

地震による斜面崩壊発生危険度評価手法の提案

国土技術政策総合研究所 研究官 内田太郎

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崩壊発生危険度を評価する精度の良い手法が必要とされている。そこで本研究では、地形情報、断層の位置など一般的に入手可能なデータを用いて、地震による斜面崩壊の発生危険度を評価する手法を提案することを目的とした。

2. 六甲山地における斜面危険度判定手法の作成

本研究では 1995 年の兵庫県南部地震時の六甲山地における崩壊の発生実態に関するデータセットを用いて、地震による斜面崩壊発生危険度を評価する手法を作成した。まず、既存の研究のレビューから、地震による斜面崩壊発生危険度に影響する因子として、斜面勾配、標高、方位、斜面の凹凸及び地震動の最大速度、最大加速度を抽出した(内田ら、2004)。この結果に従い、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(斜面の凹凸を表す指標で、凸型(尾根型)の斜面である場合、平均曲率は負の値をとり、凹型(谷型)の斜面である場合、正の値となる。)の 4 項目を 10m メッシュの DEM から算出した。また、地震動の最大速度、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(福島、2002)を用いて推定した。

次に算出した地形、地震動の各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た結果、斜面勾配、斜面の平均曲率(影響範囲 20m)、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、最大加速度を説明変数

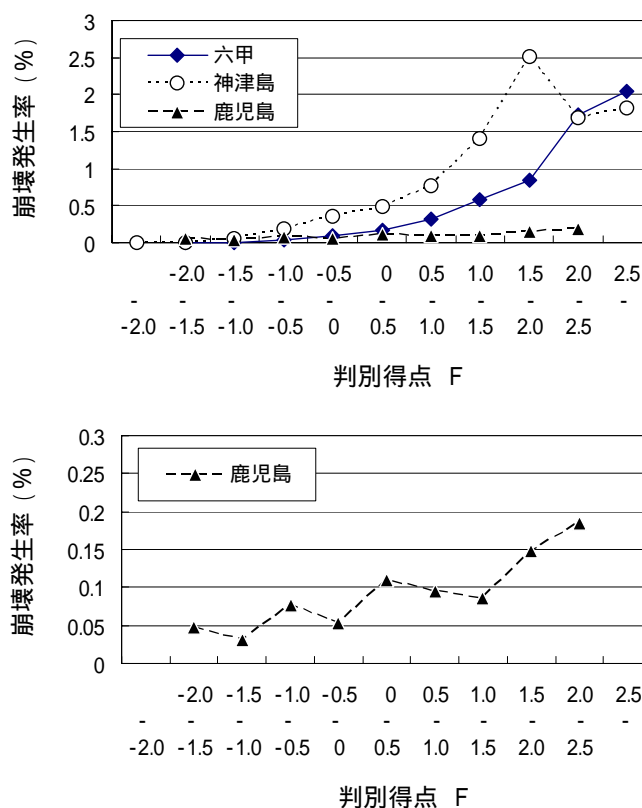


図 - 1 判別得点と崩壊発生率の関係(下図は上図の拡大)

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(以下、「基礎式」と呼ぶ)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(°)、cは平均曲率、aは最大加速度(cm/s²)である。

基礎式を兵庫県南部地震、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を図-1に示した。図-1より、Fの増大にともない崩壊発生率(各得点の全メッシュ中に占める崩壊地頂部メッシュの割合)が上昇することが確認され、基礎式は地震による斜面崩壊発生の相対的な危険度を評価しうることが示された。

3.新潟県中越地震への適用

3.1 検討手法

2004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。そこで、本研究では2で示した手法を中越地震への適用し、手法の汎用性及び問題点を検討した。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4×5km(20.0km²)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10mDEM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)を判読した結果を用いた。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。

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)を基礎式より算出し、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、基礎式と同様の判別分析を実施し、判別関数式(2)(以下、「中越式」と呼ぶ)を導出した。

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

3.2 適用結果

図-2には、基礎式及び中越式により求めた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。図より、基礎式及び中越式で算出された判別得点はおおむね近い分布を示すことがわかる。例えば、旧山古志村役場周辺では、いずれの式で算出した判別得点も小さく、0以下のところが多かった。一方、芋川の右岸沿いには比較的判別得点の高い地域がいずれも算出結果でも存在している。また、いずれの算出結果においても、斜面崩壊の発生箇所の多くは判別得点が1以上となった。一方、地すべりの発生箇所内に

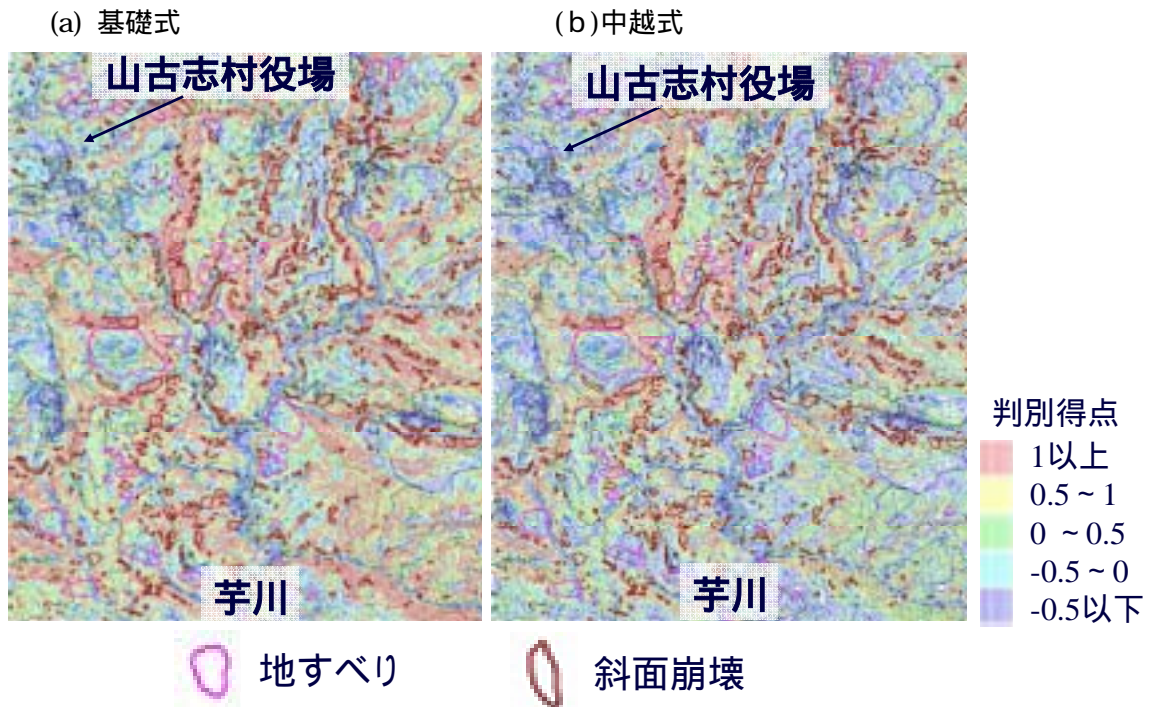


図 - 2 判別得点の算出結果 (a)基礎式、(b)中越式

は、算出された判別得点が-0.5以下の箇所もあった。

次に、判別得点と崩壊面積率（各判別得点に属する全メッシュに対する崩壊メッシュの割合）の関係を算出した（図 - 3）。図 - 3 に示したように、基礎式及び中越式で算出した判別得点 - 崩壊面積率関係にはほとんど差はなかった。いずれの場合においても、判別得点の増大にともない崩壊面積率が急激に増大する

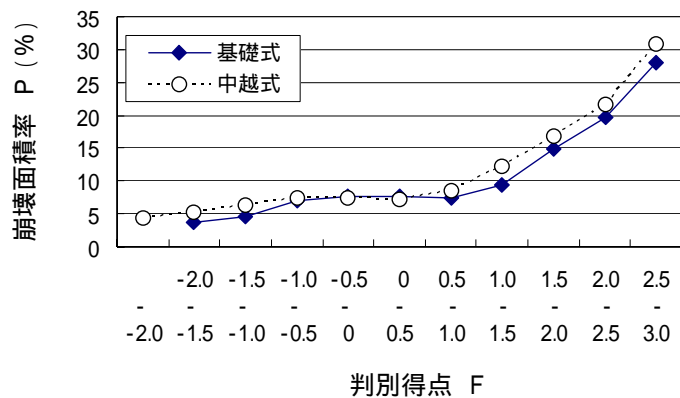


図 - 3 判別得点と崩壊面積率の関係

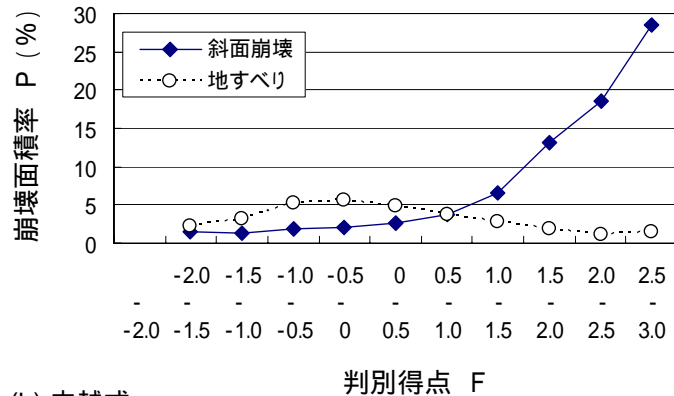
傾向が見られた。例えば、判別得点が-1~0のメッシュでは、崩壊発生率は7%程度であるのに対し、判別得点が 2.5 以上では、崩壊発生率は 28%以上であった。このことは、基礎式及び中越式のいずれもが斜面崩壊発生危険度を相対的に評価できることを示している。ただし、判別得点が-1~0のメッシュまでのメッシュに対して、判別得点が 2.5 以上のメッシュの崩壊面積率は 4 倍程度であり、比較的差は小さかった。

次に、図 - 4 に、判別得点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の関係を示した。図に示したように、判別得点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。この傾向は、いずれの式にも共通していた。この理由と

しては、地すべりの発生危険度を評価するにあたっては、地形量を算出する際に用いたメッシュのサイズ(10m)が小さすぎたことや説明変数とした地震動の特性値(最大加速度)が適当でなかった可能性が考えられる。

一方、斜面崩壊面積率は判別得点の増大に従い、増大する傾向が見られた。斜面崩壊メッシュの割合は、基礎式で算出した判別得点が-0.5以下のとき、2%以下であったが、判別得点が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。このことは、斜面崩壊の危険度が、判別得点が-0.5のメッシュに比べて、判別得点が2.5以上のメッシュは15倍程度高いことを示している。すなわち、基礎式を用いることによって、芋川流域においても、事前に斜面崩壊発生相対的な危険度を表すことが出来たことを示している。

(a) 基礎式



(b) 中越式

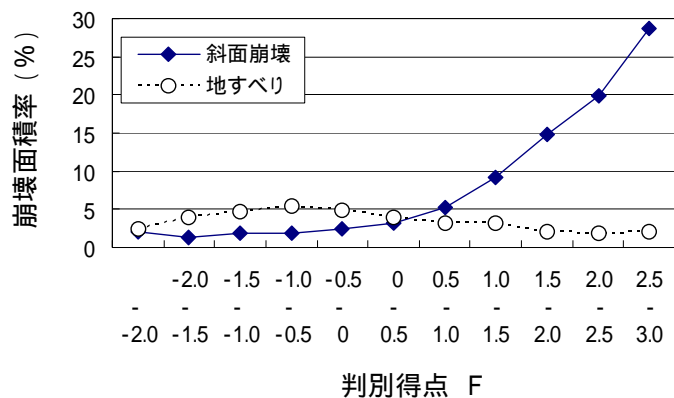


図 - 4 崩壊形態ごとの判別得点と崩壊面積率の関係

4. 結論

本研究では、一般的に入手可能な数値地形情報を基に地震による斜面崩壊発生危険度を判定する手法を提案し、4地震に適用した結果、いずれの地震に対しても良好に各検討地域内の相対的な斜面崩壊発生危険度をできることを示した。このことから、本手法は地震による土砂災害の被害推定、対策箇所の優先順位決定に活用できると考えられた。

5. 今後の問題点

今後の問題点としては以下の2点を挙げられる。

- (1) 地すべり性の崩壊に関する発生危険度判定手法を確立し、本研究で提案した斜面崩壊に関する手法と重ね合わせ、より広範な土砂災害に適用できる手法を提案する。
- (2) 地震に対する斜面崩壊分布のデータを蓄積し、現行の評価式では考慮されていない土質・地質の影響について評価式に組み込むことにより、地域内の相対的な崩壊発生危険度のみならず、全国一律に斜面崩壊発生危険度を評価できる手法を提案する。

参考文献：内田ほか(2004)国総研資料20/福島(2002)月刊地球号外 37,80-89