

降雨による裸地斜面の浸食過程とそれに及ぼす土砂の粘着性の影響

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 長濱 正憲
早稲田大学 学生会員 ○横田 尚之

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、その理解が深まってきている¹⁾。著者らは、これまで砂礫のみ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かなりなところまで再現できるようになった。しかし、実斜面を構成する土砂には程度の差こそあれ粘土が含有されており、斜面浸食の過程に及ぼす粘土の影響を調べた研究が十分になされてきたとは言い難い。本研究では、著者らが近年進めている粘着性土の浸食実験において蓄積してきた実験手法のノウハウと得られた知見とを生かして、このような粘土を含む裸地斜面の浸食過程について実験的に検討した。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、などを目的とする。

2. 実験の概要

実験は、長さ 160 cm、幅 100 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引き起こされる斜面の浸食状況や流出土砂量などを計測しつつ行われた。ここでは、前論文²⁾と同様に Open-Book 型の裸地斜面を対象とすることにし、水路中心軸に対して左右対称に 5% の傾斜角をもち、中心軸を谷線とする V 字型の横断面形状を有する斜面を初期状態とする。斜面の下流端には、幅 4cm 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のみ排出される。ただし、開口部下方には堰（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 以上に及ば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主として 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、降雨停止後の斜面形状をレーザー式変位センサーを用いて計測した。実験斜面の形成方法は、珪砂 7 号と TA カオリンを所定の比率になるように水を

加えて均一になるまで混合し、水路上で十分脱気する。その後、斜面上部をシートで被い、そのシートの上に水深 10 cm の水を張って、この水圧下で 1 日自然圧密をかける。十分な圧密の後、供試体上部の水を静かに排出し、シートを取り外してから斜面表面を整形したものを初期斜面とした。ここでは、珪砂 7 号のみの場合、珪砂 7 号に TA カオリンを 10 % 程度均一に混ぜ込んだ場合、さらには TA カオリンを 15 % 程度混ぜた場合、の 3 通りの実験を行った。降雨強度は、時空間的に一定の 60.4mm/h とした。

3. 結果と考察

粘土含有率が 0 %、10 % の場合について、降雨開始から 30 分後の浸食状況と斜面高コンター図を図-1 に示した。なお、粘土含有率が 15 % の場合に限り、浸食量自体が少ないことを考慮して実験を 60 分まで継続した。30 分後の写真、60 分後の写真、ならびに 60 分後の斜面高のコンター図を示している。図-2 に流出水量の時間的变化を、図-3 に流出土砂の時間的变化をそれぞれ示した。以上の結果に基づき考察を加える。

斜面の浸食過程に関しては、いずれの場合も、浸食は下流端の開口部付近から始まり、時間の経過とともに主流路が上流側に遡上していく。ただし、砂のみの斜面では、主流路の側方からの水および土砂の流入が活発である。その為、側方への浸食が卓越するために、枝流路が左右に大きく伸びた流路パターンとなる。これに対し、粘土が 10 % 含有されるだけでその浸食パターンが大きく異なり、(1) 浸食は緩やかに進行し、流路の発達ならびに遡上速度も小さい、(2) 縦浸食（下方への



写真-1 実験装置の概要：

キーワード：裸地斜面、表面浸食、粘着性、降雨、斜面崩落、水みち

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

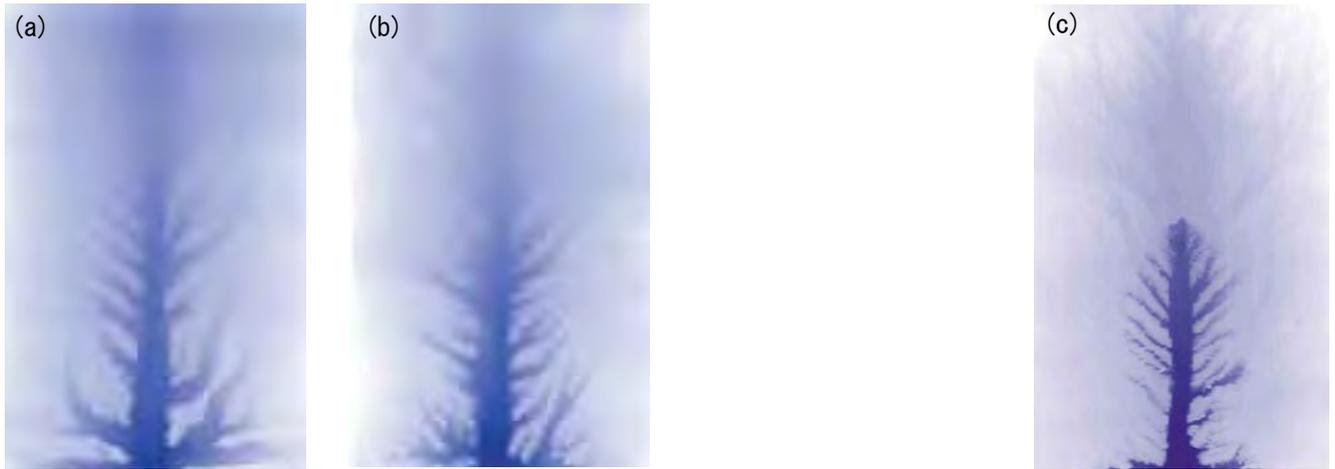


図-1 粘土含有率の違いによる浸食パターンの違い：
下段が斜面高のコンター図を表す。(a), (b) は降雨開始から 30 分後、
(c) は左の写真は 30 分後、それ以外は 60 分後

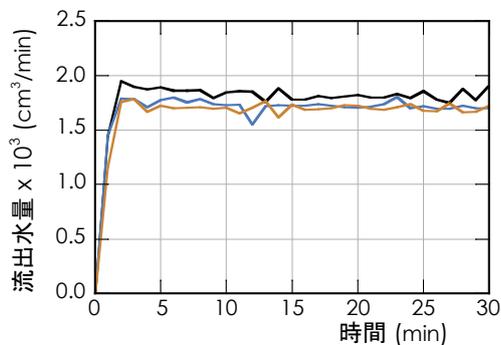


図-2 流出水量の時間変化

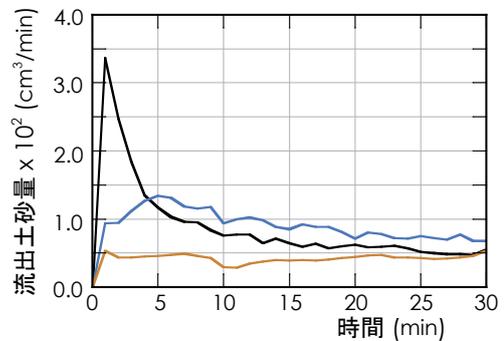


図-3 流出土砂量の時間変化

浸食)が卓越し、幅が狭く深い主流路となり、側岸も切り立ったものとなる、(3)主流路・支流路ともに発達抑制され、浸食を受ける範囲が限定されるため、流路群の形成スケールが小さくなる。斜面材料に占める粘土の比率が高いほど、次のような要因が働くためと考えられる。すなわち、(1)耐浸食性の向上により、表面浸食自体が起こり難くなる、(2)粘着性の向上により、流路側岸の斜面崩落が起こり難くなる、(3)透水性の低下により斜面土中から主流路への湧き出し(すなわち復帰流)が抑えられ、一部これにより誘発されていた側岸浸食が抑制される、ことなどである。

4. 結論

本研究では、粘着性斜面の浸食過程を実験的に検討することで、浸食のパターンならびに形状に現れる粘

着性の影響を明らかにした。粘土分の増加により耐浸食性が高まると、側方浸食(横浸食)が抑制され、下方浸食(縦浸食)が卓越した現象となり、幅が狭く深い流路が形成されることが理解された。また、主流路・支流路ともにその発達が抑制され、浸食を受ける範囲が限られてくる傾向にある。

謝辞：本研究の遂行に当たり、日本学術振興会科学研究費基盤研究(C)(研究代表者：関根正人、No. 17560463)の助成を受けた。

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, 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.