

「地震による斜面崩壊危険度評価判別式」の岩手・宮城内陸地震への適用について

国土技術政策総合研究所 ○富田 陽子、桂 真也、小山内 信智
 アジア航測株式会社 戸村 健太郎、高山 陶子、中島 達也
 岡野 和行、原田 美鈴

1 はじめに

国総研砂防研究室では、地震による山腹斜面の崩壊危険度を評価するため、「地震による斜面崩壊危険度評価判別式」(以下、「六甲式」とする。)を開発してきた¹⁾。この式は、地形や加速度などの一般的に入手可能なデータを用いることで、地震による山腹斜面の崩壊実績がない箇所においても、崩壊危険度を簡便に評価できる実務的な手法となっている。

「六甲式」は、「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」における崩壊実績を元に作成されているため、比較的小規模な表層崩壊を対象とし、地質の変化も特段考慮していない式である。表-1に示す地震について斜面崩壊の実績との検証を重ねることで、地震で崩壊する恐れのある斜面を「相対的」に抽出できる手法として、概ね有効であることを確認してきた¹⁾²⁾。

ただし、六甲山系で生じた崩壊規模よりも大規模な崩壊や、複雑な地質の地域で精度良く評価できるかが課題となった。

表-1 六甲式で検証を重ねた地震の一覧

	兵庫県南部地震	鹿児島県西北部地震	神津島地震	宮城県北部地震	新潟県中越地震	能登半島沖地震	新潟県中越沖地震	岩手・宮城内陸地震
対象地域	六甲山系流域	紫美山付近	神津島全島	旭山丘陵の一部	芋川流域	能登半島北部	出雲崎付近	栗駒山周辺
発生年	1997	1997	2000	2003	2004	2007	2007	2008
崩壊データ	ポリゴン	ポイント	ポリゴン	ポイント	ポリゴン	ポリゴン	ポリゴン	ポリゴン
地形データ(10mDEM)	1/2500 都市計画図	北海道地図(株)	LPによる1mDEM	北海道地図(株)	LPによる1mDEM	数値地図50mDEM	数値地図50mDEM	国土地理院10mDEM
対象面積	174k m ²	30km ²	37.5k m ²	32.5km ²	20.0km ²	16.3k m ²	22.3k m ²	590k m ²
崩壊数	2,353箇所	157箇所	1,526箇所	60箇所	831箇所 (他に地すべり47)	58箇所	334箇所	2,959箇所 (他に地すべり55)
崩壊メッシュ数	4,791メッシュ	154メッシュ	5,359メッシュ	60メッシュ	8,600メッシュ	507メッシュ	2,138メッシュ	39,640メッシュ
主な地質	深成岩類(花崗岩)が主、一部堆積岩類	深成岩類、中生代堆積岩類、一部シラス、溶結凝灰岩	第四紀火山岩類	新第三紀堆積岩類	新第三紀堆積岩類	新第三紀火山岩類	新第三紀堆積岩類	第三紀・第四紀火山岩類、堆積岩類

そこで、「平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震」(以下、「岩手・宮城内陸地震」とする。)における範囲を対象に(図-1参照)、「六甲式」の適用性を確認することと、地質の要素を加味して、より精度を高めることができるかの検証を目的に、検討を行った。

2 岩手・宮城内陸地震への「六甲式」の適用

2.1 「六甲式」の概要

「六甲式」は、勾配・平均曲率・最大加速度を変数とする判別式(数式-1)である。これまでの検証の結果、判別得点Fが高いメッシュは崩壊が起りやすく、低いときは崩壊が起りにくい結果を得ている。

ここで「六甲式」は下記に示すとおりである。

$$F = 0.075 I (\text{勾配}^\circ) - 8.92C (\text{平均曲率}) + 0.006a (\text{最大加速度 cm/s}^2) - 3.228 \dots (\text{数式-1})$$

素因データは国土地理院基盤地図情報10mメッシュ(標高)から算出した勾配と平均曲率を、誘因データは、距離減衰式を用いて算出した加速度とした。加速度を算出するための断層モデルは、防災科学技術研究所が発表したモデルを用いた。なお、破壊伝播効果の影響と地震増幅率による加速度値の低減については考慮していない。これらのデータを六甲式に編入して得た判別得点分布と、実際の崩壊地との関係を図-2に示した。

2.2 岩手・宮城内陸地震へ「六甲式」を適用した時の精度

図-2は、「六甲式」から崩壊の発生が高いと予測された箇所(灰色)と実際の崩壊地(黒色)との重なりを示すが、その関係は概ね良好であった。次に、この関係を定量的に評価するため

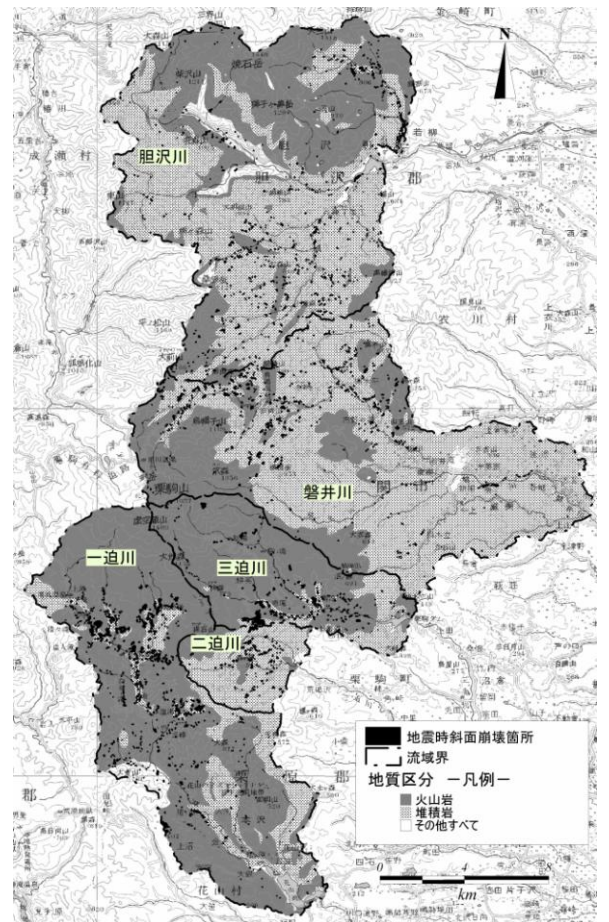


図-1 岩手・宮城内陸地震の検討エリア

に、的中率と見逃し率を算出した(表-2)。的中率は 69%、見逃し率は 25%となり、精度は概ね良好であると判断できる。

表-2 六甲式を岩手・宮城内陸地震へ適用した時の的中率等

実際	予測			合計
	崩壊	非崩壊	合計	
崩壊	(A) 2,216	(B) 741	2,957	5,490,825
非崩壊	(C) 1,703,905	(D) 3,786,920	5,490,825	
合計	1,706,121	3,787,661	5,493,782	
比率	崩壊 74.9%	非崩壊 25.1%	100.0%	
	非崩壊 31.0%	崩壊 69.0%	100.0%	

的中率(%)=68.97
 $(A)+(D) / (A)+(B)+(C)+(D)$
 見逃し率(%)=25.06
 $(B) / (A)+(B)$

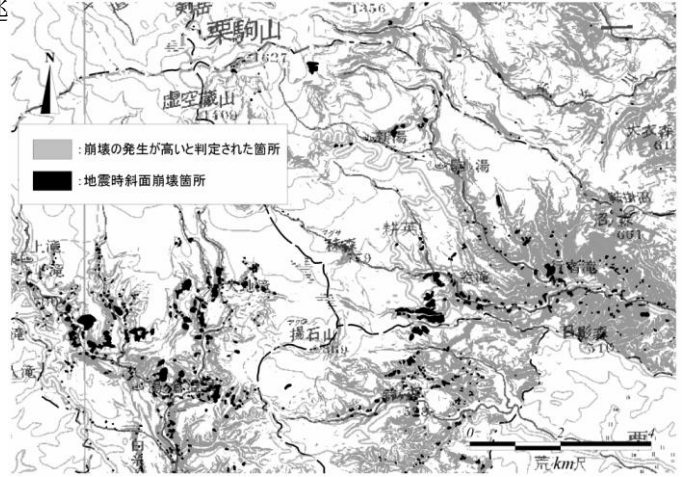


図-2 崩壊地予測結果と実崩壊の重ね合わせ

3 地質の影響の検討

崩壊発生素因としての地質の影響について検討するため、対象地域を堆積岩類、火山岩類、深成岩類、変成岩類に大区分した(図-1参照)。このうち崩壊地の約97%が分布する堆積岩類と火山岩類を対象として検討を行った。

3.1 地質特性の把握と判別得点の比較

地質区別に、「六甲式」で用いる素因と崩壊発生率との関係を整理し図-3に示す。また、判別得点と崩壊発生率の関係を図-4に示す。

一般的に、地震による崩壊は堆積岩類に見られるように、「傾斜が急で、平均曲率が凸なほど崩壊が多い」傾向があり、このような場所で判別得点が高くなる。しかしながら火山岩類では傾斜のピークが緩く、平均曲率も凹側での崩壊が目立つため、判別得点と崩壊発生率が正比例する右上がりの傾向がやや不明瞭であった。

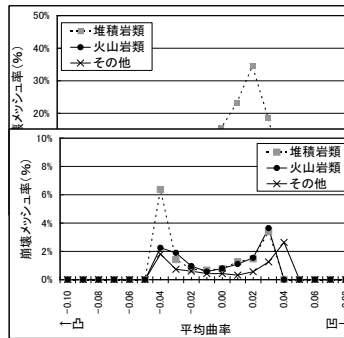


図-3 地質別の崩壊率分布 (上: 勾配、下: 平均曲率)

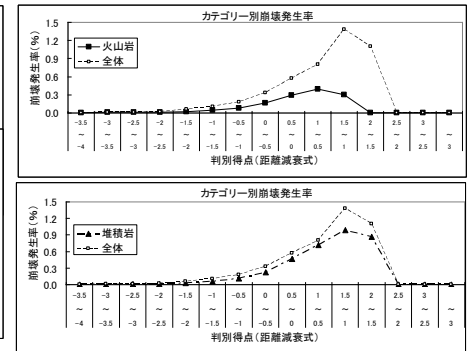


図-4 地形のみ判別得点*と崩壊率の関係 (上: 火山岩類、下: 堆積岩類)

*: 加速度の影響項を削除するため、素因のみの判別得点を用いた

3.2 地質区別判別得点式(岩手宮城式)での比較

この差にどの程度の影響があるのか、地質区別に判別分析を行い、さらに判別得点式「岩手宮城式」を導いて、的中率等を比較した。その結果、堆積岩類と火山岩類との間で差異はほとんど認められなかった(表-3)。「六甲式」と比較すると、「岩手宮城式」の方が的中率は上がり、見逃し率は下がっているため精度は上がっていると判断できる。

表-3 地質別の的中率等比較

的の中率	六甲式	岩手宮城式
堆積岩類	67.1%	72.6%
火山岩類	71.2%	73.0%
見逃し率	六甲式	岩手宮城式
堆積岩類	26.0%	20.8%
火山岩類	25.0%	21.0%

4 結論

3.2より、地質を考慮した「岩手宮城式」のほうが「六甲式」より精度は高くなるが、その差は極端に大きなものではなく、六甲式の適用性も評価できた。

5 おわりに

表-1に示す8地域における的中率と見逃し率との関係を図-5に示した。鹿児島県北西部地震、中越地震、宮城県北部地震は、的中率 50%程度以下・見逃し率 40%程度以上と、適用性がよくないと考えられる事例がある。鹿児島県北西部地震、宮城県北部地震については、崩壊データがポイントデータであり、崩壊率の算出に困難があったことが理由のひとつと考えられる。中越地震については、地すべり地形において発生した崩壊であり、小山内らは六甲式の適用性の困難さを指摘している²⁾。これらを除く6地域では的中率70%程度以上・見逃し率30%程度以下と精度は良い。地形特性(地すべり地でないこと)の確認と、崩壊地の面積を把握できるデータの精度確保があれば、六甲式の適用性は概ね良好であることが判断できる。

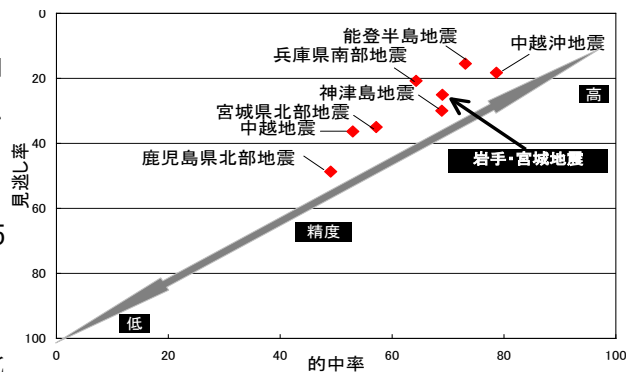


図-5 他地域における精度検証

(参考文献) 1)内田ら:地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究、国総研資料第204号、91pp、2004、2)小山内ら:既往崩壊事例から作成した地震時斜面崩壊発生危険度評価手法の新潟県中越地震への適用、砂防学会誌、Vol. 59、No. 6、p. 60-65、2007、3)福島ら:新しいデータベースを用いた最大加速度の距離、減衰式の改訂、地震学会、1992年演旨、p. 116、1992