P-023

階段状の渓床を流下する土石流の流動特性

京都大学大学院工学研究科　○越智尊晴(現：いであ株式会社)
京都大学防災研究所　竹林洋史　長谷川祐治(現：広島大学大学院総合科学研究科)　藤田正治

1. はじめに

土石流流動域の地形条件は複雑であり，土石流が流下する際に河床形状が土石流の流動特性に影響を及ぼす．縦断形状の変化する場での土石流の動態に関する研究は，扇状地への流出を扱った研究[1)など]が多く，縦断形状の局所的な変化を検討したものは少ない．本研究では，**写真-1** のような山地河川に見られる階段状の河床形状を対象に，模型実験と数値シミュレーションを行い，階段状の渓床が土石流の流動特性に与える影響について検討した．

2. 模型実験

模型実験には**図-1** に示すような全長 6m, 幅 10cm, 高さ 40cm の直線矩形水路を使用した．河床勾配は 20°であり，高さ 10cm のステップを設けた．ステップの下流側は 10°の緩勾配域としている．ステップを上流側に増やす際は下流側のステップに上流側の緩勾配域の下流端を接続した．最下流の緩勾配域から水路の下流端までの長さは 1m である．水路上流端に平均粒径 1.4mm のほぼ均一粒径のケイ砂を長さ 1m，厚さ 0.09m で 0.009 ㎥設置し，高水槽から水を供給して土石流を発生させた．水路は固定床で，流下させるものと同様の土砂を水路床全体に貼付けている．実験条件はステップの数を 1 個から 3 個と変更し，それぞれの水路形状において給水量は $0.001m^3/s$，$0.0005m^3/s$ の 2 通りとした．土石流を水路下流端で直接採取し，流量の時間変化を得た．

図-2 と**図-3** に下流端での流量の時間変化を示す．**図-2** は水の流量が $0.001m^3/s$，**図-3** が $0.0005m^3/s$ の

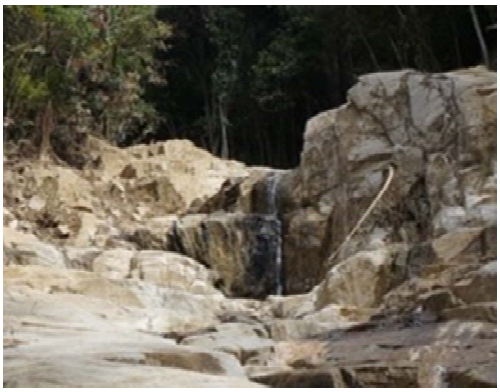

写真-1 山地域に見られる階段状渓床

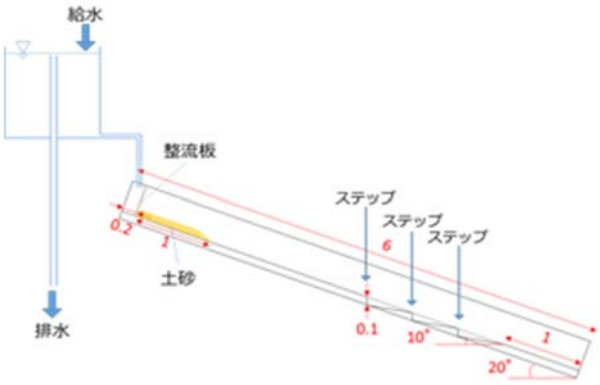

図-1 実験水路概要図

場合である．両図より，平坦河床では給水量によらず土石流先端部で流量が最大となり，その後約 6 秒で土砂が流出している．**図-3** に示す給水量が小さいケースで，ステップの数が 2 個と 3 個の場合，土石流先頭部の流量は小さく，流量が減少した後に再び増加している．これは，階段状の渓床が存在する場合，ステップ下流の緩勾配域に土砂が一時的に堆積し，土石流先頭部の流量が減少した後，継続した給水により緩勾配域に堆積した土砂が浸食され，再流動するためである．ステップ下流側の緩勾配域に堆積した土砂が流出し，給水量と同程度の流量に至るまでに要する時間は流量が小さい場合の方が長く，流量が小さいほど河床形状の影響を強く受けている．

3. 数値計算

解析に用いた式は平面二次元の土石流の基礎方程

式 [2]である．計算領域は水路実験に用いたものと同様の形状で，横断方向に 1cm，流下方向に 2.5cm で分割した計算格子を用いた．水路実験と同様に，水で飽和した土砂が流動することで土石流を発生させた．上流端からは実験と同じ流量で水を供給した．河床材料は 1.4mm の一様砂とした．

河床形状の影響が土石流の流動特性に顕著に影響を与えた少流量（0.0005m³/s）の条件における下流端での流量の変化を**図-4**，**図-5** に示す．**図-4** は平坦河床，**図-5** はステップが 3 個の場合を示している．また，模型実験で得られた流量も併せて示している．**図-4** より，平坦な河床の場合，流量の最大値は概ね再現できている．またステップが 3 個の場合に見られた流量の複数のピークの形成も概ね再現されており，本現象が解析モデルの基礎方程式で評価できる現象であることがわかる．また，土石流ピーク流量を数値シミュレーションによって評価するためには，階段状河床形状を反映できるに十分な大きさの計算格子を設定する必要があることがわかる．

4. まとめ

模型実験と数値シミュレーションを行うことで，河床形状が土石流の流動特性に与える影響を検討した．河床形状の局所的な縦断変化によって，土石流の最大流量などは大きく影響を受けることが明らかとなった.そのため、砂防施設などの設計において，河床形状の局所的な縦断変化の考慮が重要であると考えられる．

参考文献

1)高濱ら:勾配急減点近傍における土石流の堆積過程に関する実験とその解析,水工学論文集,2002

2)江頭ら:土石流の数値シミュレーション,日本流体力学会数値流体力学部門 Web 会誌,2004

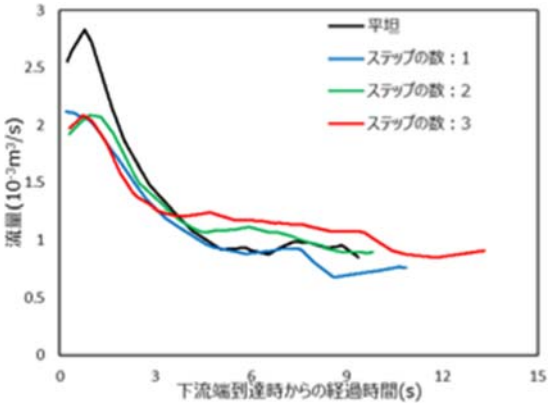

図-2 流量の時間変化（0.001m³/s の場合）

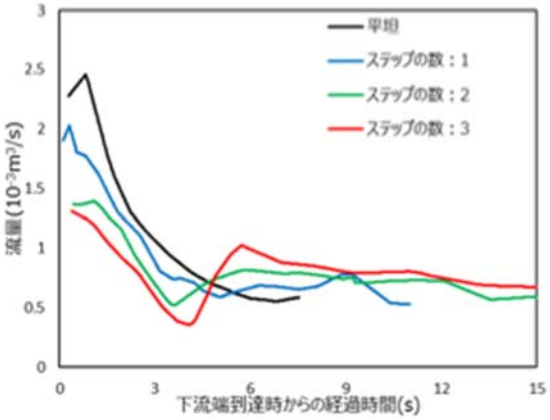

図-3 流量の時間変化（0.0005m³/s の場合）

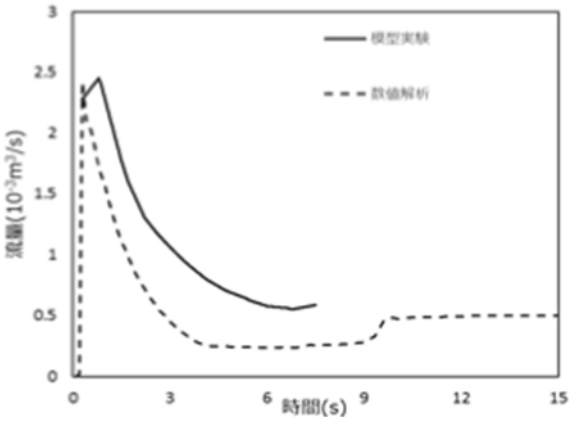

図-4 平坦河床の場合の流量の変化

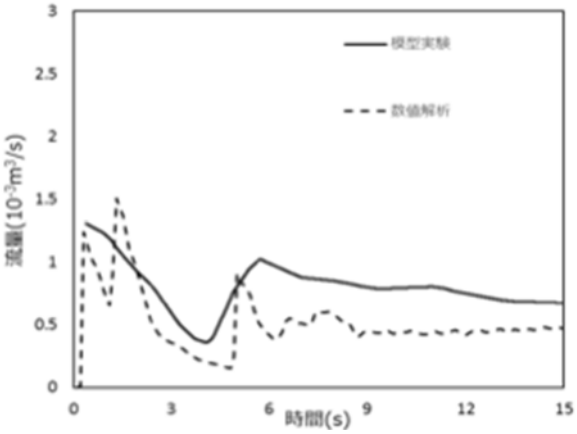

図-5 ステップが３つ存在する場合の流量の変化