

愛媛大学大学院

学生員 ○廣田卓也

愛媛大学総合情報メディアセンター 正会員 二神透

1. はじめに

近年、阪神・淡路大震災の経験や東海・東南海地震への懸念から、各機関により大震時での地域防災計画の見直しが行われている。そこで、本研究では地震火災リスクに着目し、以前に開発された火災延焼シミュレーション¹⁾について、都市をメッシュで表現するのではなく建物を一軒ごとにポリゴンで表すことでより精密な延焼計算を行うシミュレーションを開発する。さらに地震による倒壊を考慮に入れた建物状態を想定することで広幅員道路空間での火災延焼の可能性について検討する。

2. ポリゴンによる火災延焼判定と建物倒壊

本研究での火災延焼の判定は浜田の延焼速度式²⁾を用いて行う。具体的には、炎上建物とそれに隣接する建物との距離(隣棟間隔)が延焼限界距離よりも短く、かつ隣棟間隔と延焼速度から導き出される延焼時間がシミュレーションの単位時間より短いときに延焼が起こると判定している。延焼計算に必要なパラメータを以下に挙げる。

ただし、表 2.1 の $W_**(\text{No})$ と $D_**(\text{No})$ については風向きによって異なる。また平均家屋長は炎上建物と

延焼対象建物のそれぞれの中心から壁面までの距離の平均値のことで、メッシュ時には単位メッシュ長のみで決定される値であったが、今回は建物の位置や大きさに関して、実建物サイズ(ポリゴンデータ)を用いているため、建物によって異なる値を持つ。そこで平均家屋長は炎上建物と延焼対象建物の中心座標間の距離から隣棟間隔を引いた値と定義する。

次に地震による建物倒壊について述べる。今回、倒壊は木造建物についてのみとし広幅員道路を挟んで風上と風下のそれぞれについて幅員を減少させる方向に完全に倒れる形で発生すると想定する。建物の倒壊パターンは風上、風下の両側で倒壊がない状態、風上側のみ倒壊した状態、風下側のみ倒壊した状態、両側で倒壊した状態の 4 パターンを想定した。

以下、補足として延焼計算の整合性を確認するために用いる受熱量計算について述べる。受熱量は火災による輻射熱量と気流熱との和として算定する。そのため式を以下に示す。

まず、建物火災高さ $Hs(\text{m})$ は以下のように表される。 Ds は同時延焼奥行き、 a は市街地係数、 U は風速(m/s)で $U \geq 2$ である。

$$Hs = 4.7 \times 0.0133 \left\{ (Ds - 10)(a - 0.1) + \frac{3.98}{Ds^{0.6}} \right\} \left(\frac{10^3}{U} \right)^{0.2} \cdots (2.1)$$

建物輻射熱量 Rs ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$) は、形態係数を $f_i(x)$ 、建物火災輻射発散強度 Es ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$) と定義すると、

$$Rs = Es \cdot \sum_{i=1}^n \left\{ \tau_i \times \left(1 - \frac{h'_i + h'_{i+1}}{2} \times \frac{1}{Hs} \right) \times f_i(x) \right\} \cdots (2.2)$$

となる。建物火災による気流熱 T_{as} ($^{\circ}\text{C}$) は同時延焼奥行き Ds (m)、市街地係数を a として

$$T_{as} = 209 \times a \times \frac{Ds \times U}{X} \times \left(\frac{1}{X + Ds/2} \right)^{0.8} \cdots (2.3)$$

と表され式(2.2)、(2.3)より建物火災による受熱点の温度 T ($^{\circ}\text{C}$) は式(2.4)のようになる。

$$T = \frac{Rs}{20} + T_{as} + 20 \cdots (2.4)$$

表 2.1 延焼計算に用いるパラメータ

HK	風向き
W	風速
No	建物番号
Gx, Gy	位置(中心座標)
x, y	頂点の座標
P	属性
R	建ぺい率
A	木造混成比
B	防火木造率
$W_**(\text{No})$	延焼に関連する隣接建物
$D_**(\text{No})$	隣接建物との距離
a	平均家屋長

3. 火災延焼シミュレーションの適用

本研究では先に述べた建物一軒毎についての火災延焼判定と建物の倒壊を考慮に入れた火災延焼シミュレーションを構築し、松山市内で主要道路脇に木造密集市街地が存在する地域への適用を試みた。

その際に適用地域の建物データは、松山市測量成果図(H.3)というデジタルデータから得た建物の位置座標や頂点座標と、入力によって与える属性などの建物毎のデータを用いている。シミュレーションの初期設定として、風速は3(m/s)で風向きは西向きで一定とした。出火点は風下側の木造建物が受ける熱量が大きくなるような火点を任意で一ヶ所指定した。また、延焼の危険性を判定する市街地での広幅員道路の幅員は倒壊なしの状態では27mとしている。

その延焼シミュレーションにおいて、風下側の木造建物の前面の火炎面が最も大きくなった出火後55分での延焼状態の様子を建物の状態ごとに以下に示す。

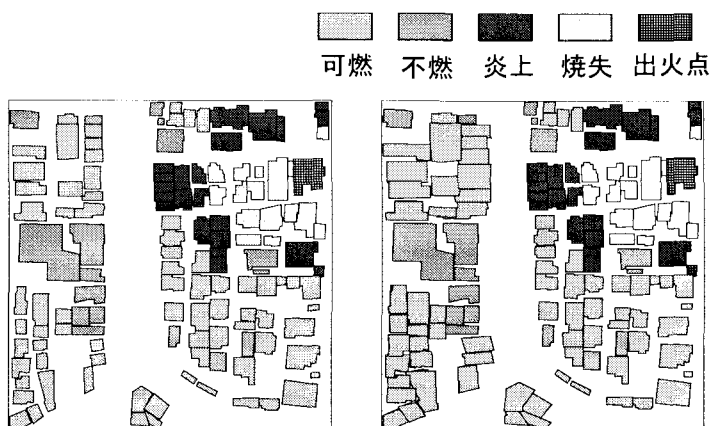


図 3.1 倒壊なし

図 3.2 風下側倒壊



図 3.3 風上側倒壊

図 3.4 両側倒壊

図 3.1～3.4 において、両側倒壊の場合のみ風下側に延焼する結果になった。これは道路両側の建物が倒壊したことで火炎面からの受熱距離が縮まり、延焼限界距離よりも短くなったことが原因である。

また両側倒壊状態での火炎面を幅 24(m)、奥行き 37(m)、受熱距離 15(m)として受熱量計算を行った結果、風下建物の受熱量は輻射熱量 $6929.1 (kcal/m^2 \cdot h)$ 、気流熱 $81.5(^\circ C)$ であるので $8959.5(kcal/m^2 \cdot h)$ となった。この値は一般的な木材が発火する熱量³⁾と言われている $8000(kcal/m^2 \cdot h)$ よりも大きな値であるため、風下建物は十分に延焼するだけの熱量を受けていることが確認された。

これらの結果から広幅員道路を挟んだ空間であっても両側に木造建物が密集している場合は建物の倒壊による幅員減少によって延焼の危険性があることがわかった。

4. おわりに

上述したように本研究で構築した建物倒壊を考慮した火災延焼シミュレーションの結果から、通常時の火災では延焼しないと考えられてきた地域であっても、地震によって建物の倒壊が起こると延焼する危険性が新たに発生することがわかった。このことから、大震時の火災延焼対策として道路両脇に位置する木造建物についてだけでも耐火・耐震処理を行うことで大きな効果が得られると考えられる。

今後は建物が倒壊したときの建物に関するパラメータについてより正確に表現することが出来るように延焼速度計算式を拡張し、延焼シミュレーションの再現性を高める必要がある。また本研究で用いた建物のデータと同様のデジタルデータがあるならば他の地域の延焼シミュレーションも容易に行えるようなデータの取り扱い方を考慮していくことも求められる。

＜参考文献＞

- 1) 二神透, 財間圭史, 木俣昇;(1999) ”大震時火災下における車両火災リスク分析に関する基礎的研究”, 土木計画学研究・講演集, No. 23(1), pp. 287-290.
- 2) 日本火災学会編, (1997) “火災便覧第3版”, 共立出版
- 3) 神戸市消防局, <http://www.city.kobe.jp/cityoffice/48/life/05teion.html>
- 4) 東京消防庁, (1992) “地震時の延焼シミュレーションに関する調査研究”