

第 部門 崩壊・土石流による河道堆積物の生成に関する統計的解析

立命館大学大学院 学生員 樋口 幸男 立命館大学理工学部 フェロー 江頭 進治
 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 谷 貴也
 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の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、その端緒として、崩壊の発生に伴う河道堆積物の生成量を評価するために、斜面形状と崩壊個数密度の関係について統計的な解析を行っている。

2. 流域モデルの概要 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。すなわち、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_* が与えられれば、一つの単位斜面において生成される河道堆積物の生成量 V は次式によって評価される^{2),3)}。

$$V = \alpha(N_*A)(blD) \quad (1)$$

ここに、崩壊個数密度 N_* は単位面積あたりの崩壊個数密度(個/km²)であり、 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、 l : 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侵食深さである。すなわち、斜面土層の降雨による飽和面積率、飽和時間、傾斜角、および地質をパラメータとして崩壊個数密度が予測できれば、河道堆積物の生成量が議論できることになる。以前の研究³⁾によれば、崩壊は地質と無次元特性時間に依存していることが認められている。

3. 崩壊個数密度と斜面勾配の関係 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、対象流域を示す。図中の番号は、単位河道番号であり、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個の単位斜面に分けられる。

まず、山腹崩壊と斜面土層の飽和状態の関係について示す。従前の取り扱い方³⁾と同様に、飽和状態を評価するパラメータとして土層の飽和面積率 A_s/A を用いて、新規崩壊個数密度 N_* との関係を求める。ここに、 A_s は降雨に伴う A 層

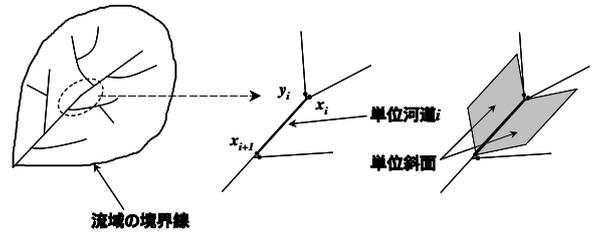


図-1 単位河道および単位斜面

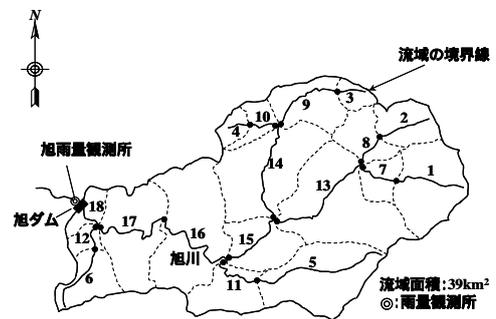


図-2 旭ダム流域および単位河道

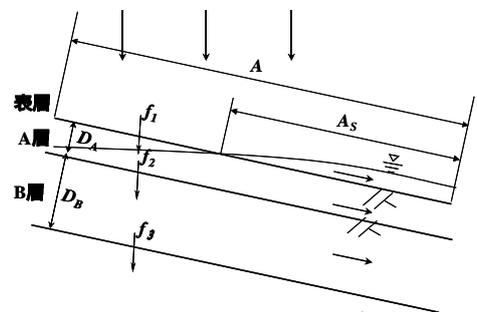


図-3 単位斜面の土層モデル

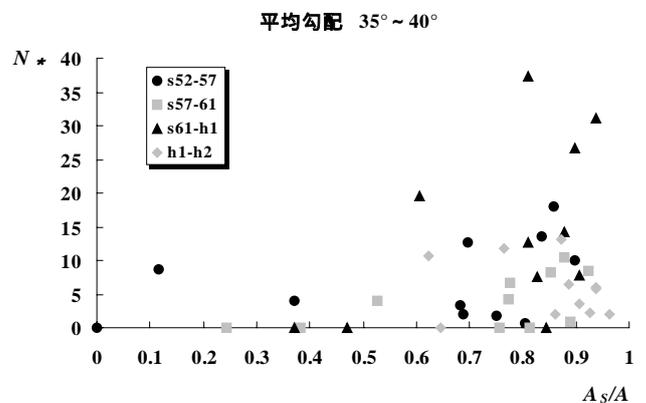


図-4 表面流の形成面積率と崩壊個数密度の関係

の飽和面積、 A は単位斜面の面積である。単位斜面の土層モデルは、**図-3** に示すように、表面流および浸透流のモデルを用いている。計算においては、旭川流域における昭和54年～57年、昭和57年～61年、昭和61年～平成1年および平成1年～2年の4期間における降雨流出解析で得られた次の値を用いている。A層厚： $D_A=0.12\text{m}$ 、B層厚： $D_B=1.0\text{m}$ 、A層の浸透能： $f_1=150\sim 100\text{mm/hr}$ 、B層の浸透能： $f_2=5.0\sim 3.0\text{mm/hr}$ 、C層の浸透能： $f_3=0.5\sim 0.3\text{mm/hr}$ 、A層の透水係数： 0.01m/s 、B層の透水係数： 0.003m/s 、斜面におけるマンニングの粗度係数 $n=0.1[\text{m}\cdot\text{s}]$ 。なお、これらの4期間は、旭ダム流域における新規崩壊個数を抽出するための期間に対応している。

図-4 は各期間における新規崩壊個数密度と表面形成率 $A_{S^*}(=A_S/A)$ の関係を示したものであり、単位斜面のうち斜面の平均勾配が $35^\circ\sim 40^\circ$ の結果を示している。従前の研究の通り、両者には正の相関が見られ、これを次式のような最も単純な式で表すものとする。

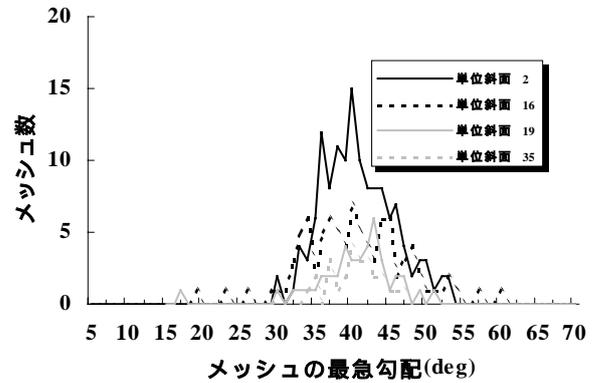
$$N_* = \beta \frac{A_S - A_{SC}}{A} \quad (2)$$

ここに、 β ：地質・勾配に影響されない係数、 A_{SC} ：崩壊が発生し始める表面流の形成領域の限界である。ところが、**図-4** の結果を式(2)を用いて評価する際、データのばらつきが大きいことが分かる。これらの影響は、斜面表面の地形特性に強く依存するものと思われる。そこで、**図-4** に示すように斜面の平均勾配が $35^\circ\sim 40^\circ$ 程度の斜面(単位斜面 2、16、19、35)を選び、その勾配に着目して、次のように統計的に解析する。

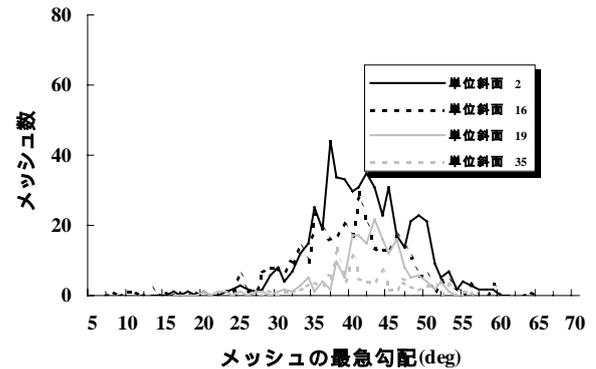
1/5000の地形図を用い、 $50\text{m}\times 50\text{m}$ 、 $100\text{m}\times 100\text{m}$ の格子を作成し格子中の斜面の最急勾配を求め、各斜面における最急勾配の頻度分布と勾配の標準偏差を調べた。**図-5**は、これにより求められた最急勾配のヒストグラムである。これによると、単位斜面 2、16、19、35において、最急勾配の平均値がほぼ等しいにも関わらず、斜面における最急勾配の分布特性が異なることが分かる。**図-6**は、各斜面における最急勾配の標準偏差と崩壊個数密度の関係を示したものである。これによると、標準偏差と N_* に正の相関が見られる。さらに、 $50\text{m}\times 50\text{m}$ と $100\text{m}\times 100\text{m}$ による解析結果をみると、勾配の標準偏差に若干の違いがみられる。これは、最急勾配の評価をするに当たって、スケールの影響が現れていることを示しており、今後、この種の解析を行う際に単位斜面スケールと格子スケールとの関係を考慮する必要があることを示唆している。

4. おわりに 斜面の表面形状と崩壊個数密度との関係を検討した。その結果、崩壊個数密度と最急勾配の標準偏差には正の相関があることが確認された。今後、単位斜面スケールと格子スケールの関係を考慮して、崩壊に伴う生成土量の把握を行う予定である。

参考文献 1)江頭ら：水工学論文集, 44, pp.735-740, 2)江頭ら：平成15年度砂防地すべり技術研究成果報告会講演論文集, pp.33-46, 2003, 3)竹内ら：平成16年度関西支部年講, pp. -34-1- -34-2。



(1) 100m x 100m メッシュ



(2) 50m x 50m メッシュ

図-5 格子中の最急勾配とその個数の関係

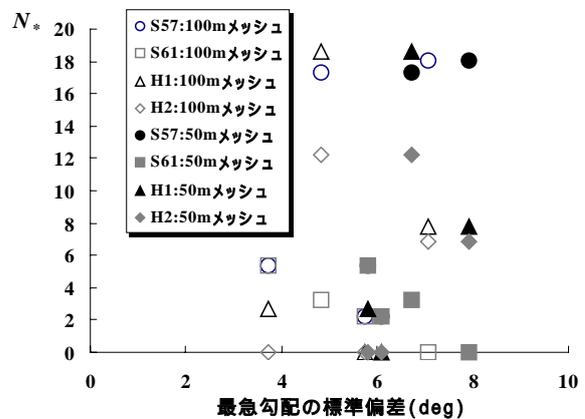


図-6 最急勾配の標準偏差と崩壊個数密度の関係