

FREM을 적용한, 고층건물의 화재위험도 비교평가연구

김동일*, 손기상**, 이수경**

*한국화재보험협회 WS프로젝트팀, **서울산업대학교 안전공학과

A Study of Comparative Evaluation for High-rise Building Fire Risk by the Use of FREM

Kim Dong-Il,* Son Ki-Sang**, Lee Su-Kyung**

*Korean Fire Protection Association, **Seoul National University of Technology

1. 서론

토지 이용의 효율화를 위한 대안으로 고층건물이 증가하고, 이에 비례하여 건물에서의 위험의 종류와 크기도 증가하고 있다. 특히 고층건물에서 화재가 발생할 경우, 충분한 대비를 하지 않으면 인명과 재산상의 손실이 크게 나타날 수 있다.

고층건축물의 화재위험도가 잠재적으로 크다고는 생각하고 있지만 그 위험도가 정량적으로 명확하지 않은 것이 현실이다.

화재 및 폭발 위험에 대한 평가 기법은 원자력, 화학, 석유화학 공업 분야에서 활발히 이루어져 왔으며, 1970년 이후에는 건물의 화재 위험도를 종합적으로 평가하기 위한 기법의 연구도 활발히 이루어졌다.

화재에 대한 과학적 연구 분야가 빠르게 발전되고 있는 가운데, 가장 유용하면서도 가장 사용되지 않는 분야의 하나가 화재위험도 분석이다 [1].

본 연구에서는 첫째, 화재위험도 분석의 기본 개념과 정의 및 접근 방식을 검토하여 건물의 화재위험도 분석의 기반을 구축하고 둘째, 국내의 대표적인 고층 건물 10동에 대하여 특정 평가기법 즉, FREM (Fire Risk Evaluation Model)을 적용한 화재위험도 평가를 실시하여 위험의 유형을 도출하는 한편, 외국에서 개발된 이 기법을 국내에 적용할 경우 발생할 수 있는 문제점을 찾아내어 이를 개선하기 위한 기반을 마련코자 하였다.

2. 화재 위험도평가 이론

2.1 위험도 평가의 정의 [2]

「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 발생 시키게 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.

2.2 위험도 평가 절차

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

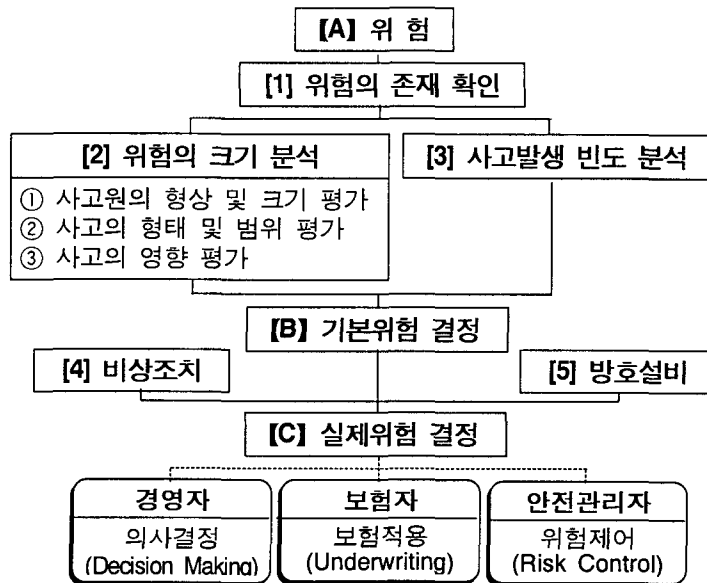


Fig. 1. 위험도평가 흐름도

3. FREM 기법을 적용한, 고층건물의 화재 위험도 분석

3.1 FREM 개요 [3]

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

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 화재 위험도 산정 개념

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

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.

◦ 화재위험도평가 항목

화재위험도평가 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 Table 1 과 같이 5종류의 위험등급으로 구분한다.

Table 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)

◦ 화재위험도 산정 단계

FREM을 사용하여 위험도를 산정하는 단계는 다음과 같다.

- 제1단계 : 방화구획(평가대상)의 결정
- 제2단계 : 자료 입력

- 제3단계 : 위험도 산출
- 제4단계 : 위험도 개선

3.2 FREM을 이용한 고층건물의 화재위험도 평가

3.2.1 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 (Table 2).

Table 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 이용하여 [4], 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.

Table 2. 화재위험도 평가 결과

구 분	오피스	호텔	병원	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

Table 3. 건물용도별 화재위험 및 방호대책 값

구 분		오피스	호텔	병원
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

3.2.2 고층건물의 화재위험도 요소 비교 분석

◦ FREM 값 비교

오피스건물, 호텔건물, 병원건물은 타용도 건물과 비교하여 일반적으로 「낮은 위험」 범주로 분류되지만 [5], 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.

Table 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.

Table에서와 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 방호대책 값 모두가 평균값에 미달하는 경우이다.

Table 5. 오피스건물의 화재위험 요소 분석

구 분		오피스 평균값	분석건물 산정 값		
			A센터	B회관	C오피스텔
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		

3.3 FREM 적용상의 문제점

3.3.1 FREM의 기본값 적용

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

건물의 용도를 600여 종류로 구분하고, 각 용도별로 적용 값을 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.

최저값에 대한 최고값의 배수를 범위배수라 할 때, 이 범위배수가 클수록 당해 항목이 FREM 값에 미치는 영향은 커진다.

범위배수가 2.0 이상인 항목은 Fire Load 등 13개 항목이며, 이 가운데 Fire Compartment Area 등 10개 항목은 유사 평가항목과의 조합으로 적용값이 정해진다.

38개 평가항목 가운데 건물의 용도, 위치 등과 같이 변경의 여지가 극히 적은 항목을 제외한다면, FREM 값에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 방화구획과 자동소화설비, 즉 스프링클러설비의 설치 여부이다 [6].

◦ 방화구획

FREM에서 방화구획은 2 가지 개념으로 이용된다.

그 하나는 FREM 평가의 1단계로서 평가 대상을 결정하는 기능이며, 다른 하나는 평가요소의 주된 항목으로서의 기능이다. Fire Compartment Area의 면적과, 이에 관련된 항목과의 조합으로 정해지는 적용값의 범위배수는 6.7로서 여타의 적용값 범위배수와 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.

3.2.2 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 [7].

방화구획과 스프링클러 설비는 정확한 시공도 어려울 뿐만 아니라, 설치 후 유지 관리도 용이하지 않다. 따라서, 이들의 평가에는 전문가의 세심한 조사가 수반되거나, 설비의 신뢰도를 평가하는 기법이 요구된다. 이미 개발된 신뢰도 평가 방법 가운데 「총괄표의 점수 집계에 의한 작동 신뢰성 평가 방법」 [8] 등을 활용할 수 있다.

4. 결론

1970년 이후, 건물의 화재 위험도를 종합적으로 평가하기 위한 기법의 연구가 활발히 이루어졌다.

FREM은 화재손실 통계를 기초로 하여 건물의 용도별로 기본값을 정하는 한편, 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 화재위험도 평가 결과와, 이 기법 적용에 관한 고찰을 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

○ 고층건물의 화재위험

- 오피스건물 등 고층건물 가운데, 개선을 필요로 하는 「Increased Risk」가 22%로 비교적 높게 나타났다.
- 병원 용도의 고층건물이 상대적으로 화재에 취약한 것으로 나타났다.
- 화재의 발생 빈도와 손실의 크기는 직접 관계가 없는 것으로 나타났다.

○ FREM 평가 결과

- 층고가 높아질수록 피난과 진화 양면 모두가 곤란하기 때문에 화재위험도는 커진다.
- 건물의 형태는 외부에서 내부까지의 거리가 짧을수록 안전하다. 즉, 정방형 보다는 장방형의 건물이 피난, 진화 등에 유리하다.
- 비상계획의 수립과 그 이행 및 훈련 상태, 그리고 건물의 정리정돈 상태가 화재위험도에 영향을 미친다.
- 건물 외벽의 내화도와 유리벽 구성비가 연소확대에 영향을 준다.
- 건물의 층별 구획 상태가 화재위험도에 큰 영향을 미친다.
- 소화용수의 원활한 공급과 적정 압력이 화재 진압에 중요하다.
- 화재 진화에 자동소화설비인 스프링클러의 영향이 크다.
- 공설소방대의 출동시간이 손실 규모에 영향을 준다.

○ FREM 기법 적용상의 문제점

- 복잡한 화재 성상에 비하여 방화구획의 의존도가 너무 높다.
- 방화구획 부분의 상황이 전체 건물을 대표하게 된다.
- 국내의 통계자료만으로는 아직 스프링클러설비의 효과에 대한 정확한 신뢰도 평가가 곤란하다.
- 그 밖의 근원적 문제점은 다음과 같다.
 - 손실경험 자료(데이터)의 부족, 국가 및 회사에 따라 상이한 자료의 수집 방법과 평가 기준으로 인한 설정값의 신뢰 곤란
 - 손실의 크기를 결정하는 인자와, 원인 측면에서의 부적절한 분석에 기인한 통계자료의 오류 초래
 - 과거 손실경험의 신뢰도를 앞서갈 수 있는 급속한 기술의 변화 등.

고층건물의 화재위험도 평가에 있어 가장 중요한 요소는 건물 내 방화구획과 자동소화설비의 신뢰도라 할 수 있다. 더불어 고층건물에서 화재 안전을 확보하기 위하여서는 이 두 설비를 유효하게 설치하고 유지관리 하는 것이 무엇보다 중요하다. 또한 보다 정확한 화재위험도 산정을 위하여 차후 이 두 설비 등에 대한 신뢰도 평가기준이 더욱 심도 있게 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. John R. Hall, "Fire Risk Analysis", section 11, chapter 8 (pp.78-88), Fire Protection Handbook, 18th. Edition, 1997.
2. 한국화재보험협회, "석유화학공장 화재·폭발 위험도평가 사례", 1999. 3.
3. "Fire Risk Evaluation Model" User's Manual, Gallagher Basseett Aus. Pty Ltd., 1996.
4. 한국화재보험협회, "1999년도 특수건물 화재조사분석", 2,000. 7.
5. 한국화재보험협회, "특수건물 화재 위험도평가 사례", 1998. 10.
6. 김동일, "FREM 기법에 의한 건물화재 위험성평가", 한국안전전문기관협의 회보, 제 15호, 2000. 4.
7. 한국화재보험협회, "1999회계연도 특수건물 안전점검결과 분석", 2000. 8.
8. 이수경 외, "공공건물의 방화유지관리 S/W 개발", 과학기술부 연구 과제, 서울산업대학교, 1998. 12.