그 원인을 분석하였다.

A센터는 서울 중구에 소재한 대형·고층의 오피스건물로서, 건물 내 잠재위험이 큰 경우이다.

표 4에서 보는 바와 같이 「화재위험」 가운데

Potential Hazard 값이 오피스건물의 평균값인 4.49의 약 2배에 해당하는 8.96을 나타내고 있다.

B회관은 서울 영등포구에 소재한 고층의 오피스건물로서, 「방호대책」이 미흡한 경우이다.

표에서와 같이 방호대책 값이 오피스건물의 평균값 3.82보다 현저하게 낮은 2.02를 나타내고 있다. 특히, 초기 소화에 기여도가 높은 자동소화설비와 공설 소방대의 본격적인 소화활동이 주류를 이루는 Special Measure 값이 평균값의 1/2 수준에 지나지 않았다.

C오피스텔은 서울 영등포구에 소재한 오피스텔 건물로서, 화재위험 값과 방호대책값 모두가 평균값에 미달하는 경우이다.

이와 같이 FREM 평가를 통하여 위험도의 증감 요소를 확인하고 이를 개선하는데 직접적인 자료

【표 3】 건물용도별 화재위험 및 방호대책 값

구 분		오피스	호 텔	병 원
화재 위험	Potential Hazard	4.49	3.19	3.84
	Ignition & Management Controls	0.91	1.15	1.10
화재위험 산정 값		4.12	3.72	4.22
방호 대책	Normal Measure	0.66	0.79	0.72
	Special Measure	4.14	4.08	3.33
	Structural Fire Resistance	1.40	1.47	1.50
방호대책 산정 값		3.82	4.75	3.52
화재위험도 지수 (FREM 값)		1.1	0.8	1.2

【표 4】 오피스건물의 화재위험 요소 분석

구 분		오피스 평균 값	분석건물 산정 값		
			A센터	B회관	C오피스 텔
화재 위험	Potential Hazard	4.49	8.96	3.53	5.60
	Ignition & Management Controls	0.91	1.02	0.85	0.94
「화재위험」 산정 값		4.12	9.13	3.00	5.26
방호 대책	Normal Measure	0.66	0.80	0.64	0.46
	Special Measure	4.14	4.22	2.11	4.22
	Structural Fire Resistance	1.40	1.52	1.50	1.30
「방호대책」 산정 값		3.82	5.13	2.02	2.52
화재위험도 지수 (FREM 값)		1.1	1.8	1.5	2.1
		Small Risk	Increased Risk		

로 활용할 수 있다.

(3) FREM 적용상의 문제점

○ FREM의 기본값 적용

FREM의 평가요소 총 38개 가운데 건물 용도에 따라 이미 그 적용 값이 정해진 항목이 5개이고, 개개 건물마다의 특성에 따라 그 값이 달리 적용되는 항목이 33개이다.

화재통계 등을 이용하여 600여 종류의 건물 용도별로 적용값을 미리 정하여 둔 항목은 △Fire Load △Burning Rate △Smoke Hazard △Corrosion Hazard △Ignition Hazard이며, 그 밖의 항목은 설계도서나 현장 실사 또는 설비의 실험 등을 통하여 평가 자료를 구득한다.

평가 자료는 매 항목마다 최저값과 최고값의 범위를 정하고 있으며, 그 범위는 화재의 발생과 확대 또는 진화 등에 미치는 영향을 고려하여 각각 값을 달리하고 있다.

표 5에 평가항목별 최저값과 최고값을 나타내었으며, 또한 최저값에 대한 최고값의 배수, 즉 범위배수를 산정하였다. 범위배수가 클수록 당해 항

목이 FREM 값에 미치는 영향은 커진다.

표에서와 같이 범위배수가 2이상인 항목은 Fire Load 등 13개 항목이며, 이 가운데 Fire Compartment Area 등 10개 항목은 유사 평가항목과의 조합으로 적용값이 정해진다.

38개 평가항목 가운데 건물 용도, 위치 등과 같이 변경의 여지가 극히 적은 항목을 제외한다면, FREM 값에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 방화구획과 자동소화설비 즉, 스프링클러설비의 설치 여부이다.

○ 방화구획

FREM에서 방화구획은 2가지 개념으로 이용된다.

그 하나는 FREM 평가의 1단계로서 평가 대상을 결정하는 기능이다. 이 경우, 건물의 방화구획 수준을 판정한 뒤, 각각의 구획에 대해서 평가하거나 가장 중요한 구획부분(위험도가 가장 높을 것으로 예상되는 부분)에 대하여 평가하는 것으로 되어있다.

다른 하나는 평가요소의 주요 항목으로서의 기능이다. 이 경우는 전 항에서 설명한 바와 같이

【표 5】 평가항목별 기준치

평가항목		평가에 따른 적용값		
		최저값	최고값	범위배수
Potential Hazards	Fire Load (MJ/ m)	0.6	2.5	3.8
	Rate of Burning	1.0	1.6	1.6
	Smoke Hazard	1.0	1.2	1.2
	Corrosion Hazard	1.0	1.2	1.2
	Main Structure	1.0	1.3	1.3
	External Walls	1.0	1.3	1.3
	No. of Storeys	1.0	3.2	3.2
	Effective Height			
	Fire Compartment Area (m ²)			
	Fire Compartment Shape			
	Includes Basement	0.75	5.0	6.7
	External Windows			
Highst Floor > 25m				
Structural Fire Resistance	Main Structure (FRL in min)	1.0	1.3	1.3
	External Walls (FRL in min)			
	Windows > 2/ 3 of Floor Height	1.0	1.15	1.15
	No Storeys within Compartment			
	Floor Opening Protected	1.0	1.15	1.15
	Floors (FRL in min)			
Normal Measures	Fire Extinguishers	0.9	1.5	1.7
	Fire Hydrants	0.8	1.0	1.3
	Fire Water Supply Reliability	0.8	1.0	1.3
	Fire Water Supply Pressure	0.8	1.0	1.3
	Fire Water Supply Flow	0.6	1.0	1.7
	Distance Hydrant-Building (m)	0.9	1.0	1.1
	Fire Fighting Training	0.8	1.0	1.3
Special Measures	Fire Detection			
	Alarm Transmission	1.0	1.74	1.74
	Fire Team			
	Fire Brigade Capacity	0.6	1.9	3.2
	Fire Brigade Arrival Time (min)			
	Automatic Suppression	1.0	2.0	2.0
	Smoke & Heat Vents	1.0	1.2	1.2
Ignition and Management Controls	Ignition Hazard	0.85	1.8	2.1
	Housekeeping Standard	1.0	1.4	1.4
	Fire Prevention Checks			
	Emergency Plan & Training	1.0	1.44	1.4
	Complexity			

*주 음영 부분은 평가에 따른 최저값과 최고값의 차이가 2이상인 항목을 표시함.

FREM 값에 가장 큰 영향을 미치는 평가항목 가운데 하나가 된다.

표 5에서와 같이 Fire Compartment Area의 면적과, 이에 관련된 항목과의 조합으로 정해지는 적용값의 범위배수는 6.7로서 여타의 적용값 범위 배수와 비교하여 가장 높게 정해져 있다.

○ 자동소화설비

자동소화설비의 설치 및 적절한 유지관리에 관한 항목은 인위적으로 위험도를 저감시키는 주요 요소가 된다. 자동소화설비의 적용값 범위배수도 2.0으로서 FREM 값에 상당한 영향을 미치게 된다.

건물 전역에 설치하는 대표적 자동소화설비는 스프링클러로서, 화재 발생 초기에 자동 소화를 목적으로 설치한다. 따라서, FREM 값 산정을 위한 스프링클러설비의 자료 입력에 신중을 기할 필요가 있다.

○ FREM의 기본값 적용에 관한 문제점

앞에서 살펴본 바와 같이 FREM 값 산정에 가장 유의할 사항은 방화구획과 스프링클러 설비의 평가이다. 즉, FREM 값의 정확한 산정을 위하여서는 이러한 설비의 신뢰도를 정확히 적용하는 문제가 수반된다.

경험에 따르면, 고층건물에는 대부분 법령이 정하는 바에 따라 방화구획과 스프링클러 설비가 설치되어 있으나, 그 신뢰도는 낮은 것으로 나타나 있다.

방화구획과 스프링클러 설비는 정확한 시공도 어려울 뿐만 아니라 평소 유지 관리의 정도가 유효한 작동에 미치는 영향이 크므로 이러한 설비의 평가에는 고도의 전문성이 요구되고 있다. 적용의 일관성을 기하여 정확한 평가가 이루어질 수 있도록 이들의 평가에는 전문가의 세심한 조사가 수반되거나, 설비의 신뢰도를 평가하는 기법이 개발되어야 한다. 이미 개발된 신뢰도 평가 방법 가운데

「총괄표의 점수 집계에 의한 작동 신뢰성 평가 방법」 등을 활용할 수 있다.

4. 결 론

FREM은 화재손실 통계를 기초로 하여 건물의 용도별로 기본값을 정한 것으로서, FREM 평가를 위한 개별 적용값은 건물의 실사를 통한 구체적인 자료가 입력되기 때문에 다른 방법에 비하여 가장 오차가 적은 건물 화재위험도 평가 기법이라고 할 수 있다.

FREM 기법을 적용한 고층건물 100동의 화재 위험도 평가 결과와, 이 기법 적용에 관한 고찰을 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

○ 고층건물의 화재위험

- 오피스건물, 호텔건물, 병원건물 등 고층건물 가운데, 개선을 필요로 하는 Increased Risk₁가 22%로 나타났다.
- 병원 용도의 고층건물이 상대적으로 화재에 취약하였다.
- 화재의 발생 빈도와 손실 크기는 직접적인 관계가 없는 것으로 나타났다.

○ FREM 평가 결과

- 층고가 높아질수록 피난과 진화 양면 모두가 곤란하기 때문에 화재위험도는 높아진다.
- 건물의 형태는 외부에서 내부까지의 거리가 짧을수록 안전하다. 즉, 정방형보다는 장방형의 건물이 피난, 진화 등에 유리하다.
- 건물의 층별 구획 상태 및 건물 외벽의 유리벽 구성비가 연소확대에 큰 영향을 미친다.

- 소화용수의 원활한 공급과 적정 압력 및 자동소화설비인 스프링클러설비가 초기 화재 진압에 중요하다.
- 공설소방대의 출동시간이 손실 규모에 영향을 미친다.

○ **FREM 적용상의 문제점**

- 복잡한 화재 성상에 비하여 방화구획의 의존도가 너무 높다.
- 방화구획 부분의 상황이 전체 건물을 대표하게 된다.
- 국내의 통계자료만으로는 아직 스프링클러설비 효과에 대한 정확한 신뢰도 평가가 곤란하다.
- 통계자료의 부족과 오류, 국가마다 상이한 자료의 수집 방법과 평가기준 등으로, FREM 평가 설정값을 공유하기 어렵다.

- 급속한 기술환경의 변화는 과거 손실 경험에 의한 신뢰도를 앞서가고 있다.

고층건물의 화재위험도 평가에 있어 가장 중요한 요소는 건물 내 방화구획과 자동소화설비의 신뢰도라 할 수 있다. 더불어 고층건물에서 화재 안전을 확보하기 위해서는 이 두 설비를 유효하게 설치하고 유지관리 하는 것이 무엇보다 중요하다. 또한, 차후 이 두 설비 등에 대한 신뢰도 평가기준을 더욱 심도 있게 연구하여, 지수를 이용한 건물 화재위험도 평가에 적용한다면 적은 비용으로 보다 정확한 위험도 산정이 가능할 것이다. ☹

- 정리: WS FHA 프로젝트팀 부장 김동일

케이블의 방화성능 규격 소개

- BS 4066: Tests on electrical cables under fire conditions. See also IEC 60332 and BS EN 50265: Common test methods for cables under fire conditions
- BS 6387: Performance requirements for cables required to maintain circuit integrity under fire condition. See also IEC 60331: Fire resisting characteristics of electrical cable
- BS 6425: Gases evolved during combustion of electrical cables. [IEC 60754]
- BS 7622: Part 2: Measurements of smoke density of electrical cables burning under defined conditions
- BS 7629: Thermosetting insulated cables with limited circuit integrity when affected by fire. BS 7629 is a complete cable specification and incorporates the requirements of test specifications BS 6387 and BS 6425: Part 1
- BS 7846: Specification for 666/1000V armoured fire-resistant electric cables having low emission of smoke and corrosive gases when affected by fire
- prEN 50289-4-11: A horizontal integrated fire test method for communication cables
- NFPA 262: Standard method of test for the flame travel and smoke in wires and cables for use in air handling spaces
- UL 910: Test for flame-propagation and smoke-density values for electrical and optical-fibre cables used in spaces transporting environmental air