

第 部門 山腹崩壊による河道堆積物の生成モデルに関する研究

東京都特別区 正会員 小倉 高秀 立命館大学理工学部 フェロー 江頭 進治
 立命館大学大学院 学生員 谷 貴也 立命館大学理工学部 正会員 伊藤 隆郭
 立命館大学大学院 学生員 森谷 崇正

1. はじめに 流域における土砂管理において、流出土砂量の予測法を確立することは重要である。江頭らは河道堆積物を対象とし、流水・流砂に関する貯留型の支配方程式と Kinematic Wave 法による降雨流出モデルを組み合わせた土砂流出予測法を提案している¹⁾。この方法をより一般性の高いものにするためには、モデルに対し、河道堆積物生成機構を導入することが不可欠である。本研究においては、崩壊の発生に伴う河道堆積物の生成モデルを考察するために、現地データを用い、中間層の飽和面積率と各斜面の地質特性などを考慮するために形成面積率の限界値をくわえ、飽和時間から特性時間を定義し、それと崩壊個数密度との関係を検討する。

2. 河道堆積物の生成モデルの概要 図-1は江頭ら¹⁾の土砂流出モデルで用いられている流域モデルである。河道の合流点に着目し、上流川の合流点を含み、下流川の合流点を除く区間を単位河道とし、単位河道に連なる山腹斜面を単位斜面として図のようにモデル化されている。各単位斜面における崩壊個数密度 N_* を用いると、1つの単位斜面において生成される河道堆積物の量は次式のような²⁾。

$$V = \alpha(N_*A)(bID) \tag{1}$$

ここに、 N_* : 単位面積あたりの崩壊個数密度、 α : 山腹崩壊の土石流への遷移率、 A : 単位斜面の面積、 b : 平均崩壊幅あるいは流動幅、 I : 崩壊点から単位河道までの崩壊土の平均移動距離、 D : 移動過程における平均浸食深さとする。式(1)より、河道堆積物の生成量を議論するためには、崩壊個数密度の予測が必要であり、それは、斜面土層の降雨による飽和面積率、飽和時間、傾斜角度および地質をパラメータとして予測できることを期待している。

3. 河道堆積物の生成モデル 日本有数の多雨地帯である奈良県十津川上流に位置する旭ダム流域を対象にする。図-2に流域図を示す。図中の番号は単位河道番号であり、当該流域の河道は12本の単位河道(No.7~18)と、 10° 以上の領域(No.1~6)に分割され、流域は36の単位斜面に分けられる。

山腹崩壊と斜面土層の降雨による飽和状態との関連性について考える。飽和状態を評価するパラメータとして斜面土層の飽和面積率に着目する。図-3は単位斜面の土層モデル、表面流および浸透流の模式図である。A層は降雨流出を固定するために設けた便宜的な土層であって、崩壊はB層で起こるものとして扱うことにする。ここで、単位斜面の面積をA、降雨に伴うB層の飽和面積を A_s 、形成面積率の限界値を A_{sc} とすれば、崩壊に関与するであろう特性時間Tが次のように定義される。

$$T = \int_0^{t_{sc}} (A_s - A_{sc} / A) dt \tag{2}$$

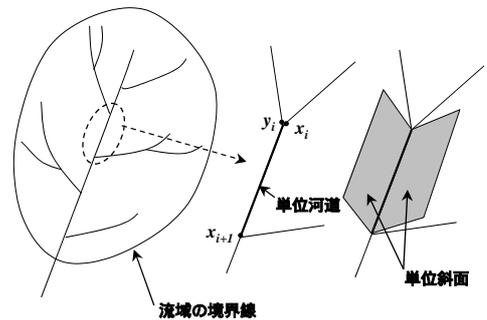


図-1 単位河道および単位斜面

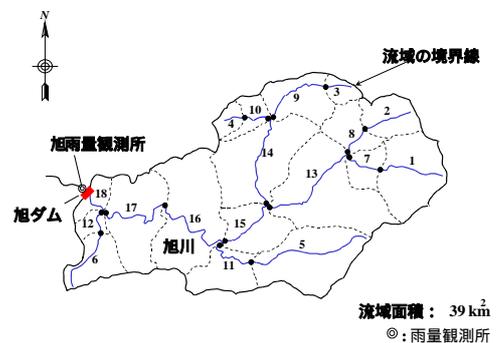


図-2 旭ダム流域および単位河道

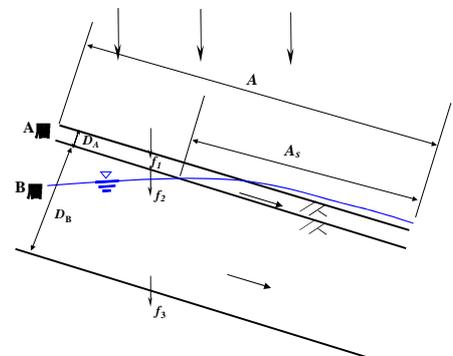


図-3 単位斜面の土層モデル

ここに、 t :一連の降雨における降り始めから終了するまでの時間である。これは斜面土層が飽和するだけでなく、飽和する時間が長いほど崩壊発生の可能性が高いことを表現したものである。

図 - 4 は、式(2)の A_{sc} の関係を調べる前に斜面勾配、斜面長と中間流の飽和面積率の関係性を調べたものである。なお、ここでは、旭川流域における昭和 52 年から平成 2 年までに得られた崩壊データおよび降雨データに基づいて検討している。以下の解析では、降雨流出解析から求められた値である A 層の厚さ $D_A=0.1m$ 、B 層の厚 $D_B=1.0m$ 、A 層の浸透能 $f_1=200 \sim 150mm/hr$ 、B 層の浸透能 $f_2=6 \sim 3mm/hr$ 、C 層の浸透能 $f_3=0.05 \sim 0.03mm/hr$ を用いている。なお、中間流の飽和面積率は、単位斜面における飽和面積の割合である。図 - 4 より、斜面長と飽和面積率との間には、正の相関がみられ、斜面勾配との間には負の相関がみられる。

式(2)において、特性時間は、飽和面積率に比例することが明らかであるので、図 - 4 に示された結果を基にすると特性時間は、斜面長 L や斜面勾配 を用いて、次式のように無次元表示が可能となる。

$$T_* = \frac{T}{\sqrt{L / (g \sin \theta)}} \quad (3)$$

ここで、崩壊個数密度と無次元特性時間との間にある関数関係があれば、降雨流出解析を通じて崩壊個数密度の予測が可能となる。

$$N_* = f(T_*) \quad (4)$$

図 - 5(a) ,(b)は、砂岩または頁岩を多く含む斜面と花崗岩を多く含む斜面にわけて、 N_* と T_* 式との関係、すなわち、式(4)の関係をみたものである。ここでは、 N_* と A_{sc} との関係において、地質、勾配および斜面長ごとの影響を考慮し、 A_{sc} と勾配、 A_{sc} と斜面長の関係を線形的に評価することによって A_{sc} を求めている。新規崩壊個数密度と無次元特性時間の関係には、正の相関がみられる。崩壊が発生し始める T_* の値にはかなりの相違がみられ、図 - 5(a)においては $T_* \approx 40 \sim 100$ 、図 - 5(b)においては $T_* \approx 10 \sim 20$ 程度になっている。

4. おわりに 中間層の飽和面積率と形成面積率の限界値と飽和時間を用いて特性時間を定義し、それと崩壊個数密度との関係を検討した。その結果、崩壊は地質と無次元特性時間に依存していることがわかる。今後、より一般的な崩壊発生の予測モデルを確立するための課題として、1) 特性時間の無次元化のパラメータについて検討すること、2)土層厚と勾配との関係について検討を深めることなどが考えられる。最後に、現地データの収集にあたり、関西電力株式会社の諸兄にご協力いただいたことをここに記し感謝致します。

参考文献 1)江頭進治・松木敬:河道貯留土 PP 砂を対象とした流出土砂の予測法, 水工学論文集, 第 44 巻, 735-740, 2000. 2)上妻由拓・江頭進治・松木敬・藤井陽子:山腹崩壊による堆積物の生成機構を考慮した土砂流出予測法に関する研究, 平成 13 年度砂防学会研究発表会概要集, 114-115, 2001.

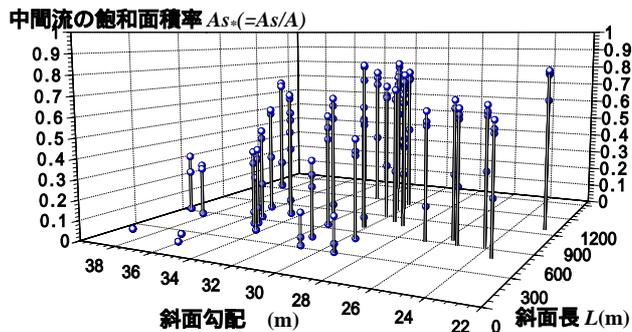
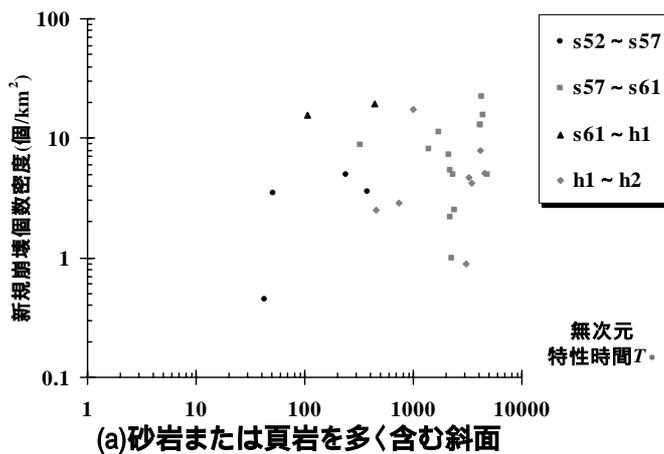
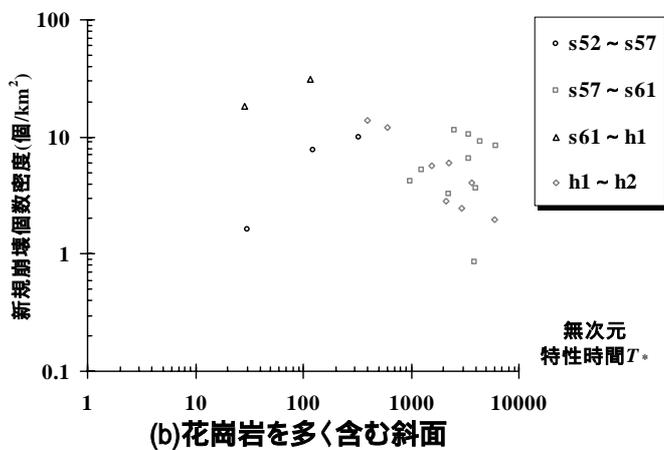


図 - 4 斜面勾配と斜面長と中間流の飽和面積率

■ ■ : 砂岩または頁岩を多く含む単位斜面
□ □ : 花崗岩を多く含む単位斜面



(a)砂岩または頁岩を多く含む斜面



(b)花崗岩を多く含む斜面

図 - 5 新規崩壊個数密度と無次元特性時間