

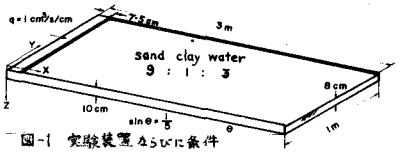
裸地斜面における流路の形成過程に関する研究

京都大学防災研究所 正 芦田和男

大学院学 田中健二

坪倉 伸

1. まえがき 斜面からの流出土砂量を水理学的に予測するには、斜面上の流路の配置を決定することが前提となる。本研究は、裸地斜面における流路の形成過程を屋内実験によって模擬発生させ、現象を支配する法則を見い出そうとするものである。



2. 実験の概要 図-1のような水路に平坦に敷きならした斜面の上流から sheet flow を供給し、図-2 に示すようにそれが一旦多数の流路に分裂した後、やがて合流が生じ、しだいに少数の流路へ淘汰されていく過程を、地形と水量を測定しながら追跡した。斜面構成材料は、1mmの均一砂とベントナイトと水を重量比9:1:3に練り混ぜた「粘土分を含有する砂」で浸透はほとんど生じない。この材料の性質や、侵食ならびに流砂機構については、以前に一部報告している。

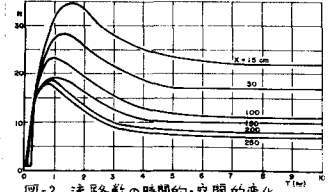


図-2 流路数等の時間的・空間的变化

通水は断続的に累計10時間行ったが、写真-1からもわかるように、初期の約1時間とそれ以後の現象にはかなりの相違があり、また全体として、流下方向にも時間的にも変化速度が漸減する。しかし局所的にみれば、10時間経過した時点においてもなお変化は続いており、決して静的な平衡状態が達成されたわけではない。写真-2は、実験終了時の斜面全体に石膏を流し込み、流路痕跡を型どりして土砂を取り除いたもので、通水初期からの斜面のたどった経過をほぼ忠実に集約している。これを写真-1と比較すると、流路の肩部(比較的初期の流心線)と底部(10時間後の流心線)では蛇行の位相や振幅が異なり、河床低下と、時間的に発達しながら伝播する蛇行との重なった、きわめて複雑な侵食の様相がうかがえる。

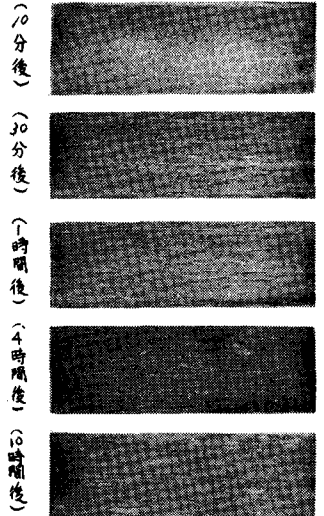


写真-1 斜面の時間的变化(左が上流)

図-3は下流端における流出土砂量を示したもので、初期には粘土分が多く、砂分は少ないが、まもなく前者は急減、後者は急増して、数十分からは両者とも時間的にほとんど変化しなくなっている。これは、図-1に代表されるような流路配列に関する諸量が数時間にわたって変化することとくうすると、きわめて興味あることがうかがえる。そのような状態においてもなお流出土砂の粘土分の比率が初期の斜面構成材料のそれよりも大きいのは、わずかの浸透流による溶脱現象のためであろう。



写真-2 流路痕跡(凹凸は逆転)

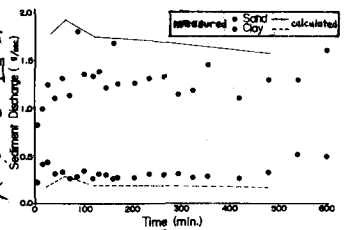


図-3 流出土砂量の時間的变化

図-4に示すように通水後10分では斜面の凹凸は1mm程度で、水は表面全域を流下しており、その深部を達しても独立した経路とはならず複雑な網目を構成している。また、土砂輸送能力が小さいため、侵食を受けても砂分はすぐ下流で容易に堆積をくり返し、網目の構造は激しく変動する。約1時間からはこれらの凹部の淘汰と緩侵食が相まり、進み、一旦涸渇した部分に新たな流路が形成されることはまれになって、網状の流路パターンはしだいに平行に近い樹枝状のものへと移行する。4時間後にはオーバーハングや振幅などの横侵食がみられ、10時間後にはそれがい、もう顕著になる。

個々の流路のパラメータは図-5にみられるように分散が大きい。横断方向に平均操作を行なった場合、図-6のようにかなりの相関性をもつものも多い。

3. 考察 実験中、水深や流速などの水理量もできるだけ詳しく測定したが、精度上の問題があるので、流出土砂量の検討にあたっては、図-4から流水幅を読みとって、広長方形断面としての単位幅流量を求めた。完全粗面乱流の抵抗係数は、相対粗度と α （固定床の場合は u_*^2/gd ）の関数であるが、ここでは条件の類似した別の実験結果²⁾からつぎのように仮定した。

$$f = 0.9 (d/R)^{0.9} \quad \text{ただし } i = 1/5$$

また有効掃流力は次式で算出している。

$$u_{*e} / u_* = \sqrt{8/f} / \{6.0 + 5.75 \log_{10} (i/d)\}$$

これを著者らの侵食モデル¹⁾に入れて斜面全体での剥離量を求めると、図-3に示したように、砂分はややゆめに粘土分はやや少なめに計算された。計算値では、流出土砂量が時間とともにわずかに減少しているが、侵食面積を流水幅の総計と斜面長の積としているので、蛇行による流路延長の増加を考慮して補正するとほぼ一定値になる。

ところで、流出土砂量を予測しようとするれば、流路の配置や流路幅自体が未知であるから、まずそれらを予測することが前提となる。流路の配置が決まれば各流路の流量が求まり、さらに流量と流路幅との関係を仮定すれば一応流出土砂量が計算できることになる。しかしながら流路の形成過程は決して独立に論じられるものではなく、土砂の移動と密接な相互作用を及ぼし合っており、不規則性もきわめて強いので、その全体的な傾向を直接に求めることは困難である。そこで今後の研究の進め方としては、時間と空間をある大きさに分割して、土砂水理学的な関係を考慮しつつ平衡の概念をも加味した確率過程として現象を模擬し、その統計的な性質を把握していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 芦田・田中: 粘土・砂混合河床における流砂機構に関する研究(II), 48年土木学会
- 2) 芦田・奥村・田中: 斜面侵食に関する実験的研究, 京大防災研究所年報第16号B

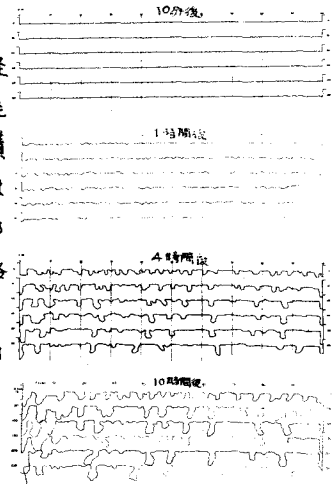


図-4 横断地形(縦横同縮尺)
[各時刻、上から $x=15, 50, 100, 150, 200, 250 \text{ cm}$]

