

# 急傾斜地崩壊危険箇所における土砂災害のリスク分析についての研究

国土技術政策総合研究所 ○松下智祥、富田陽子、秋山一弥、小山内信智  
応用地質（株） 井出修

## 1 はじめに

毎年台風や梅雨前線の影響に伴い、降雨による土砂災害が多数発生し人的・物的被害が多数報告されている。過去5年間の降雨によるがけ崩れは年平均約960件発生している。全国の急傾斜地崩壊危険箇所数は平成14年度の公表で約113,000箇所存在するが、整備率は約25%と低い<sup>1)、2)</sup>。土砂災害の多数を占めるがけ崩れの対策をより効率的に進めることは急務となっている。このためには個別の急傾斜地崩壊危険箇所についてがけ崩れによる災害リスクを評価し、その評価に基づいて優先的かつ積極的な施設整備を行なうことが重要と考えられる。そこで本研究では降雨によるがけ崩れを対象としたリスク分析の手法について研究を行なっている。

## 2 斜面崩壊に対するリスクマネジメントについて

斜面崩壊に対するリスクマネジメントの手順を、図1のように設定した<sup>3)</sup>。本研究は「リスク分析」の部分に相当する。リスク分析は、i) ハザードの予測、ii) 損失の予測、iii) リスク評価から構成する。ハザードの予測は、斜面崩壊の発生場所、規模、発生頻度が対象となる。損失の予測は、災害の規模と損失の大きさに係わるものであり、リスク評価は、ハザード予測と損失予測をもとにリスクを定量化するものである。

研究方法は、過去のがけ崩れ災害報告データ<sup>4)</sup>から、ハザード予測・損失予測に必要なデータ項目を抽出し、統計的な解析によってハザードと損失の予測評価（数量化）を行うこととした。ハザードの定量化は「基岩別、地域別の崩壊の発生頻度と崩壊の規模（崩壊土量）」との関係からリスクカーブを作成し、損失の定量化は家屋等の被害規模（損失額）と崩壊の規模との関係からロスカーブを作成することとした。リスクの定量化（リスクカーブ）は、ハザードカーブとロスカーブから作成するもので、崩壊の規模と損失額とで評価するものとした。

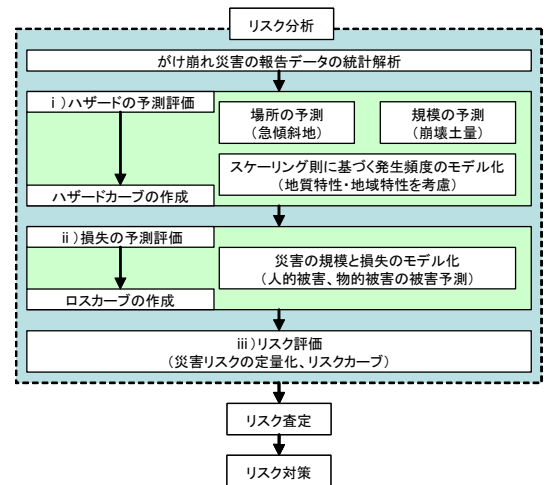


図1 斜面崩壊に係わるリスクマネジメント（点線で囲んだ部分が研究対象範囲）

## 3 災害履歴に基づく斜面崩壊発生頻度のモデル化と損失予測のモデル化

### 3.1 崩壊規模別の斜面崩壊発生頻度の分析

過去のがけ崩れ災害報告データ<sup>4)</sup>には、崩壊地の位置、斜面特性、地質、崩壊要因等の情報が記録されている。これらを用いて、まず崩壊規模（崩壊土量）別に崩壊の発生頻度を分析するため崩壊の年平均発生回数を次のように求めた。 $T$ 年間で $k$ 個の崩壊規模に関するデータが存在する場合、その崩壊土量 $V$ の任意の値を $v$ として、 $k$ 個のデータのうち、崩壊土量が $v$ を超えているものの割合を $\phi(v)$ とすると、崩壊土量 $V > v$ となる斜面崩壊が発生する年平均回数 $nh(v)$ は、 $nh(v) = \phi(v) \cdot k / t \cdots (1)$ となり、いずれの基岩においても発生頻度が大きくなるに従って崩壊規模は小さくなり、一方発生頻度が小さくなるにつれて崩壊規模が大きくなるという傾向（スケーリング則（G-R式））が見られた。これらから斜面崩壊発生頻度は、 $\log n(v) = a - b \cdot v \cdots (2)$ でモデル化するものとした。(2)式の左辺は規模別の発生頻度、右辺の $a$ は頻度係数、 $b$ は規模係数、 $v$ は崩壊土量を表す。(1)式は(2)式の左辺を与えるものである。

### 3.2 基岩別一地域別の斜面崩壊発生頻度の分析

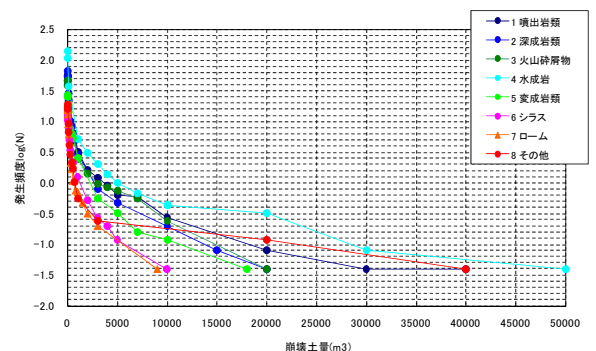


図2 基岩別斜面崩壊発生頻度モデル（全国）

図2は、基岩別斜面崩壊発生頻度モデル（全国）のグラフを示している。縦軸は「発生頻度(log N)」で-2.0から2.5まで、横軸は「崩壊土量(m³)」で0から50,000まで表示されている。8種類の基岩・地質がプロットされている：1 噴出岩類（黒丸）、2 深成岩類（青丸）、3 火山砕屑物（緑丸）、4 水成岩（赤丸）、5 変成岩類（黄丸）、6 シラス（紫丸）、7 ローム（オレンジ丸）、8 その他（黒丸）。各データポイントには、崩壊土量が増えるにつれて発生頻度が減少する傾向を示す直線（スケーリング則）が引かれている。

発生頻度分析は、基岩別（7区分）及び地域別（8区分）について崩壊地の面積比補正を行なって、式(2)の $a$ と $b$ の値の比較を行なった。その結果、基岩や地域により $a$ 及び $b$ の値に違いのあることがわかった。分析の一例を図2に示す。

### 3.3 斜面崩壊確率（崩壊の発生しやすさ）の設定

式(2)の $a$ 値については、基岩や斜面傾斜と降雨規模（連続雨量）の関係から再評価した。図3は斜面傾斜と崩壊発生時の連続雨量の散布図である。データ個数の関係上、斜面角度 $0.5[\text{rad}]$ 程度までは斜面傾斜が大きくなるにつれて連続雨量が増加する傾向ではあるが、 $0.5[\text{rad}]$ 以上では減少傾向が確認できた。つまり、基岩が同じであれば、斜面が急になるほど崩壊発生時の連続雨量は少なくなる傾向にあると言える。そこで、任意の区間内において基岩別に斜面傾斜と連続雨量（平均値）の相関を求めた(図4参照)。先ほどと同様に斜面傾斜が大きくなるにつれ連続雨量は減少する傾向を示した。 $a$ は斜面傾斜 $90$ 度に該当する係数と仮定し、この時の崩壊確率を $1.0$ すると、任意の斜面傾斜に対する $a$ は、図5に示す斜面傾斜に対する崩壊確率 $\rho$ を $a$ に乘じることで個々の斜面の崩壊発生頻度を得ることができる。以上から、 $a$ 値は地域別、基岩別、傾斜別の係数を、 $b$ 値は地域別、基岩別の係数を導入することができ、任意の斜面での崩壊発生頻度は、地域や基岩別に図2の関係を抽出し、斜面傾斜に応じた崩壊確率 $\rho$ を $a$ に乘じればその斜面固有の崩壊発生頻度が表現できるものとした。

### 3.4 予測損失のモデル化

損失評価は人・家屋への被害、道路等の公共財産被害が対象となると考えられる。災害報告データ<sup>4)</sup>によると、人的被害(死者・負傷者の2ケース)は家屋の全壊・半壊・一部損壊にかかわらず発生していることから、本研究では被害家屋数をもとに予測するモデルとした。家屋被害(全壊・半壊・一部損壊の3ケース)はそれぞれに損失率(=家屋被害数/保全対象家屋数)を算出し、被害関数を設定して被災率で補正することとした。公共財産被害に関しては、道路分野で用いられている斜面崩壊による崩壊土量と土砂撤去費用との関係を利用し算出した<sup>5)</sup>。

## 4 リスクの定量化モデル

斜面崩壊によるリスクの定量化モデルの作成手順を図6に示す。①ハザードカーブは、発生頻度と崩壊土量から求めた斜面崩壊の発生頻度モデルから算出する。②ロスカーブは崩壊土量と損失額の関係から算出する。③リスクカーブはハザードカーブとロスカーブを基に作成する。本研究では基岩別及び地域別を考慮した個別の斜面に対するリスクカーブを作成することになる。

## 5 最後に

今後、①被害に関する検討(人的被害のみでなく物的被害に関する損失額として、崩壊斜面の対策費用等を評価する検討)、②実斜面でのリスク評価検証作業などが挙げられ、引き続き研究を行っていく予定である。

### 【参考文献】

1) 国土交通省河川局砂防部ホームページ、2) 全国治水砂防協会：砂防便覧(平成20年版)、2008年3月、3) 多々納裕一、高木朗義：防災の経済分析 リスクマネジメントの施策と評価、2005年6月、4) 建設省河川局砂防部急傾斜地保全課、土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室：がけ崩れ災害の実態、土木研究所資料No.3651、1999年7月、5) 日下部毅明、谷屋秀一、吉澤勇一郎：道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究、国土技術政策総合研究所資料No.160、2004年3月

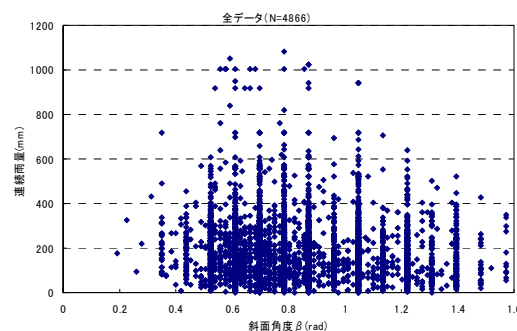


図3 斜面傾斜と連続雨量

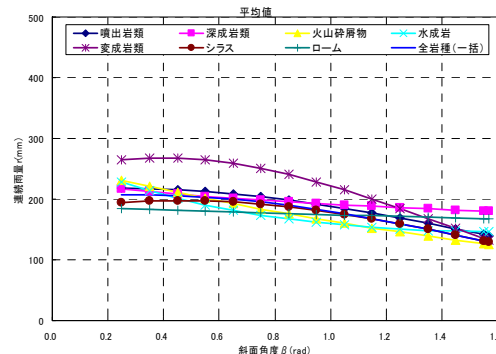


図4 基岩別斜面傾斜と連続雨量  
(平均値)

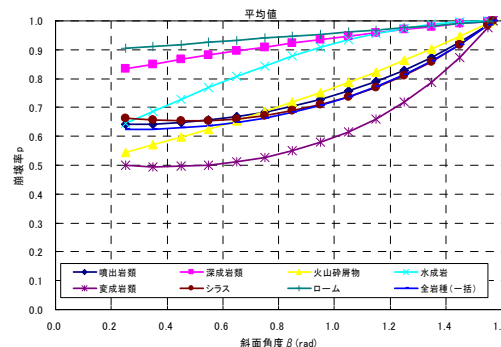


図5 基岩別斜面傾斜と崩壊確率  
(平均値)

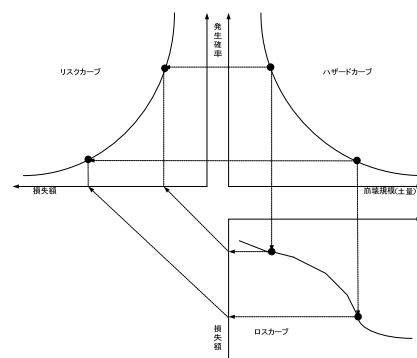


図6 リスクの定量化手順