

## 降雨による斜面浸食と流路群形成に及ぼす斜面勾配の影響

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 ○ 石川 学  
 早稲田大学大学院 学生員 多田 篤史  
 東京都(研究当時, 同上) 正会員 田中 翔真

### 1. はじめに

著者らは、これまでに豪雨により発生する斜面の表面浸食現象に注目した実験的な検討を進めてきている。これは、斜面浸食のみならず斜面から生産される土砂量を把握する上では、条件を系統的に変化させた移動床水理実験が必要と判断したためである。一連の研究を通して、この浸食現象に与える降雨特性の影響、斜面構成材料の粘性ならびに透水性の影響などが明らかになった<sup>1)</sup>。本研究では、これまでの研究と同様の Open-book 型の斜面を模擬斜面として対象とするものの、縦断勾配を変化させた一連の実験を行い、斜面勾配の違いによる重力の効果が斜面の浸食ならびに流路群形成にどのような影響を及ぼすかについて明らかにすることを目指した。

### 2. 実験の概要

実験は全長 160cm, 幅 100cm, 高さ 20cm の実験水路において行った。水路上方には散水ノズルが設置されており、水路全体に均一な人工降雨を供給することができる。本実験では、雨滴径 250 $\mu$ m, 降雨強度 60mm/h の雨を 30 分間にわたって与えるものとした。模擬斜面は水路内に珪砂(平均粒径 0.15mm)を敷き詰めることにより形成された。その形状は横断方向に 5% の勾配をもつ Open-book 型のものであり、これを縦断方向に 2% ~ 8% の範囲で傾けた斜面を対象とした。ただし、初期斜面を作成する際には縦断勾配を 0 とし、斜面全体にわたってその間隙が飽和状態にあることを確認している。水路の下流端は固定壁で仕切られており、その中央部には幅 4cm, 深さ 4cm の開口部が設けられている。浸食して輸送された土砂は水とともにこの中央部から流出するような構造になっている。

本論文で説明する実験は次の 3 通りの条件で行われたものである。これらの違いは縦断勾配だけであり、その他の条件はすべて同一に設定された。縦断勾配は Case A の場合に 2%, Case B の場合に 5%, Case C の場合に 8% である。横断勾配が 5% であることから、初期斜面の最急勾配の方向が、Open-book 型の斜面の谷線(後掲の図-1 中の x 軸に平行)となす角度は、Case B の場合に斜め上方に 45° であるのに対して、Case A ではこれより大きく、Case C ではこれより小さいことになる。

実験時には、斜面形状の時間変化を画像として保存したほか、斜面下流端の開口部からの流出土砂量ならびに雨水の流量を 1 分毎に連続計測した。また、実験前後の斜面表面の標高データをレーザ式変位センサを用いて面的に計測し、浸食深のコンター図を作成した。

### 3. 斜面浸食によって形成された流路と流出土砂量に関する考察

図-1 には Case 毎に得られた斜面の浸食深コンター図を示した。この図では、浸食深の大小が青色の濃淡で表されており、濃い青色の部分ほど深く浸食されていることを意味する。本論文では、浸食により生じたこの部分のことを流路群と呼ぶ。この図を見るとわかるように、下流端中央の開口部から遡上して斜面上方に伸びる「主流路」と、主流路の側方から斜め上方に伸びる「支流路」とが形成されている。図-1 を見ながら、斜面の縦断勾配の違いによって主流路ならびに支流路の形状にどのような差が現れるかを考察する。まず、主流路については、縦断勾配が大きいほどより上流まで遡上することがわかる。降雨量一定の条件下では下流端から流出する流量は勾配によらず一定となる。そのため主流路内の流れは勾配が急であるほど流速(言い換えれば掃流力)の大きなものとなるほか、斜面の局所勾配が安息角を超える頻度が増すことになる。この結果として、表面浸食のみならず斜面崩落が顕著となり、より広い範囲にわたって浸食を受けることになる。また、流路内を流れる雨水の流量は先端(上流端)に向かうほど小さくなるため、主流路の幅は小さくなる傾向にある。なお、勾配の小さな Case A の場合の主流路の幅が

キーワード：斜面浸食, 流砂, 流路群形成, 土砂生産, 斜面勾配

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

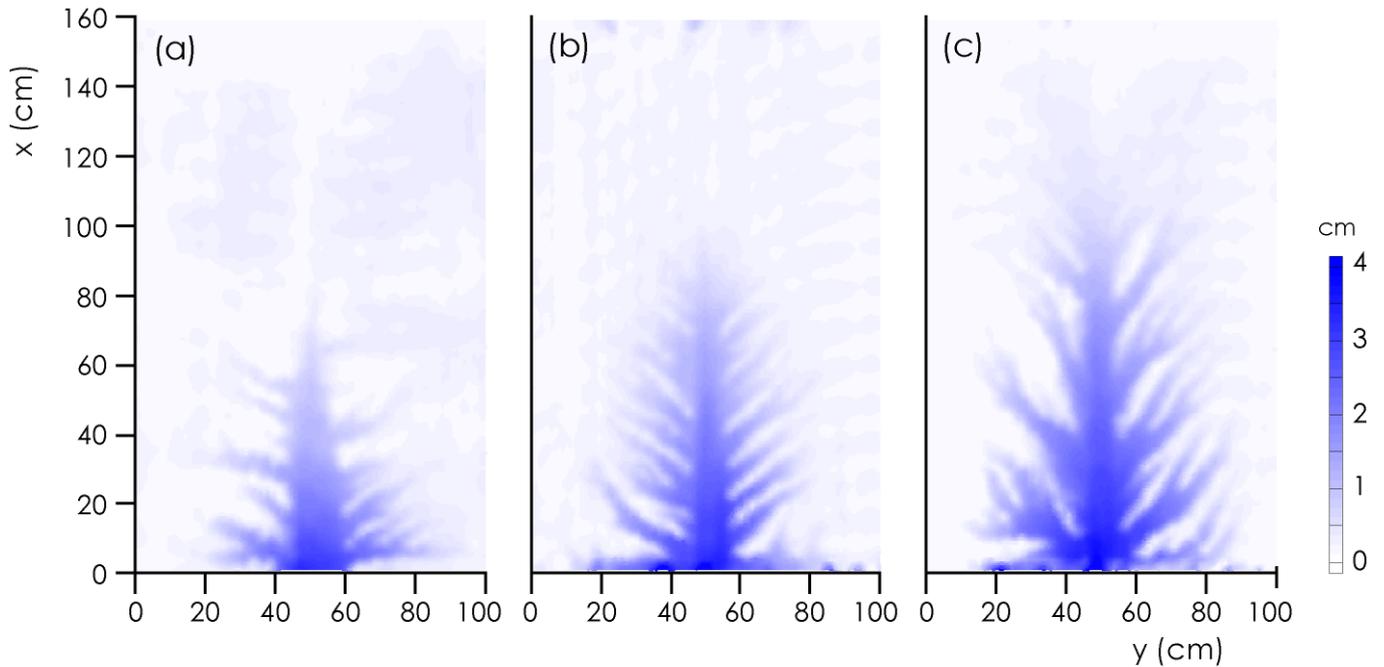


図-1 斜面の浸食深コンター図 (a) Case A (2%), (b) Case B (5%), (c) Case C (8%)

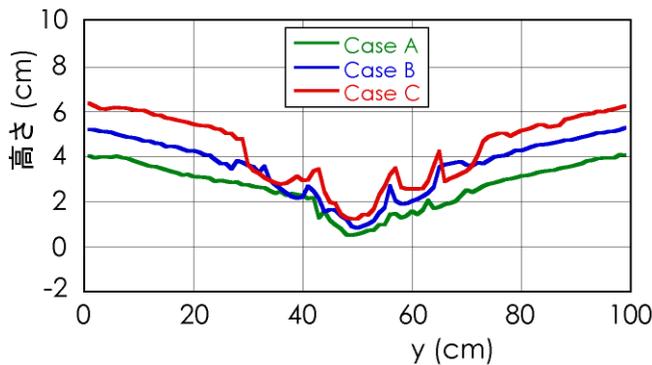


図-2 横断形状図 (x = 40(cm) の断面)

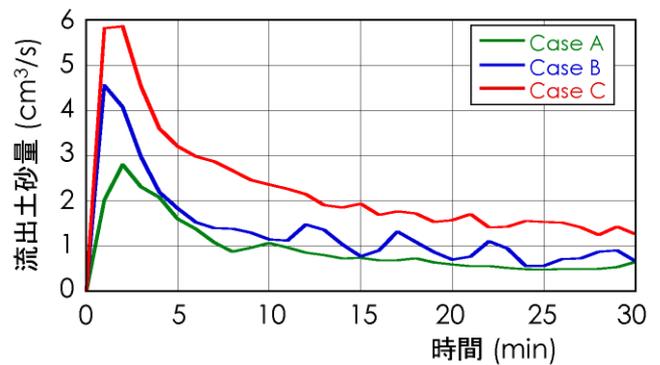


図-3 流出土砂量の時間変化

他に比べて大きいのは表面流の水深が相対的に高くなるため、横断方向に広い範囲にわたって水面下に没し、水流の浸食に曝されることによると考えられる。一方、支流路に関しては、縦断勾配が大きいほどその発達が顕著であることがわかる。また、支流路が伸びる方向は、前述した最急勾配方向とほぼ一致する。さらに、流路の先端部に近いほど幅が小さくなる傾向にあり、流路の分岐も確認できる。これは Case C において顕著であった。

図-2 は下流端から 40cm の横断側線上で計測された斜面形状を比較したものである。また、図-3 には流出土砂量の時間変化を示した。これらの図から、縦断勾配が大きいほど浸食が顕著となり、しかも流出土砂量が大きくなることがわかる。

#### 4. おわりに

本研究では、斜面の縦断勾配が流路群の形成ならびに斜面浸食量に及ぼす影響を明らかにした。浸食により支流路が斜面の最急勾配の方向に伸びていくことや、縦断勾配の違いにより、流路の幅や長ささらには支流路の分岐などに影響が現れることがわかった。

#### 参考文献：

- 1) 関根正人・田中翔真・多田篤史：斜面浸食により形成される流路群とこれに及ぼす材料の透水性および粘着性の影響，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69，No.4，I\_1021-1026，2013.