

## 震災対応のまちづくりを評価するための区画道路閉塞モデルについて

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 江橋 英治  
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 高柳百合子

## 1 はじめに

国土技術政策総合研究所及び建築研究所では、平成7年度の兵庫県南部地震の経験から、地震時における地区レベルの総合的な安全性を確保することの重要性に鑑み、平成10年度から14年度までの研究期間で「まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発」を実施している。この中では地区レベルの安全性評価と施策の効果把握にあたって、区画道路の地震時の通行可能性を推計することが必要とされた。

本研究は、複数建物の崩壊による道路閉塞も含め個別建物の崩壊との関連付けができることを示し、個別建物の改善及び区画道路の拡幅効果等を的確に反映できる道路閉塞モデルの形式を提案し、既存研究成果をもとにそのモデル化を行ったものである。

## 2 震災対応のまちづくりにおける対策

今回の全体研究の枠組みの中の震災対応のまちづくりについては、区画道路で囲まれた一団の土地で数十棟程度の家屋の集まり（以下「街区」）の改善対策をターゲットの1つとしている。このため、具体の対策として示されるものは、行き止まり路地の通行可能化、区画道路や路地の拡幅（全体ができなくても一部分のみの拡幅も考慮）、建築物の更新・改善・除却、セットバックによる通路や広場の確保等であり、これらを適切に組み合わせ、計画的に行うことで良好な街区形成を図ろうとするものである。

このため区画道路閉塞モデルについてもリンクの分割や結合への適応性、個別建物の状態との対応が必要であり、既存のモデルにおいてはこれら仕様が確保できないため、モデル化を行ったものである。

## 3 建築物の倒壊と街路閉塞

以下において、個別建物が異なる場合でも複数建物による閉塞確率が、1棟のみの崩壊による道路閉塞確率と概ね同形の式で記述できることを、帰納的な考え方によってを示す。

キーワード 防災、区画道路、閉塞、まちづくり  
 連絡先 〒305-0802 つくば市立原1番地 国土技術政策総合研究所都市施設研究室 0298-64-3949

## (1) 1棟倒壊による街路閉塞

複数建物による閉塞を考慮しないとして、1つの街路リンクにnの建物があった場合、i番目の建物の単独崩壊による閉塞確率をP1iとすれば、1棟のみでの街路の閉塞確率F1は式(1)の通りである。

$$F1 = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P1i) \quad (1)$$

## (2) 複数棟（k棟）倒壊による閉塞確率

k-1棟以下の倒壊で閉塞していないという条件で、k個のまとまりまでで閉塞する確率Fkは、番号jからj+k-1までのk個で閉塞する確率をPkjと書けば、以下のように書ける。

$$Fk = 1 - \prod_{j=1}^{n-k+1} (1 - Fk-1) (1 - Pkj) \quad (2)$$

ここで、 $1 - Pkj = \prod_{i=j}^{j+k-1} (1 - Pkji)$ となるPkjiを

定義することが可能である。この意味は複数棟による倒壊についても、その構成棟のいずれかに主原因を分担させるという考え方が可能ということである。

さらに、 $1 - Pi = \prod_{k=1}^n \prod_{j=i-k+1}^i (1 - Pkji)$ とおけば、

n棟の建物が存在するリンクでの閉塞確率Fに関し

$$F = F_n = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Pi) \quad (3)$$

と表現でき、複数建物の場合であっても、Pkjiの定義により1棟のみでの閉塞の場合と同一の定式化が可能である。なお、ここでは、Pkjiの具体の設定手法も示していないが、P1iとの相関を持って設定すればPiとP1の相関性は高くなる。この場合、地区内建築の類似性を仮定すればPiに関し周辺状況ではなく、棟別情報が支配的となり、これによる設定が可能になると考えられる。

## 4 同一建物連坦モデルでの検討

単独崩壊でなく、複数倒壊による街路閉塞ストーリーは、対面、斜めペアなどの倒壊により街路の両側から瓦礫が押し出される隣りの同時倒壊により

瓦礫長が1棟の場合より伸びる、といった状況が基本と考えられる。このことから、複数棟といっても隣接対面の4棟を単位で検討すれば、閉塞確率の大部分を考慮できると考えられる。

#### (1) 1棟倒壊による閉塞確率

1棟での閉塞確率をP1とした場合は

$$F1 = 1 - (1 - P1)^n$$

となる。この閉塞状態になるP1は、建物が倒壊し、瓦礫が道路側に出て、その瓦礫長が「道路幅員必要幅員」を超えた場合と想定できる。

#### (2) 対面2棟倒壊による道路閉塞

道路幅員が広く、1棟の流出瓦礫幅では閉塞が起こりにくい場合、対面2棟による閉塞及び以下に示す閉塞が基本パターンになると考えられる。模式的に単純化して、一棟が確保幅員必要の半分程度まで瓦礫を発生させる倒壊確率をbとすれば、対面閉塞確率はb<sup>2</sup>と書け、(1)と同様な定式化ができる。

#### (3) 4棟セット倒壊

4棟同時、斜め2棟等の閉塞パターンを設定した上での閉塞確率の計算は、i-1棟目まで非閉塞であったものが、i棟目でも閉塞しない確率Qiを状態の遷移として定式化し、隣接3項漸化式を解くことで求め、結果は等比級数的な減衰項と偶数番目と奇数番目で正負の変わる変動項で示される。

ここで、変動項は微小であり、また、初項の影響（角地の影響）が小さいと考えれば、(1)と同様な定式化ができる。

なお、同一家屋モデルと現実市街地の差異であるが、都市計画規制等による近接家屋の類似性などから、全ての建物が乱雑に並んでいる状態は例外的であり、また、3.で一般論としても成立しうることが示せているので、この考え方を家並みの差異を許容した実用モデルとして適用することは可能と考え、以下のモデルを組み立てた。

#### 5. 棟別閉塞の実用モデル

建物倒壊による道路閉塞は、建物倒壊、倒壊に伴う道路への瓦礫発生、流出瓦礫による閉塞の3段階に区分できる。道路閉塞を建物レベルに関連させ検討するためには、この各段階のモデルを用意する必要がある。ここでは、参考文献に示す既存の研究を利用していただき実用モデル化を検討した。

##### (1) 建物倒壊モデル

建物の倒壊に関しては、1995年の兵庫県南部地震に関して、いくつかの研究報告がなされている。地区の防災評価に用いるという観点では、取得可能なデータと倒壊率の関係をj用いることが必要である。この点に関し、村尾らの研究<sup>2)</sup>は構造別、建築年代別に地震動指標(PGV)と全壊率(震災復興都市づくり特別委員会の調査に基づくもの)の関係についても関数形として示されている。これを全壊確率と読み替えることで用いることができる。

##### (2) 瓦礫発生モデル

昨年までの研究において、建物倒壊と道路への瓦礫流出との関係は、建蔽率との関係で近似的に相関できるという結果がでており、これを用いる。

##### (3) 瓦礫流出モデル

道路側への瓦礫の流出幅に関して定量的な分析がなされているものとしては、家田らの研究<sup>1)</sup>がある。ここでは航空写真から瓦礫幅の測定を行い、分析しているが、建物倒壊との関係付けはなされていない。このことは、1棟の倒壊のみならず、複数棟の倒壊も含めた瓦礫流出状況を測定していると考えられ、この分析結果によって、3.の考え方に対応した瓦礫幅を求めることが可能である。

この研究においては、リンク長によるバイアス効果を、瓦礫長の基準化による方法{当てはめ計算により  $(l) = \exp(0.0061 \cdot l)$  を導出}で取り除き、その後の基準化瓦礫幅y0と累積分布関数Fとの関係が  $F=1 - b \cdot \exp(-y0/a)$  で表されると仮定して、a, bを指標から置き換えている。

式の形より、bは道路への瓦礫流出確率、aは平均基準化瓦礫長に相当するが、bの説明指標に建物数等が入っていないこと及び導出過程から、このまま個別の建物には適用できない。しかし瓦礫長は実測値に基づくものであるから、瓦礫長分布関数部分のみ( $\exp(-y0/a)$ 部分)は適用可能である。

#### 参考文献

- 1) 家田仁,望月拓郎,上西周子:街路閉塞現象による機能障害と地区の危険度評価法,阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集,pp433-440,1997
- 2) 村尾修,山崎文雄:震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した兵庫県南部地震の建物被害関数,日本建築学会構造系論文集,第555号,pp185-192,2002