

土石流フロント通過による溪岸を構成する石礫の移動機構と無次元移動限界合力

中央大学大学院 学生会員 ○加藤 宏季
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. 序論

本研究では、福田らの解析法¹⁾を用い、溪岸侵食を伴う土石流の数値実験を行い、移動した溪岸を構成する粒子1個1個に働く力の分析を行った。本文では、溪岸粒子が縦断方向に移動を開始する要因を、①流体力、②粒子間衝突力、③最大支持力の低下、④それ以外、の4種類に分け、溪岸粒子の移動機構について考察を行う。なお、最大支持力とはある粒子を、その粒子の周りの粒子群が支えることのできる最大の力と定義する。

2. 数値実験水路の概要

用いた数値移動床水路は、水路長 60 m、水路幅 8 m、勾配 20° の直線水路である。座標軸は、縦断方向に x 軸、横断方向に y 軸、垂直上向きに z 軸をとる。溪床・溪岸材料には、図-1 のように、10 種類の粒径からなる粒度分布を有する粒子群を用いた。すべての粒子は形状と密度が等しく、密度は 2650 kg/m³ である。水路中に粒子群をランダムに投下し、溪岸の傾斜角は溪床から約 30° となるように初期堆積縦横断河道をつくった。また、溪谷の上流端で、一定流量 10.0 m³/s を与えた。

3. 溪岸粒子の移動形態

発達した土石流フロントが通過した区間における溪岸粒子に対して、縦断方向に 5m 以上移動した粒子に着目した。着目粒子の標本数は 38 個であり、図-2 における黄色い粒子が着目粒子である。また、本

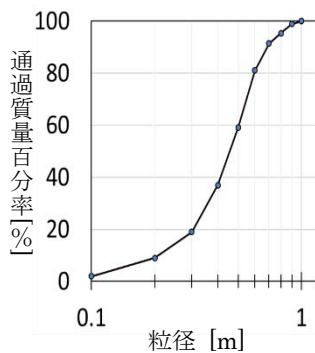


図-1 粒度分布

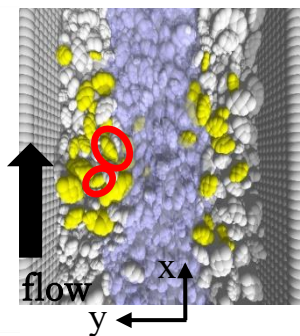


図-2 着目粒子の土石流フロント通過前の様子

研究では図-3 に示すように、縦断方向に働く力 F_x を粒子の水中重量の z 方向成分 ($sVg\cos\theta$) に静止摩擦係数 μ をかけて表現した摩擦力 ($\mu sVg\cos\theta$) で無次元化を行う。静止摩擦係数 μ は内部摩擦角を φ_s として、 $\mu = \tan\varphi_s$ としている。着目粒子一つ一つについて、粒子に働く縦断方向の力(流体力、接触力)の時間変化の分析と、解析結果を可視化した三次元動画より粒子が移動を開始する要因①～④を分類した。

分析の結果、標本数 38 個に対して縦断方向に移動を開始する主な要因が、①であったものは 1 個、②であったものは 5 個、③であったものは 23 個、④であったものは 9 個であった。これより、最大支持力の低下が溪岸粒子の縦断方向への移動開始に特に寄与していることがわかる。

例として、図-2 の赤丸で囲った 2 つの粒子の無次元力と粒子位置の関係を図-4 に示す。正の無次元力は粒子を動かそうとする力(駆動力)、負の無次元力は粒子を支える力(支持力)である。2 つの粒子は共に土石流フロントが到達した約 12 秒時点では駆動力が大きくなっているが、支持力もそれに応じて大きくなっているため合力はゼロとなり動き出していない。その後、下流側の粒子は約 14 秒時点、上流側の粒子は約 16 秒時点において土石流フロントが到達した時よりも小さな力で移動を開始している。すなわち、下流側の粒子が移動してから少しの時間が経過した後には上流側の粒子が動き出している。図-5 に示すよう

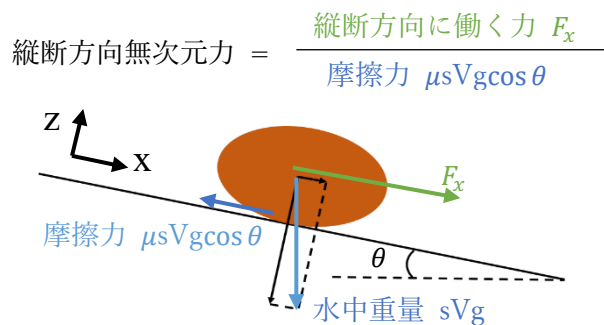
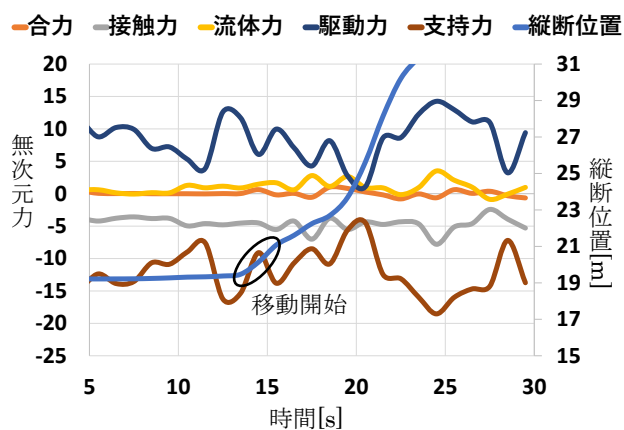


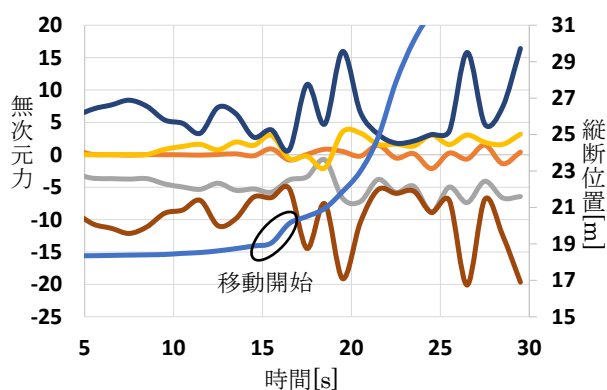
図-3 無次元化の考え方

キーワード 土石流 数値移動床水路 溪岸粒子の移動機構

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL : 03-3817-1615



(a) 下流側の粒子



(b) 上流側の粒子

図-4 無次元力と粒子の縦断位置の関係の例

に、土石流フロント到達時は、周りの粒子が移動しておらず比較的安定な場となっており、そのために十分大きな支持力を受けることができているが、下流側の移動しやすい粒子が流出したことにより最大支持力が低下し、比較的小さな力で移動開始できるものとする。

4. 移動開始時の無次元力

「④その他」に分類されるものは移動機構が異なるものと考え、それらを除いた粒子 29 個の移動開始時の無次元合力(無次元限界合力)の最大値、最小値、平均値を図-6 に示す。縦軸が流体力、接触力、自重、それぞれの力の縦断方向成分の合力であり、横軸が各粒径 d_i を平均粒径 d_m で除したものである。図-6 より、移動開始時の無次元合力は平均的に、粒径にはほとんど関係ないことがわかる。

5. 結論

本研究では、溪岸侵食を伴う土石流の数値実験を行い、溪岸粒子が移動を開始する主な要因に対して分類分けをした。溪岸粒子は主に支持力が低下することによって移動を開始することを示した。また、移動開始時の無次元合力は平均的に、粒径にはほぼ無

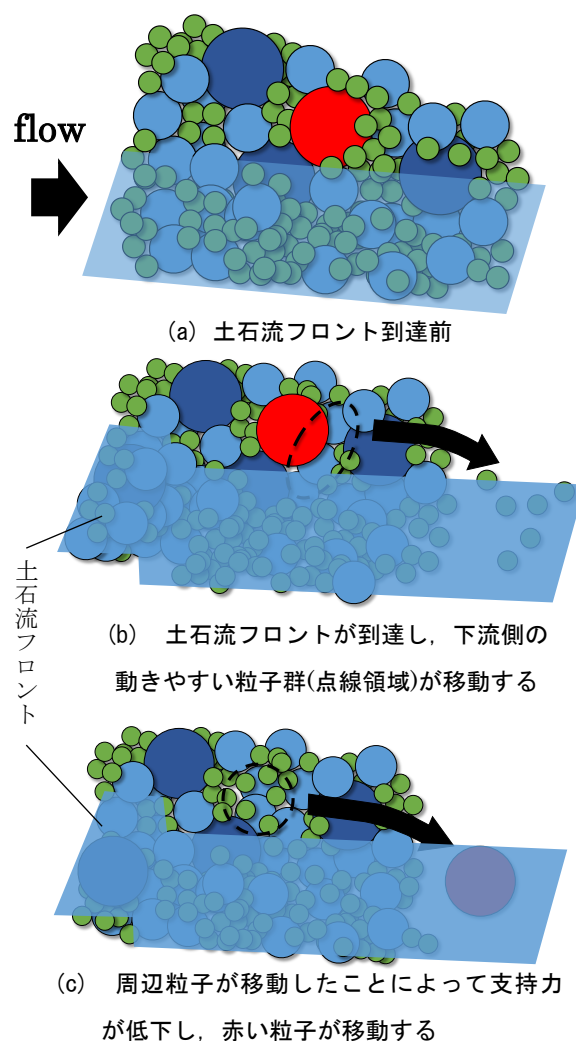


図-5 支持力の低下による溪岸粒子の移動過程

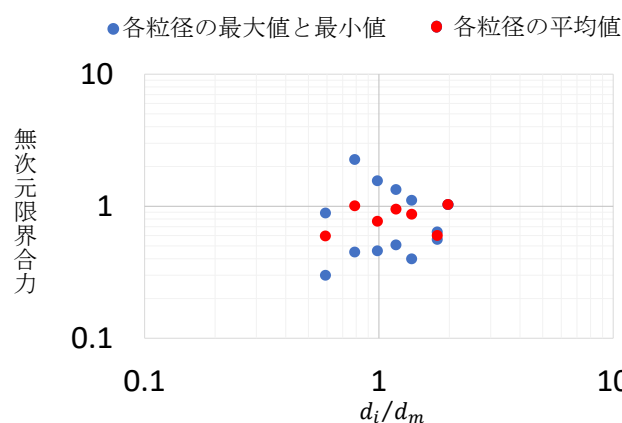


図-6 移動開始時の無次元力(合力)

関係であることも示した。今後は、回転の効果や横断方向への移動による影響も含めたさらに詳細な分析をし、溪岸粒子の移動開始時に働く主な力を明らかにする。

参考文献

- 1) 福田ら：土木学会論文集B1 (水工学)，Vol. 69, No. 4, pp. I_1051-I_1056, 2013.