

山腹侵食による土石流の発生・発達過程

中央大学 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

土石流発生の原因は、①急勾配の溪床堆積物の上に上流からの流水が堆積物を侵食して自分自身の中に取り込むことにより土石流に発達する場合、②山腹崩壊あるいは溪床崩壊によって発生した移動土塊が、自分自身が含んでいた水の作用あるいは周辺の水の作用によって土石流化する場合、③山腹崩壊土塊が天然ダムを形成し溪流を堰き止め、それが破壊されて貯留していた水と堤体土砂が一体となって土石流となる場合がある¹⁾。このうち、溪床堆積土砂の侵食により十分に発達した土石流フロント部分は、底面土砂を洗掘する能力が小さく、後方部分の発達段階において洗掘土砂を取り込み、次第にフロント後部の長さを発達させながら流下すると考えられている。しかし、従来のオイラー的解析法では、溪床の侵食のみが考慮されており、山腹侵食によるフロントの発達機構については考えられていない。本研究では、山腹の侵食を伴う土石流の発生・発達過程について、数値実験²⁾により検討する。

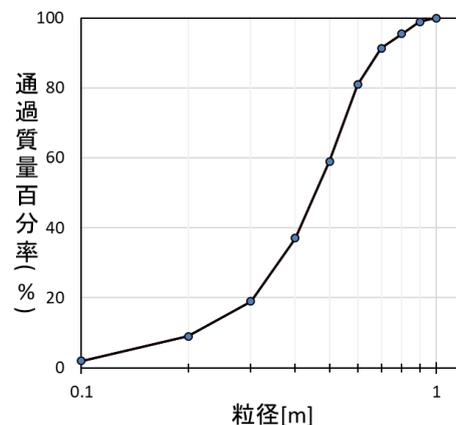


図-1 粒度分布

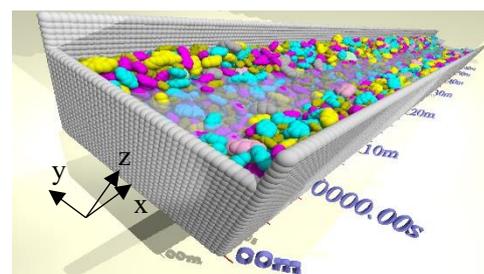


図-2 数値実験の初期状態

2. 数値移動床実験の概要と実験条件

本研究で用いた数値実験水路は、水路長 60m、幅 8m、勾配 20°の直線水路である。座標軸は、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、垂直上向きに z 軸をとる。図-1 は数値実験で用いた粒度分布を示し、0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0m の 10 種類の粒子群を用いた。すべての粒子の形状と密度は等しく、その密度は 2650 kg/m³である。図-2 に示すように粒子群をランダムに投下して初期河床をつくった。

渓谷の上流端では一定流量 10.0 m³/s を与えた。下流端には、河床と山腹からの流出量を抑制するために堰を設けた。数値解析法には、福田らの解析法²⁾を用い、流れは Euler 的に、粒子運動は剛体として Lagrange 的に解析する。

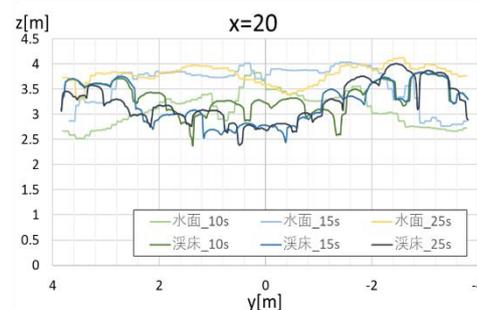


図-3 x=20 m における横断面図。

3. 土石流フロントによる山腹の侵食

図-3 は、上流端から 20m 地点における土石流流動層の横断面図である。土石流到達前(10 秒)、土石流フロント通過中(15 秒)、土石流フロント通過直後(25 秒)の形状と、水面形を示している。本研究では、粒子速度が 0.3 m/s 以下の粒子を静止粒子と定義した。図-3 より、土石流フロントが到達した 15 秒時点では水位が高くなり、それに伴い、山腹の侵食幅は広がっていることがわかる。その後の 25 秒時点では溪床・山腹ともに侵食を受けている。

図-4 は、上流端から 20m 地点における 15 秒と 25 秒時点の横断面の圧力コンター図である。黒い線は溪谷形状を模式的に表している。図-4 より、土石流フロント通過中は壁付近の圧力は水路中央に比べて低く、横断

方向に圧力差が生まれ、山腹部分を構成する石礫が外向きに力を受けていることがわかる。一方、土石流フロント通過後は圧力が横断方向に一様になっており、山腹部分構成粒子は土石流フロント通過中に比べて崩れやすい状況になっていると考えられる。

4. 土石流フロント通過による流れ場への影響

図-5は、15秒と20秒時点における水路中央の流速コンター図であり、図-6は、水路中央1mの範囲で縦横断に平均した体積割合のコンターを示している。図-5と図-6を比べると、流速が大きくなっている地点と石礫の体積割合が小さい地点は一致している。そこでは、抵抗となる流れ場の石礫が少ないために流速が大きくなったと考えられる。一方、土石流フロントでは移動する石礫が流れ場の抵抗となり流速が大きくなると考えられる。図-7は、土石流フロント通過後の石礫の並び方を示している。図-7では、見易さを優先し、水面は模式的に示している。土石流フロント通過後は石礫が覆瓦構造のように流体抵抗力を受けづらいつ並び方をしており、石礫の抵抗が小さくなったことも流速が大きくなった要因と考えられる。

5. 結論

本研究では、山腹の侵食を考慮した土石流の発生・発達過程について検討した。土石流フロントの通過により横断方向の圧力場に変化が生じ、山腹が崩壊しやすくなることが明らかとなった。また、土石流フロントが通過し、不安定な石礫を押し流すことによって、残された溪床と山腹表面の石礫は長軸を流下方向にとり、安定な姿勢をとることが明らかとなった。今後は、山腹表面の石礫が受ける力を分析し、山腹崩壊の機構や覆瓦構造姿勢をとる機構を明らかにする。

参考文献

- 1) 高橋：土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，2006.
- 2) 福田ら：土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 69, No. 4, pp. I_1051-I_1056, 2013.

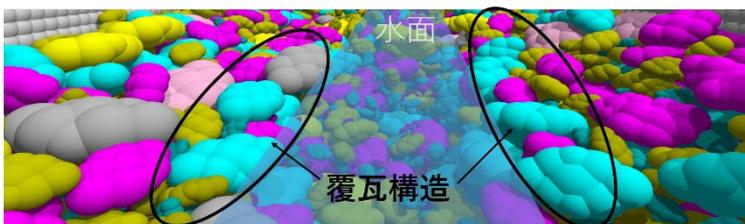


図-7 土石流フロント通過後の石礫構造

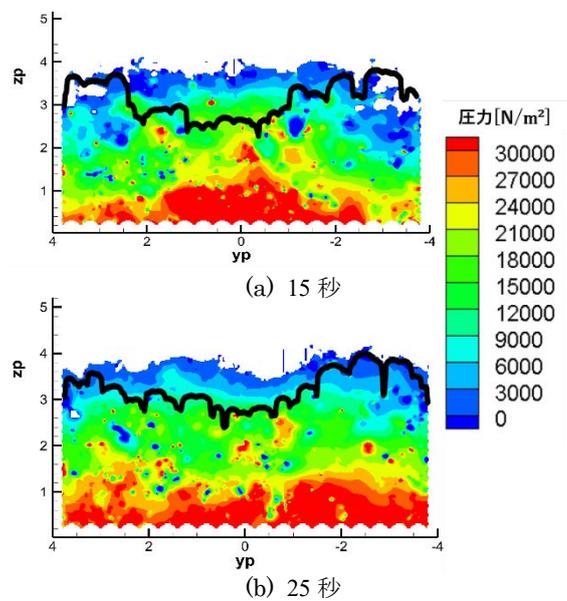


図-4 20 m での圧力コンター図

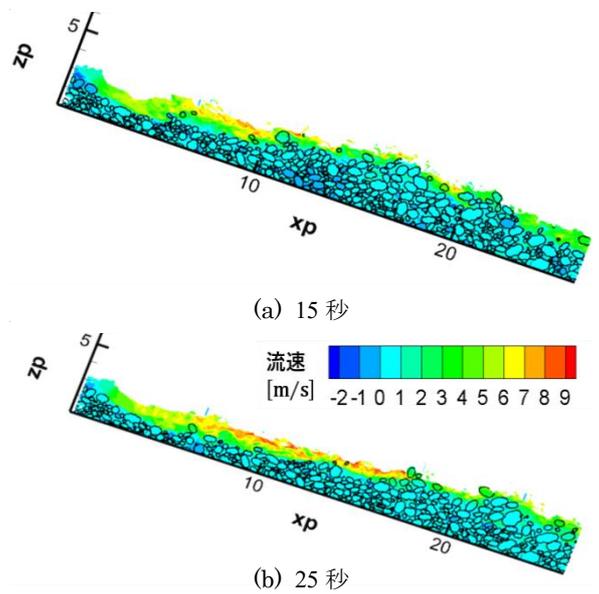


図-5 流速コンター図

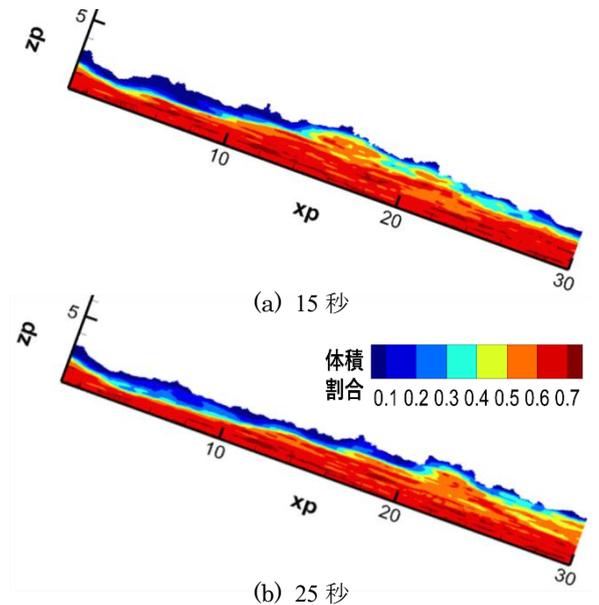


図-6 体積割合コンター図