

# 中山間地を対象とした積雪時における地震災害時の道路閉塞危険度評価に関する研究

金沢大学工学部                      ○石井英敬  
金沢大学大学院 フェロー 北浦 勝  
金沢大学大学院 正会員 村田 晶

## 1. はじめに

現代社会においては、道路は人々の交通・物流に必要不可欠であり、地震災害時の避難活動・救援活動・復旧活動においては極めて重要な役割を果たす。しかし、兵庫県南部地震では市内の建築物倒壊や道路破壊によって多くの道路が通行不能となり、避難や救助活動に支障をきたした。2004年に中山間地で発生した新潟県中越地震（以下中越地震と表記）では、斜面崩壊・盛土崩壊などにより幹線道路が寸断された結果、複数の集落が孤立する事態が生じた。地方都市では自動車交通に強く依存するため、道路の果たす役割は大きいといえる。しかし中山間地の道路は盛土や斜面により形成されるものが多く、地震による斜面崩壊や地盤破壊などで道路が容易に寸断される危険性がある。また都市部に比べ道路網が乏しいため、地震により複数の道路が同時に被害を受けることで道路ネットワークが寸断され、集落が孤立する危険性が高いといえる。

ところで、道路交通は軽微な路面損傷であれば通行可能であり、また道路が寸断された場合でも代替路交通や片側交通による通行が可能である。従って、道路交通は道路が大規模な破壊を受けない限り、比較的短期間に最低限の機能を回復することが可能である。さらに、道路のネットワーク性を活かすことで地震災害時においても最低限の幹線を確保でき、集落の孤立化を防ぐことができる<sup>1)</sup>。

この考えに基づき、本研究では中山間地における道路閉塞の原因を調査・分析し、中山間地における道路閉塞危険度の評価手法を提案する。そして、提案する評価手法の活用によって効果的な防災整備が可能となり、地震災害による道路閉塞が軽減することを目的とする。

## 2. 道路閉塞の危険度評価手法

中越地震の発生した新潟地方は国内でも有数の豪雪地域であり、2005年1月には記録的な豪雪があった。豪雪地域において、冬季の積雪のもたらす影響は道路交通にとっても非常に大きく、従って積雪の地震災害時の道路交通に及ぼす影響も大きいと考えられる。そこで積雪が道路閉塞に及ぼす影響を考察する。

本研究において、道路閉塞とは地震災害による道路被害によって交通容量が減少することとする。地震発生時の条件として、気象条件により3つのパターンを想定する。1つ目は積雪期以外の季節を考え、積雪がなく地震発生前の先行降雨がない場合を想定する。2つ目は積雪がなく、地震発生前日から100mm/日程度の先行降雨がある場合を想定する。3つ目は積雪期を考え、地震発生前からの降雪で地震発生時には1m以上の積雪があり、地震発生後も50cm/日程度の降雪がある場合を想定する。本研究では地震発生から1日経過時点における道路閉塞状況进行评估する。

### 2.1 道路閉塞の要因

中山間地特有の道路閉塞要因を考えるため、中越地震の道路閉塞被害を参考にする。中越地震では地震によって多くの斜面崩壊、盛土崩壊、トンネル被害が発生した。また平野部では液状化による被害も多く見られた。市街地では既往の地震でもあったような建設物の倒壊なども見られたが、中越地震においては全体として地盤に起因した被害が目立った。そこで今回は道路閉塞要因として斜面崩壊、地盤破壊、トンネル被害、橋梁被害、道路沿道建設物の被害、積雪による被害を道路閉塞要因として考える。

### 2.2 道路閉塞の危険度評価式の構築

道路閉塞は地震動の強さと道路環境特性によって決定されると仮定して、道路閉塞危険度の定式化を行う。評価式の構築に用いる道路閉塞要因は上で述べたものを考え、各被害要因 $i$ による道路閉塞危険度を $y_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ )とする。道路閉塞危険度 $y_i$ は道路環境特性 $x_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ )によるとし、さらに道路環境特性 $x_i$ は要因群 $\xi_j$  ( $j=1,2,\dots,n$ )によって決まるとする。各被害要因 $i$ と道路環境特性 $x_i$ 及び要因群 $\xi_j$ を表1のように設定する<sup>2)~5)</sup>。また道路に作用する地震動強さの指標を $S$ とおくと、被害要因 $i$ による道路閉塞危

危険度  $y_i$  及び道路環境特性  $x_i$  は式(1)のように表される。評価式には四則演算を用い、被害を拡大する要因は乗ずる形式、抑制する要因は除する形式によって表す<sup>6)</sup>。

$$\begin{aligned} y_i &= f_i(S, x_i) \\ x_i &= g_i(\xi_{i1}, \xi_{i2}, \xi_{i3}, \dots) \quad [i=1, 2, \dots, m] \end{aligned} \quad (1)$$

例として斜面崩壊による道路閉塞危険度を求める評価式と斜面特性を求める評価式を式(2)に示す。

$$\begin{aligned} y_1 &= (S \cdot x_1) / \bar{y}_1 \\ x_1 &= (\xi_{11} \cdot \xi_{12} \cdot \xi_{13} \cdot \xi_{14}) / \bar{x}_1 \end{aligned} \quad (2)$$

$\bar{x}_1$  と  $\bar{y}_1$  は基準道路における斜面特性と斜面崩壊による道路閉塞危険度、 $\xi_{1j}(j=1\sim4)$  は斜面崩壊を決定する要因群である。

そして各被害要因  $i$  による道路閉塞危険度  $y_i$  を足し合わせることで、最終的に「総合的な道路閉塞危険度  $Y$ 」を式(3)のように定式化する。

$$Y = \left( a_1 \frac{y_1}{\hat{y}_1} + a_2 \frac{y_2}{\hat{y}_2} + \dots + a_m \frac{y_m}{\hat{y}_m} \right) / \bar{Y} \quad (3)$$

ここで  $\hat{y}_i$  は各被害要因において考えられる道路閉塞危険度の最大値、 $\bar{Y}$  は基準道路における総合的な道路閉塞危険度、 $a_i$  は各被害要因の道路閉塞に対する重みである。

### 2.3 評価式の適用と検証

構築した評価式を、中越地震による道路被害を受けた小千谷市に対して適用する。小千谷市は人口約4万人、面積約150km<sup>2</sup>の都市であり、信濃川の左岸に平野部、右岸に山間部を有している。小千谷市に対して評価式を適用して道路閉塞危険度の判定を行い、得られた結果と実際の中越地震被害を比較することにより、本研究で提案する道路閉塞評価手法の検証を行った。

### 3. おわりに

本研究で提案した手法により、中山間地における地震による道路閉塞危険度を評価することが可能である。また評価結果を活用して道路ネットワークとしての道路閉塞危険度を算出することにより、ある集落が孤立する危険度を把握することができる。この評価手法を活用することにより、地震災害時に確保したい道路ネットワークを具体的に捉えた上で、耐震補強を行う路線・地点についての優先順位付けが容易に可能となる。その結果として、道路閉塞による地震被害の軽減や防止につながると考える。

#### 参考文献

- 1) 國生剛治・大塚悟：「新潟県中越地震の地盤災害に関わる提言」の取りまとめ報告、土と基礎、Vol. 53、No. 11、2005。
- 2) 社団法人 日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編）、2002。
- 3) 武居有恒：地すべり・崩壊・土石流－予測と対策、1981。
- 4) 建設省河川局開発課、建設省土木研究所環境部：自然になじむ山岳道路－ダム付替道路の事例より考える、1996。
- 5) 水野真弥：積雪寒冷期における道路閉塞の危険度評価に関する研究、平成16年度金沢大学卒業論文、2004。
- 6) 福喜多由士：震災時における道路閉塞危険度評価に関する研究、平成12年度金沢大学大学院修士論文、2001。

表1 被害要因  $i$  と道路環境特性  $x_i$  及び要因群  $\xi_{ij}$

| 被害要因 $i$<br>(道路環境特性 $x_i$ ) |                  | 要因群 $\xi_{ij}$ |
|-----------------------------|------------------|----------------|
| 斜面崩壊<br>(斜面特性)              |                  | 沿道斜面の勾配        |
|                             |                  | 沿道斜面の高さ        |
|                             |                  | 水みちの有無         |
|                             |                  | 斜面の状態          |
| 地盤破壊<br>(地盤特性)              |                  | 道路構造耐力         |
|                             |                  | 地盤形成(切土・盛土)    |
|                             |                  | 液状化の可能性        |
|                             |                  | 水みちの有無         |
|                             |                  | 下水管の有無         |
| トンネル被害<br>(トンネル特性)          |                  | 地山の地滑り発生の可能性   |
|                             |                  | トンネルの土被厚       |
| 橋梁被害<br>(橋梁特性)              | 橋梁の破壊            | 設計基準           |
|                             | 橋台取り付け部の段差の発生    | 道路構造耐力・液状化の可能性 |
| 建物倒壊<br>(建物特性)              |                  | 建築物倒壊の可能性      |
|                             |                  | 沿道建設物倒壊の可能性    |
| 積雪による閉塞<br>(積雪特性)           | 雪崩による道路への雪の流出    | 沿道斜面の勾配        |
|                             |                  | 植生             |
|                             |                  | 沿道斜面見通し角       |
|                             |                  | 沿道斜面の高さ        |
|                             | 消雪装置破壊による消雪能力の低下 | 消雪装置の有無        |
|                             |                  | 消雪装置破壊の可能性     |
|                             |                  | 道路破壊による消雪機能の障害 |
|                             | 機械除雪の困難化         | 地盤破壊の可能性       |