

降雨による斜面浸食過程に及ぼす土砂の粒径の影響

早稲田大学理工学術院 正会員 関根 正人
 早稲田大学大学院 学生員 田中 翔真
 早稲田大学大学院 学生員 ○多田 篤史

1. 序論

山腹斜面は河川にとって重要な土砂生産源であり、降雨によって斜面が浸食されるプロセスを明らかにし、これを予測可能とすることは移動床水理学の発展にとっても流域の土砂管理においても重要である。著者らは、これまで降雨による斜面の表面浸食過程に影響を与える因子について実験的研究を進めてきているが、本研究では土砂の粒径の違いがこの浸食過程に及ぼす影響を明らかにすることを目指した。

2. 実験の概要

実験は、全長 160 cm、幅 100cm の水路内に、横断面形状が V 字型となる "Open-book" 型の斜面を形成し、水路上方から散水ノズルを用いて霧状の人工降雨を与えることで行った。斜面の縦横断方向の傾斜はそれぞれ 5 % とした。浸食実験開始時には、この斜面の空隙が浸透水で満たされた飽和状態になるよう設定した。斜面の下流端には、中心軸の延長線上に幅 4 cm の開口部が設けられており、浸食された土砂と雨水とはここを通過して流出する。砂の粒径が斜面浸食に与える影響を調べるため、異なる粒径の均一粒径の珪砂を斜面構成材料とした Case A ~ D の 4 種類の実験を行った。珪砂の平均粒径、透水係数、水中安息角等の実験条件については表 -1 にまとめて示した。人工降雨の雨滴径を 250 μ m とし、降雨強度は時空間的に一定の約 60mm/h となるように供給した。

実験時には、浸食が進行していく状況を写真ならびにビデオ画像として記録したほか、実験前後の斜面の地形形状をレーザ式変位センサを用いて面的に計測した。また、斜面からの流出水量ならびに流出土砂量を調べるため、1 分毎に斜面下流端の開口部から流出する水ならびに土砂を連続採取し、それぞれの値を計測した。計測時間は、実験開始直後から 30 分間とした。

3. 実験結果と考察

(1) 斜面浸食形状

図 -1 には、それぞれの実験において、レーザ式変位センサによって測定された浸食深のコンター図を示した。粒径は Case A, B, C, D の順に大きくなり、透水性も高くなることに注意されたい。この図より、Case D を除いて、下流端開口部から水路の中心軸に沿って主流路が発達・遡上し、そこから斜め上方に向かって支流路が形成されることが確認された。このことは、粒径が最も小さい Case A において顕著であり、最も大きい Case D では下流端開口部付近を除いて流路と呼べるものは形成されなかった。以下、各 Case の斜面浸食状況について比較する。

Case B や Case C については、斜面下流端から発達・遡上する主流路には表面流が認められるものの、Case A に比べて顕著な支流路の発達が見られなかった。実験時の観察ならびにビデオ画像などから判断すると、Case A の場合には斜面のほぼ全域にわたって表面流が生じていることは明らかであり、これに伴い表面浸食が引き起こされていることも確認された。これに対して、Case B や Case C では主流路以外の場所でははっきりとした流れを認めることはできなかった。これは透水性の違いによるものであり、相対的に見て透水性が高いほど、降雨として供給された水の多くが地表面下に浸透し、表面流としてではなく浸透流として流出することになる。この場合には、表面流がほとんど発生しないか、または発生したとしても限界掃流力を超えるほどの流れにはならないこともあり得る。Case D がこの典型であると捉えることができる。以上のことから、支流路の発達には表面浸食が顕著な影響を及ぼしていると判断することができる。なお、限界掃流力に関しては粒径の大きな Case D ほど大きな値をとる傾向にある。そこで、もし同一の状態の表面流が生じていたとしても、掃流砂としての土砂移動は Case D ほど不活発であると言える。

キーワード：斜面浸食，流路形成，土砂生産，人工降雨，斜面の透水性

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

表-1 斜面構成材料の特性値

	Case A	Case B	Case C	Case D
平均粒径 (mm)	0.11	0.24	0.47	1.1
透水係数 (cm/s)	0.026	0.079	0.12	0.51
水中安息角 (°)	41	42	44	46

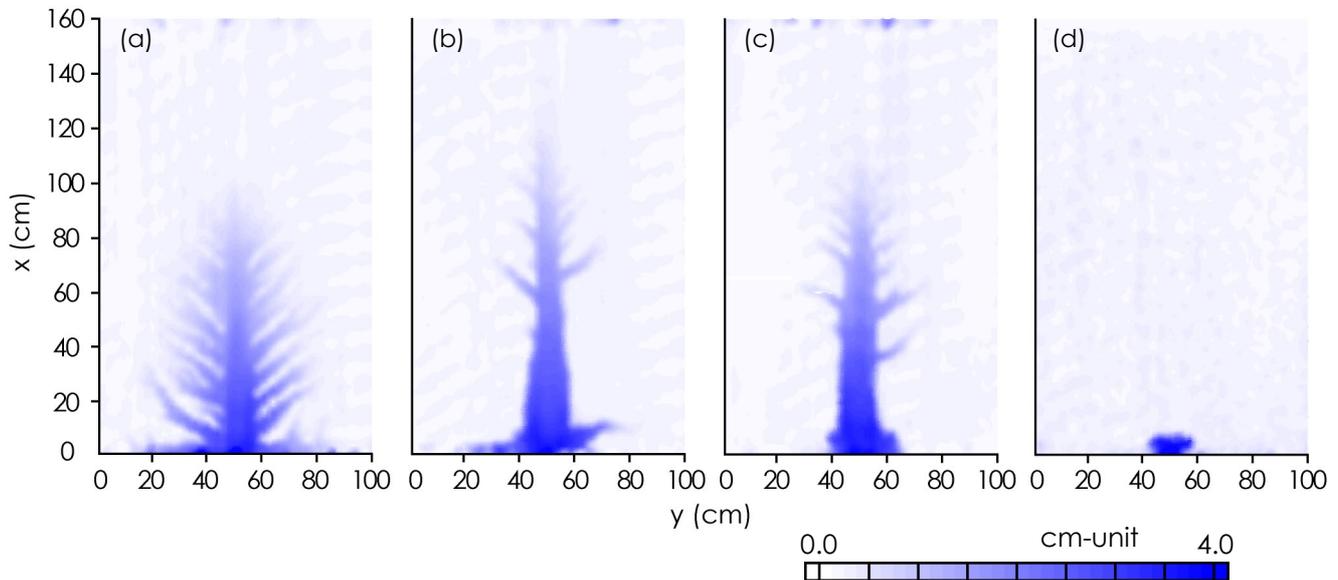


図-1 浸食深コンター図 (a) Case A, (b) Case B, (c) Case C, (d) Case D

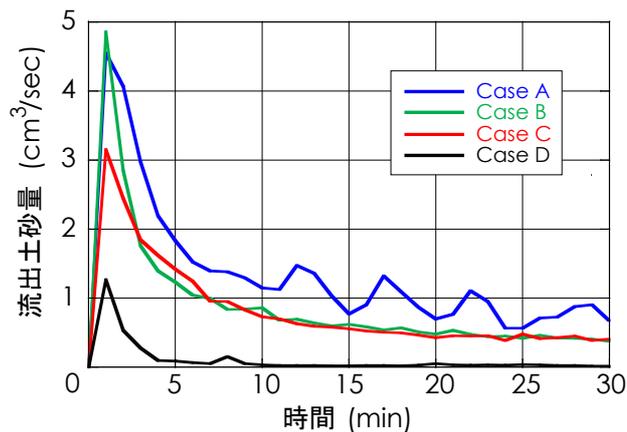


図-2 流出土砂量の時間変化

(2) 流出土砂量

図-2には下流端開口部からの流出土砂量の時間変化を示した。この図から、Case Aでの流出土砂量が最も大きいことが確認できる。また、Case Dでは実験開始から5分程度を過ぎると土砂が流出していないことがわかる。このことは前述の表面浸食の発生ならびに枝流路の発達状況と一致する傾向であると言える。Case BとCase Cを比較すると、両者は浸食状況と同様に流出土砂量の値もあまり大きく変わることはないという結果となった。これについては、土砂の透水性、安息角さらには限界掃流力などの関係から今後検討していく予定である。

4. 結論

本研究によって、砂の粒径の異なる斜面では、降雨による浸食過程に明らかな差異があることが確認された。この1つの原因として、透水性の違いが水の流れに影響していることが推測された。また、その他の要因として、限界掃流力、安息角の違いが考えられるが、現段階ではそれぞれがどのように影響しているかは明らかでない。従って、さらに多くの実験結果を比較する必要がある。

参考文献：

- 1) 関根, 大前ほか：植生の根系が斜面の表面浸食に及ぼす影響に関する実験的研究, 水工学論文集, 第52巻, 559-564, 2008.
- 2) 関根, 鍋島：植生の根系と葉系が降雨による斜面浸食過程に及ぼす影響 水工学論文集, 第54巻, 655-660, 2010.