

流木を伴った土石流の流動に関する数値シミュレーション

福岡, 尚樹

<https://hdl.handle.net/2324/7396311>

出版情報 : Kyushu University, 2025, 博士 (工学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 福岡 尚樹

論文名 : 流木を伴った土石流の流動に関する数値シミュレーション

区 分 : 乙

論文内容の要旨

近年、気候変動の影響と考えられる豪雨が頻発しており、これに起因した土石流災害が多発している。特に、溪流で発生した土石流は土砂に加えて大量の流木を伴うことが多い。流出した流木が下流の橋梁やボックスカルバート等に捕捉されると、河道を閉塞し、周囲に大量の流木を伴った土砂・洪水氾濫を引き起こすため、人的・物的被害は甚大である。流木捕捉に起因する被害を防止・軽減するためには、河道の任意の地点における流木の流出量や長さを予測し、対策施設の設計や避難計画に反映することが重要である。そのためには、流木の流出量やその流動特性を評価する必要があるが、流木に関する既往研究は、流木の発生量に着目したもの、河道閉塞の発生とその影響に着目したもの、流木対策施設の効果に着目したものなど、発生した流木が流出するまでの過程のうち、その一部のみを対象としたものがほとんどである。したがって、流木の発生から流出までの過程を追跡可能な手法を構築して、流木の発生・流動・流出現象を再現し、その流出特性や流動特性を明らかにする必要がある。そのためには、流木の発生から流出までの一連の現象を扱った物理モデルが必要であるが、そのような研究事例は少なく、流木を伴った土石流の予測手法はまだ十分に確立されていない。

流木の発生・流動・流出を考慮した土石流シミュレーションについて、Nagano *et al.* (2013) は、源頭部斜面崩壊と河岸侵食による立木の流木化、および流木の流動・流出を扱うことができる 1 次元数値シミュレーションモデル（以降、既往モデルと記載する）を提案している。この既往モデルは、土石流の表面を流木が浮いて流れるものと仮定しており、その結果として土石流先端部に集積する流木群の総量を定量的に評価することができる。しかし、適用事例が少なくモデルの汎用性が不明である点や、流木による河道閉塞との関係を評価できない点などの課題がある。また、橋梁等の流木捕捉に起因する河道閉塞との関係を明らかにするためには、流木の長さを予測することも重要である。流木は流下に伴い短くなることが経験的に知られているが、流木の長さの変化を評価する手法は確立されていない。

本研究では、近年発生した土石流災害を対象として、現地調査、資料収集ならびに既往モデルによる流木を伴った土石流の数値シミュレーションを実施し、その流出規模、流動特性を明らかにする。また、その過程で既往モデルの改良を試み、モデルの適用性と課題を示す。さらに、今後の解析手法の発展に資することを目的として、流下中の流木の破断条件について考察し、破断時の限界流木速度を明らかにする。

本論文は第 1 章から第 8 章までの 8 つの章で構成されている。各章の概要は以下のとおりである。

第 1 章では、流木に関する既往研究を整理し、流木を伴った土石流の流出規模および流動特性を物理モデルにより明らかにする必要性を述べた。また、論文全体の構成を示した。

第 2 章では、流木を伴った土石流の数値シミュレーションについて概説し、本研究で用いる土石

流シミュレーションの既往モデルを提示した。

第3章から第5章では、近年発生した土石流災害を対象に、災害資料の収集、現地調査および流木を伴った土石流の流動シミュレーションを実施し、その流出規模や流動特性を明らかにした。また、その過程で既往モデルに改良を加えた。

第3章では、2017年7月に朝倉市白木谷川流域で発生した土石流の流量、流砂量、流木流量および流出量などを明らかにした。具体的には、現地の河岸斜面に多数の崩壊がみられ、大量の土砂・流木が河道へ流入していたことを踏まえ、シミュレーションでは河岸侵食モデルを改良し、河岸斜面の崩落高さを考慮した。その結果、谷の出口から下流の県道にかけての土砂堆積・氾濫被害について、上流側での被害は過剰な土砂供給に起因したものであり、下流側での被害は流木捕捉による河道閉塞に起因したものであることを示した。

第4章では、2018年7月に広島県坂町総頭川流域で発生した土石流の流量、流砂量、流木流量および流出量などを明らかにした。橋梁による流木捕捉との関係进行评估するため、土石流先端部の流木群モデルに改良を加え、その高さを評価できるようにした。その結果、源頭部斜面の崩壊を境界条件として与えると、橋梁の桁下クリアランスを超える高さの流木群が発生し、現地の橋梁閉塞を概ね説明できることを明らかにした。

第5章では、2023年7月に田主丸町千之尾川流域で発生した土石流の流量、流砂量、流木流量および流出量などを明らかにした。流木は河岸侵食と源頭部斜面崩壊によって発生し、流下に伴ってその流量を増加させたことを明らかにした。土石流先端部の流木群の高さは約4.5mと評価され、谷出口では住宅の1階部分に流木群が堆積していたことと対応することを示した。

第6章では、流木を伴った土石流のシミュレーションモデルの適用性と課題を明らかにすることを目的として、第3章～第5章の結果を総括し、流木を伴った土石流の流出規模および流動特性を考察した。その結果、本研究で用いたモデルは、流木の破断を考慮していないなどの課題は残るが、流木・土砂の発生・流動・流出現象を概ね良好に表現できることを明らかにした。

第7章では、流下に伴って短くなる流木の破断条件を明らかにすることを目的として、流下中の流木を単純支持梁としてモデル化し、外力とひずみエネルギーとの関係から流木の破断条件を明示した。さらに、流木が固定物体に衝突する前後のエネルギー保存則から、破断時の限界流木速度を明らかにし、これが2017年朝倉市白木谷川で測定された流木長の頻度分布を概ね説明できることを示した。

第8章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、流木を伴った土石流シミュレーションモデルの今後の展望と課題について述べた。