

降雨による斜面の表面浸食過程に及ぼす植生の根系の影響に関する実験的研究

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 学生会員 ○大前 謙友
 早稲田大学大学院 学生会員 松島 貴之
 中日本高速道路(株) 正会員 長濱 正憲

1. 序論

山腹斜面は河川にとってのひとつの土砂生産源であるが、この斜面が植物で被われている場合には、土壌育成、浸食防止、降雨の一次貯留、水質改善ならびに生態系の安定化などを期待することができる。また、葉の被覆による降雨の分散や地表の浸食防止、根系による斜面表層の緊縛効果・杭効果などは、斜面崩壊の防止や安定化に大きく寄与している。とりわけ浸食に弱い砂質の斜面の場合には、根系が土砂を捕捉することで表層の浸食や崩壊を抑制する効果大きい。著者らは、これまで砂により構成された裸地斜面の浸食過程に関する実験的研究¹⁾を進めてきたが、本研究ではこのような斜面が植物によって被われている場合に注目し、植物の根系がこの浸食過程に及ぼす影響について調べる。ここでは、植生に被われた斜面(以下、これを「植生斜面」と呼ぶ)と裸地斜面のそれぞれに対して、人工降雨を与えることで浸食実験を行い、根系によって斜面の浸食ならびに土砂流出がいかに抑制されるかを明らかにすることを目的とする。

2. 実験の概要

実験は、全長 160 cm、幅 100 cm の水路内に、著者らのこれまでの実験¹⁾と同様に、縦横断方向に 5% の傾斜を持ち、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 7 個の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。降雨量は、時空間的に均一となるよう調節して与え、その平均降雨強度は 60.6 mm/h であった。霧状の雨であるため、雨滴衝撃による影響は無視できる。ここでは、後述するエンバクを二通りの間隔で播種・育成した植生斜面と、植生を有しない裸地斜面とを対象とし、その構成材料として珪砂 7 号(平均粒径 0.105 mm)を用いた。浸食実験開始時の初期斜面は、空隙が浸透水で満たされた飽和状態とした。この斜面の下流端には、中心軸の延長線上に幅 4 cm の開口部が設けられており、水と浸食された土砂とがここを通過して流出する。

エンバクは、主根を深く伸ばすイネ科の一年草であり、短期間で育成可能である。本研究では、育成期間を播種後 12 ~ 14 日とし、播種間隔を 3 cm または 4 cm とした 2 ケースの実験を行った。ここでは、根が耐浸食性の向上にいかに関与するかに注目するため、実験直前に地表面から高さ約 4 cm の位置で茎を切り、地上部を切り揃えた。植物の発育に関しては、試行錯誤の末この程度の期間で十分であることを確認してある。参考までに 4 cm 間隔で播種したケースについてのみふれると、浸食実験開始時の植物の地表面からの高さは 12 ~ 33 cm (平均 26.2 cm)、茎の太さは 1.0 ~ 1.8 mm (平均 1.3 mm) であり、主根の長さは平均 5.5 cm で程度であった(写真-1 参照)。

ここでは、降雨開始から 30 分間の浸食過程について説明するが、この間、実験時に浸食が進行していく状況を写真ならびにビデオ映像として記録した。斜面の地形形状に関しては、実験前後にレーザ式変位センサーを用いて面的な計測を行った。また、斜面下端からの流出水ならびに土砂については、1 分毎に連続採取し、それぞれ計量した。植生については、植生密度、茎の太さ、切断前の地上部の高さ、根の長さなどを計測した。実験前後の含水比についても計測を行った。

3. 実験結果と考察

(1) 斜面浸食過程

図-1 には、浸食実験終了時に撮影された写真と計測された浸食深のコンター図を一組として、合計 3 ケース分の結果が示されている。いずれのケースとも斜面下流端の開口部付近から浸食が始まり、時間の経過とともに主流路が上流側に遡上していくことが理解された。実験後の主流路の長さは、(a) の裸地斜面の場合で 133 cm、(c) の植生斜面で 123 cm であった。斜面が浸食を受け流路が形成されていく過程には、表面流の掃流力による表面浸食と側岸ならびに流路のフロントにおいて生じる斜面崩落の 2 つの浸食形態が確認できる。植生根系の土砂捕捉効果は主として斜面崩落を抑制するが、これが表面浸食の減少にも寄与した結果、浸食範囲が狭まったと考えられる。

植生斜面では、流路が植生を回避して遡上していくため、植生の背後で浸食が少ない。主流路の規模をその幅で示すと、下流端より 20 cm 地点で裸地斜面で 9.6 cm、(c) の植生斜面で 6.3 cm となり、上流に向かうにつれてその差は大きくなった。また、植生を有する斜面では、流路の側岸が安息角以上の急斜面になっている箇所が多く見受

キーワード：斜面浸食，土砂生産，人工降雨，植生

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

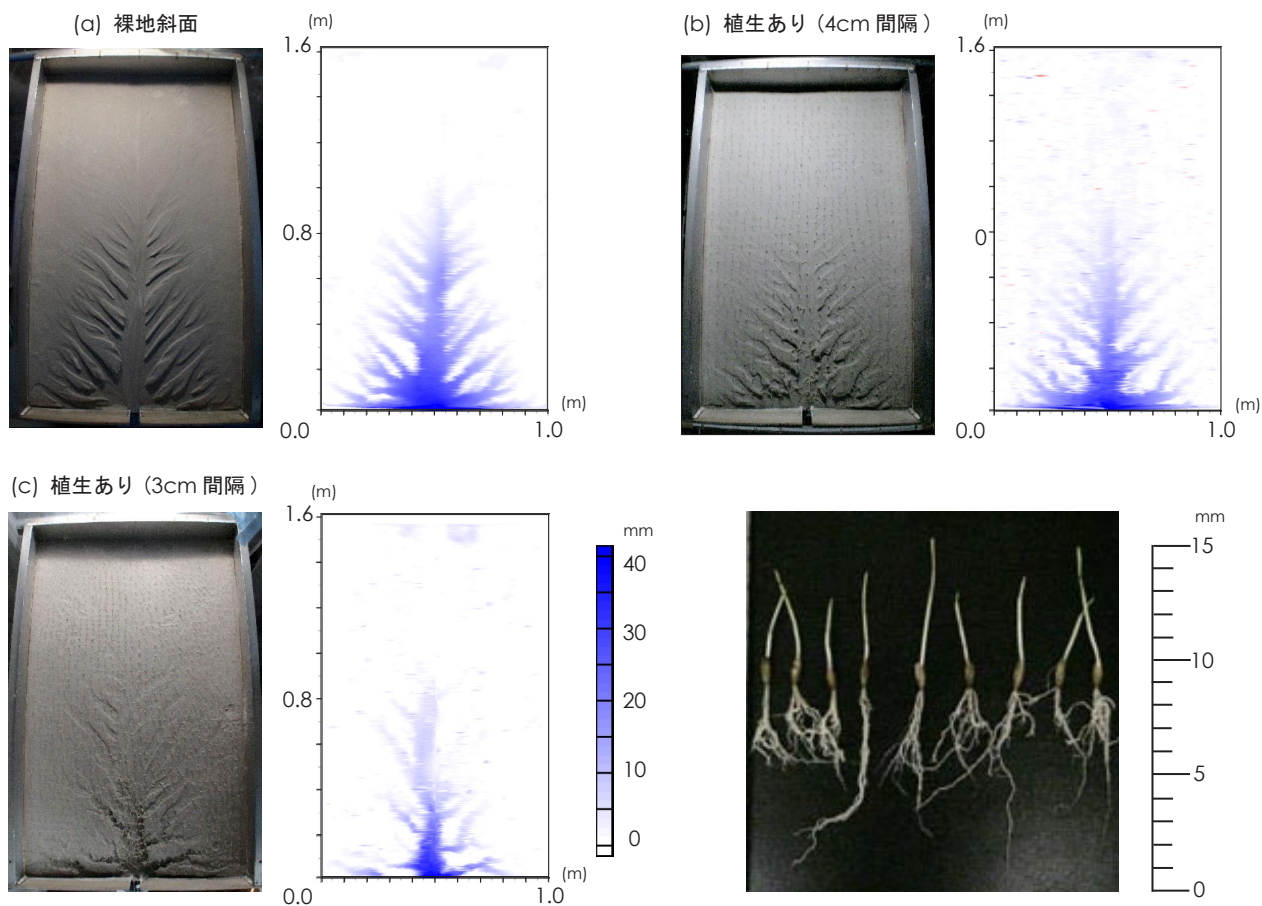


図-1 斜面浸食状況(降雨開始30分後)

それぞれ左側が実験終了時に撮影された写真、右側が計測された浸食深のコンター図を表す。

写真-1 エンバクの根茎形状(播種12日)

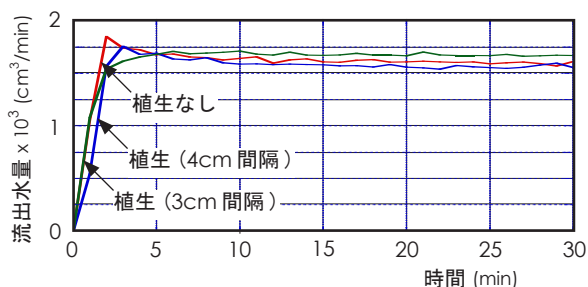


図-2 流出水量の時間変化

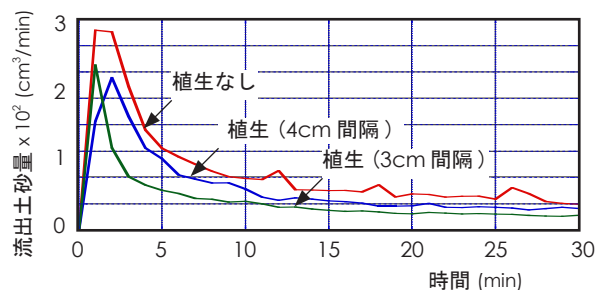


図-3 流出土砂量の時間変化

けられた。このように、浸食量のみならず流路の形成過程にも植生の影響が顕著に現れることが理解された。

(2) 土砂流出特性

斜面下流端の開口部から流出した水ならびに土砂の単位時間当たりの重量を、図-2ならびに図-3に示す。流出水量に関しては、実験開始後4分程度でほぼ一定となり、裸地斜面・植生斜面ともに降雨量とほぼ等しくなった。また、流出土砂量に関しては、植生斜面の方が裸地斜面に比べて小さくなった。これは、植生根系による斜面崩落の抑制効果によるものと考えられる。降雨開始から10～30分後の時間帯には土砂流出がほぼ一定となるが、これは主として表面浸食によるものである。最後に、植生密度の異なる二通りの実験結果から、植生間隔が小さくなるほど浸食量が減少する傾向も見て取ることができる。

4. 結論

本研究では、今後の研究の第一歩として、エンバクという植物を対象として、植生の根が斜面の浸食に及ぼす影響を実験的に明らかにした。その結果、植生の根によって斜面の耐浸食性が大きく向上することが理解された。

参考文献：1) 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。