

地震に対する道路網の脆弱性評価手法に関する研究

金沢大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○大澤 脩司
 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 正会員 中山 晶一郎
 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 正会員 藤生 慎
 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 フェロー 高山 純一

1. はじめに

阪神淡路大震災では、道路被害が多発したことで、円滑な緊急輸送が困難となった。この教訓を踏まえ、今日では全国で緊急輸送道路が設定されている。また、東日本大震災では、地震動と津波による甚大な被害が発生したことから、発災翌日から救命・救援ルートを確認する道路啓開が実施された。この経験から、今後の地震災害に備えた道路計画オペレーション計画が策定された例もある。このように、過去の教訓を踏まえて、災害時に重要となる道路の走行性を確保するための検討が進められている。しかし、平成28年熊本地震では緊急輸送道路が寸断される事態が発生し、被災地内の交通に多大な影響を生じたが、このような事態はこれまで十分検討されてこなかった。筆者らは、重要道路の被災を考慮した道路網の脆弱性評価手法の研究に取り組んできた^{1),2),3)}。これまでの研究^{1),2)}では、到着地ベースに脆弱性を評価しており、道路網における脆弱区間を具体的に評価することはできていない。また、考慮した道路被害はそれぞれ建物倒壊のみ、建物倒壊と橋梁損傷であった。災害後の道路の復旧優先順序に関する研究³⁾では、道路網の評価としてはOD単位やネットワーク単位での評価であり、区間単位での道路網の評価を行っていない。本研究では、道路区間ごとの脆弱性評価を目指すとともに、考慮する道路被害を切土・斜面崩壊まで拡張した。

2. 既往研究と本研究の位置付け

道路網の脆弱性評価では、道路区間単体での評価だけでなく、ある道路区間の被災が道路網全体での移動に与える影響も評価することが重要である。しかし、このような評価はいくつかの自治体^{例えば4),5)}を除き、ほとんどの自治体では行われていないのが現状である。本研究では、地震発生直後における重要拠点間での移動に着目し、その拠点間での移動性を分析することで、道路網の脆弱性を評価する。

3. 道路被害の推定手法について

本研究では地震による道路の被害要因として、建物倒壊、橋梁損傷、切土・斜面崩壊の3要因を考慮する。道路盛土も考慮すべき重要な要因であるが、道路盛土の位置情報をデータとして得ることは現状では困難であるため、本研究では被害の推定対象から除外した。

建物倒壊による道路閉塞を推定する手法として、市販の地図データから建物データを作成して被害を推定する手法を提案した Ahmed ら⁶⁾の手法を援用する。

橋梁損傷の推定手法としては、東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書⁹⁾が示した計測震度を基準とした被害率曲線を援用する。

切土・斜面崩壊の推定手法には、大分県地震被害想定⁷⁾の手法を参考とする。この手法では、気象庁震度階を基準とした被害率が示されているが、本研究では計測震度に変換して被害率をプロットし、近似曲線を導出して計測震度を基準とした被害率に変換した。

4. 脆弱性の評価手法について

地震時の道路網の脆弱性は、その区間が通行不能となることで、迂回の発生や目的地へ到達不能になるような区間をそれぞれ分析することで評価する。

各道路区間が迂回へ与える影響の度合いを、式(1)の迂回影響量 (Detour Influence Quantity) DIQ_a で表す。式(1)は、リンク a が通行不能だった場合に、リンク a を通行可能とした場合の目的地までの到達時間と実際の到達時間とを比較することで、リンク a が通行できないことで生じる迂回時間の総和を求め、それを全通行不能回数で基準化したものである。

$$DIQ_a = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (c_{ij}^{(m)} - c_{ij}^{*(m)})}{n_a^D} \quad (1)$$

$c_{ij}^{(m)}$: リンク a が通行可能だった場合の計算ステップ m における始点 i から終点 j までの到達時間
 $c_{ij}^{*(m)}$: リンク a が通行不能だった場合の計算ステップ m における始点 i から終点 j までの到達時間
 n_a^D : リンク a の通行不能回数

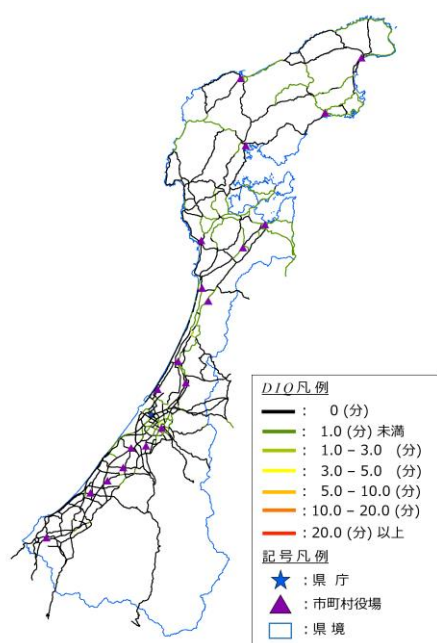


図-1 迂回影響量の評価結果

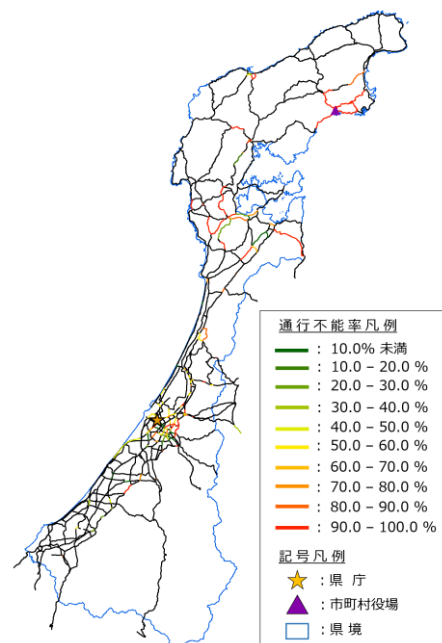


図-2 到達不能に関連するリンクの通行不能確率の評価

M : 全計算回数, I : 始点の数, J : 終点の数

また、目的地へ到達できないケースに限定した道路区間の通行不能確率を求めることで、目的地へ到達不可能となるおそれのある道路区間を評価する。

5. 実際の道路網への手法の適用

構築した手法の適用性を検討するため、新潟県、富山県、石川県、福井県、長野県、岐阜県の緊急輸送道路網における県庁と市町村役場間での移動性を評価した。ここでは石川県に関する分析結果のみを示す。

図-1 に、石川県の緊急輸送道路網における迂回影響量 DIQ の分析結果を示す。 DIQ が 0 であるリンクの多くは、目的地までの到達時間に影響を与えなかったリンクである。 DIQ が計算された区間では、全体的に 1 分以内あるいは 1 分から 3 分以内の短い時間の迂回に留まっている。これは、県庁・市町村役場の周辺は緊急輸送道路が密に存在しており、代替経路の選択肢が多いためであると考えられる。

図-2 に、到達不能に関連するリンクの通行不能確率の評価結果を示す。通行不能確率が特に高い道路区間は、移動経路上のネットワークが疎であり、代替性が低い部分に集中していることが読み取れる。

6. まとめと今後の課題

本研究では既往の道路被害の推定手法を援用した、地震に対する道路網の脆弱性評価手法を構築し、その適用性を検討した。提案した手法によって、防災対策

上の課題となる道路区間の評価や、防災対策の高価の評価への適用が可能であることを示した。今後は評価指標の拡張や道路被害の推定精度向上に取り組む。

謝辞

本研究は国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究により実施した。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Ahmed WAHID UDDIN, 大澤脩司, 藤生慎, 高山純一, 中山晶一郎: 緊急輸送道路の災害リスクを考慮した都道府県庁と市町村役場間の到達可能性に関する分析, 土木学会論文集A1, Vol.72, No.4, pp.756-767, 2016.
- 2) 大澤脩司, 中山晶一郎, 藤生慎, 高山純一: 道路被害を考慮した震災時の重要拠点間の到達可能性分析, 第27回都市計画学会中部支部研究発表会論文・報告集, 2016.
- 3) 大澤脩司, 中山晶一郎, 藤生慎, 溝上章志: 自然災害時の被災道路復旧優先順序設定手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, pp.482-491, 2016.
- 4) 福岡県: 福岡県地震に関する防災アセスメント調査報告書, 第3編 被害想定 5.交通施設被害の想定, http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/69065_17480130_misc.pdf(2016.10.31 閲覧)
- 5) 広島県: 広島県地震被害想定調査検討委員会, 資料4-2 被害想定手法, <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/79003.pdf>(2016.10.31 閲覧)
- 6) 公益社団法人土木学会 地震工学研究委員会: 東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会 最終報告書, 2015.
- 7) 大分県: 大分県地震津波被害調査報告について, 第8編 ライフライン・交通施設被害の想定, http://www.pref.oita.jp/uploaded/life/287382_350112_misc.pdf(2016.11.24 閲覧)