

地震による崩壊の危険度評価式作成のための基礎研究 ～統計的解析を用いた地震による崩壊の特性解析～

新潟大学大学院総合学術研究科 ○山崎 翼

新潟大学農学部 権田 豊

1 はじめに

近年、大規模な地震の発生とそれに伴う土砂災害による被害が相次いでいる。土砂災害の被害を軽減するためには、ハザードマップの作成・周知や対策工の施工につなげることが重要である。しかし、地震による崩壊発生危険度を定量的に評価する手法が十分に確立されておらず、地震による崩壊を対象とした実用的なハザードマップの作成には至っていないのが現状である。

地震による崩壊の危険度評価の研究として、内田ら(2005)は傾斜角度、加速度、曲率を用いて発生危険度を評価する通称「六甲式」を作成している。しかし、六甲式は小規模な崩壊をもとに作成されており、大規模崩壊への適用が難しいことや、崩壊発生に寄与すると考えられる、傾斜方向や地質といった因子が評価式に含まれていないといった課題がある。これを踏まえて、権田・辺春(2023)は、六甲式に含まれていない傾斜方向・地質を加えて、崩壊の発生に及ぼす因子の影響を解析した。その結果、崩壊の平均崩壊面積が類似する事例間では、崩壊発生に寄与する因子が類似することが示された。このことは、崩壊を規模別に区分することで、より精度の高い危険度評価ができる可能性を示唆している。しかし、同研究では解析対象範囲が狭く、加速度が崩壊発生に及ぼす影響が十分に評価できていないという課題が残されている。

そこで本研究では、崩壊規模別の地震による崩壊危険度評価式の構築に向けた第1段階として、六甲式で対象としている崩壊と規模が類似している事例として、令和6年能登半島地震、平成16年新潟県中越地震および平成20年岩手宮城内陸地震を対象とする。さらに、加速度の空間的な変動を考慮して対象地を設定することで、地形・地質因子に加えて、地震の外力に関係する因子を含めた解析を行う。複数の地震事例を対象とした統合的解析により、小規模崩壊の発生に寄与する主要因子を明らかにする。

2 解析方法

本研究では、能登半島地震および中越地震で1箇所ずつ、岩手宮城内陸地震では地形の違いを考慮して2箇所、崩壊が多発した範囲に対象地を設けた。収集

したデータを ArcGIS Pro に取り込み、標高値、傾斜角度、傾斜方向、地質、断面曲率、平面曲率、加速度 E-W 方向、加速度 N-S 方向、加速度 2 成分合成、断層距離の 10 因子のレイヤーを作成した。作成したレイヤーと、諸機関から提供していただいた崩壊分布のレイヤーを用いて、各対象地内で 10m メッシュごとに各レイヤーの情報を抽出し、崩壊と各因子の関係を解析した。さらに、各対象地から 40000 点のポイントを抽出し、数量化理論Ⅱ類を用いて各因子の崩壊発生への寄与度を評価した。数量化理論Ⅱ類の解析には、因子間に相関があると考えられるものを除き、傾斜角度、傾斜方向、地質、断面曲率、平面曲率の地形・地質 5 因子と地震の外力を評価する加速度 2 成分合成、断層距離の 2 因子を用いた。また、加速度 2 成分合成と断層距離は、相関があることが考えられるため、①5 因子に加速度 2 成分合成を含めた解析、②5 因子に断層距離を含めた解析、③5 因子のみの解析の3通りの解析を行った。

3 解析結果

①～③の解析で得られた対象地別の判別率の中率を表1に示す。判別率の中率とは、予測の正答率を表す指標である。数量化理論Ⅱ類の場合の中率は一般に 90～100%で非常に良い、75～90%でやや良い、50～75%で良くないとされる。この基準に基づくと、中越地震以外の対象地で判別率の中率はおおむね良好といえる。また、中越地震を除いた対象地で、地震の外力に関する因子を含めた解析の方が、地震の外力を含めない解析よりも判別率の中率が高くなった。

各因子の崩壊発生への寄与度を示すレンジを対象地別に降順で並び替えた結果を表2～4に示す。③の解析で得られたレンジの順位は、表2から加速度2成分合成を除いた順位と同一となった。レンジの値も同程度の値であった。①～③の解析から、地震による崩壊の発生寄与度は、傾斜角度が特に大きいことがわかる。また、表2および表3から、地震の外力に関する因子は傾斜方向および地質と同程度の寄与度があることがわかる。曲率に関する因子は傾斜方向および地質と同程度またはそれ以下の寄与度を示すことがわかる。

これらのことから、傾斜方向および地質の情報を考

慮することで、より正確に崩壊の発生危険度を評価できる可能性が示された。

4 おわりに

本研究では、統計的な解析方法を用いて、小規模な崩壊で地震の外力に関する因子と地形・地質因子の崩壊発生への寄与度の大きさを解析した。その結果、中越地震以外の事例では地震の外力を含めた解析の方が地形・地質因子のみの解析よりも判別率が高くなった。また、六甲式に含まれていない傾斜方向および地質は、地震の外力に関する因子や曲率と同程度または中間程度の寄与度があることが分かった。このことは、六甲式に傾斜方向および地質の情報を加えることで、判別の精度が向上する可能性を示唆している。

今後、広い範囲で適用可能な汎用的な危険度評価

式を構築するためには、採用する因子の選定が重要な課題となる。この課題を解決して、崩壊の危険度評価式を構築し、それらを実際の地震による崩壊の事例に試験的に適用していくことが望まれる。

参考文献

辺春あすか・権田豊(2023):地震による斜面崩壊発生危険度評価のための基礎研究～複数の事例比較による地震時の斜面崩壊特性の統計的解析～, 令和5年度砂防学会研究発表会概要集, p.727-728
 内田太郎・片岡正次郎・岩男忠明・松尾修・寺田秀樹・中野泰雄・杉浦信男・小山内信智(2005):地震時の斜面崩壊危険度評価手法の検討, 土木技術資料, Vol.47, No.4, p.44-47

表1 各対象地別の3通りの判別率

	高		>		低	
能登半島地震	①加速度2成分合成	75.63	②断層距離	75.60	③地震の外力なし	73.76
中越地震	③地震の外力なし	69.55	②断層距離	69.52	①加速度2成分合成	69.52
岩手宮城内陸地震(ダム上流)	①加速度2成分合成	79.52	③地震の外力なし	78.54	②断層距離	78.33
岩手宮城内陸地震(尾根)	②断層距離	75.52	①加速度2成分合成	75.14	③地震の外力なし	73.58

表2 加速度2成分合成を含めた解析の各対象地別でのレンジの値

	能登半島地震	中越地震	岩手宮城内陸地震(ダム上流)	岩手宮城内陸地震(尾根)
1	傾斜角度 15.457	傾斜角度 40.492	傾斜角度 6.167	傾斜角度 28.823
2	加速度2成分合成 2.054	地質 12.421	傾斜方向 1.098	地質 4.473
3	断面曲率 1.772	傾斜方向 5.196	地質 0.882	加速度2成分合成 3.779
4	傾斜方向 1.430	加速度2成分合成 3.881	加速度2成分合成 0.611	平面曲率 1.492
5	地質 1.199	断面曲率 3.700	断面曲率 0.572	断面曲率 1.398
6	平面曲率 0.502	平面曲率 1.565	平面曲率 0.186	傾斜方向 1.116

表3 断層距離を含めた解析の各対象地別でのレンジの値

	能登半島地震	中越地震	岩手宮城内陸地震(ダム上流)	岩手宮城内陸地震(尾根)
1	傾斜角度 16.072	傾斜角度 40.461	傾斜角度 6.259	傾斜角度 28.141
2	断層距離 2.241	地質 11.749	断層距離 1.198	地質 4.774
3	断面曲率 1.800	傾斜方向 5.103	地質 1.153	断層距離 4.486
4	傾斜方向 1.392	断面曲率 3.828	傾斜方向 1.132	平面曲率 1.483
5	地質 0.798	断層距離 3.084	断面曲率 0.589	断面曲率 1.306
6	平面曲率 0.507	平面曲率 1.671	平面曲率 0.197	傾斜方向 1.075

表4 地震の外力を含めない解析の各対象地別でのレンジの値

	能登半島地震	中越地震	岩手宮城内陸地震(ダム上流)	岩手宮城内陸地震(尾根)
1	傾斜角度 16.4	傾斜角度 40.2	傾斜角度 6.37	傾斜角度 28.4
2	断面曲率 1.79	地質 14.1	傾斜方向 1.05	地質 4.59
3	傾斜方向 1.47	傾斜方向 5.06	地質 0.974	平面曲率 1.56
4	地質 1.16	断面曲率 3.75	断面曲率 0.587	断面曲率 1.32
5	平面曲率 0.607	平面曲率 1.63	平面曲率 0.177	傾斜方向 1.11