

中高層建築物の地震火災被害評価に関する研究
防火研究グループ 主任研究員 樋本圭佑

中高層建築物の地震火災被害評価に関する研究

防火研究グループ 主任研究員 樋本 圭佑

I はじめに

在館者数が多く、垂直方向の避難経路が限定される中高層建築物では、大規模な火災被害が発生する潜在的な危険性を抱えている。このため、低層建築物に比べて高い火災安全基準が設定されており、平常時において大規模被害が発生することは稀である。しかし、地震時には、火災安全性能を担保している消火・防火設備が損傷する場合もあり、火災リスクの増加は避けられない。

そこで本研究では、中高層建築物の地震火災リスク評価手法を開発し、必要な対応の検討につなげることを目指している。ここでは、開発を進めている手法の概要を整理するとともに、ケーススタディを行った結果について報告する。

II 地震火災リスク評価手法の概要

地震時に建物内で火災が発生した場合の被害を予測する手法は、既にいくつかの提案がなされている。ここでは、防火設計の実務で利用されることの多い二層ゾーンモデル(図1)を拡張することで、地震の揺れによる消火・防火設備の損傷を考慮した火災性状予測を行う。この結果を、室をノード、扉をリンクとみなす移動経路ネットワーク上の在館者避難行動予測に反映させることで、火災による被害の大きさを評価する。ただし、被害の大きさは、出火箇所や建物内部の可燃物量、設備の損傷、在館者の避難開始時間や歩行速度などに

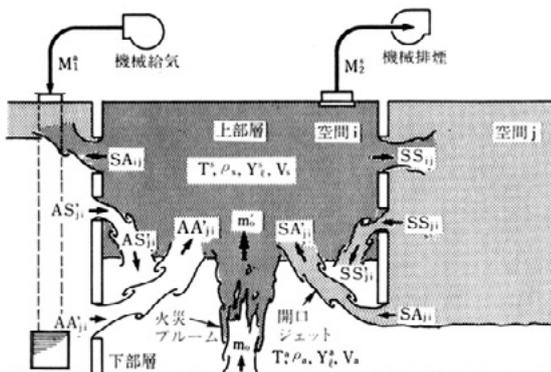


図1 二層煙流動性状予測ゾーンモデルの概念

よって左右されることから、こうした確率的要因を考慮したモンテカルロシミュレーションを行うことで期待値(リスク)を算出する。この場合、リスク R は次のように表される。

$$R = \sum_{i=1}^N p_i L_i \tag{1}$$

ここで、 N は試行回数、 p は発生確率、 L は被害の大きさである。本評価手法を構成するモデルのうち、 p を左右する出火確率モデルと消火・防火設備の被害率モデルの概要は以下のようなになる。

まず、地震時の出火については、応答変数の誤差がポアソン分布に従うとした一般化線形モデルを利用することとし、ある地域 i において、出火件数が N となる確率 p を次のように表す。

$$p(N_i | \mu_i) = \frac{\mu_i^{N_i} \exp(-\mu_i)}{N_i!} \tag{2}$$

ここで、 μ は出火件数の平均である。ただし、 μ の評価には、次の対数リンク関数を採用する。

$$\ln \mu_i = \mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta} \tag{3}$$

ここで、 \mathbf{x} は地震動や地域の各種指標から説明変数のベクトル、 $\boldsymbol{\beta}$ は係数のベクトル、 T は転置を表している。東北地方太平洋沖地震の出火記録を用いて、モデル推定を行った結果、表1に示す結果が得られている。

次に、消火・防火設備の揺れによる被害率 p は、過去に実施された調査の結果に、次に示すロジスティック関数を適用することで評価する。

表1 出火確率モデルの推定結果

説明変数	係数 β
切片	-7.908
震度	1.134
人口	1.834×10^{-6}
従業員数(全産業)	3.818×10^{-6}
行政区域面積(km ²)	2.562×10^{-3}
用途地域面積(合計)(km ²)	1.204×10^{-2}
森林地域面積(km ²)	-2.085×10^{-3}

$$P = \frac{\exp(B_0 + B_1 x)}{1 + \exp(B_0 + B_1 x)} \quad (4)$$

ここで、 B_0 、 B_1 は係数、 x は当該地域の最大震度である。被害率モデルの推定結果を表 2、図 2 に示す。ここでは 5 種類の消火・防火設備の被害率モデルを推定しているが、本稿では、二層ゾーンモデルに効果を取り込みやすい排煙設備、スプリンクラー設備、防火戸の機能の有無を評価することとした。また、ここに示した被害率モデルは、データの制約上、建物ごとの被害の有無を判定するモデルとしている。このため、本来であれば、一部が使用できなくなる程度の被害であったとしても、建物内の全ての設備が使用できないとされ、現時点では被害が過大に評価されている。

III 地震火災リスクの試算

地震動により防火・消火設備が被害を受けた中高層建築物において、火災リスクがどのように変化するかを調べるため、仮想的な建築物を対象としたケーススタディを行った。検討対象とした建築物は、地上 10 階建、基準階床面積 1,490m² の事務所ビルである (図 3)。ここでは、地震による揺れの大きさを与条件とする計算を行って、火災による煙損面積と避難不能者数に関するリスクを求めた。ただし、煙損面積は、煙層の平均温度上昇が 100℃を上回った室の合計面積とした。図 4 は、最大震度ごとの火災リスクを比較している。ただし、表 1 に示した出火確率モデルでは、対象建物が立地する地域の情報が必要となることから、ここでは仮に東京都千代田区として計算を行った。図 4 によると、煙損面積と避難不能者数いずれのリスクについても、最大震度が大きくなるにしたがって指数関数的に増加している。これは、最大震度が大きくなることによる被害規模の拡大だけでなく、出火確率が増加することにも起因している。

IV まとめ

ここでは、中高層建築物の地震火災リスク評価手法とケーススタディの結果をまとめた。ただし、本手法は依然開発途上にあり、今後の検討に従って結果に変更が生じる場合がある。今後は、本手法の改良を行っていくとともに、建物単体の評価を、揺れが発生する地域全域の面的な評価につなげていく。

表 2 設備被害率モデルの推定結果

設備名称	B_0	B_1	x
スプリンクラー設備	-8.126	1.204	最大震度
屋内消火設備	-14.855	1.924	
自動火災報知設備	-9.69	1.216	
防火戸	-11.327	1.537	
排煙設備	-2.531	-0.00138	

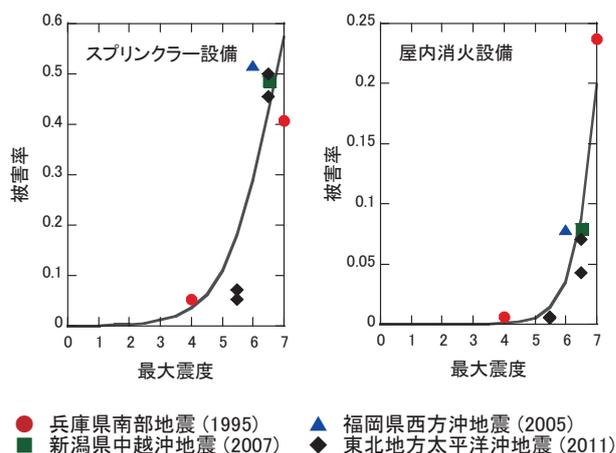


図 2 地震の揺れによる設備の被害率

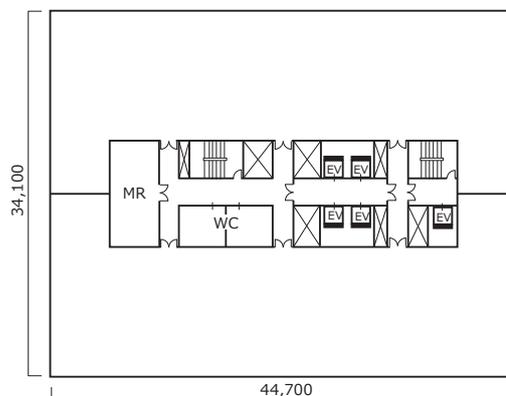


図 3 ケーススタディ対象建物の基準階平面図

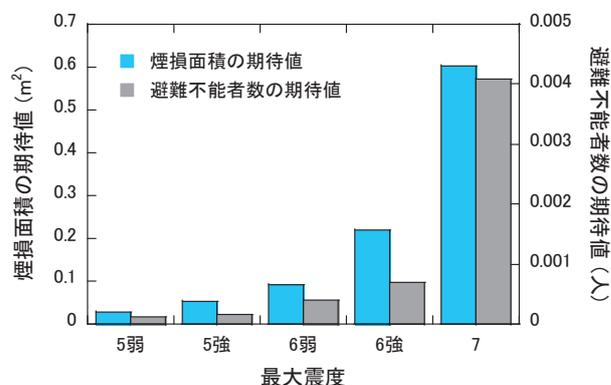


図 4 煙損面積と避難不能者数の期待値