

確率モデルによる多雨地域と非多雨地域における崩壊リスク比較

防災科学技術研究所 ○飯田智之・山田隆二・陳麒文

1. はじめに

斜面崩壊の発生しやすさを比較する場合、誘因の発生しやすさと、その誘因が作用した場合の斜面崩壊の発生しやすさを分けて考えることが重要である。言い換えると、素因に無関係な外部（降雨に関しては大気、地震に関しては地下深部）からの作用力と、素因に関する斜面内部の物性に依存した抵抗力に分けて考えることが重要である。一方、降雨にしても地震にしても、誘因は確率的に発生し、その発生しやすさは地域によって大きく異なる。本稿では、斜面崩壊の発生しやすさを、地域や地質や地形のグループごとに比較するため、誘因の発生確率（作用力）と誘因に応じた素因ごとの崩壊率（抵抗力）を組み合わせた確率モデルを提案する。

2. 斜面崩壊発生確率モデル

長期的かつ広域的な斜面崩壊の発生しやすさを「崩壊リスク」と呼ぶ。崩壊リスク C は誘因の発生確率 A とその誘因が作用したときの崩壊率 B の積の和、すなわち崩壊率の期待値として表わすことができる。崩壊率としては、単位面積あたりの崩壊面積・崩壊土量・崩壊頻度などが考えられる。斜面崩壊の代表的な誘因としては降雨と地震があるが、ほかに融雪や火山活動も挙げられる。

図1に確率モデルの概念図を示す。曲線 C と x （誘因指標）軸で囲まれた面積に相当する崩壊リスク C の値は曲線 A と曲線 B の相対的な関係で決まり、曲線 A と B の重複部が大きいほど C の値は大きくなる。

誘因指標の主な条件は①発生確率が求められること、②崩壊率との相関が良いこと（一般的に、崩壊率 B は誘因指標の増加関数となる）である。表層崩壊を対象とした降雨の誘因指標としては、24時間雨量など比較的短時間の指標が考えられる。また深層崩壊を対象とした降雨の誘因指標としては、72時間雨量など比較的長時間の指標が挙げられる。地震の誘因指標としては、最大加速度・最大速度・計測震度・SI値などが考えられる。その他、融雪の誘因指標としては、春季の積雪量と気温上昇率などを考慮した指標が想定される。

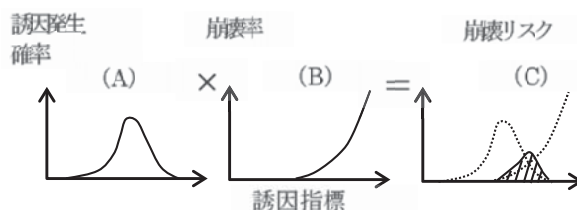


図1 斜面崩壊発生確率モデル概念図

3. 多雨地域と非多雨地域における崩壊リスク比較計算事例

大村(1982)は、全国各地で発生した豪雨型山崩れについて総降雨量と崩壊面積率の関係の分析を行った。ここでは、多雨地域と非多雨地域における一部の事例を用いて斜面崩壊確率モデルの試算を行い比較する。

計算条件 以下に、計算条件を示す。

- ・降雨指標：24時間雨量とする。
- ・分析対象災害：大村(1982)の分析事例の中から総雨量の降雨継続時間が概ね24時間程度である以下の2つの災害事例を選んだ。

[多雨地域]：高知県仁淀川地域の1975年8月災害

[非多雨地域]：山形県北部地域の1975年8月災害

- ・降雨量の発生確率(A)：24時間確率雨量を災害地に近いアメダス観測地点における年最大値から求めた。
- ・崩壊率(B)：ここでは、崩壊面積率を採用した。分析対象災害地域における雨量と崩壊面積率の関係(大村, 1982)を図2に示す。多雨地域は非多雨地域と比較して斜面崩壊の限界雨量が大きく、また同程度の降雨量に対しては崩壊数が少ないという慣れの効果がよく現れている。なお、実際の崩壊面積率には上限があり、雨量の増加とともに増加率が減少して上限値に近づくと考えられているが、ここではこれらの近似曲線

(2次関数)を外挿してそのまま用いた。

・崩壊リスク(C)：降雨量ランクを1mm単位として求めた。これは1年間に崩壊する面積率の期待値となる。

計算結果

両地点における計算結果を図3.1と図3.2に示す。崩壊リスク(C)は、山形での 6.4×10^{-5} に対して高知では2000mm以上をカットしてもなお 8.2×10^{-4} と大きく、両者には10倍以上の差が認められる。これは、高知は雨慣れにより同じ雨量に対する崩壊面積率は山形より小さいにもかかわらず、それを補って余りあるほど豪雨の発生確率が大きいためである。これにより、多雨地域での降雨に対する慣れには限度があることが示唆される。

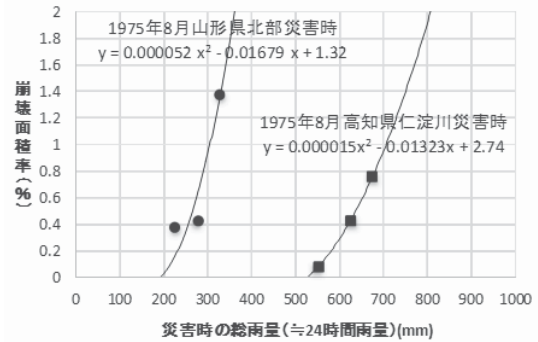


図2 多雨地域と非多雨地域における災害時雨量と崩壊面積率の関係 (大村, 1982の総雨量を24時間雨量と読み換えて作成)

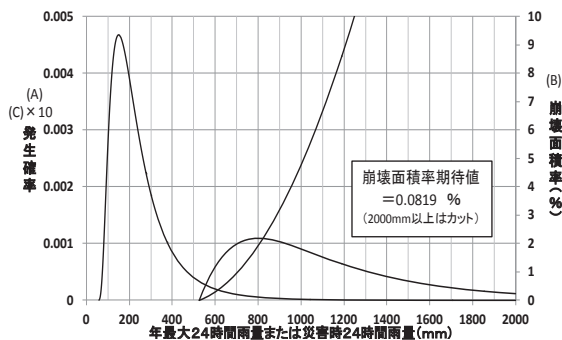


図3.1 多雨地域 (高知県仁淀川) の計算結果

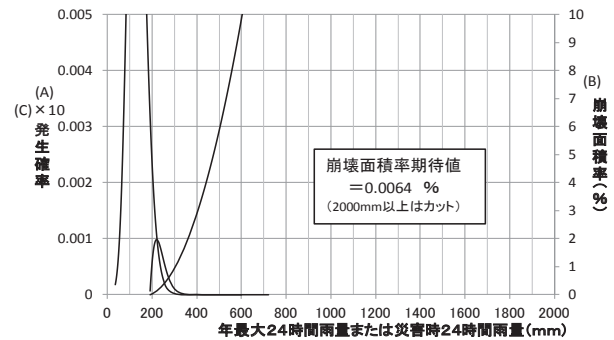


図3.2 非多雨地域 (山形県北部) の計算結果

ここで示した多雨地域と非多雨地域における確率モデルの比較計算は表層崩壊のみを対象としたもので、しかもそれぞれ1回の崩壊イベントによる災害時雨量と崩壊面積率の関係式によって地域の崩壊率(B)を代表させたものである。これまで、地形学の分野では侵食現象を transport-limited と weathering-limited に大別していた。ここでの議論に当てはめると、前者は潜在的な崩壊可能物質(土砂や風化層)が多量にあり、運搬力(降雨量)に比例して崩壊が発生するのに対して、後者は崩壊が進んで潜在的な崩壊可能物質が少なくなり、崩壊は風化速度に規制されるというものである。”降雨に対する斜面崩壊の慣れ”は後者を反映したものであるが、慣れには限度があることが示唆される。同時に、これまで非多雨地域とされていた北海道や東北地方でも気象庁などにより降雨量の増加が予測されているので、今後斜面崩壊が増加することが懸念される。

4. おわりに

降雨に対する慣れに関する上記の議論のように、崩壊要因を誘因と素因に分離することで、長期的かつ広域的な斜面崩壊の発生しやすさに関する議論が明確になる。また、斜面崩壊の発生しやすさを確率で定量化することで、異なる誘因による崩壊をより客観的に比較できる。さらに、誘因が降雨や地震と異なる場合でも、発生確率という同じ指標によって同列に比較することが可能となる。本稿は誘因と素因の両方を考慮した斜面崩壊確率モデルを提示することを主目的として論じたものであるが、今後は、降雨による斜面崩壊に対するモデルの適用事例を増やして地域ごとのハザードマップへ反映できるよう実用化を目指す。同時に、地震や融雪といった降雨以外の誘因による斜面崩壊についても、このモデル適用の可能性を検討する。

引用文献

大村 寛(1982) 豪雨による山地崩壊面積の推定に関する基礎的研究, 静岡大学農学部演習林報告, 第7号, 1-38.