

FREM을 적용한 고층건물의 화재위험도 비교평가연구 A Study of Comparative Evaluation for High-rise Building Fire Risk by the Use of FREM

김동일[†] · 손기상* · 이수경*

Dong-Il Kim[†] · Ki-Sang Son* · Su-Kyung Lee*

한국화재보험협회 WS프로젝트팀, *서울산업대학교 안전공학과
(2002. 01. 30. 접수/2002. 03. 05. 채택)

요 약

본 연구는 화재위험도 분석 개념과 정의 및 접근방식을 검토하여 건물화재위험도 분석의 기반을 구축하였으며, 다음으로 컴퓨터 프로그램인 FREM을 사용하여 국내외 대표적인 고층건물 100동에 대한 화재위험도를 평가한 후 위험의 유형을 도출하였고, 또한 외국에서 개발된 이 기법을 국내에서 적용하였을 때 발생하는 문제점을 밝혔다. 고층건물의 화재위험도 평가에 있어 가장 중요한 요소는 건물 내 방화구획과 자동소화설비의 신뢰도라 할 수 있다. 더불어 고층건물에서 화재안전을 확보하기 위하여서는 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.

ABSTRACT

This study set its bases needed for building fire risk analysis by examining general concept and definitions of fire risk analysis, and its access methods. Upon this basis, by using a computer program FREM, we brought the type of hazards out of the fire risk assessment applied to the typical 100 high-rise buildings in and out of this country. In this process, we also sorted out the programs arising from the application of a foreign born tool to domestic conditions. the credibility of fire separations and automatic fire protection system in a building would be the two most important things in an attempt to evaluate fire risk in high-rise buildings. In addition, it is vital for the purpose of securing fire safety in high-rise buildings that the systems should be properly installed and carefully maintained. When we try hard to study the evaluation standards to the above systems and, someday in the future, to employ them in evaluating fire risks in high-rise buildings, we can measure the risks much more precisely with less expenses than that we needed today.

Keywords : Fire risk analysis, FREM program, Fire separations, Automatic fire protection system

1. 서 론

토지이용의 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 생

각하고 있지만 그 위험도가 정량적으로 명확하지 않은 것이 현실이다.

화재에 대한 과학적 연구분야가 빠르게 발전되고 있는 가운데, 가장 유용하면서도 가장 사용되지 않는 분야의 하나가 화재위험도 분석이다.

본 연구에서는 첫째, 화재위험도 분석의 기본개념과 정의 및 접근 방식을 검토하여 건물의 화재위험도 분석의 기반을 구축하고, 둘째, 특정 평가기법 즉, FREM (Fire Risk Evaluation Method)을 사용하여 고층건물에 대한 화재위험도를 평가하고 위험의 유형을 도출하는

[†]E-mail: kimil@kfpa.or.kr

한편, 이 기법을 국내에 적용할 경우 발생할 수 있는 문제점을 찾아내어 이를 개선하고자 한다.

2. 화재위험도 평가이론

2.1 화재위험도 평가의 정의

「화재위험도 평가」는 흔히 「잠재된 위험으로부터 안전을 확보하기 위한 기초작업」으로 정의된다. 따라서, 이 용어는 사용목적에 따라 여러 형태의 해석이 가능하다.

2.2 사업장에서의 위험도 평가

정부는 산업안전보건법에 공정안전관리(PSM)제도를 도입하여 위험설비를 보유하고 있는 사업장에 우선 적용하고 있다. 이 제도는 중대산업사고를 방지하기 위하여 사업장에서 자체적으로 위험도평가를 실시하고 그 결과를 보고하는 것으로서, 보고서에 포함되는 사항은 공정안전자료, 공정위험도 평가서, 안전운전계획, 비상조치계획 등이다.

2.3 보험업무로서의 위험도 평가

언더라이팅(Underwriting)은 일반적으로 「보험을 인수하거나 거절하는 과정」으로 설명되며, 또한 구체적인 의미로서 「보험대상물의 위험을 평가하는 체계화된 기법」으로 해석된다. 보험산업에서의 위험도 평가는 인수여부의 결정, 보유한도의 결정, 적용요율의 결정, 담보범위의 결정 등을 위하여 목적물에 내재된 여러 종류의 위험을 평가하는 것을 말한다.

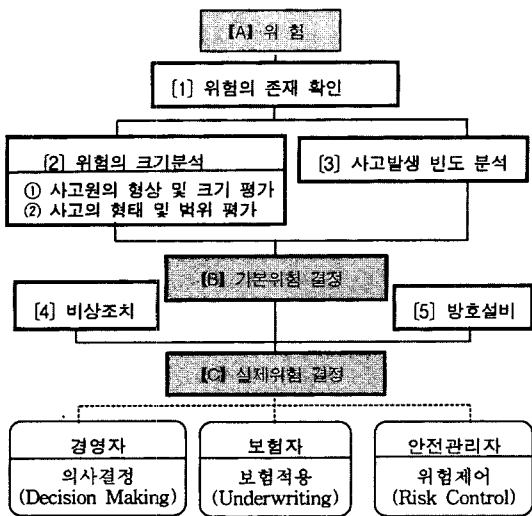


그림 1. 위험도 평가 흐름표.

한국화재 · 소방학회, 제16권 제1호, 2002년

2.4 위험도 평가 절차

위험도 평가의 절차는, 추상적·개념적인 위험에 대하여 이의 존재를 확인하고 계량화하여 기본위험과 실제 위험을 도출해 내는 과정이다.

3. FREM기법을 적용, 고층건물 화재위험도 분석

3.1 FREM의 개요

「화재위험 평가모델」, 즉 FREM은 현재 유럽에서 건축허가 또는 보험업무에 위험도 평가 도구로 널리 사용되고 있는 Gretener Method를 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.

3.2 Gretener Method

3.2.1 Getener Method 평가의 범위

Getener Method는 규격화된 평가기준에 기초하여 건물 화재위험도 정량적으로 평가한다.

본 기법에서는 인접한 구내간의 공간과 피난로에 대한 구조나 설비에 대한 규정, 비상조명 등 기본적인 시설에 관한 안전규정은 준수된 것으로 간주하며, 이들을 기본대책으로 정의한다.

또한 건물내의 모든 위험인자와 위험을 방호하는데 필요한 조치의 조합을 고려한 것으로서, 다음의 용도에 적용할 수 있다.

- 일반인의 출입이 빈번하고 화재 시 많은 인명피해가 예상되는 건물
- 공장, 상업용 건물
- 다용도 건물

3.2.2 평가방법의 구성

· 기본공식

화재위험에의 노출위험 B는 모든 위험인자의 곱인 P를 모든 방호인자의 곱인 M으로 나눈 것으로 정의된다.

$$\text{즉, } B = P/M$$

소위 “잠재위험”이라고 부르는 위험에 영향을 주는 변수들의 곱(P)은, 건물의 수용함에 내재된 고유한 위험과 건물의 구조에 따른 고유한 위험으로 구성된다.

방호대책(M)은 기본대책, 특별대책, 구조적 대책으

로 분류된다.

실제화재위험 R은 화재위험노출(B)과 활성위험(A)의 곱으로 결정되는데, A인자는 화재발생 확률의 정량적 수치이다.

· 건물의 유형

화재전파에 영향을 미치는 요소는 건물의 구조와 세부계획에 의해 확산된다는 관점에서 다음의 3가지 유형으로 구분한다.

- Z형 구조(셀구조) : 방화구획이 단일층이고, 각 층이 100m²이하의 작은 내화실로 세분되어 있다. 그러므로 화재의 수평 및 수직방향으로의 확산이 구조적 대책에 의해 방지되거나 또는 최소한 시간을 더 오래 지연시킬 수 있다.
- G형 구조(대 표면적 구조) : 1개층의 건물이거나 1개층이 넓은 형태로서 넓은 표면적을 따라 수평방향으로의 화재의 확산이 가능하다. 그렇지만 구조적 대책 때문에 수직방향으로는 확산되지 않는다.
- V형 구조(대공간 구조) : Z형 구조 또는 G형 구조

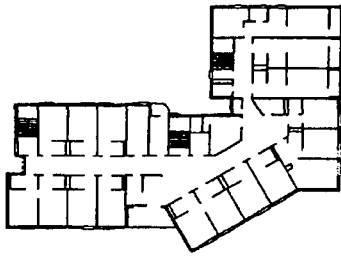


그림 2. Z형 구조.

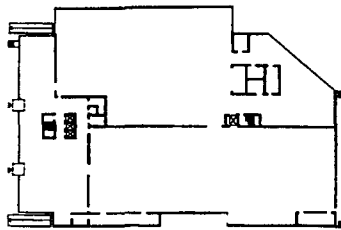


그림 3. G형 구조.

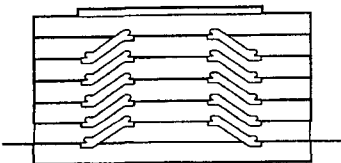


그림 4. V형 구조.

로 분류할 수 없는 건물은 V형구조의 범주에 속한다. 이 유형의 구조는 건물전체 또는 건물일부의 각 층 내에 구획이 없거나 불충분한 것들이 이 범주에 포함된다. 이런 구조는 수평 및 수직적 화재 확산이 용이하게 촉진된다.

3.3 FREM 화재 위험도 산정

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

$$\text{화재위험도}(R) = \frac{\text{화재위험}}{\text{방호대책}}$$

$$= \frac{\text{잠재위험}(P) \times \text{활성위험}(A)}{\text{기본대책}(N) \times \text{특별대책}(S) \times \text{내화대책}(F)}$$

3.4 화재위험도 평가항목

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

3.5 화재위험도 등급

각 항목별 점수를 계산하여 화재위험도를 지수로 표시하며 위험도는 표 1과 같은 위험등급으로 구분한다.

3.6 화재위험도 산정단계

FREM을 사용하여 위험도를 산정하는 단계는 다음과 같다.

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

3.7 FREM을 이용한 고층건물의 화재위험도 평가

FREM을 이용하여 오피스건물 40동, 호텔건물 30

표 1. 화재위험도 분석

화재위험도 값 (R)	위험도 구분
R < 1.2	낮은위험 (Small Risk)
1.2 ≤ R ≤ 1.4	보통위험 (Normal Risk)
1.4 < R ≤ 3	약간 높은 위험 (Increased Risk)
3 < R ≤ 5	높은위험 (Large Risk)
5 < R	매우높은위험 (Very Large Risk)

표 2. 화재위험도 평가결과

구분	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

표 3. 건물용도별 화재위험 및 방호대책 값

구분		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

표 4. 건물용도별 화재손실 현황

구분	오피스	호텔	병원
99년 화재발생건수 (발생/전체)	31/1,106	12/458	9/474
최근5년 화재발생빈도 (10 ⁻² /year)	2.01	3.06	2.02
소손면적 합계 (m ²)	381	117	63
건당 소손면적 (m ²)	12.3	9.8	7.0
재산피해 합계 (천원)	92,161	39,015	39,191
건당 재산피해 (천원)	2,973	3,251	4,355

표 5. 오피스건물의 화재위험 요소 분석

구분		오피스 평균값	분석건물 산정 값		
			A	B	C
화재위험	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
방호대책	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		

동 등 고층건물 100동에 대한 화재위험도 평가를 실시하였다. 평가대상 가운데 61동이 Small Risk, 17동이 Normal Risk, 22동이 Increased Risk로 나타났다. 평가의 모 집단인 특수건물 화재통계를 이용하여, 최근 5년간의 화재발생건수로 용도별 화재 발생빈도를 계산한 결과, 병원건물은 2.02(10⁻²/y), 오피스건물은 2.01(10⁻²/y), 호텔건물은 3.06(10⁻²/y)로 각각 나타났다.

3.8 고층건물의 FREM값 비교 분석

오피스건물, 호텔건물, 병원건물은 타용도 건물과 비교하여 일반적으로 「낮은위험」 범주로 분류되지만, 이들 가운데 위험도가 상당히 높은 「Increased Risk」도 22%로 나타났다.

Increased Risk로 평가된 오피스건물 중 3동을 선정하여 그 원인을 분석하였다.

3.9 고층건물의 FREM 값 분석결과

3.9.1 고층건물의 화재위험

- 잠재 화재 위험
- 층고가 높아지면 피난과 진화 양면 모두 곤란하게 되어 화재위험도는 높아진다.
- 건물의 형태는 외부에서 내부까지 거리가 짧을수록 안전하다.
- 발화위험 및 방화관리
- 건물의 복잡한 정도가 화재위험도에 영향을 준다.
- 비상계획의 수립과 그 이행 및 훈련상태가 화재위험도에 영향을 미친다.

3.9.2 고층건물의 방호대책

- 건물의 내화대책
- 건물 외벽의 내화도와 유리벽 구성비가 연소확대에 영향을 미친다.

- 방화 기본대책
- 소화용수의 원활한 공급과 적정 압력이 화재진압에 영향이 크다.
- 특별 방화대책
- 화재진화에 자동소화설비인 스프링클러의 영향이 크다.
- 공설소방대의 출동시간이 화재진압에 영향을 준다.

4. FREM적용상의 문제점

4.1 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 적용값을 미리 정하여둔 항목은 Fire Load Burning Rate Smoke Hazard Corrosion Hazard Ignition Hazard이며, 그 밖의 항목은 설계도서나 현장 실사 또는 설비의 실험 등을 통하여 평가자료를 구득한다.

평가자료는 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 FREM값에 미치는 영향은 커진다.

범위배수가 2.0이상인 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, FREM값에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 방화구획의 자동소화설비, 즉 스프링클러설비의 설치여부이다.

4.2.1 방화구획

FREM에서 방화구획은 2가지 개념으로 이용된다. 그 하나는 FREM평가의 1단계로서 평가대상을 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.

4.2.2 자동소화설비

자동소화설비의 설치 및 적절한 유지관리에 관한 항목은 인위적으로 위험도를 저감시키는 주요요소가 된다. 자동소화설비의 적용값 범위배수도 2.0으로서

FREM값에 상당한 영향을 미치게 된다.

4.2 FREM 기법 적용상의 문제점

- 1) 복잡한 화재성상에 비하여 방화구획의 의존도가 너무 높다.
- 2) 방화구획 부분의 상황이 전체건물을 대표하게 된다.
- 3) 국내의 통계자료만으로는 아직 스프링클러설비 효과에 대한 정확한 신뢰도 평가가 곤란하다.
- 4) 통계자료의 부족과 오류, 국가마다 상이한 자료의 수집 방법과 평가기준 등으로, FREM평가 설정값을 공유하기 어렵다.
- 5) 급속한 기술환경의 변화는 과거 손실경험에 의한 신뢰도를 앞서가고 있다.

5. 맺음말

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

감사의 글

본 논문은 서울산업대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. John R. Hall, "Fire Risk Analysis", Section 11, Chapter 8, Fire Protection Handbook, 18th. Edition(1997).
2. Eric W. Marchant, "Fire Risk Assessment - Range of Assessment Techniques", Fire Engineers Journal, Vol. 59, No. 201(1997. 7).
3. 한국화재보험협회, "석유화학공장 화재·폭발 위험도 평가 사례"(1999. 3).
4. G. Ramachandran, "A Review of Mathematical Models for Assessing Fire Risk", Fire Prevention 149.
5. John M. Watt, "Probabilistic Fire Models", Section 10, Chapter 10, Fire Protection Handbook, 17th. Edition(1991).

6. John M. Watts, Jr., "Criteria for Fire Risk Ranking", Fire Safety Science 3rd. International Symposium(1991).
7. John M. Watts, Jr., "Fire Risk Ranking", Section 5, Chapter 2, SFPE Handbook, 2nd. Edition, NFPA (1995).
8. Adiar Lewis and William Dailey, "Fire Risk Assessment Methods", Fire Risk Management in the Workplace, Vol. 5, FPA(1999).
9. Ramachandran, "Probabilistic Approach to Risk Evaluation", Fire Technology, Vol. 24, No. 3(1998).
10. Siu Ming Lo, "A Fire Safety Assessment System for Existing Buildings", Fire Technology, Vol. 35, No. 2(1999).
11. "Method for Fire Safety Evaluation", SIA(Swiss Federation of Engineers and Architects) Documentation(1996).