

南海トラフ巨大地震を想定した地震時斜面崩壊危険度評価式の検討事例

国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所 福井 慧^{※1}

国土交通省 国土技術政策総合研究所 山越隆雄^{※2}、坂井佑介^{※3}

中電技術コンサルタント株式会社 ○池田 寛、秦 雅之、村上智哉、杉原成満

(※1：現 国土交通省 四国地方整備局 河川部、※2：現 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部

※3：現 国土交通省 九州地方整備局 阿蘇砂防事務所)

1 はじめに

近年、平成 28 年熊本地震や平成 30 年北海道胆振東部地震等、全国において大規模な地震が発生しており、多数の斜面崩壊が生じた。直近では、北陸地方において令和 6 年能登半島地震が発生し、甚大な被害が発生した。

このような被害を防止・軽減するためには、大規模な地震に対して事前に防災対策を検討しておく必要があり、例えば、地震時の斜面崩壊危険度を評価することが重要である。

本検討では、このような背景を踏まえ、近い将来発生が予想されている南海トラフ巨大地震を対象に、四国地方に適した地震時斜面崩壊危険度評価式（以下、評価式）を作成するとともに、四国地方の斜面崩壊危険度評価を試みた。

2 評価式の作成方法の概要

評価式は、対象地域における過去の地震時斜面崩壊事例を用いて作成するが、ここで対象とする四国地方では、過去の大規模な地震（南海地震等）によって斜面崩壊が群発し、甚大な被害が生じた詳細な記録が現時点では見つからない。

そのため、四国地方の内帯と地質が類似する六甲山系（平成 7 年兵庫県南部地震）で発生した地震時斜面崩壊事例を対象として、種平ら¹⁾の手法によって評価式を作成することとした。

3 使用データおよびデータ整理

地形データには、LP データ、基盤地図情報、全球高精度デジタル 3D 地図を使用し、これらのデータより、10m メッシュの標高を整理するとともに、国総研資料²⁾と同様の方法でその標高から斜面勾配を算出した。

四国地方（南海トラフ巨大地震）の地震データには、中央防災会議資料³⁾の最大ケースの震度データを使用し、童ら⁴⁾の計測震度 I と最大加速度 A_{max} の関係式 $[I=0.59+1.89\log_{10}(A_{max})]$ より最大加速度を算出した。また、六甲山系（平成 7 年兵庫県南部地震）の最大加速度は、「断層最短距離を用い、距離減衰式⁵⁾をトレンド成分として観測値との誤差を補間 (Kriging 法) する方法」より算出した。

六甲山系（平成 7 年兵庫県南部地震）の崩壊地データには、国土交通省国土技術政策総合研究所の崩壊地判読結果（流下域、堆積域を除く）を使用し、10m メッシュの重心が崩壊地のポリゴン内に含まれるメッシュを「崩壊地あり」と判定した。

上記の方法により、斜面勾配、最大加速度、崩壊地の有無を 10m メッシュ単位で整理した。

4 評価式の作成

評価式は、種平ら¹⁾と同様の方法で作成した。評価式およびその作成方法の概要は以下のとおりである。

$$\log P \text{ 式: } \log(P)=kI+f(a), f(a)=k'a+b'$$

ここで、 P ：崩壊面積率、 I ：斜面勾配($^{\circ}$)、 a ：最大加速度(gal)、 k ：斜面勾配と崩壊面積率の関係から求められる傾き、 k' ：斜面勾配の影響を除いた最大加速度と崩壊面積率の関係から求められる傾き、 b' ：切片値である。

評価式作成手順 1：斜面勾配を 5° 単位で階級分けし、階級分けした斜面勾配と崩壊面積率の関係から係数 k を同定する（図-1 参照）。なお、図-1 中の灰色プロットは、サンプルデータ数が少ないため係数 k の同定の対象外としたデータである。

評価式作成手順 2：最大加速度の階級に依らず係数 k が一定であると仮定し、最大加速度を 50gal 単位で階級分けし、階級分けした最大加速度と切片値の関係から係数 k' と切片値 b' を同定する（図-2 参照）。なお、図-2 中の灰色プロットは、サンプルデータの斜面勾配に偏りが見られたため、係数 k' と切片値 b' の同定の対象外としたデータである。

上記の方法により、六甲山系（平成 7 年兵庫県南部地震）のデータを用いて $\log P$ 式を作成した結果、以下の式が得られた。

$$\log(P)=0.0560I-0.0013a-5.19 \cdots \text{式(1)}$$

ここで、 $\log P$ 式は、斜面勾配、最大加速度の一次式であるため、斜面勾配や最大加速度の条件によっては崩壊面積率が 100%を超過する可能性がある。

そこで、四国地方の南海トラフ巨大地震を対象に、四国地方の全メッシュのうち、式(1)により算出される崩壊面積率が 100%を超過するメッシュの割合を確認した。

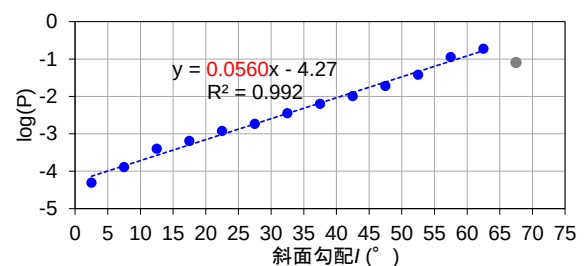


図-1 係数 k の同定

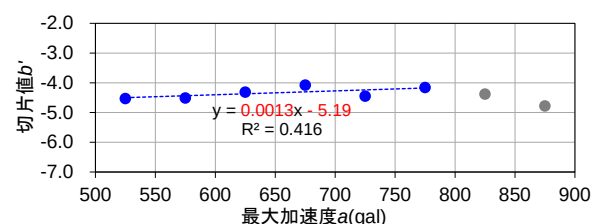


図-2 係数 k' と切片値 b' の同定

その結果、四国地方全体の0.6%以上のメッシュ（約100万メッシュ以上）が崩壊面積率100%を超過することが確認された。

上記の結果を踏まえ、崩壊面積率100%超過の割合が0.1%未満と少なくなるように、熊本式を参考に係数 k 、 k' および切片値 b' の調整を実施した。

式(1)および熊本式の係数 k 、 k' および切片値 b' を整理した結果を表-1に示す。

この表より、各式の係数や切片値を決定係数や適用範囲を踏まえながら確認した結果、式(1)の係数 k' が高く調整の余地があると考えられたため、係数 k' を段階的に下げながら崩壊面積率100%超過の割合を確認した。

この結果、係数 k' を0.0011まで下げることで崩壊面積率100%超過の割合が0.1%未満となることが確認されたため、式(1)を以下のように修正した。

$$\log(P) = 0.0560I - 0.0011a - 5.19 \cdots \text{式(2)}$$

表-1 式(1)および熊本式の係数 k 、 k' および切片値 b'

評価式	k	$f(a)$	決定係数	適用範囲
本検討で作成したlogP式	0.0560	-4.27	0.992	$I < 65^\circ$
熊本式 (崖錐堆積物等)	0.0594	-4.42	0.971	
熊本式 (溶岩・火砕岩等2)	0.0663	-4.64	0.983	$10^\circ \leq I < 45^\circ$

評価式	k'	b'	決定係数	適用範囲
本検討で作成したlogP式	0.0013	-5.19	0.416	$500\text{gal} \leq a < 800\text{gal}$
熊本式 (崖錐堆積物等)	0.0006	-4.70	0.175	$300\text{gal} \leq a < 1200\text{gal}$
熊本式 (溶岩・火砕岩等2)	0.0012	-5.62	0.477	$300\text{gal} \leq a < 1200\text{gal}$

5 斜面崩壊危険度評価結果

上記で作成した式(2)を用いて、四国地方の南海トラフ巨大地震を対象に、斜面崩壊危険度評価を試行した。

斜面勾配および最大加速度の分布図をそれぞれ図-3、図-4に示し、危険度分布図を図-5に示す。

これらの図より、式(2)による危険度評価結果では、高知平野の極めて大きい最大加速度が想定される範囲の危険度が斜面勾配に応じて適切に評価されており、想定される地震動の強さに応じて概ね地形的に危険な範囲が抽出されていると考えられる。

図-5によると、最も危険度が大きな地域において、概ね3%の崩壊面積率で斜面崩壊が発生することが予測されることを示しているが、これは、兵庫県南部地震時の六甲山地における斜面崩壊の発生状況をもとに仮定した係数等によって、南海トラフ巨大地震で想定されている最大加速度分布に基づいて斜面崩壊危険度を評価した結果である。

なお、四国地方では、過去の地震時に斜面崩壊が群発して被害をもたらした詳細な記録が見つかっておらず、今後とも南海トラフ巨大地震等による斜面崩壊の発生危険度評価方法について検討を続けていく必要がある。

6 おわりに

本検討では、南海トラフ巨大地震を想定した四国地方における地震時斜面崩壊危険度評価を試みた。

この成果は、地震発生時に河道閉塞が発生した場合に実施する、土砂災害防止法に基づく緊急調査等の迅速化に資

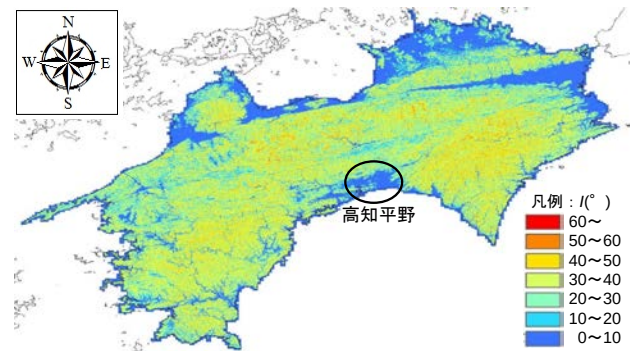


図-3 四国地方の斜面勾配分布図

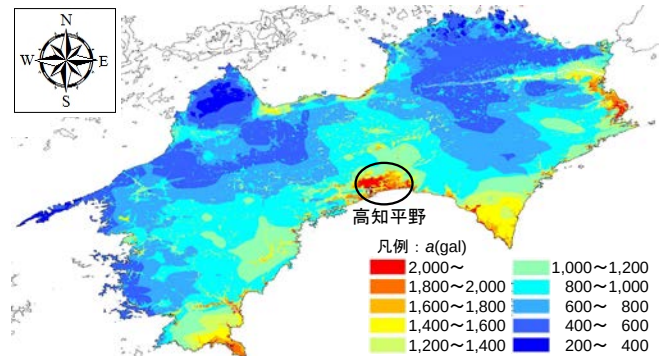


図-4 南海トラフ巨大地震の最大加速度分布図
(中央防災会議資料³⁾を元に作成)

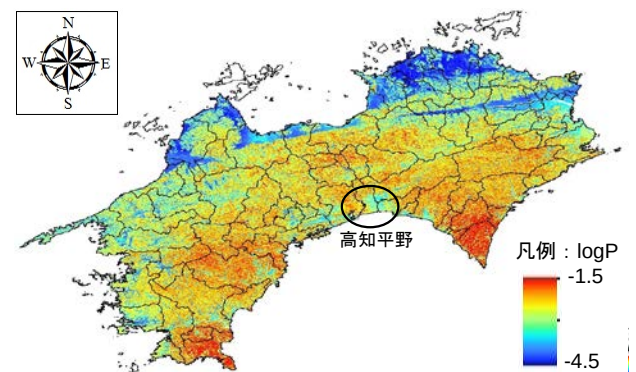


図-5 式(2)による危険度評価の試行結果（危険度分布図）

するものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 種平一成、坂井佑介、山越隆雄：地震時土砂移動の発生場及び発生規模の広域的・定量的評価に関する研究 ―地形・地質の類似性を考慮した評価精度と他地域への適用性の向上―、砂防学会誌、Vol.76、No.4、pp.3-14、2023
- 2) 国土技術政策総合研究所：地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価マニュアル（案）（個別箇所における危険度評価手法）に関する研究、国総研資料第511号、2009.1
- 3) 中央防災会議：南海トラフ巨大地震対策について（最終報告）、【別添資料1】、2013.5
- 4) 童華南、山崎文雄：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係、生産研究、Vol.48、No.11、pp.547-550、1996
- 5) 司宏俊、翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、No.523、pp.63-70、1999.9