

防災カルテを用いた長野県北部地域における斜面の信頼性評価手法

法政大学大学院 学生会員 ○近野 玲央, 正会員 酒井 久和
電力中央研究所 正会員 梶谷 義雄

1. 研究の目的と背景

地震大国である日本の国土は4つのプレートの上に位置しているため、複雑な断層帯や構造線が各地に存在している。これまでも、大規模な直下型地震による被害が幾つも生じており、道路や鉄道網の寸断が引き起こされている。例えば2004年新潟中越地震では、山間部の自然斜面において、尾根部の山頂から大規模な崩壊をした箇所が多発した。また、2016年4月14日に発生した熊本地震においては、国道57号線が寸断され、南阿蘇村内の旅館や住宅が孤立する事態となった。

地震調査研究推進本部によれば今後30年以内に3%以上の確率でマグニチュード7.0クラスの地震が発生する断層は約30箇所にも及び、その大半は近畿地方と中部地方に集中している。特に、長野県には糸魚川-静岡構造線断層帯や伊那谷断層帯、木曽山脈西縁断層帯など多数の断層帯が存在する。また、長野県は農業集落において、47都道府県の内、唯一孤立可能性集落が1,000件を超えており、震災時には、多くの孤立地域が発生することが想定される¹⁾。対策を施すべき斜面も膨大となるため、予め崩壊の危険性が高い斜面を推定し、優先順位をつけた対策を施すことが効果的である。

そこで本研究では、長野県を研究対象として2014年に発生した長野県神城断層地震における法面と自然斜面の斜面崩壊確率評価式を導出し、斜面の地形的要因や被覆状況が斜面崩壊に与える影響を検討する。これにより、斜面崩壊リスクを適切に把握したうえでの対策の提案が可能となり、緊急輸送路の途絶抑制や孤立集落の発生等の二次被害の防止につながると考えられる。

2. 研究方法

本研究では、2014年に発生した長野県神城断層地震における斜面崩壊被害をもとに、防災カルテを用いた斜面崩壊確率評価式を導出する。本研究で用いる防災カルテは、長野県の建設事務所(長野市、松本市、大町市、須坂市、中野市、千曲市)が作成したもので、落石・崩壊という調査項目を含む。斜面崩壊確率評価式の導出はロジスティック回帰分析を用いて行う。ロジスティック回帰式の目的変数は、斜面崩壊の実被害の有無を、有りの場合1、無しの場合0として扱う。説明変数として採用するデータは地形的要因(9種類)と表層の状況(3種類)とし、地形的要因において、該当する場合は1、しない場合は0とする。表層の状況は程度によって点数化を行う。また、数値解析によって抽出または算出する説明変数は勾配とPGVとする。PGVは東京工業大学の松岡²⁾による防災科学技術研究所の強震観測網(K-NETとKiK-net)を利用した2014年長野県神城断層地震の地震強度推定値を利用している。

クラスター分析は斜面崩壊領域の地形的要因と表層の状況を推定するために実行する。用いるデータはロジスティック回帰分析と同様であるが、推定に使用するデータは標高データから算出した勾配、平均曲率とする。また、クラスター間の距離測定方法はward法を用いることとし、デンドログラムを作成後、適当なグループ数に分割する。

3. 分析結果

3.1 クラスター分析

防災カルテに記載されている1,044箇所の斜面データに対してward法を用いたクラスター分析を行い、長野県神城断層地震によって崩壊した斜面特性を分析した。長野県北部地域における斜面は法面の場合10グル

キーワード 防災カルテ, 斜面崩壊, ロジスティック回帰分析, クラスター分析, 孤立地域

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-33 法政大学デザイン工学研究科 TEL03-5228-1347

ープ, 自然斜面の場合 12 グループに分割した. この分析結果をもとに, 65 カ所の実被害のあった斜面がそれぞれのグループに属するかを判定し, 未観測データとなる斜面特性を推定した. 作成した斜面特性データを既存の防災カルテデータに追加することで, 被害歴のある斜面を含むデータベースを構築した.

3.2 ロジスティック回帰分析

ロジスティック回帰分析によって得られた法面と自然斜面の斜面崩壊確率評価式をそれぞれ, 式(1)と式(2)に示す. ただし p 値が 0.1 以上の説明変数は棄却する.

法面と自然斜面における斜面崩壊確率評価式を算出した結果, 自然斜面の方が, 地形的要因からの影響を受けやすいことが分かる. ただし, 自然斜面において崩壊確率に影響を及ぼすと考えられる「勾配」の影響が棄却されている. すなわち, 長野県北部地域における自然斜面では, 傾向として, 勾配より地形的要因や表層の状況の方が斜面崩壊に影響するという結果となった.

なお, 斜面崩壊確率を式(3)に適用することで防災カルテの調査対象道路の途絶確率を算出することができる. 途絶の危険性を把握することで, 震災時の補給路の確保, 孤立地域の抑制, ライフラインの早期復旧に役立てることが可能である.

4.まとめ

防災カルテを用いることで, 斜面の地形的要因と表層の状況を考慮した斜面崩壊確率評価式を導出した. 得られた結果は, ハザード(PGV)の影響や斜面特性を考慮しながら, 地震後に発生する道路の途絶や孤立集落の発生を予測することに活用可能である. しかし, 本研究では防災カルテに掲載されていない崩壊実績のある斜面データを任意に追加しており母集団に偏りが生じている. 防災カルテの作成範囲を拡大するとともに崩壊可能性のある全斜面を本研究で用いたクラスター分析などの手法によって抽出する必要がある.

また, 本研究は特定事例での分析であるため, 他事例での検証が必要である. 検証例として, 大規模な斜面崩壊が発生した 2016 年熊本地震や 2008 年岩手・宮城内陸地震などが挙げられる.

$$r_i = \frac{1}{1 + \exp\left\{-\left(\frac{-10.2 + 3.79\beta_3 - 1.99\beta_9 + 0.707\beta_{10} - 1.26\beta_{12}}{+0.061\beta_{13} + 0.233\beta_{14}}\right)\right\}} \cdots \text{式(1)}$$

$$r_i = \frac{1}{1 + \exp\left\{-\left(\frac{-7.04 + 1.24\beta_3 + 1.37\beta_6 + 2.25\beta_7 + 3.16\beta_9}{-1.05\beta_{10} - 0.903\beta_{12} + 0.157\beta_{14}}\right)\right\}} \cdots \text{式(2)}$$

r_i : 斜面崩壊確率($i=1, \dots, n$)

β_1 : 崖錐地形 1: 有り 0: 無し

β_2 : 崩壊跡地 1: 有り 0: 無し

β_3 : 遷急線明瞭 1: 有り 0: 無し

β_4 : 台地の裾部 1: 有り 0: 無し

β_5 : 脚部浸食 1: 有り 0: 無し

β_6 : オーバーハング 1: 有り 0: 無し

β_7 : 集水型斜面 1: 有り 0: 無し

β_8 : 土石流跡地 1: 有り 0: 無し

β_9 : 尾根先端など凸型斜面 1: 有り 0: 無し

β_{10} : 転石・浮石(0: 安定 1: やや不安定 2: 不安定)

β_{11} : 湧水(0: なし 1: しみ出し程度 2: 湧水あり)

β_{12} : 表面の被覆状況(1: 構造物主体 2: 複合(植生・構造物) 3: 裸地～植生主体【※法面】)

1: 木本主体 2: 複合(裸地・草本・木本)

3: 裸地～植生(草本)【※自然斜面】

β_{13} : 勾配(°)

β_{14} : PGV(cm/s)

$$P_k = 1 - (1 - r_1)(1 - r_2)(1 - r_3) \cdots (1 - r_{nk}) \cdots \text{式(3)}$$

P_k : 途絶確率 $r_i (i = 1, \dots, nk)$: 斜面崩壊確率

1) 内閣府政策統括官(防災担当): 中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査, 2010. 1.

2) 松岡昌志: 2014 年長野県北部地震(長野県神城断層地震)における地震強度分布 <https://sites.google.com/site/matsuokamtokyotech/>, (2017. 1)