

# 中越地震における地震地すべりの発生要因の分析と地震地すべり危険度評価

環境防災研究室 M2 藤澤 誠二

## 1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震はM6.8の内陸直下型地震であり、震源地である中山間地を中心に多くの斜面災害が発生した。地震による斜面災害の特徴に、地震発生前の降雨、地すべり多発地域での被災、が挙げられる。これらの特徴は多くの研究で分析されているが、十分な成果は得られていない。本報告では、地すべり被害が甚大であった山古志地域を対象に、GISを用いて、地震地すべり発生の特徴を明らかにするために、地すべり発生率による統計分析を実施する。地すべりを発生率として客観的に評価する点に本研究の特徴がある。さらに地すべり統計分析の結果、明らかになった地すべりの特徴を用いて、逆算震度予測および地震地すべり危険度評価を実施する。

## 2. 統計分析の概要

本分析には、(独)防災科学研究所による中越地震前後の地すべりデータ及び国土地理院の中越地震前後の標高データ、地層構造データ、地質種類データ、水部データを使用する。検討要因は、震源断層線からの距離・斜面傾斜・斜面形態・地質・河川位置とする。また地すべりを崩壊規模別に表層崩壊と深層崩壊に分けて両者を比較する。

## 3. 地震地すべり発生要因の分析

図-1に水部(河川)からの距離と崩壊斜面の関係を示す。崩壊発生率は表層崩壊、深層崩壊ともに水部から遠いほど小さくなる結果となった。深層崩壊の場合に、崩壊割合は距離による低下傾向があるのに対して、表層崩壊は低下傾向があるものの、水部から離れた箇所でも一定割合の崩壊の生じる結果となった。

続いて地すべり地形内外による地すべり崩壊発生率の比較を行った。地すべり地形とは過去に地すべりが発生した地形であり、対象地域の約30%を占めている。結果は、地すべり崩壊発生率は地すべり地形内部で12.2%、外部で7.4%であった。このことから地すべり地形内部の方が地すべりを発生しやすいということがわかった。

図-2に断層線上からの距離と崩壊斜面の関係を示す。表層崩壊の場合に、斜面の崩壊発生率は距離により顕著な低下を示す。深層崩壊の場合には6km付近で崩壊発生率は上

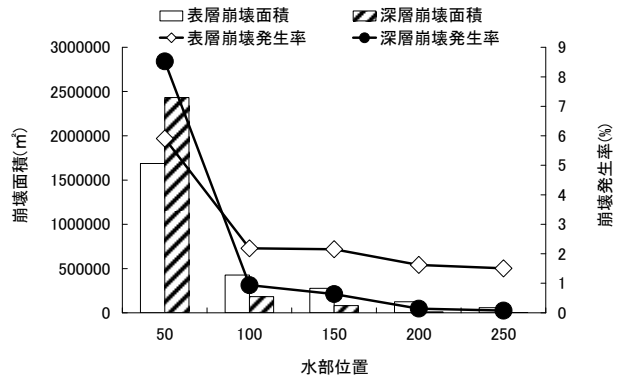


図-1 地すべりと水部位置の関係

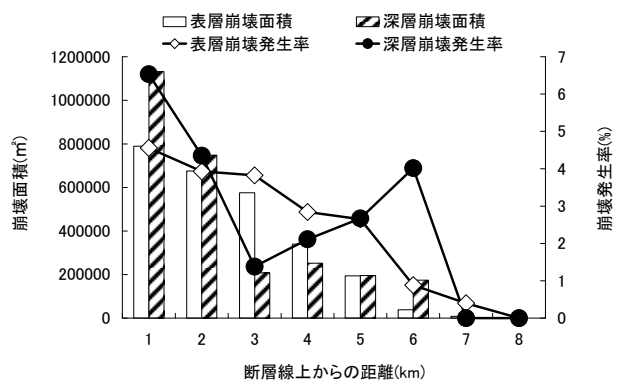


図-2 地すべりと震源断層線の関係

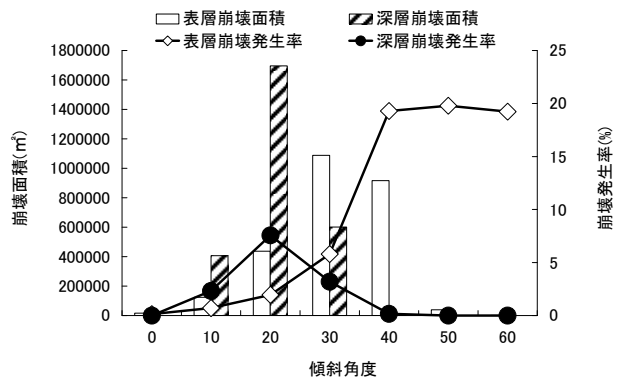


図-3 地すべりと斜面傾斜角度の関係

昇するものの、全体的には低下傾向を示す結果となった。以上より、深層崩壊は水部位置や地すべり地形の影響を受けるが、表層崩壊の場合は震源断層の距離に強い相関関係が認められる。

図-3に斜面傾斜角度と崩壊斜面の関係を示す。崩壊発生率で検討すると、表層崩壊は急傾斜ほど崩壊する割合が高い。深層崩壊の場合には急傾斜では発生せず、20°で最も崩壊割合の高い結果となった。

#### 4. 逆算震度予測

表層崩壊の震源断層線・傾斜角度における発生率の関係を図-4に示す。図より、急傾斜斜面では震源断層線からの距離に関係なく発生率が高いのに対し、緩傾斜斜面では距離に応じて発生率は減少する。この関係から、緩傾斜斜面における震源断層線からの距離毎の表層崩壊発生率を用いて逆算震度予測を試みた。

表層崩壊は長大斜面の安定解析法によって安定性評価が可能である。したがって、斜面の強度を仮定すると斜面傾斜角から作用した地震動の静的震度係数を逆算することができる。そこで以下の手順により、震源断層線からの距離による震度係数の変化を求める。表層斜面の破壊確率は、一軸圧縮強度の分布と地震動によるすべり面のせん断応力の正規分布より求められ、斜面の傾斜角度によって異なる破壊確率から一軸圧縮強度、震度係数の平均および分散を逆算する。一軸圧縮強度および震度係数は、ばらつきを考慮する。逆算は震源断層線からの距離毎に実施して、断層線からの距離による震度係数の変化を調査する。斜面の傾斜角度は緩斜面の5°、15°、25°を対象とし、それぞれの誤差の合計が最小となるように震度係数を決定した(図-5)。図-5より、4kmにおいては崩壊事例の発生率が大きくばらつくが、震度係数の逆算では単調な距離減衰を表現するために、この地点では前後の震度係数より連続的な値になるよう設定した。逆震度係数は震源地近傍で0.26～0.28が得られ、震源断層線からの距離に伴って低下し、6km地点で0.12～0.13が得られた。

#### 5. 地震地すべり危険度評価

各要因の発生率の関係をj用いて地すべり危険度評価を実施した。その際、震源断層線からの距離、斜面傾斜角度、水部位置の定量的指標は関数モデルの作成を行った。地すべり発生の有無を目的変数、各要因を説明変数として重回帰分析を行い、各要因の地すべり発生に対する影響度を考慮させた危険度評価モデルを作成した。モデルを式-1に示す。Yは地すべり発生危険度(%), X<sub>1</sub>～X<sub>4</sub>はそれぞれ、震源断層線からの距離、傾斜角度、水部位置、地すべり地形の発生率である。

$$Y = -18.1242 + 0.6628X_1 + 1.7234X_2 + 0.7510X_3 + 1.0339X_4 \quad \text{式-1}$$

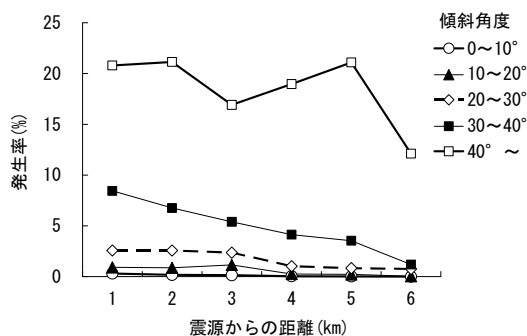


図-4 表層崩壊の震源断層線・傾斜角度における発生率

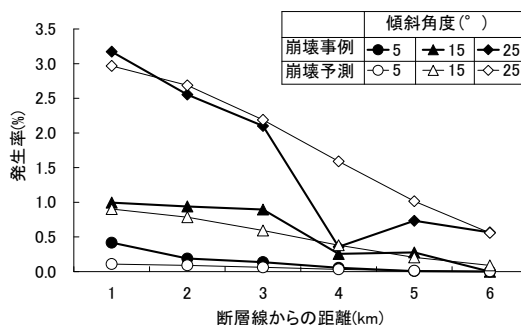


図-5 崩壊事例と崩壊予測による発生率の比較

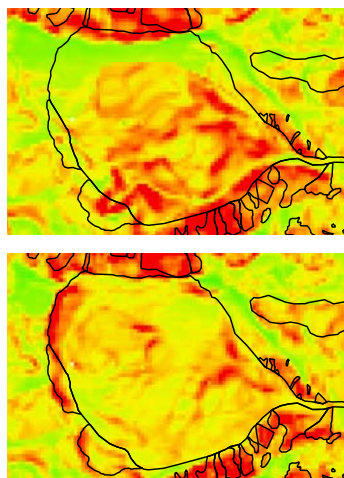


図-6 地震発生前後の地すべり危険度評価  
(上:地震発生前, 下:地震発生後)

式-1を用いて、地震発生時及び地震発生後の地すべり危険度評価を実施した。図-6に地震前後それぞれの危険度評価の結果を示す。両者を比較すると、地震発生前後で地すべり発生域内の危険度が変化していることがわかる。そのため、本危険度評価モデルは、地すべり地形内の危険度の変化にも対応可能であることがわかる。しかしながら危険度評価については、地震規模の取り入れなど今後も更なる詳細な分析が必要である。