

研究レポート

高層建築物における火災損失予測手法の開発

建設省建築研究所

基準認証研究センター

主任研究員 北 後 明 彦

1 はじめに

近年、建築物の高層化・大規模化はとどまるところを知らない。この背景には構造・施工技術の進歩とともに、このような建築物を要望する人々がいることは確かであろう。その人々は自らの投資で築き上げた高層・大規模建築物が災害によって損傷を被ったり、人命に危険を及ぼしたりするリスクを考えて行動しているに違いない。

先日の阪神・淡路大震災はこのような投資リスクのあることを如実に示した。また、ごく最近の傾向としては、コスト削減をしなければ生き残れないといった事情が生じつつある。コストを下げつつリスクを上げない事が求められているのである。

ここで提案する損失予測手法は、このような建築物を新たに計画する時や改修する時にどれだけのリスクがあるかを把握し、リスク管理の意思決定手段とするものである。この手法では、公的消防の運用によるリスクの変化も取り込むことが可能であり、都市レベルの防災対策の意思決定にも利用することが可能となろう。

2. 研究の目的

高層・大規模建築物は、内部に多数の人間や大量の財産を収容している。従って、いったん火災が発生すると多数の在館者と、オフィスに存在する様々な機器・家具・内装材に対する影響が及ぶ。この影響の度合いは一般の中低層の建築物よりもはるかに大きいものと予想されるが、確たる損失度の予測をすることは難しい。

その原因として、火災現象が複雑で気象条件や人間の関与などの条件による不確定要素が多いためと考えられる。このような場合、一般に消防科学総合センターで集約されているような火災データを利用した統計的な損失度の予測手法が考えられるが、一般の建築物と比較して高層建築物は相対的に建物の数が少なく、その火災事例も少ないため、損失を統計的に算出できるほどのデータが集まらない。従って絶対数の少ない高層建築物に対しては、そうした方法による予測が不可能である。

一方、火災解析モデルによる工学的予測手法においては、出火確率や人的関与の面で予測が困難である。しかし、このように統

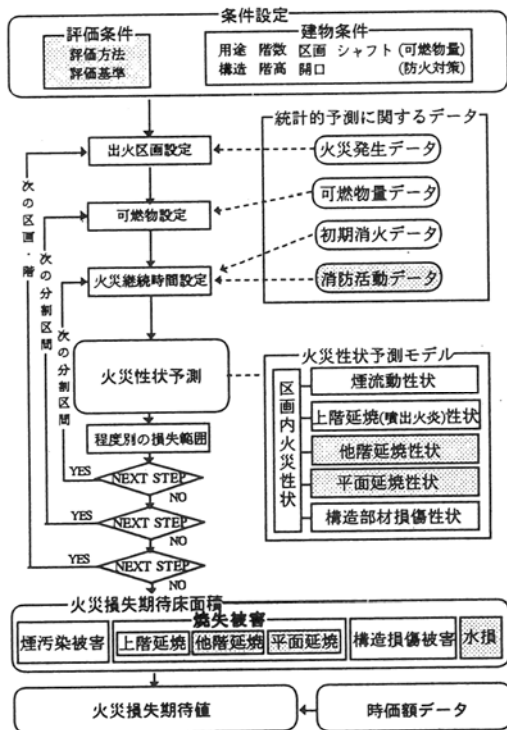


図1 火災損失予測手法のフレームワーク

計的なデータの乏しい建築物であっても、その損失度を定量的に把握することは、これらの建築物に対して適切なレベルの対策を講じる上で重要である。従って、本研究は、簡便かつ適切な精度の被害予測を行うための予測方法の一つの提案を目的としている。

3. 火災損失予測手法の構築

3.1 火災損失期待値算定の全体構成

火災損失予測手法のフレームワークを、図1に示す。

火災による損失は可燃物量や消火活動などによる火災規模の違いによって異なる。

そこで、ある区画からの出火について火災規模・危険要因別に工学的に火災性状予測をおこない、クライテリア(性状予測によって得られる室内温度や部材温度の区分別の損失範囲の面積に影響係数 β を乗じて算出した火災損失床面積 L' (m^2)を算出する。損失床面積 L' に時価額 α ($¥/m^2$)を乗じて火災損失値 L ($¥$)とする。

この火災損失値 L に、統計的に求めた各区画における火災規模別の発生確率 P を乗じ、建物の全階および全区画を累積することで火災損失期待値 E ($¥/棟/期間$)を求める。

火災損失期待値は、ある期間内に一棟の建築物が潜在的に有する、火災による物的被害の程度のことである。

ここでは研究の第一段階として消防活動や防火設備を前提としない最大限予想損失(Maximum Probable Loss)を想定し、出火した火災のうち盛期火災まで発達する蓋然性のあるものについて算定する。そこで、火災発生確率 P は、区画での出火確率と、発生した火災が自然鎮火や人的な初期消火とならずに盛期火災になる比率の積とした。

3.2 火災性状モデルによる損失面積算定

(1) 煙汚染による損失

煙流動性状予測プログラム¹⁾により汚染された居室の上昇温度を求める。これによりクライテリア別汚染階層数 $FL(k, i, c)$ を算出し、各クライテリア c 別の影響係数 $\beta_{煙}(c)$ を用いて、火災損失床面積を求める。

(2) 上階延焼による損失

噴出火災性状予測プログラム²⁾を用いて窓からの噴出火災高さを算定し、スパンドレル(窓の上枠と上階の窓敷居の間の部分)

高さとの比較により上階延焼するか判別する。そして、延焼階からさらにその上階へ延焼する比率 P_w を用いて火災損失床面積を求める。

(3) 構造損傷による損失

構造部材損失予測プログラム³⁾より、主要構造部材の上昇温度を算定し、クライテリアごとに β 構(c)を決定する。さらに、前述の上階延焼被害を考慮し、火災損失床面積を求める。

4. ケーススタディ

実在する超高層事務所ビルを対象にケーススタディを行い、本算定法がどのような損失期待値を算定するかの傾向を調べた。

4.1 算定条件の設定

4.1.1 諸係数の設定

(1) 火災発生確率

過去の研究⁴⁾で推定された大規模事務所の値を単位床面積当たり出火確率とした(表1)。盛期火災比率は、超高層(100m超)についての値とした(東京消防庁のデータに基づく)。

(2) 延焼階から上階へ延焼する比率

現段階における上階延焼モデルの制約から、表1に示す値を仮に設定した。

(3) 時価額

建築物の構造体評価を参考例より、また建築物の収容動産の評価を一定面積当たりの備品の数量、価値を基準に推定評価し⁵⁾、時価額として設定した(表2)。

(4) クライテリア別影響係数

最大被害状態を1.0とし、これに対する他のクライテリアの被害がどの程度の被害をもたらすのかを比率で示した(表3~5)。

表1 算定条件の設定値(その1)

記号	記号説明	設定値
P_a	単位床面積当たり出火確率	1.15×10^{-7}
P_s	盛期火災比率	0.137
P_w	延焼階から上階へ延焼する比率	0.8

表2 算定条件の設定値(その2)

記号	記号説明	設定値
$\alpha_{\text{煙}}$	煙被害汚染における時価額	153,000
$\alpha_{\text{上}}$	上階延焼における時価額	153,000
$\alpha_{\text{構}}$	構造部材損傷被害における時価額	68,000

表3 煙汚染のクライテリア別影響係数

記号	室内温度上昇(°C)					
	0	0~25	25~50	50~75	75~100	100~
c	1	2	3	4	5	6
$\beta_{\text{煙}}(c)$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1

表4 上階延焼のクライテリア別影響係数

記号	上階延焼する	上階延焼しない
c	有	無
$\beta_{\text{上}}(c)$	1	0

表5 構造損傷のクライテリア別影響係数

記号	構造部材の温度上昇(°C)					
	20~100	100~300	300~400	400~500	500~600	600~
c	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	1
$\beta_{\text{構}}(c)$	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	1

4.1.2 基準建物の条件設定

図2, 図3に示す建物を対象とした。

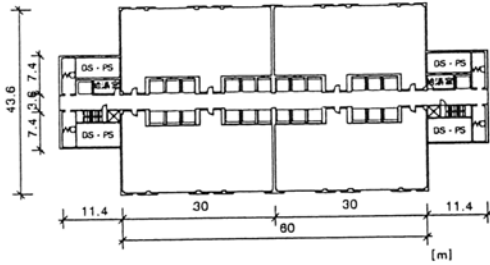


図2 基準平面図

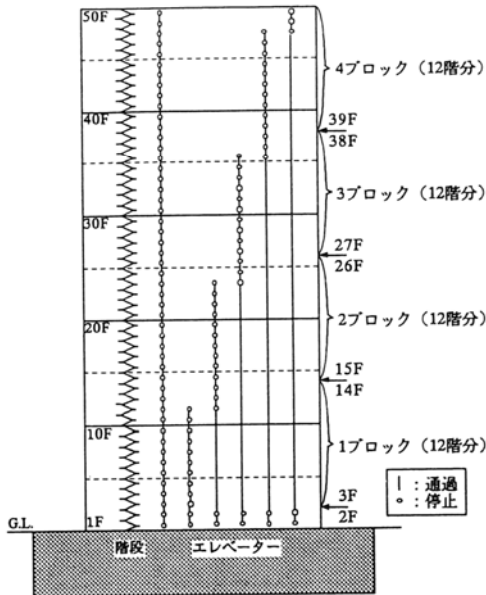
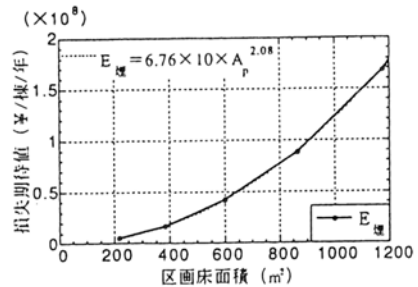


図3 基準建物断面図

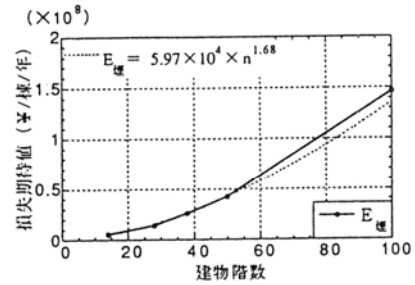
上に示した建物(1つの区画床面積 600 m², 建物階数50階)を基準建物として, 以下の場合について計算を行った。結果は煙汚染被害を例として示した。

4.2 ケーススタディの結果と考察

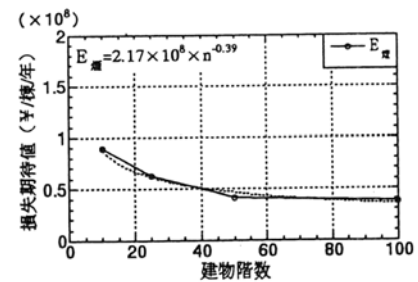
(1) 建物階数が一定で区画床面積を変化させた場合, 区画床面積を大きくするに従って損失期待値は区画床面積の増加以上に増加する。これは, 損失期待値が基本的には火災確率(α 区画床面積)と損失床面積(α 区画床面積)の積なので区画床面積の二乗で増加するためである。



(1) 建物階数が一定で区画床面積を変化させた場合



(2) 建物階数を変化させた場合



(3) 床面積は同一でフロアと建物階数を変化させた場合

図3 煙汚染被害による損失期待値

(2) 建物階数を変化させた場合、煙汚染に関しては高さの増加の程度以上に損失期待値が増大するが、上階延焼、構造損傷については、上階延焼の確率を一定と仮定しているため、単に階数に比例して増大する。

(3) 延床面積は同一フロア面積と建物階数を変化させた場合は、フロア面積が小さく建物階数が高い程、損失期待値は減少する。この場合、同一フロアでの区画数を常に4としたため、建物階数が高くなると

1 区画床面積が小さくなり損失期待値がそれ以上に小さくなること((1)の傾向)が反映していると考えられる。

5. おわりに

以上で示したケーススタディは消防活動や防火設備の作動については考慮していない。今後、それらの効果を統計的に組み込んで評価を行いたい。また、その上で得られた損失期待値を現実の被害状況と比べてこの予測法の精度を確認する予定である。

【文 献】

- 1) 金子秀樹：高層建築物の煙による火災危険度に関する研究（1993）。
- 2) 大宮喜文ら：窓からの上階延焼予測に関する研究（1993）。
- 3) 若松孝旺：主要構造部材の損傷被害予測に関する研究（1994）。
- 4) 朴哲也：建築物の出火率と防火設備の故障率に関する研究（1991）。
- 5) (社)日本損害保険協会：保険価額評価の手引き（1991）。
- 6) 北後明彦・天野純子・油野健志・小屋かをり・田中孝義・若松孝旺：高層建築物の火災損失期待値算定法の開発（その1、その2）、日本火災学会研究発表会概要集、平成7年5月。