

地震・降雨を誘因とした斜面崩壊へのRM導入

九州大学大学院

学 ○吉田 一 亮 正 善 功 企
正 陳 光 育 正 笠 間 清 伸

1) 研究の背景と目的

我が国は、急峻な山地や崖地が多く地すべり危険箇所、急傾斜地崩壊危険箇所などの潜在的な危険斜面が多く指定されている。この地形的条件に加えて、プレートが重なり合った複雑な地殻構造の上に位置し、また数多くの活断層が存在していることから世界でも類稀な地震の発生が多い国となっている。さらに、梅雨前線の活発な活動や、年間平均 2.8 個の台風が本土に上陸して豪雨を発生させている。これらを主たる誘因として毎年、全国で約 870 件もの土砂災害が発生しており、早急な土砂災害危険斜面に対する整備が望まれている¹⁾。

そこで本研究では、地震と降雨を誘因とする斜面崩壊の危険度判定にリスクマネジメント(RM)手法を導入し、斜面の潜在的な危険度を崩壊被害のコスト次元でリスクとして定量的に評価することで危険度の相互比較、最適対策の選定方法を提案することを目的としている。本文では、その第一段階として地震と降雨を誘因とする表層斜面崩壊の危険がある斜面におけるリスクマネジメント手法の為のガイドラインを作成し、斜面崩壊の発生確率算出手法を述べる。

2) 地震・降雨による斜面崩壊確率の算出方法

危険斜面のリスクマネジメントのフローを図1に示す。

以下に地震と降雨を誘因とする斜面の表層崩壊モデルの崩壊確率算出方法を述べる。

①地震による表層崩壊発生確率

誘因の発生確率

地震の発生確率は石川²⁾らが提案している地震ハザード曲線を用いて、解析対象とする地点における地震加速度と発生確率の関係を表した発生確率曲線(図2)を算出する。

条件付崩壊確率

崩壊モデルは表層崩壊モデル(図3)を仮定し、斜面の安定解析法としてNewmarkにより使用された静的安定解析を用いての崩壊確率を算出する。安定、不安定を判別する性能関数は(1)式を使用する。

$$Z = g \left[\left(\frac{c}{\gamma h} \right) + (\cos \theta \tan \phi - \sin \theta) \right] / a \quad \begin{matrix} Z > 1: \text{安定} \dots (1) \\ Z \leq 1: \text{崩壊} \end{matrix}$$

c : 粘着力 h : 表層厚 a : 地震加速度 ϕ : 摩擦角 θ : 斜面角度

粘着力及び摩擦角を正規分布と仮定し、ある地震外力 a が作用したときの条件付崩壊確率 p_a を2次モーメント法を用いて算出する。地震発生確率曲線と条件付崩壊確率を合積することによって年間の斜面崩壊確率を算出する。

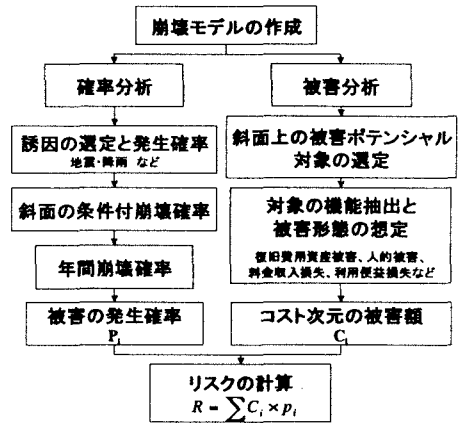


図1 リスクマネジメントフロー

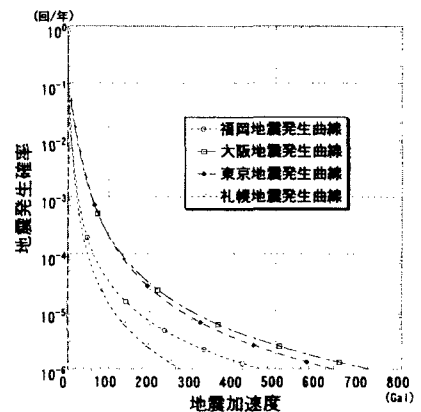


図2 地震発生確率曲線

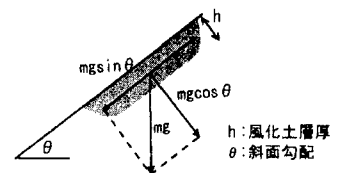


図3 地震による表層崩壊モデル

②降雨による表層破壊発生確率

斜面崩壊に降雨が与える影響として、(1)間隙水圧の上昇に伴う有効応力低下 (2)表流水による侵食 (3)地下水位の増加に伴う地盤強度の低下 (4)含水に伴う自重増、滑動力の増加 (5)パイピングによる局部破壊 (6)風化の進行(7)浸透流の作用などが考えられるが、そのうち本研究では雨水浸透に伴う斜面内の間隙水圧の増加が主要因となって崩壊が引き起こされるものと仮定する。その際、降雨時の崩壊は円弧すべりのような深いものではなく、層厚の比較的薄い表層崩壊が一般的であることから、地震を誘因とする斜面崩壊の場合と同様に図4のような表層破壊をモデルとしている。

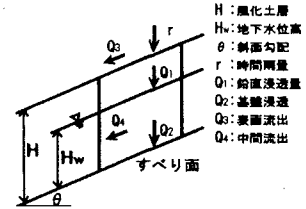


図4 降雨による表層崩壊モデル

誘因発生確率

誘因の降雨発生確率は10年間の気象月報の統計資料を利用して、日降雨量10mm単位の年発生確率として求めた。図5は福岡県における降雨発生確率を求めたものである。日降雨量と降雨モデルを関連付けるために、1)京都市では1994年から1998年までの日雨量が10mm以上の日を対象とした降雨継続時間の平均は約12時間である。2)1日最大三時間雨量の日雨量に占める割合は約6割(57%)であったことを踏まえて、日降雨量を12時間に分布させ、さらにそのうち3時間に6割を集中させる降雨モデルを設定する。

条件付崩壊確率

表層崩壊の発生を規定する性能関数として(2)式を使用する。

$$Z = \left(1 - \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H}\right) \frac{\tan \phi_d}{\tan \theta} + \frac{c_d}{\gamma H \sin \theta \cdot \cos \theta} \quad \begin{matrix} Z > 1: \text{安定} \dots (2) \\ Z \leq 1: \text{崩壊} \end{matrix}$$

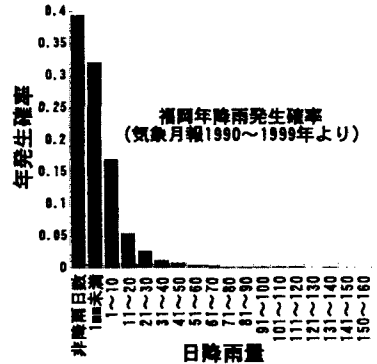


図5 降雨発生確率

γ_w : 水単位重量
 H_w : 地下水位
 H : 風化土層厚

地震時の算出方法と同様に、粘着力及び摩擦角を正規分布と仮定することにより、地下水位が H_w となる時の条件付崩壊確率を算出する。また、降雨と斜面内の地下水位を結び付ける方法として、降雨量の流出解析に用いられるタンクモデルを使用する。降雨時の表層破壊などでは、数日単位の比較的短期間の地下水変動を問題とし、地下水面までの深さが数m以内の極浅い地下水面までの地下水を考える場合は2段階程度で十分であると考えられる。また、タンクモデルではタンク内の貯留高さが斜面内の地下水の増加と対応しているのので、仮定として最も地下水位が高くなったときをその雨量強度における地下水位 H_w とする。上記の手順に沿って、降雨の発生と地下水位の発生を関連付け、その時の条件付崩壊確率と合積し年間崩壊確率を求める。

リスクを算定するにあたって必要な被害額は、崩壊土砂量の関数となるものと考えられるため2次元の解析を行う際には仮定が必要である。

3) 結果と考察

以上の手法を用いて当日、算出した年間の崩壊確率を発表する。

4) まとめ

斜面の崩壊確率を用いてリスクを求める際には、崩壊規模や土砂移動距離、堆積分布など崩壊後の土砂の挙動を適切に表現することが必要である。しかし、誘因別に崩壊土砂の発生量が異なると考えられ、特に降雨による表層崩壊においては崩壊土砂量が少ないという特徴を有しているため、そのことを考慮に入れ被害の分析をしなければならない。リスクマネジメント全体の精度を上げるためには、フローの各段階における精度をあげる研究を重ね、データを蓄積する事が必要である。また、同一斜面に対して「地すべり」「落石」「土石流」など複数の破壊形態の総合的・定量的評価が課題である。

5) 参考文献

- 国土庁編：防災白書 平成12年版
- 石川 裕：確率論的想定地震と低頻度巨大外力評価への応用に関する研究 京都大学大学院博士論文 1998