

地震による斜面崩壊の危険度判定手法の検討

国土技術政策総合研究所 ○小山内信智、内田太郎
アジア航測 小野田敏、高山陶子、戸村健太郎

1 はじめに

中央防災会議において切迫性の高い東海地震発生時の斜面崩壊による被害予測が行われるなど、地震時の山腹斜面を対象とした精度の良い崩壊危険度評価手法が必要とされている。地震時の斜面崩壊予測手法は、①有限要素法などを用いて3次元動的振動解析を基本とする方法(Mizuyama et al., 2002 など)と②既往地震時の崩壊実績から、地形、地質の要素と崩壊地分布の関係に基づく経験的手法(Caplongo et al., 2002 など)に分類できるが、①の手法は、物理的な解析手法に準拠しているが、地下情報が十分に得られないことなど、実務面では依然として課題がある。一方、②の手法は、手法の汎用性を検討する必要があるがこれまで行われてきていないという問題がある。そこで、国総研では兵庫県南部地震による六甲山地の崩壊事例を基に作成した地震時崩壊危険度評価手法の汎用性を1997年の鹿児島県北西部地震、2000年の神津島地震に適用し、検討してきた(内田ら、2004)。

平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震では、山腹崩壊及び地すべりが多発し、大きな被害が生じた。国総研砂防研究室らの調べによると、新潟県中越地震による崩壊面積率は兵庫県南部地震による六甲山地の崩壊面積率より1オーダー大きかった(<http://www.nilim.go.jp/lab/rbg/index.htm>)。そこで、兵庫県南部地震による崩壊事例を基に作成した手法を新潟県中越地震に適用し、崩壊が多発する地震に対する同手法の有効性を検討した。さらに、これまで検討してきた3地震でほとんど見られなかった地すべりが新潟県中越地震においては多発したことから、地すべりに対しても兵庫県南部地震による崩壊事例を基に作成した手法の有効性を検討した。

2 六甲山地における斜面危険度判定手法の作成

これまで、地形要素のうち斜面勾配、標高、方位、斜面の凹凸(平均曲率など)が地震時の崩壊に影響を及ぼすことが明らかにされてきた。そこで本研究では、六甲山地を対象に斜面勾配、方位、標高及び斜面の平均曲率について10mメッシュのDEMから算出した。また、崩壊発生に影響を及ぼす地震動の特性値は十分に明らかにされているとはいえないが、ここでは、算出が容易な最大速度、最大加速度について検討した。最大速度、最大加速度は、断層近傍の比較的強い地震動についての再現性が高い震源断層からの最短距離をパラメータとした距離減衰式に破壊伝播の効果を加味した手法を用いて推定した(内田ら、2004)。

次に、地形、地震動の因子と兵庫県南部地震による崩壊発生率の単相関を検討し、斜面勾配、斜面の平均曲率、地震動の最大加速度が崩壊発生率との相関が高いことが分かった。そこで、勾配、平均曲率(影響範囲20m)、最大加速度を説明変数とし、崩壊の発生・非発生を目的変数とした判別分析を行い、以下の判別関数式を導いた。

$$F=0.075I-8.9c+0.0056a-3.2 \quad (1)$$

ここで、 F は判別得点、 I は勾配($^{\circ}$)、 c は平均曲率、 a は最大加速度(cm/s^2)である。なお、式1を兵庫県南部地震、1997年の鹿児島県北西部の地震、2000年の神津島の地震に適用した結果、 F の増大にともない各得点の全メッシュ中に占める崩壊メッシュの割合(以下、「崩壊発生率(P)」と呼ぶ)は上昇することが確認された(内田ら、2004)。

3 新潟県中越地震への適用

3.1 検討手法

本研究で対象とするエリアは山古志村役場、東竹沢地区など芋川の河道閉塞箇所を含む $4 \times 5\text{km}(20.0\text{km}^2)$ とした。地形量の算出に用いるDEMは、地震後の10月28日にレーザー計測により得られた1mメッシュDEMを10mメッシュに調整したDEMとした。崩壊地分布に関しては、10月24日に撮影された空中写真(1:10000)を判読し、ポリゴンデータを作成し、検討に用いた。なお、判読の際に、概ね崩壊した土塊の50%以上が元の形状を残し、崩壊発生域内に残っていて、かつ発生源の平均傾斜が 30° 未満のものを地すべり、それ以外のものを斜面崩壊として区分した。その結果、対象エリア内では、崩壊箇所は878箇所(斜面崩壊831、地すべり47)であった。また、10mメッシュの中心が崩壊ポリゴン内にある場合、そのメッシュは崩壊メッシュとして扱うこととした。

地震動の最大加速度算出に用いる最大加速度算出に用いる震央の座標、断層の座標、マグニチュードは地震調査研究推進本部 地震調査委員会 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04nov_niigata/p14.htm) が示した値を用いた。また、距離減衰式中の係数は、福島(2002)が兵庫県南部地震の地震動の解析により得た値を用いた。

斜面勾配、平均曲率、地震動の最大加速度の算出結果を基に、メッシュごとの判別得点(F)を式1より算出し、判別得点(F)と崩壊発生率(P)の関係を検討した。さらに、中越地震の崩壊地分布データに基づき、同様の判別分析を実施し、判別関数式を算出した。

3.2 適用結果

中越地震の崩壊地分布データに基づき、判別分析を行った結果、式2(以下、中越式と呼ぶ)が得られた。

$$F=0.079I-35c+0.018a-7.3 \quad (2)$$

式1と式2の比較から、中越地震では、平均曲率、最大加速度の影響が兵庫県南部地震より大きいことがわかる。

図1には式1と中越式から算出したF-P関係を示した。図1に示したように、式1及び中越式で算出したF-P関係はほとんど差が見られなかった。いずれの場合においても、Fの増大にともない、Pが急激に増大する傾向が見られた。例えば、Fが-1~0のメッシュでは、崩壊発生率は7%程度であるのに対し、Fが2.5以上では、崩壊発生率は20%以上であった。式1及び中越式のいずれもが斜面崩壊発生危険度を相対的に評価できることが分かった。

次に、図2に式1で算出したFを用いて、Fと斜面崩壊メッシュが占める割合及び地すべりメッシュが占める割合を算出した結果を示した。さらに、図3には判別得点の空間分布と斜面崩壊、地すべり発生箇所を示した。この図に示したように、Fと地すべりメッシュが各得点の全メッシュに占める割合の間には顕著な相関が見られず、わずかではあるが点数が小さいほど地すべりメッシュの割合が高くなった。また、斜面崩壊メッシュの割合は、Fが-0.5以下のとき、2%以下であったが、Fが2.5以上のメッシュでは29%が斜面崩壊メッシュであった。また、Fが-1以下(F<-1のメッシュは全メッシュの25%)の斜面崩壊メッシュは全斜面崩壊メッシュの7%であった。

4. 考察と結論

以上の結果、兵庫県南部地震の事例に基づき作成した式1は中越地震の崩壊発生箇所についても精度良く予測できることが示された。さらに、中越地震の崩壊分布を基に作成した式と精度はほとんど変わらなかった。この理由としては、中越地震の崩壊分布を基に式を作成する際に、①比較的狭い範囲のデータのみを用いたこと、②地すべりと斜面崩壊の区分をしなかったことが考えられ、今後検討進めていきたい。

また、本研究から、式1は地すべりの発生箇所を予測することはできないことが示された。一方、(独)防災科学技術研究所が作成した地すべり地形分布図を基に、地すべり地形とそれ以外で区分したところ、地すべり地形内では式1で崩壊発生箇所を十分に予測できないことがわかった。このことは、地すべりが多発する地域では、式1と地すべりの危険箇所を抽出する手法(例えば、(独)防災科学技術研究所作成の地すべり地形分布図)を組み合わせる必要があることを示している。本研究を進めるにあたっては、国土交通省湯沢砂防事務所にデータの提供等多大な協力を得た。

参考文献 Caplongo D, et al. (2002) Survey in Geophy. 23, 595-625 / Mizuyama T. et al. (2002) Interprevent 2002, 59-66 / 内田太郎ほか(2004) 国総研資料 204 91pp / 福島美光 (2002) 月刊地球号外 37,80-89

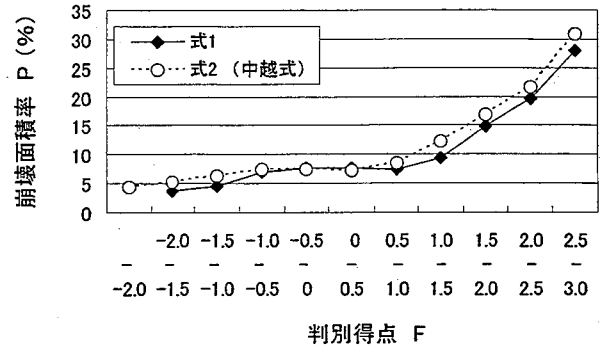


図1 判別得点と崩壊発生率の関係

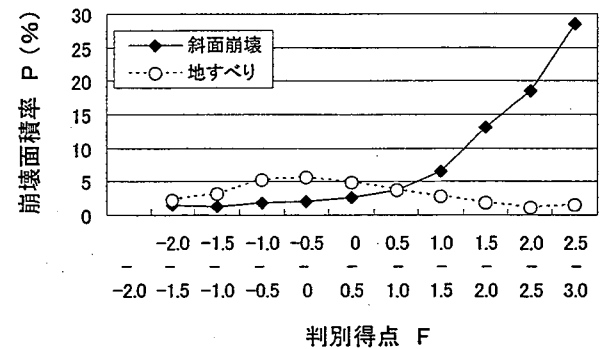


図2 判別得点と地すべり、斜面崩壊面積率の関係

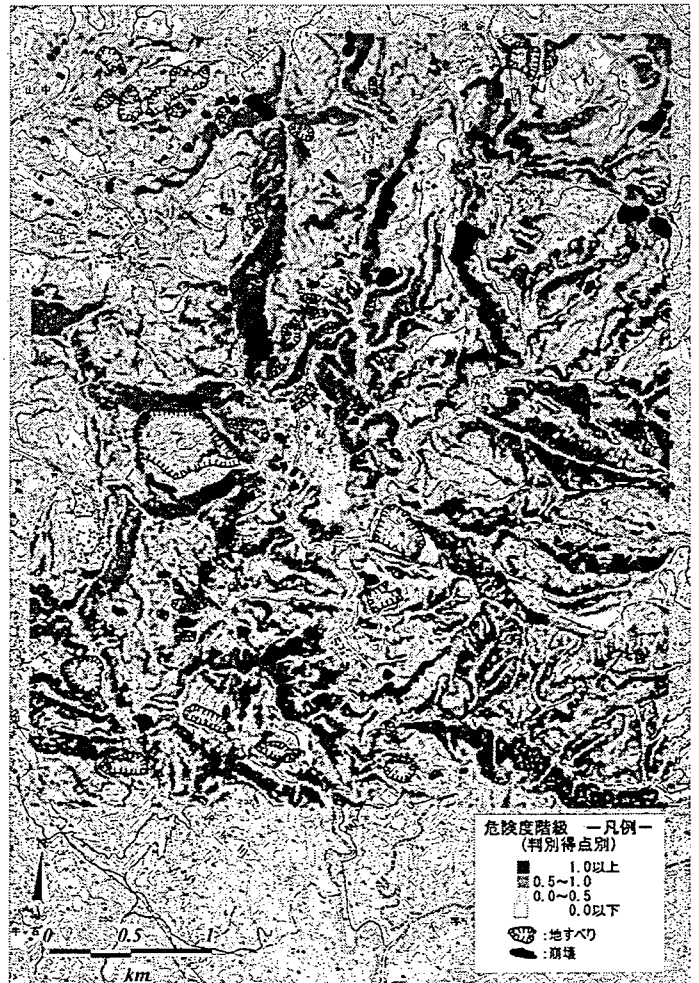


図3 芋川流域における判別得点分布と崩壊発生箇所