

地震時における崩壊危険箇所抽出技術の開発

エイト日本技術開発 正会員 ○種平 一成
 エイト日本技術開発 正会員 藤原 康正
 エイト日本技術開発 フェロー会員 田中 努
 群馬大学 正会員 若井 明彦

1. はじめに

現在行われている道路啓開計画立案における道路斜面法面の地震時崩壊危険箇所の設定は、道路防災点検結果の要対策等の評価を基準に実施されていることが多い。一方、道路防災点検の安定度調査表における評価項目では地震時の危険性要因について一定の考慮はされているものの、地震時の危険性との関係は不明確である。本研究では、道路啓開計画における合理的な被害想定シナリオ作成方法の開発を目的とし、道路防災点検の安定度調査項目とその他の地形・地質要因をもとに判別分析を行い、道路斜面法面における地震時の崩壊発生に寄与する要因を求めた。また、震度と崩壊発生確率の関係を整理しフラジリティ曲線を設定した。

2. 分析項目の設定

判別分析に用いる項目は、道路防災点検の安定度調査項目とその他の地震時崩壊発生に寄与する地形・地質項目とした。その趣旨は大きく以下の2点である。①安定度調査項目と地震時の危険性との関係性を明らかにし、要対策箇所だけでなく対策不要箇所等に含まれる潜在的な地震時崩壊危険箇所の抽出を可能にする。②安定度調査項目以外の要因を加味することにより、道路防災点検が実施されていない箇所も含めて地震時崩壊危険箇所の抽出を可能にする。また、その要因は現地目視点検レベルで得られるものとし、本研究で開発する抽出技術を運用上の利便性や効率性の高いものとする。

安定度調査項目以外の要因の設定においては、地震時の崩壊発生箇所の地形・地質的特徴に関する既往の知見^{1),2)}を参考とした。表-1は、既往の知見のうち現地目視点検により比較的容易に得られるものを一部抜粋したものである。判別分析に用いる項目は、これらの項目と道路防災点検の安定度調査表の評価項目をもとに表-2のように設定した。

表-1 地震時の崩壊発生箇所の地形・地質的特徴の例^{1),2)}

項目	既往の知見(例)
地質	工学的異方性をもつ地質で多発 ¹⁾
流れ盤 受け盤	流れ盤では大規模崩壊、受け盤では小規模崩壊が多い ²⁾
傾斜	傾斜30度ないし35度以上で崩壊が多発 ^{1),2)}
凹凸	尾根部、凸型斜面で多くの崩壊が発生 ²⁾

表-2 判別分析に用いた項目

大項目	小項目
地形	高さ、傾斜、凹凸、人工平坦部の有無
地質	地質・土質、流れ盤・受け盤
表層	湧水
対策工	対策工の有無、工種
崩壊履歴	崩壊履歴の有無、崩壊規模

3. データの収集方法

2004年新潟県中越地震により多くの斜面崩壊が発生した旧山古志村を通過する国道291号線の20km区間の山側斜面および道路切土法面を対象に現地調査および資料調査を行い、判別分析に用いるデータを収集した。現地調査は、道路上からの目視点検とし、図-1のように路線を縦断方向に10m間隔で分割するとともに、横断方向についても傾斜変化線(遷急線・遷緩線)の上下で分割し、それぞれに調査・記録を行った(以下、縦横断方向に分割した斜面の構成単位をユニットと呼ぶ)。横断方向の調査範囲は、道路との比高Hと道路からの距離Lの関係が $L \leq 2H$ の範囲とした。資料調査は、地質については5万分の1地質図を用い、地質以外の項目は、地震前と地震直後のオルソ画像および1/2,500平面図³⁾を用いて目視判読を行い、被災当時の状況を把握した。

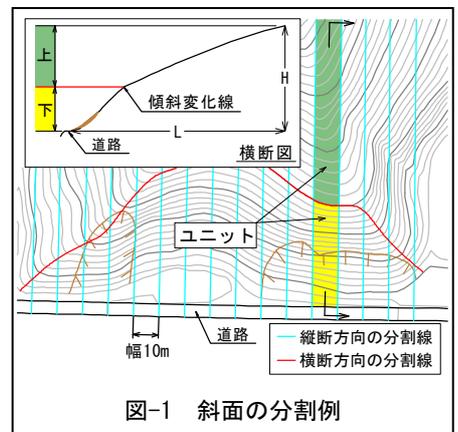


図-1 斜面の分割例

キーワード 地震, 道路, 災害

連絡先 〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11 (株) エイト日本技術開発 災害リスク研究センター TEL 03-5341-5111

4. 崩壊影響要因の抽出と評価

地震時の崩壊発生に寄与する要因を抽出するため、調査結果より得られた1,212ユニット（自然斜面：941，法面：271）のデータを用いて数量化Ⅱ類による判別分析を行った。分析結果から以下の3つの条件をもとに表-3のように崩壊影響要因を抽出した。条件は、①偏相関係数が相対的に高いこと、②正規化したカテゴリースコアが明瞭に判別されていること、③要因の組み合わせが実際の崩壊事例と整合していることである。

表-3 抽出した崩壊影響要因

	大項目	小項目	カテゴリー
自然斜面	地形	傾斜	30度以上45度未満 45度以上70度未満
		平面形の凹凸	直線型
	表層	湧水状況	湧水有り、しみ出し
法面	地形	平面形の凹凸	尾根型
	対策工	工種	切土工(植生のみ)

抽出要因のうち自然斜面の傾斜 30 度以上や法面の平面形凹凸の尾根型は表-1 に示す既往の知見と概ね一致している。一方、自然斜面の平面形の凹凸は直線型が抽出され、既往の知見と異なる結果である。本研究では、ユニット幅を 10m としているため主に微地形を評価しており、大きな尾根や谷の地形が反映されにくいことが原因の一つと考えられる。また、別の原因として道路沿い斜面では不安定な尾根は道路建設時やその後の道路改良等で対策がなされ法面となり、比較的健全な箇所が自然斜面として残ったため、相対的に尾根部よりも直線部のほうが不安定箇所を多く内在しているという可能性も考えられる。湧水に関しては、これまでも集水面積や先行降雨の多寡等、地下水の影響について報告があり^{例えば1)}、既往の知見とも整合する抽出結果である。

5. 危険度とフラジリティ曲線の設定および評価

各ユニットの崩壊影響要因の内在数を集計し、自然斜面と法面それぞれに要因数毎の崩壊発生率（崩壊影響要因を n 個内在する崩壊したユニット数 / 崩壊影響要因を n 個内在する全ユニット数）を算出した。図-2 は集計結果を崩壊発生率の高い順に並べ、さらに崩壊発生率の変化点を境界に A, B, C の3ランクに区分したもので、本研究ではこの区分を危険度とした。また、各ユニットの崩壊影響要因の内在数と、崩壊の発生・非発生を震度別に集計し、図-3 のように崩壊発生率分布（フラジリティ曲線）を設定した。

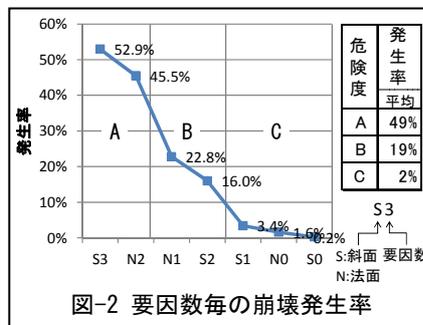
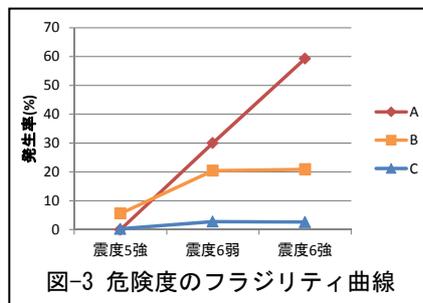


図-3 より、危険度が高いと震度が大きくなるにつれて顕著に崩壊が増加し、危険度が低いほど震度に対して敏感ではないことが読み取れる。現行の道路啓開計画では、道路防災点検の要対策箇所がある一定の確率で崩壊するという想定がなされることが多い。しかし、現実には地震時の崩壊危険箇所は要対策箇所以外にも存在し、崩壊発生率は危険度や震度等により異なる。本研究で開発した技術は、地形要因を考慮することにより、3 ランクの危険度に応じて震度別崩壊発生率を設定でき、より合理的な被害想定が可能となる。



6. まとめと課題

道路防災点検の安定度調査項目とその他現地の目視点検レベルで得られる地形・地質データをもとに道路斜面法面における地震時の崩壊発生に寄与する要因を抽出した。本抽出技術の開発により、道路啓開計画立案のための地震時崩壊危険箇所の抽出は道路防災点検の要対策箇所だけでなく、対策不要箇所や点検対象外箇所等の潜在的な危険箇所を含めて危険箇所の合理的な抽出が可能となる。さらに、今後は影響度に寄与する要因を抽出し、影響度の震度別割合を整理する。これを震度別発生率と掛け合わせることで、震度に応じた路線全体の被害想定が可能となる。また、本事例は軟質岩地域の単一路線を対象としており、地域特性を強く反映している可能性があり、今後は硬質岩地域を対象に検討を行い、複数の事例をもとにモンテカルロシミュレーションにより被害想定シナリオ作成を行う予定である。

参考文献

- 1) 日本地すべり学会 (2013) : 類型化に基づく地震による斜面変動危険地域評価手法の開発報告書概要版
- 2) 佐々木靖人, 塩見哲也, 阿南修司 (2006) : 平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震土木施設災害調査報告
- 3) 活褶曲地帯における地震被害データアーカイブスの構築と社会基盤施設の防災対策への活用法の提案 (平成 17 年度~平成 19 年度, 研究代表者: 小長井一男) <http://active-folding.iis.u-tokyo.ac.jp/archive/ja/>