

2007年能登半島地震により発生した斜面崩壊要因の考察

三重大生物資源 ○林 拙郎・荒木敏行・山田 孝・沼本晋也

キーワード：GIS, 崩壊面積率, 地震加速度, 傾斜地震度係数, 地質特性値

1. はじめに

2007年3月25日の能登半島北部、能登金剛沖を震源とした能登半島地震は、M6.9、震度6強であった。今回の崩壊面積率0.024%は、同程度のマグニチュードであった新潟県中越地震(M6.8、震度7)の1.08%と比較すると、かなり小さいことが特徴的である。

また、これまで地震によって発生する斜面崩壊は斜面傾斜角、地質、震央距離などの単独の因子で検討されることが多かった。しかし、地震によって発生する斜面崩壊は複数の因子が関係するため、ある因子が崩壊に関与していると考えられるときでも、実際には他の因子の影響によって崩壊が発生している場合がある。

そこで、本研究では斜面傾斜角の影響を考慮した急傾斜崩壊面積率を設定し、これに対する標高、地質、震央距離、断層距離、加速度の影響を検討し、能登半島地震により発生した斜面崩壊の特徴を考察した。また、地形特性因子(斜面傾斜角)、地質特性因子(地質)、地震特性因子(加速度)を含んだ傾斜地震度係数 Sk_f を算定し、崩壊面積率 Sa との関係を検討した。

2. 調査区域概要

調査区域は図-1に示す余震域の分布範囲を考慮し、図-2に示すように、石川県北部の門前町を中心に輪島市、穴水町、富来町の一部を含んだ294km²の範囲である。調査区域には低標高が広く分布し、最高標高は河内岳の399mである。斜面傾斜角30°以下の緩傾斜地が90%、30°以上の急傾斜地が10%である(斜面傾斜角は国土地理院刊行数値地図50mメッシュ(標高)より算出した値)。地質は表-1に示す5種類に分類されている。

3. 使用データおよび研究方法

地震前後に撮影された航空写真(中日本航空、NTTネオメイト提供)を判読し、崩壊地の位置と形状をオルソ画像上に特定した。これをGISに取り込み、崩壊地のベクタデータを作成した。地形データは、国土地理院刊行数値地図50mメッシュ(標高)を、地質データは石川県地質図の電子データを用いた。これらのデータおよび震央距離、断層距離、加速度のデータを5m×5mのラスタデータに変換し、崩壊発生要因の分析を行った。検討に用いる急傾斜崩壊面積率は対象地に含まれる崩壊面積を対象地における斜面傾斜角30°以上の面積で除した値である。

4. 解析結果

対象区域における崩壊数は132個、崩壊密度は0.45個/km²、崩壊面積率は0.024%であった。1個あたりの崩壊面積は8.0~12,880m²/個と幅広く分布していたが、100~1,000m²の崩壊が多かった。以下に、急傾斜崩壊面積率(対象地に含まれる崩壊面積を対象地における斜面傾斜角30°以上の面積で除した値)との対比により、斜面崩壊特性の分析結果を以下に示す。

(1) 標高との関係 標高区分50mで急傾斜崩壊面積率は高くなった。これは海岸沿いの崖で崩壊が多発したことが原因と考えられる。地震により発生する斜面崩壊では、高標高ほど加速度が増幅され、崩壊が発生しやすいとされているがそのような傾向はみられなかった。

(2) 震央距離との関係 急傾斜崩壊面積率は震央距離区分2kmで高く、最大値2.24%を示した。

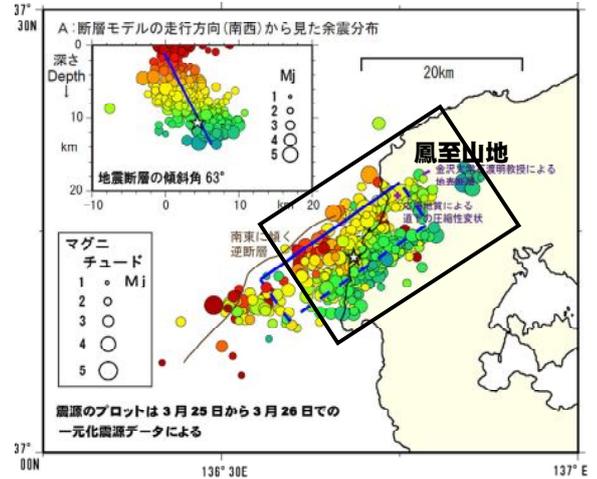


図-1 余震活動および余震域



図-2 調査区域

(3)断層距離との関係 上盤と下盤で若干傾向は違うものの断層距離 6km 程度まで断層の影響がみられた。今回、逆断層の地震ではあったが、上盤と下盤で大きな差は見られなかった(図-3)。

(4)地質特性との関係 図-4に地質と急傾斜崩壊面積率の関係、表-1に基岩地質と地質時代を示す。急傾斜崩壊面積率は smg, K で高く、K で最大値 1.97%を示す。

5. 地質を考慮した加速度別の急傾斜崩壊面積率

図-5に加速度 (N-S) 別の地質面積率と急傾斜崩壊面積率の関係を示す。加速度と急傾斜崩壊面積率の間に正の相関がみられる。また崩壊に関与すると考えられる smg, K の地質面積率と急傾斜崩壊面積率の間にも対応が見られ、加速度、地質いづれかが強く関与するのか、両方とも関与するのか判断できない。

6. 傾斜地震度係数 Sk_f による崩壊面積率 Sa の考察

斜面傾斜角、加速度、地質の影響を含めた因子として傾斜地震度係数 Sk_f を設定し、崩壊面積率 Sa との関係について考察する。まず、自然斜面の場合、斜面の安全率が低下すれば崩壊数が増え崩壊面積率も増加するとし、斜面安定解析式に地震加速度を導入する。これより、斜面の安全率の逆数が崩壊面積率と比例する関係にあると考えることができる。水平方向の震度係数を k_h とすると、傾斜地震度係数 Sk_f は次式で定義される。

$$Sk_f = (\tan \theta + k_h) / ((1 - k_h \tan \theta) \tan \theta + C / \cos \theta)$$

$C(=cl/W)$ は粘着力を主とする地質特性を表している。ここに、 θ : 傾斜角, W : 崩壊ブロックの自重, c : 粘着力, l : 崩壊ブロックの平均長である。地質特性値 C については、 Sa と多変数 (Sk_f, C) を含む $A \cdot Sk_f + B$ の比例関係式を用いて誤差を最少とする C に関する最適値を求めた。 C に次の値が得られた。

$$C_{nm} = 0.23, C_A = 0.86, C_{Gn} = 0.93, C_K = 0.0015, C_{smg} = 0.15$$

この値は、地質特性値 C が Sk_f の右辺因子において逆数となっていることを考えると図-4と調和的である。図-6に N-S 成分における Sk_f と Sa の関係を示す。崩壊面積率 Sa は、傾斜地震度係数 Sk_f と地質特性値 C を用いて推定することが可能とみられる。

参考文献 1) 林拙郎・梅村善信・石橋弘光他(2004) : 1999 年集集地震により発生した崩壊地の航空写真を用いた解析, 坡地地質災害検討會論文集, E1-23, 2) 林拙郎他(2007) : 砂防学会誌, 60(2), 51-58, 3) 鮎野義夫(1993) : 新版・石川県地質図石川県地質誌, 石川県北陸地質研究所

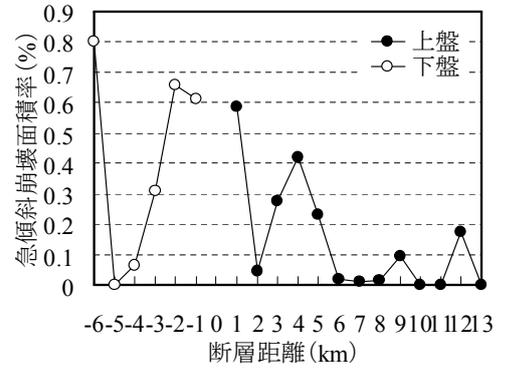


図-3 断層距離別の急傾斜崩壊面積率

表-1 基岩地質と地質時代

	基岩地質	地質時代
nm	砂岩・礫岩・泥岩・凝灰岩	前期中新世
A	安山岩質火砕岩・溶岩	前期中新世・漸新世
Gn	古期花崗岩・片麻岩類	ジュラ紀・先ジュラ紀
K	黒崎安山岩	後期中新世
smg	砂岩・礫岩・泥岩・凝灰岩	中期中新世

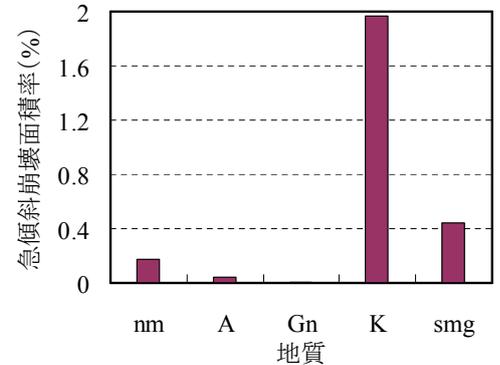


図-4 急傾斜崩壊面積率

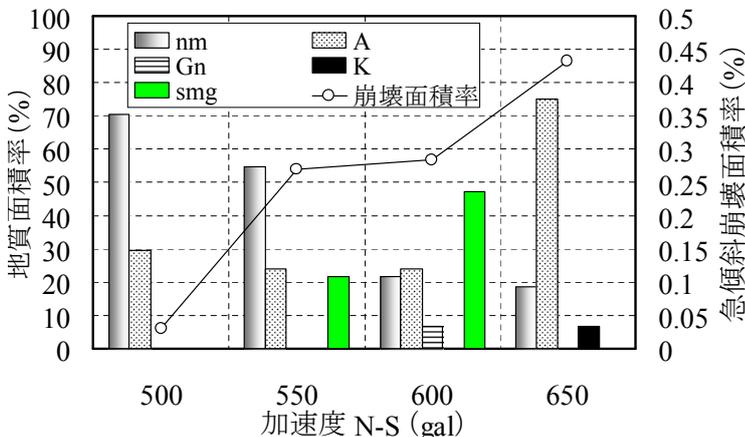


図-5 加速度別の地質別面積率と急傾斜地崩壊面積率との関係

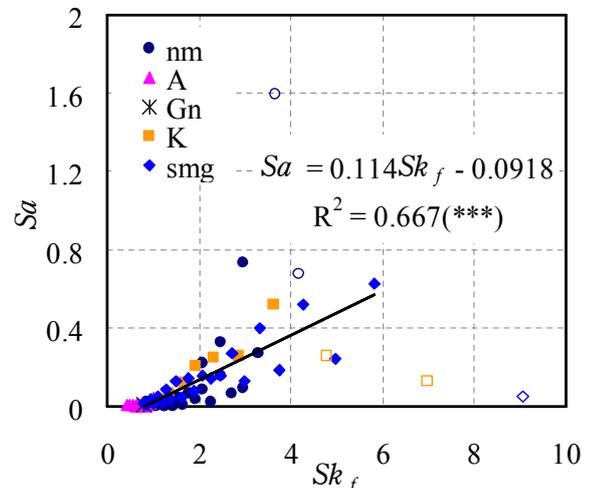


図-6 Sk_f と Sa の関係 (N-S 成分)