

震災時における都市密集地の道路閉塞率について

東京都市大学 学生会員 野村 謙太
東京都市大学 正 員 小池 武

1. はじめに

地震時の建物倒壊等による道路閉塞は、消火・救助・避難その他の活動を妨げる大きな要因の一つとなっている。

従来、道路閉塞率は道路と家屋の要素だけで考えられていたが、本研究ではその他に電柱、看板、自動販売機、塀など家屋以外の道路閉塞に影響を与える要素について検討し、新たな道路閉塞率の算定方法を提案する。

2. 調査対象地域

本研究では、旗の台4・5丁目、中延5丁目を調査対象地域とすることにした。

特に、旗の台4丁目は東京都都市整備局¹⁾の「地震に対する地域危険度予測度」より「倒壊危険度」と「火災危険度」を合わせた「総合危険度」が比較的高いと判定された地域である。隣接する他の地域も木造家屋数や土塀の数、道路幅員などから、震災時に道路閉塞を起こしやすい地域と推察される。



図1. 調査対象地域

3. 検討方法

3.1 道路閉塞率

地震動 EQ を受けた i 番目の道路 R_i の道路閉塞率 $P[DC_i(EQ)]$ は道路影響値 $P[K(R_i)]$ と道路通過不可能確率 $P[DC_i(EQ)K(R_i)]$ の積として次式で定義する。

$$P[DC_i(EQ)] = P[K(R_i)] \cdot P[DC_i(EQ)K(R_i)] \quad (1)$$

3.2 道路影響値

既往の研究²⁾によれば、道路閉塞のしやすさを示す道路影響値 $P[K(R_i)]$ は積事象の確率として次式で定義されている。

$$P[K(R_i)] = P[RW(R_i)] \cdot P[RP(R_i)] \cdot P[RT(R_i)] \quad (2)$$

ここで、 $P[RW(R_i)]$ 、 $P[RP(R_i)]$ 、 $P[RT(R_i)]$ はそれぞれ道路幅員係数、歩道係数、街路樹係数であり、表1,2,3に代表値を示す。

表1. 幅員別道路係数： $P[RW(R_i)]$

幅員	閉塞率	係数
3m未満	100%	1
3m以上4m未満	66%	0.66
4m以上6m未満	52%	0.52
6m以上8m未満	40%	0.4
8m以上10m未満	20%	0.2
10m以上12m未満	10%	0.1
12m以上16m未満	4%	0.04
16m以上	1%	0.01

表2. 歩道による道路閉塞軽減率： $P[RP(R_i)]$

道路幅員	片道歩道	両側歩道
8m以上	0.98	0.96
8m未満	0.95	0.9

表3. 街路樹による道路閉塞軽減率： $P[RT(R_i)]$

道路幅員	片道街路樹	両側街路樹
8m以上	0.9	0.8
8m未満	0.8	0.7

3.3 道路通過不可能確率

i 番目の道路 R_i の沿線には家屋のみならず塀・電柱・看板・自動販売機などが設置されている。これらのいずれの要素が道路側に倒壊しても道路閉塞が発生する。既往の研究²⁾では家屋倒壊の要素のみを考慮していたが、ここでは家屋以外の構造物の倒壊の影響も考慮する。このとき、道路通過不可能確率は次式で表される。

$$P[DC_i(EQ)K(R_i)] = 1 - (1 - P[H_i(EQ)]) \cdot (1 - P[E_i(EQ)]) \times (1 - P[C_i(EQ)]) \cdot (1 - P[D_i(EQ)]) \cdot (1 - P[W_i(EQ)]) \quad (3)$$

ここで、 H_i, E_i, C_i, D_i, W_i はそれぞれ道路 R_i の家屋、電柱、看板、自動販売機、塀の倒壊事象を示す記号である。

3.3.1 要素構造物の道路通過不可能確率

既往の研究²⁾では、第 k 番目家屋が倒壊する時に道路側に倒壊する確率は家屋自体の倒壊確率と道路側へ倒れ

キーワード：道路閉塞率，道路影響値，道路通過不可能確率

〒158-8557 東京都 世田谷区 玉堤 1-28-1 東京都市大学工学部都市工学科 TEL：03-5707-0104

る確率との積で表すことができる．

$$P[h_{ik}(EQ)] = P[Z_{ik}(EQ)] \cdot P[A_{ik}|Z_{ik}] \quad (4)$$

ここで j 番目道路の第 k 番目の家屋倒壊確率 $P[Z_{ik}(EQ)]$ 、道路側倒壊確率 $P[A_{ik}|Z_{ik}]$ ．前者は家屋倒壊確率の Fragility 曲線³⁾から算定でき、後者は表 4 で先験的に与える．したがって、 i 番目道路の家屋数を n_i^k とすると、家屋の道路通過不可能確率は次式で算定できる．

$$P[H_i(EQ)] = 1 - \prod_{k=1}^{n_i^k} (1 - P[h_{ik}(EQ)]) \quad (5)$$

新要素である電柱、看板、自動販売機、塀の道路通過不可能確率は地震動 EQ に対する構造物の倒壊確率を表わす Fragility 曲線⁴⁾と表 5 を用いて式(4)と同様に算定できる．

表 4. 家屋の道路側倒壊確率

木造	0.5
鉄筋	0.2

表 5. 新要素の道路側倒壊確率

電柱	0.7	看板	1.0
自動販売機	0.8	塀	0.9

3.3.2 要素構造物の地震時倒壊確率

木造家屋の地震時倒壊確率については、村田⁵⁾の研究を参考にして、次式より推定した．

$$P[Z(EQ)] = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^p} \quad (6)$$

ここで、 x はそれぞれ当該地の地震動速度であり、 x_0, p はパラメータであり、次の値をとる． $x_0 = 139, p = 4.34$

電柱については、電線による変位拘束の影響を無視して重量物(トランス)を頭部に持つ柱状構造物の倒壊確率を算定して Fragility 曲線を算定した．また、自動販売機および看板はいずれも矩形断面を有する剛体として水平地震動に対する安定条件から倒壊確率を算定した．一方、塀については無鉄筋のブロック塀を代表的剛体構造物として、水平地震動に対する耐震安全性照査からその倒壊確率を推定した．

4. 考察

現地調査より、当該地区の要素構造物配置状況を確認した．一例として震度 6 強の地震に対する道路閉塞率を求め、その結果を図 2 に示す．同図によれば、木造家屋の密集度が相対的に大きい地区(北東部)の道路閉塞率が比較的大きく評価されており、既往の被害事例とも適合していることが分かる．また、従来手法で求めた道路閉塞率の算定結果と本研究の手法で求めた道路閉塞率の算定結果の比較を図 3 に示す．

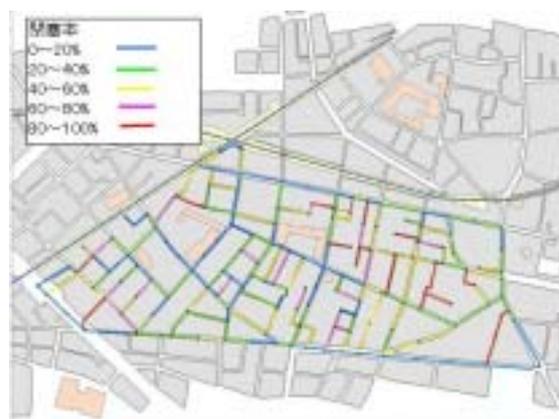


図 2. 現地調査結果に基づく道路閉塞率

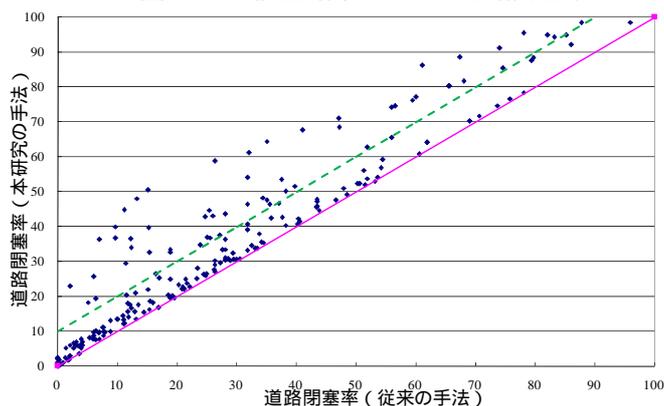


図 3. 従来手法と本研究手法の比較

本研究の道路閉塞率は従来手法に比べ、平均して 10% 程度の上昇が見られた．調査対象地域北東部の木造家屋とブロック塀の割合が多い地域では閉塞率が 60% を超える道路が多く、従来手法との閉塞率の差が最大 35% になる道路を確認した．

5. 結論

本研究では、道路閉塞率の算定に新しい要素を加えることでより細かい判別ができる新しい算定方法を提案した．これにより、道路毎の特徴を反映した道路閉塞率を正確に表すことができた．

参考文献

- 1) 東京都都市整備局：地震に関する地域危険度測定調査(第 6 回) 2008
- 2) 床井則友・片谷教孝：災害時における道路ネットワークの信頼度，1997 年度日本オペレーション・リサーチ学会秋季研究発表会，pp.78-79
- 3) 大分県：大分県被害想定調査報告書，第 7 編
- 4) 東京都：首都直下地震による東京の被害想定報告書，手法編，建物被害，pp.28-29
- 5) 村田 晶：地震動の繰り返しを考慮した地震動破壊力指標の提案と木造構造物被害予測に関する研究，博士論文，金沢大学，2007.