

5.3 地震動に関する災害と対策

平成16年10月の新潟県中越地震においては、多くの斜面崩壊が発生し、被害が生じた。また、中央防災会議において切迫性の高い東海地震発生時の斜面崩壊による被害予測が行われている。地震による土砂災害を軽減するために、地震時の山腹斜面を対象とした精度の良い崩壊危険度評価手法が必要とされている。これまで提案されてきた地震時の斜面崩壊予測手法は以下の2つに大別される。

- ① 有限要素法などを用いて3次元動的振動解析を基本とする方法(例えば, Ashford et al., 1997)
- ② 既往地震時の崩壊実績から、地形等の要素と崩壊地分布の関係に基づく経験的手法(例えば, 松岡ら, 1995)

①の手法は、物理的な解析手法に準拠しているため、被災事例がない地域や異なる特徴を有する地震動波形による崩壊危険度評価に用いることができる可能性が高いが、地下情報が十分に得られない、広範囲に計算を実施する場合、モデル作成の手間や計算時間が膨大になることなど、実務面では依然として課題がある。

一方、②の手法は、GISの技術の進歩などにより、実用可能性は高いと考えられる。しかし、既存の崩壊分布実績を基に作成された手法が、他地域、または異なる特徴を有する地震動波形に有効であるかという手法の汎用性を検討する必要があるがこれまで行われてきていない。また、①の手法においても、現時点では山地斜面に適用する場合、地下情報等が十分に得られないため、地震時の崩壊実績に基づくパラメータの同定が必要となるのが現状である。このことは、これらの手法に関しても、手法の汎用性について検討する必要があることを示している。

そこで、今回、地形など一般的に入手可能なデータを用い、過去の地震による斜面崩壊の実績データがない場合においても、山腹斜面の地震時の崩壊危険度を評価できる実務的な手法を開発した(内田ら, 2005)。

1) がけ崩れ

各種地形要素、地震動の特性値と崩壊発生率の単相関を検討した結果、斜面勾配、斜面の凹凸、地震動の最大加速度が崩壊発生率との相関が高いことが分かった。さらに、斜面の凹凸を表す指標は用いる指標違いが判別結果に及ぼす影響は小さいが、平均曲率(影響範囲 20m)がわずかではあ

るが有効であることが分かった。そこで、勾配、平均曲率(影響範囲 20m)、破壊伝搬効果を考慮した最大加速度を説明変数とし、崩壊の発生・非発生を目的変数とした、判別分析を行い、判別関数式(以下、六甲式)を導いた。

$$F = 0.075I - 8.9c + 0.0056a - 3.2$$

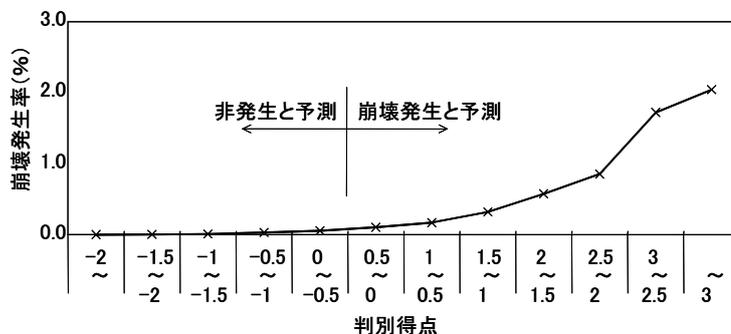


図 5.3-1 六甲山地の判別得点崩壊発生率関係

ここで、Fは判別得点であり、Fが正のとき、崩壊発生、負のとき、崩壊非発生と予測されたことになる。また、Iは勾配(°)、cは平均曲率、aは最大加速度(cm/s^2)である。六甲式で求めた判別得点と実際の崩壊発生確率の関係を図5.3-1に示す。判別得点-0.5~0.5の斜面の崩壊確率は0.05%であるのに対して、判別得点3以上の斜面では約2%以上であった。つまり、判別得点0と比べて、判別得点3以上の斜面は40倍以上地震時の崩壊の可能性が高い。すなわち、六甲式で求めた判別得点から相対的な斜面崩壊発生の危険度を表すことができる。以上の結果に基づき、地震による斜面崩壊発生の危険度を5段階(判別得点-3.0~-1.5(崩壊発生率約0.001%以下)、-1.5~-0.5(約0.03%以下)、-0.5~0.5(約0.1%以下)、0.5~1.0(約0.2%以下)、1.0~10(約0.2%以上))に分類し、図示したものを図5.3-2に示した。

さらに、六甲式を①1997年3月の鹿児島県北西部地震、②2000年7月神津島地震の2地震の崩壊分布実績を用いて手法の汎用性を確認した。その結果、地質、地震によって、判別得点と同じであっても、崩壊発生率が異なることが分かるが、鹿児島県北西部、神津島の両地震では、六甲式を用い、正の判別得点-崩壊発生率関係を得られ、六甲式により地震による斜面の相対的な崩壊危険度評価が出来ることが分かった(図5.3-3)。

2) 地すべり

平成16年新潟県中越地震では、これまで検討した3つの地震ではほとんど見られなかった崩壊土量 10^6m^3

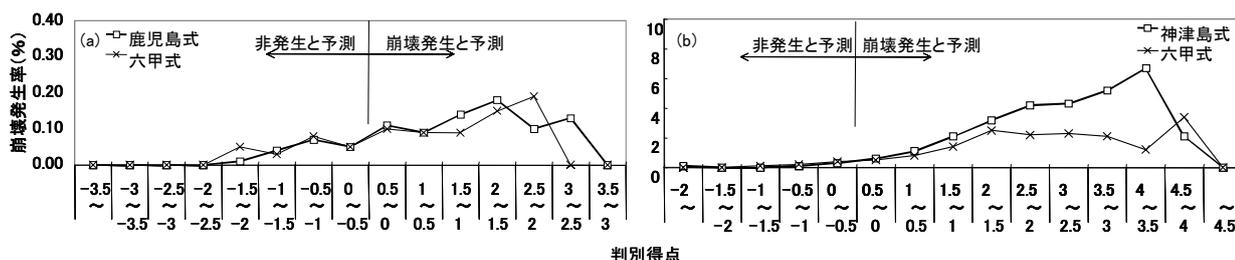


図 5.3-3 (a)鹿児島県北西部、(b)神津島における判別得点-崩壊発生率関係

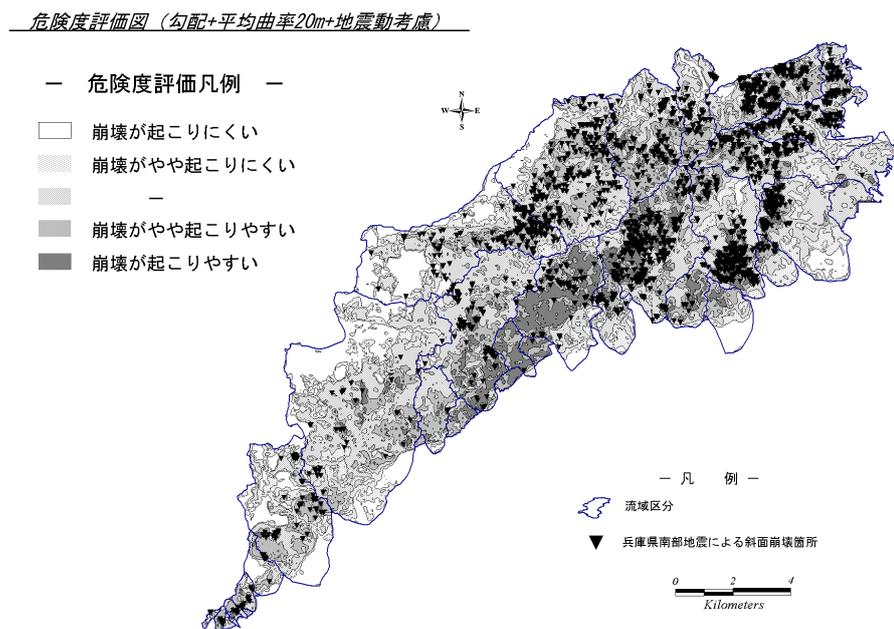


図 5.3-2 六甲山地の地震による斜面崩壊危険度評価図

以上の規模の大きい崩壊・地すべりが多発した。そこで、大規模崩壊・地すべりに対する1)で示した手法の有効性について検討した。なお、判読の際に、概ね崩壊した土塊の50%以上が元の形状を保ったまま、崩壊発生域内に残っていて、かつ発生源の平均傾斜が30°未満のものを地すべり、それ以外のものを斜面崩壊として区分した。

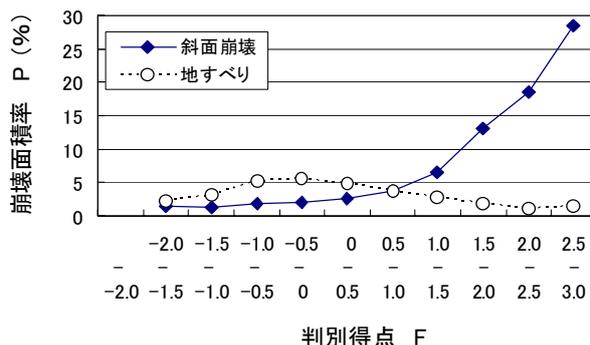


図 5.3-4 崩壊形態ごとの判別得点と崩壊面積率の関係

図 5.3-4 に、基礎式で算出した各得点に対する崩壊面積率に占める斜面崩壊メッシュ及び地すべりメッシュの割合を算出した結果を示した。F と地すべりメッシュが各得点の全メッシュに占める割合の間には顕著な相関が見られず、わずかではあるが点数が小さいほど地すべりメッシュのある割合が高くなった。

一方、F と斜面崩壊メッシュの割合の間には顕著な正の相関が見られた。すなわち、がけ崩れ・表層崩壊には六甲式は有効であるものの、地すべりに対してはそのまま用いることが出来ないことが分かった。一方で、六甲式では地すべり発生箇所を予測することはできないことが示された。中越地震の実績に基づき、地震により地すべりが発生した場所の地形的特徴を明らかにする試みが進められている(小山内ら, 2005c)。ここでの結果から、地すべりの危険度を評価するためにはそれらの成果を活用し、新たな手法を開発する必要がある。

次に崩壊土砂の到達範囲について調査結果を報告する。えびの地震(昭和43年)について「(到達距離)/(崩壊高)」の関係を整理した結果、約80%が0.5(崩壊高の半分)未満で土砂は止まっており、「(到達距離)/(崩壊高)」以上のがけ崩れは約5%程度であり、斜面から崩壊高と同じくらい離れると被災する確率が急に低くなることが明らかにされた(新・斜面崩壊防止工事の設計と実例(54-55頁))。一方、雨によるがけ崩れについては、「(到達距離)/(崩壊高)」が0.5未満のがけ崩れは全体の約約50%、1以上のがけ崩れが20%以上である。すなわち、地震に比べると雨の方が崩壊土砂の到達距離は長い。この点に関しては、昭和62年に発生した千葉県東方沖地震に伴う斜面崩壊についても同様の報告がなされている。

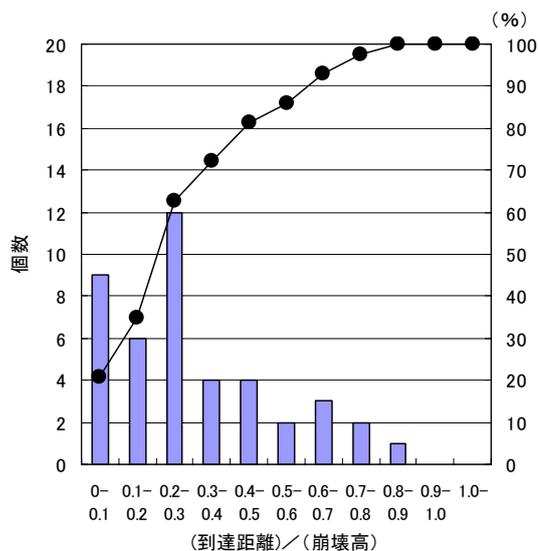


図 5.3-5 平成 15 年 7 月 26 日の宮城県北部を震源とする地震の崩土到達範囲

一方、平成 15 年 7 月 26 日に最大震度 5 強以上を記録した地域の地震発生当日の降水量は 30~50 mm であった。さらに地震発生直前 2 日間(7月 24~25 日)においても、100mm 程度の降雨があった。そこで、宮城県が調べたがけ崩れ 92 箇所のうち、崩土の到達距離および崩壊高さが分かっている 43 事例について(到達距離)/(崩壊高)の値を整理した(図 5.3-5)。

その結果、これまでの事例同様、地震発生直前 2 日間において、100mm 程度の降雨があったが、約 80%の降雨で(到達距離)/(崩壊高)は 0.5 以下であることが分かった。このことは、(到達距離)/(崩壊高)は地震時前後に降雨のなかった千葉県東方沖地震により発生した斜面崩壊の値の範囲内であり、降雨が到達距離に与える影響は現れていないと考えられた。