

3) - 3 首都直下地震時の火災被害想定手法の開発【基盤】

Study on the estimation of loss due to anticipated post-earthquake fires in the Tokyo metropolitan area

(研究期間 平成 26～27 年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

樋本圭佑
HIMOTO Keisuke

This study improved an existing model for post-earthquake fire spread in densely-built urban area in order to extend its applicable area range. Wind tunnel experiment is conducted in order to investigate the generation mechanism of fire whirl, which is considered as a major cause of fire loss in post-earthquake urban fire. The experimental result is generalized with a dimensionless parameter derived based on the experimental observation. In addition to post-earthquake fire spread in densely-built urban area, a fire risk assessment model for mid-rise and high-rise building is developed considering seismic damage of fire safety equipment systems, including sprinkler system, mechanical smoke exhaust system, fire door, fire detector, fire extinguisher, and indoor fire hydrant. The building fire model consists of three sub-models, namely, the two-zone smoke transport model, the model for fire-fighting of occupants, and the network-based model for evacuation of occupants. Availability of fire safety equipment systems is analyzed by the fault trees and their probabilistic parameters such as damage ratio of the systems and occurrence probability of power outage under a seismic condition is modeled based on records of past earthquakes. As a case study, the model is applied to a nine-story building with building area of 1,144m² and its post-earthquake fire risk is assessed by the Monte Carlo simulation.

[研究目的及び経過]

本研究では、木造密集市街地で発生する広域延焼火災に加え、従来は考慮されることが少なかった中高層建築物での地震火災被害を評価するための手法の開発を目的としている。ここでの成果は、自治体等における地震被害想定や地域防災計画の検討で活用が期待される。

[研究内容]

本研究では、以下の検討を通じて手法の開発を進めた。

1) 密集市街地での火災被害予測モデル

密集市街地での火災被害予測モデルについては、これまでに揺れによる建物被害を考慮したモデルを開発していた。しかし、適用可能な市街地の規模に制約があったことから、市街地データを外部ファイルに保存しておき、火災の拡大に対応して、適宜必要なデータを動的に計算機メモリ上に読み込むように改良を加えることで、従来は困難であった大規模な市街地での計算を行えるようにした。

また、大規模火災に併発する場合のある火災旋風について、L字型火源周辺での発生条件を火災風洞実験により調べた(図1)。発生領域周辺で形成される対向流が火災旋風発生の誘因になっているとの仮定に基づいて相似則を導出したところ、良好に実験結果を整理することができた(図2)。



図1 火災風洞実験の様子

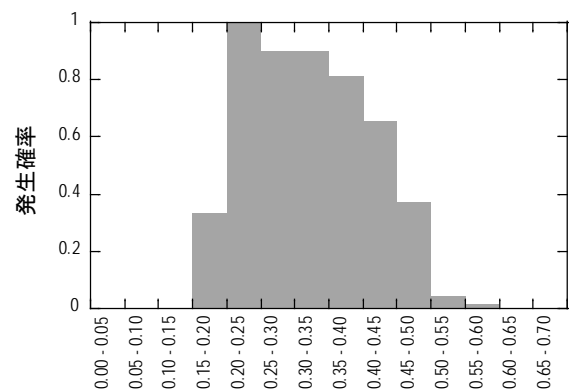


図2 火災旋風の発生頻度

$$\frac{U_E}{U_\infty} \propto \Omega \equiv \left(\frac{\dot{Q}'g}{c_p \rho_\infty T_\infty U_\infty^3} \right)^{1/3}$$

2) 中高層建築物での火災被害予測モデル

地震の揺れにより防火関連設備が損傷した建物における、(a) 煙伝搬性状の予測、(b) 在館者による自衛消火活動の予測、(c) 在館者の避難行動の予測を連成させることで、地震後の火災による物的・人的被害の発生を評価するための手法を整備した(図 3)。地震時における防火関連設備の使用可能性を、過去の被害記録などをもとに評価し(図 4)、その結果を上記(a)~(c)の手続きに組み込むことで、地震動の大きさに応じた被害予測を行えるようにした。また、これに加えて、火災性状や在館者行動に関する各種要因の影響を考慮することで、特定のシナリオに依存することのない、確率的な火災リスク評価を行えるようにした。同モデルを用いて、地上 9 階建て、基準階床面積が 1,144m²の事務用途の建物を対象としたケーススタディを実施した結果、被害の発生頻度は、おおむね揺れの強さに応じて大きくなる結果が得られている。煙損面積が 1m²以上となる火災の発生確率は、平常時が 6.6%であるのに対し、揺れによる防火関連設備の被害がある場合には、震度 5 弱で 7.3%、震度 5 強で 7.4%、震度 6 弱で 11.0%、震度 6 強で 14.9%、震度 7 で 19.1%となっている。ただし、起こり得る最大の煙損面積は、いずれの条件でも 3,000m²程度に収束しており、揺れによる顕著な影響は見られなかった(図 5)。

3) 住民避難行動モデル

東北地方太平洋沖地震の際の避難行動事例に関するアンケート調査を実施し、その結果をもとに、大規模地震時において住民が避難行動開始する要因について分析を加えた。

4) モデルの統合とケーススタディ

自治体を対象としたヒアリング調査を行って、地震被害想定が抱える課題を、「活用を見据えた想定の実施」、「被害種別の合理的な選択」、「適切な確率的視点の導入」、「住民とのリスクコミュニケーション」、「メディアとのリスクコミュニケーション」、「最大クラスの地震への対応」、「小規模自治体への支援体制の充実」といった観点から整理した。

こうした検討の結果を踏まえ、ある政令指定市を対象としたケーススタディを実施した。想定結果に対する理解と住民の防災行動を促進することを目的として、地区別防災カルテの配布と住民説明会の開催による 2 段階に分けた周知方法について検討を加えた。これにより、防災意識を喚起した上で(カルテ)、発展的な情報を提供できるようになり(説明会)、より効果的な理解と行動の促進につながることを期待される。

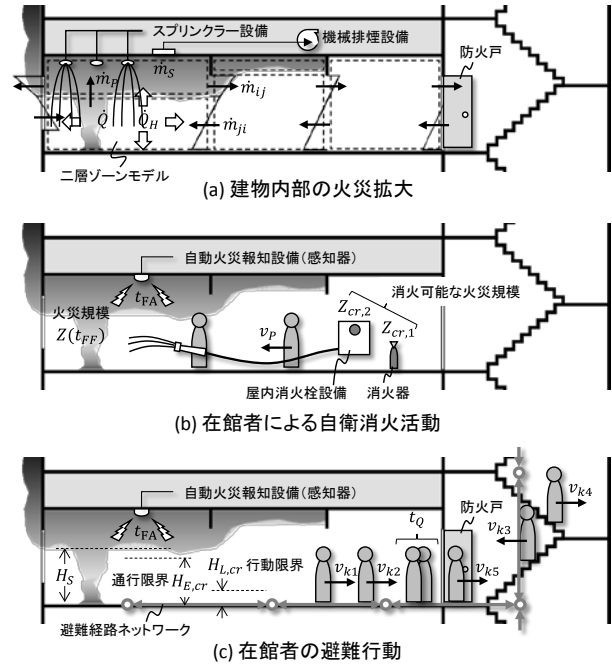


図 3 被害予測モデル(中高層建築物)の構成

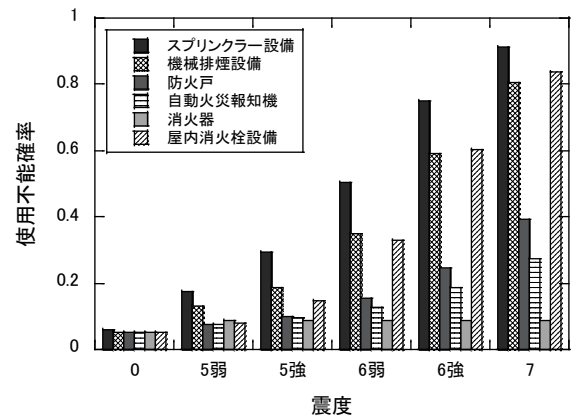


図 4 防火関連設備の使用不能確率

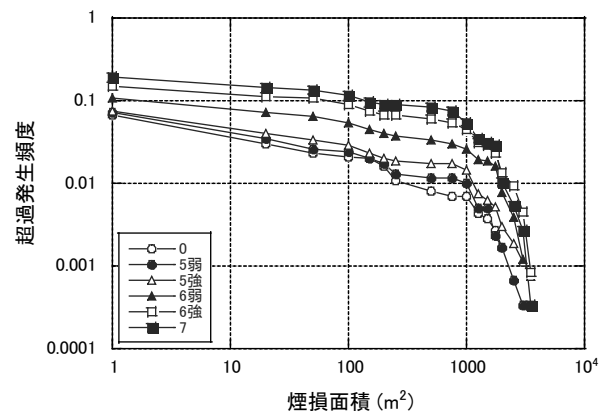


図 5 煙損面積の超過発生頻度