

地形指標を用いた地震時の表層崩壊発生危険度評価手法について

(財)砂防・地すべり技術センター
静岡大学農学部
京都大学農学研究科

○安田勇次, 高木洋一
土屋 智
水山高久

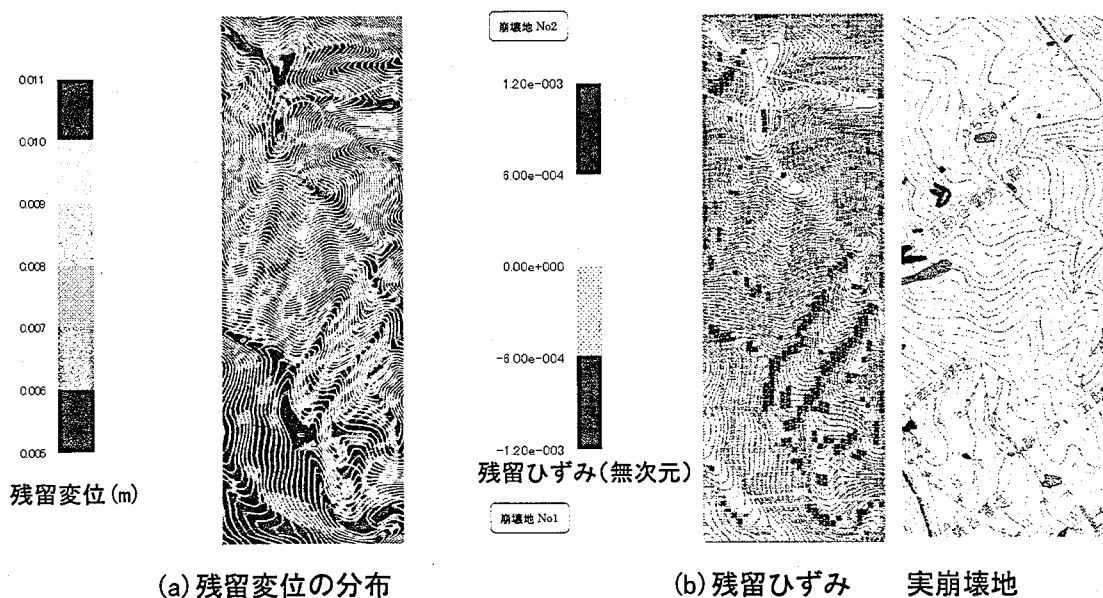
1. はじめに

規模の大きな地震とともに斜面崩壊が誘発され土砂災害を生ずることは、阪神・淡路大震災や芸予地震にみられるとおりである。地震時に発生する斜面崩壊の多くは表層崩壊であり、どのような地形要素を有する斜面で多発する傾向にあるかについては、地震加速度や地形要素と崩壊発生分布を統計的に取り扱った研究が精力的に進められ、その蓄積結果も少なくない。しかしながら、地震時にどこの斜面、あるいは斜面のどの位置が危険となるかといった評価に関しては、解析評価方法を含め応用的な成果に乏しく、モデル斜面を用いた適用に留まっているのが現実である。そこで本研究は、地形形状の違いが地震加速度の大きさのみならず、地震時の斜面変状に及ぼす影響を定量的に把握した。その結果、残留ひずみを指標にすれば、発生・非発生が良好に再現されることがわかった。このことから今回は残留ひずみと地形指標（勾配、方向、平均曲率）の関係を整理し、地震時の表層崩壊の発生危険度を示す一般化手法の検討を試みた。

2. 崩壊発生危険度評価手法

(1) 崩壊発生危険度指標

これまで筆者らは地震時に生じる斜面の挙動について、斜面形状の違いに着目し3次元動的振動解析を用い、その影響を評価してきた。その結果、地震波の卓越する斜面方向や局所的な地表面の形状に応じて異なった斜面上のひずみレベル（残留変位）を応答していることを確認した。この残留変位と地形指標（斜面傾斜方向・斜面傾斜角・平均曲率）との関係を見出し、地震時に崩壊が発生するであろう範囲を抽出する危険度評価手法の検討を行った。しかし、図-1(a)に示した通り残留変位を用いた場合、個々のメッシュの方向が単位斜面全体の傾斜方向と一致していないと、実際に地震時に崩壊を生じた斜面との対応が良くないことがわかった。そこで、方向成分を持たない「残留ひずみ」を用いることとした。有限要素法弾塑性応答解析で残留ひずみが大きな値を示した範囲と、実際に崩壊が生じた斜面との対応が良くなった(図-1(b))。



(a) 残留変位の分布 (b) 残留ひずみ 実崩壊地
図-1 兵庫県南部地震時に発生した表層崩壊と解析結果

(2) 地形指標と表層崩壊発生危険度指標の関係

この残留ひずみと地形指標との関係を整理したものを図-2に示した。図-2より平均曲率が大きくなると斜面勾配に依存することなく、残留ひずみが大きくなる傾向が認められる。また斜面傾斜角が30度以上の斜面では、平均曲率に依存することなく、残留ひずみが大きくなることが示された。平均曲率が大きな斜面は尾根部や上部斜面である。このことは、地震時に発生した表層崩壊が尾根部や上部斜面に多くみられるという考察を裏付けるものである。

(3) 表層崩壊発生危険度算出式

地形指標と残留ひずみ（表層崩壊発生危険度指標）の関係について、単回帰分析や重回帰分析により検討を行った。その結果、式-1)に示す関係が最も相関が高く有意であった。

$$y = c \cdot x_1 + a \cdot x_2 + k \quad \dots (1)$$

ここで、 y : 解析によって得られる残留ひずみの予測値、 x_1 : 任意メッシュの平均曲率、 x_2 : 任意メッシュの斜面傾斜角、 c, a : 係数 ($c=1.59E-2, a=-2.08E-6$)、 k : 定数項 ($k=2.09E-4$) である。表層崩壊発生危険度算出式では、累加・累乗近似式の検討や平均曲率・斜面傾斜角を算出するメッシュサイズ等について検討を行い、最も相関が認められた $20 \times 20m$ のメッシュサイズを用いた。また他地域で簡易に表層崩壊発生危険度が検討できることを前提としているため、今回解析で用いた FEM メッシュとグリッドメッシュとの違いについても検討を行ったが、メッシュサイズが小さければ影響ないことを確認している。

3. 六甲山系への適用と考察

兵庫県南部地震で発生した表層斜面崩壊をもとに、地形指標を用い簡易に地震時に発生する表層崩壊を予測する手法の検討を行ってきた。前章までにその算出式に至る過程を説明したが、ここでは他地域への適用について検討を行った。本検討は六甲山系地区で荒地山、都賀川流域および山田川流域の3地域としそれぞれ $5 \times 5km$ の範囲を設定した。図-3 に検討範囲位置図と解析結果の一例を示す。

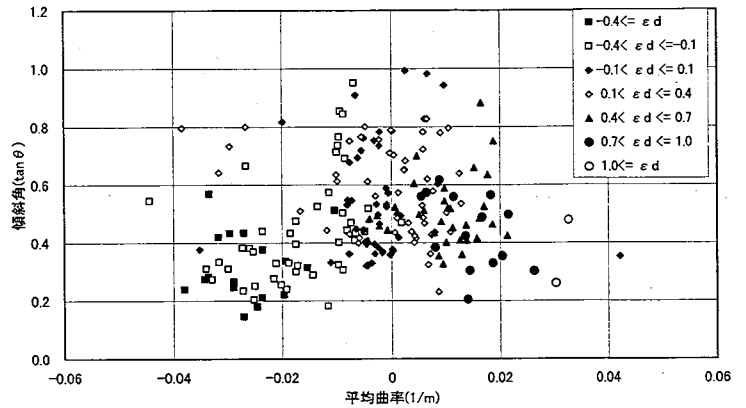


図-2 平均曲率・傾斜角と残留ひずみの関係

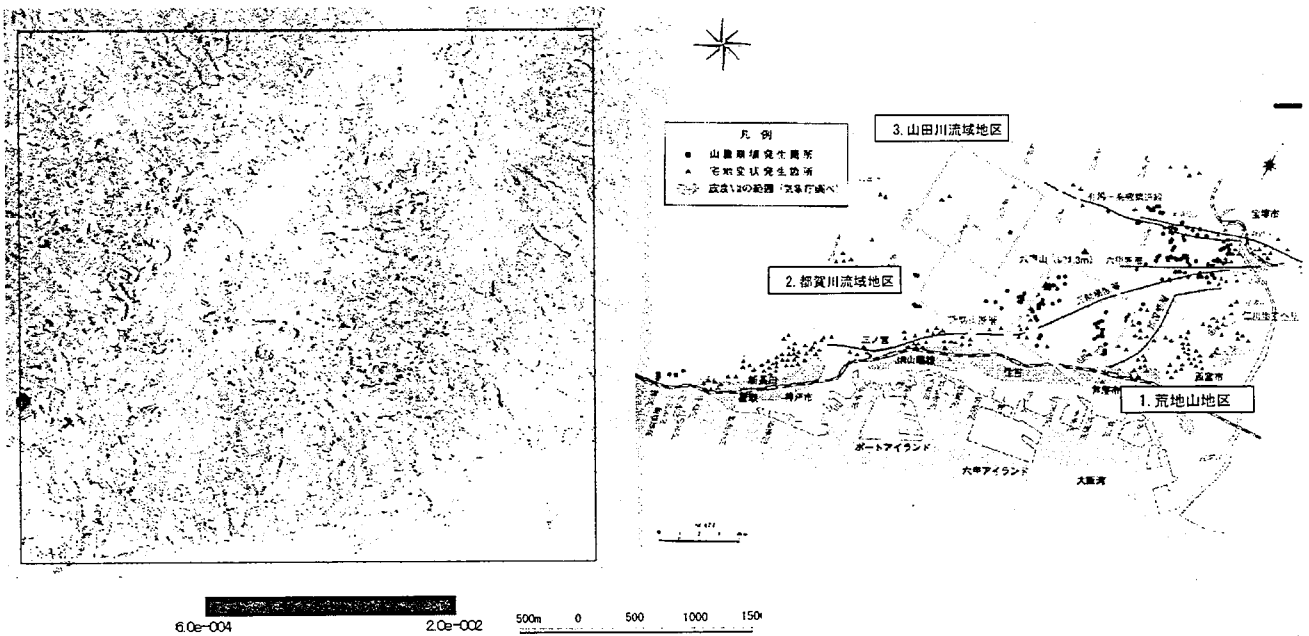


図-3 六甲山系での解析事例

4. おわりに

本研究で提案した表層崩壊発生危険度算出式により、地震時に発生する表層崩壊を予測することが可能となったと考えている。しかし本研究では、兵庫県南部地震の地震波形による六甲山周辺地域での検討に留まっている。このことは、検討対象となる地域の地質が花崗岩であることが前提条件となる。

よって今後は、他の地震波形での応答や地質条件が異なる地域での本手法の適用性について議論することが必要であると考えます。最後に本研究は、(社)砂防学会と(財)砂防・地すべり技術センターとの共同研究によって行われたものであり、本研究を進めるにあたりご尽力頂いた関係者の方々にこの場を借りて、謝意を表します。

引用文献

- 松村ら(2002), 地震による斜面崩壊に関する地形効果の解析的研究, 平成14年度砂防学会研究発表会概要集, (社)砂防学会, p.206-207
- 安田ら(2003), 動的振動解析による地震時の表層崩壊の発生機構について, 平成15年度砂防学会研究発表会概要集, (社)砂防学会, p.190-191