

1-35 兵庫県南部地震時の木造建物倒壊長の統計分布とそれを用いた街路閉塞予測

徳島大学大学院 学生員 ○福井 佑一郎
徳島大学工学部 正員 成行 義文

鳥取市

徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔

西川 香里

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震により、神戸市等において木造建物倒壊等による街路閉塞が多数生じ、住民の避難・救急・応急復旧等の活動において大きな妨げとなった。このことは、地震時の非常事態における街路網のネットワーク特性を検討する上で、震後の街路閉塞の影響を考慮する必要があることを示唆している。本研究では、地震時の木造建物倒壊による街路閉塞の予測法を導くための基礎的研究として、まず兵庫県南部地震時の神戸市長田区および東灘区の街路閉塞状況ならびに木造建物倒壊長等の調査を行った。次いで、木造建物倒壊長の統計分布を用いた街路閉塞の予測法を導き、その妥当性について検討した。

2. 街路属性・閉塞状況等の調査方法

本研究では、大型の車両が比較的無理なく通行でき、かつその場での円滑な救援・救出活動が可能な最小残存車道幅員を 3 m と設定し、車道幅員 3m 以上の街路を住宅地図¹⁾より選定した。隣接交差点間の街路を 1 つのリンクと定義し、さらに図-1 に示すように 1 つのリンクを車道を共有する左右 2 つのサブリンク (L, R) に分割し、各サブリンクの車道属性、沿道属性ならびに被害特性を調査した。各サブリンクの属性である車道幅員・歩道幅員・断層垂線との角度・沿道建物数等を住宅地図¹⁾より、沿道建物全壊数を災害現況図²⁾より、残存車道幅員および全壊建物の倒壊方向・道路側倒壊長を航空写真³⁾より調査した。

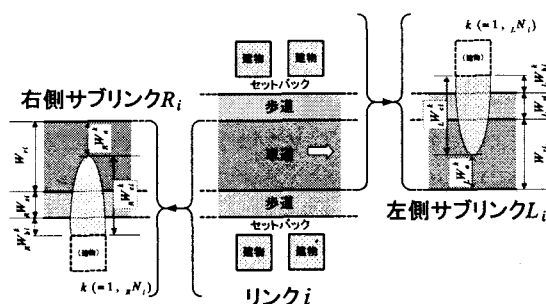


図-1 サブリンクの属性

3. 木造建物の道路側倒壊長の分布

全壊木造建物は図-2 に示したように、道路側へ約 1/3 の割合で倒壊している。さらに、図-3, 図-4 より道路側倒壊建物の道路側倒壊長はガンマ分布に従っているといえる。周知のように、ガンマ分布は次式で表される。

$$f(x) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(k)}, \text{ 平均} = \frac{k}{\lambda}, \text{ 分散} = \frac{k}{\lambda^2} \quad \dots (1)$$

ここでは、この分布を、地震時全壊木造建物の倒壊長の発生確率分布とする。

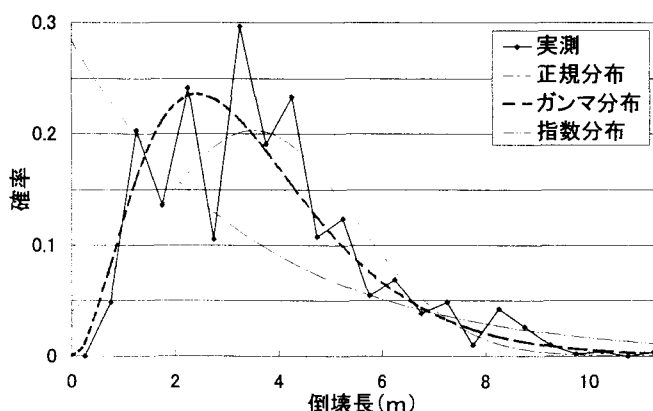


図-3 倒壊長の確率密度

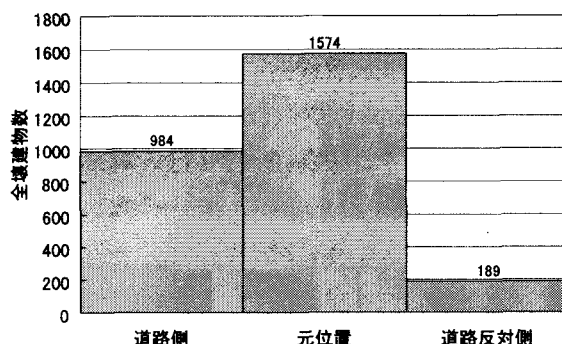


図-2 全壊木造建物の倒壊方向

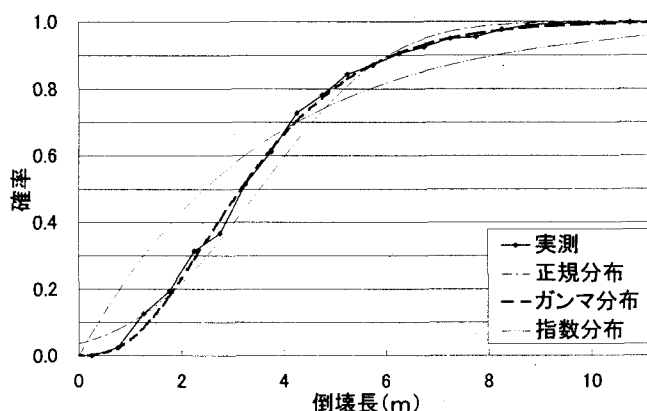


図-4 倒壊長の累積分布

4. 倒壊長の統計分布を用いた街路閉塞予測

サブリンク i が沿道木造建物 k によって街路が閉塞するには、木造建物 k が全壊かつ道路側に倒壊し、倒壊長が L^* (m) (=車道幅員(W_{ri}) + 歩道幅員(W_{si}) + セットバック長(W_{bi}^k) - 3.0) より大きくなければならない。この確率 P_{i0}^k は次式で表わされる。

$$P_{i0}^k = P_{ri} \times P_{fi} \times \bar{P}_{di} \quad \dots (2)$$

ここに、 P_{ri} : 全壊率、 P_{fi} : 全壊建物が道路側に倒壊する確率、 $\bar{P}_{di}$: 倒壊長が L^* 以上になる確率
式(2)より、沿道建物数 $L N_i$ の左側サブリンク i が閉塞しない確率 $\bar{P}_i$ は、

$$\bar{P}_i = (1 - P_{i0}^k)^{L N_i} \quad \dots (3)$$

と表せ、右側サブリンク i についても同様である。したがって、リンク i が閉塞する確率は、式(4)のようになる。

$$P_i = 1 - \{ \bar{P}_i \times \bar{P}_i \} \quad \dots (4)$$

次に、式(4)を兵庫県南部地震時の神戸市長田区および東灘区のデータに適用し、閉塞の有無を判別する閾値を連続的に変化させた場合の判別の中率を図-5にプロットした。なお、ここでは $P_{ri} \times P_{fi}$ と同等の値として沿道建物道路側倒壊率 P_{ci} を用いた。図-5より、閉塞確率の閾値が40%付近で、閉塞有群と閉塞無群、および全体の判別の中率がほぼ等しくなっており、閾値をそれ以上にすると閉塞リンクを閉塞無と誤判別する割合が急増することがわかる。ゆえに、本研究では、閉塞確率40%以上を閉塞有と判定した。その予測結果を表-1に示す。判別の中率は92.8%となった。

5. 判別分析による予測結果との比較

サブリンクの車道幅員・歩道幅員・断層垂線との角度・沿道建物数・リンク長・沿道建物道路側倒壊率を説明変数として、『マハラノビスの距離』を用いた判別分析による街路閉塞の予測結果を表-2に示す。表-1と表-2の比較より、表-1の方が全ての場合において判別の中率が高く、また危機管理上重要である「閉塞リンクを閉塞無と誤判別する割合」が小さいことがわかる。

6. おわりに

1995年兵庫県南部地震直後の航空写真より調査した長田区および東灘区の木造建物の道路側倒壊長がガンマ分布に従うことがわかった。それを用いた街路閉塞予測の結果、的中率は92.8%であった。

今後さらに他の地域についても調査・分析を行うとともに、兵庫県南部地震以外の震災事例に関する調査・分析も必要である。また、本法を、道路両側からの突合せ倒壊を考慮し得る予測法に拡張する必要がある。

参考文献

- 1) ゼンリン住宅地図'94 (神戸市長田区・東灘区)
- 2) 震災復興都市づくり特別委員会：被災度別建物分布状況、日本都市計画学会関西支部、1995.3.
- 3) アジア航測(株)：阪神・淡路大震災 航空写真集、1995.6.

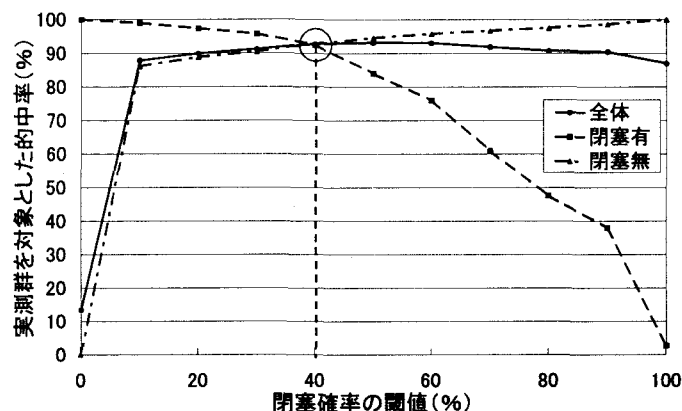


図-5 閉塞確率の閾値と
実測群を対象とした的中率の関係

表-1 倒壊長の統計分布を用いた予測結果

両地区 (全1388リンク)		予測群		計
		閉塞有 (第1群)	閉塞無 (第2群)	
実測群	閉塞有 (第1群)	173	14	187
	閉塞無 (第2群)	86	1115	1201
計		259	1129	1388
判別の中率(%)		66.8	98.8	92.8

表-2 判別分析による予測結果

両地区 (全1388リンク)		予測群		計
		閉塞有 (第1群)	閉塞無 (第2群)	
実測群	閉塞有 (第1群)	157	30	187
	閉塞無 (第2群)	131	1070	1201
計		288	1100	1388
判別の中率(%)		54.5	97.3	88.4