

混合粒径砂礫からなる裸地斜面の表面浸食過程に関する実験的研究

早稲田大学理工学部 正会員 関根 正人
 早稲田大学大学院 学生会員 菱沼 志朗
 早稲田大学理工学部 学生会員 岡崎 倫大

1. 序論

降雨による裸地斜面の表面浸食に関しては従来より数多くの研究が進められてきており、その理解が深まってきた¹⁾。著者らは、これまで均一粒径砂から構成される裸地斜面の浸食過程について実験と数値解析を行うことで検討を進め、この現象を数値的に再現することもある程度可能になってきていると考える。この一方で、斜面が混合粒径砂礫からなる場合の現象を取扱った実験的検討はあまり例がないように見受けられる。本研究では、このような混合粒径砂礫からなる裸地斜面の浸食過程について取り扱う。ここでは、今後この浸食過程を数値的に再現し、その予測を可能にする上で必要となる実験データを得ること、ならびに斜面構成材料の粒度分布の違いが裸地斜面の浸食や土砂流出の特性に与える影響を定量的に評価し考察を加えることを目的とする。

2. 実験方法と条件

実験は、長さ 80 cm、幅 50 cm の水路内に土砂を敷き詰め、上方から人工降雨を与えることで発生する斜面の浸食過程について検討した。ここでは、Open-Book 型の裸地斜面を対象とすることにし、ここでの斜面は水路中心軸に対して左右対称に傾斜し、この中心軸を谷線として V 字型の横断面形状を有する。斜面の傾斜角は縦横断方向にともに 5% とした。斜面の下流端には、幅 2 cm の開口部を設け、浸食された土砂ならびに雨水はここから排出される。ただし、開口部下方にはこれを横切る方向に堰（固定壁）が設置されており、開口部における浸食が初期斜面高より 4 cm 以上は進まないように制御されている。また、人工降雨については、散水ノズルを用いて霧状のものを斜面上方から 30 分間与えることとし、降雨強度が斜面全域にわたって時間によらずに一定となるように留意した。なお、初期斜面としては全域にわたり、間隙が浸透水で満たされた飽和状態にあるものとした。測定としては、開口部からの流出水ならびに流出土砂の連続採取と斜面浸食状況に関する写真ならびにビデオの撮影を行ったほか、レーザー式変位センサーを用いた斜面全域の表面高さの計測を行った。実験で用いた斜面構成材料の粒度加積曲線を図 -1 に示す。Case 1 では平均粒径 0.105 mm の均一粒径砂を、Case 2 では平均粒径 0.214 mm の混合粒径砂礫を、Case 3 では平均粒径 0.217 mm の混合粒径砂礫を使用した。ただし、Case 3 の場合には平均粒径 1.54 mm の礫を含有させているのに対し、Case 2 ではこの礫は含まれていない。降雨強度は Case 1 では 41mm/hr、Case 2 では 46mm/hr、Case 3 では 45mm/hr であった。

3. 実験結果と考察

ここでは紙面の関係で Case 1 と Case 3 の結果を中心に説明する。図 -2 には流出水量の時間変化を、図 -3 には流出土砂量の時間変化をそれぞれ示した。図 -3 の Case 3 の結果に関しては粒径別の流出土砂量の時間変化となっている。また、図 -4 には斜面浸食状況の写真と斜面高の実測コンター図をそれぞれ示した。また、図 -4 右には下流端開口部から 12cm の位置にある断面 A-A' の横断面形状図をも示した。さらに、図 -4 の Case 3 のコンター図には、主流路内の、R 地点の平均粒径の値を併記した。以上の結果に基づき考察を加える。まず、斜面の浸食過程に関しては、いずれの場合にも、実験開始直後に下流端の開口部付近における大規模な崩落と、表面流による表面浸食とが生じ、上流に向かって主流路が伸びていくことが理解された。その後、Case 1 では主流路は直線的に成長し、かつ、側方に向かい樹枝状に支流路が形成される。それに対し、Case 2、Case 3 では主流路は蛇行しながら成長し、Case 1 に比べ顕著な支流路の形成は見られなかった。これは、混合粒径砂礫の特徴である高い浸透性が影響していると考えられる。つまり、降雨の地中への浸透量が比較的大きいために、表面流が斜面端部を横切るように主流路内へ流れ込むことが抑制され、その結果として支流路の成長

キーワード：混合粒径砂礫、斜面浸食、土砂生産、人工降雨

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1, TEL 03-5286-3401, FAX 03-5272-2915

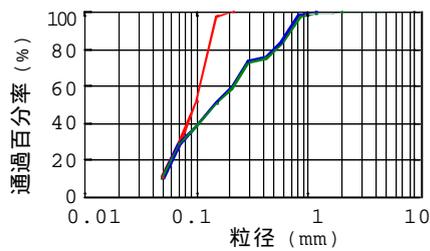


図-1 粒径加積曲線

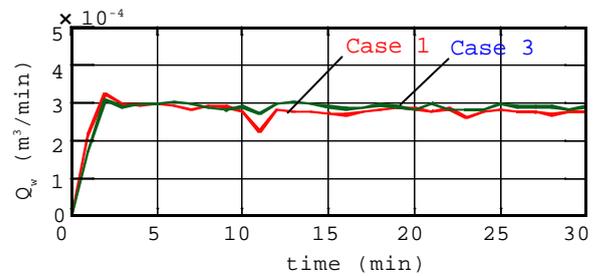


図-2 流出水量の時間変化

(a) Case 1 (b) Case 3

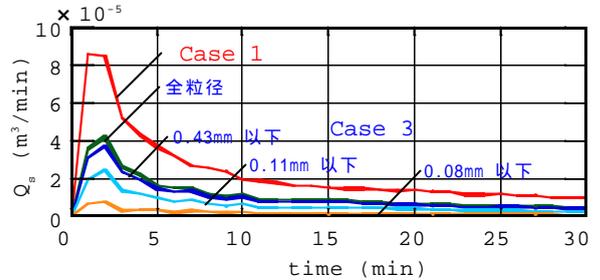
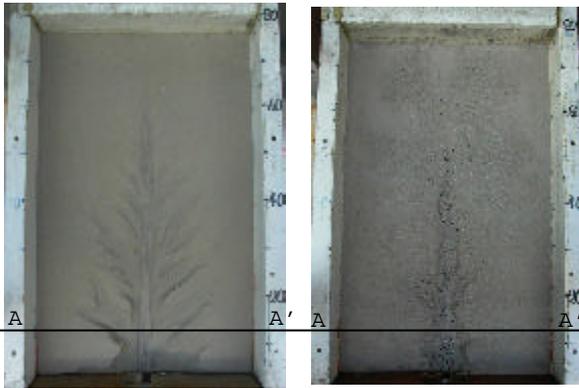


図-3 流出土砂量の時間変化

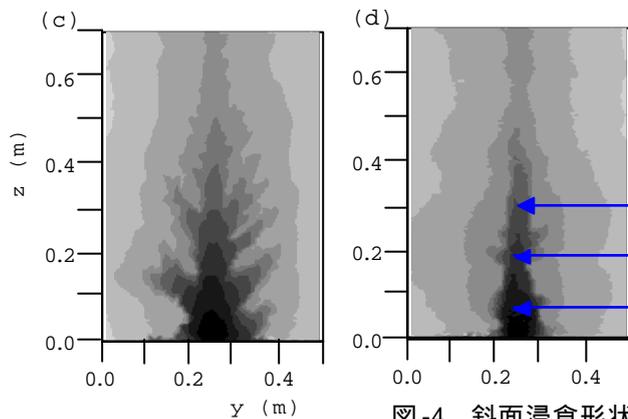
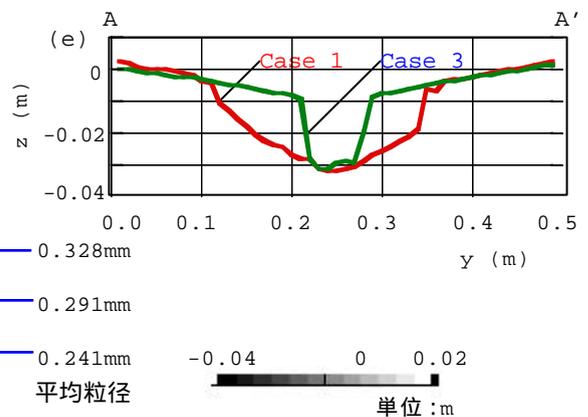


図-4 斜面浸食形状（降雨開始30分後）



(a), (b): 斜面浸食状況の写真, (c), (d): レーザー式変位センサーによる斜面高の実測コンター図, (e): 斜面横断面図(下流端から0.12m) 上段右: 斜面横断面図(下流端から0.12m)

が不活発となったものと考えられる。また、この過程により、図-4の横断面形状図からも確認できるように、主流路側面は切り立った崖のようになる。そして、浸透流の側面下部への湧き出しに加え、主流路内の流れによる側岸浸食あるいは斜面崩落が生じる。その結果、主流路内に大量の土砂が堆積し、それを迂回する流れが生じたことで主流路自体が蛇行したのではないかと考える。また、Case 3ではCase 1に比べ、主流路の幅が細くなっている。これは、Case 3に含まれる礫は主流路内の流れにおいては移動限界付近にあり、ほとんど移動が生じなくなったものと考えている。さらに、図-4に併記した平均粒径を見ると、主流路内で粗粒化が生じていることがわかる。つまり、局所的あるいはある限られた時間に限るならば、わずかに含有された礫によって主流路内がアーマーコート化することも観察された。

4. 結論

本研究における混合粒径砂礫を対象とした模型実験により、斜面からの土砂流出過程の解析にあたり、浸透流の影響が大きいことが確認された。今後は異なる粒度分布をもつ混合粒径砂礫を対象とした模型実験を実施するとともに、浸透流を考慮した数値解析モデルについて検討していく。

参考文献

- 1) G. Hancock and G. Willgoose : Use of a land simulator in the validation of the SIBERIA catchment evolution model declining equilibrium landforms, Water Resources Research, Vol.37, No.7, 1981-1992, 2001.
- 2) 関根 菱沼: 降雨により生じる裸地斜面の表面浸食とこれに伴う土砂流出に関する数値解析 水工学論文集 第48巻 2004.