

京都大学 大学院 学生員 藤田 学
 " 防災研究所 正会員 芦田 和男
 " " 正会員 澤井 健二

1. まえかき 斜面侵食流路は、オーバーハングを伴う穿入蛇行や階段状縦断形状など、3次元的にきわめて複雑な形態を呈することがわかっており、このことが出水ならぬに土砂流出機構に大きな影響を及ぼしているものと思われる。本研究は、そのような急勾配移動床流れのエネルギー消費過程や流路変動過程を単に平均的な議論にとどまらず、内部機構にまで立ち入って、水理学的に解明しようとするものであり、従来、概念的な観察の域を出なかった、流れの3次元形状の詳細な測定に基づいて、いくつかの考察を進めるものである。

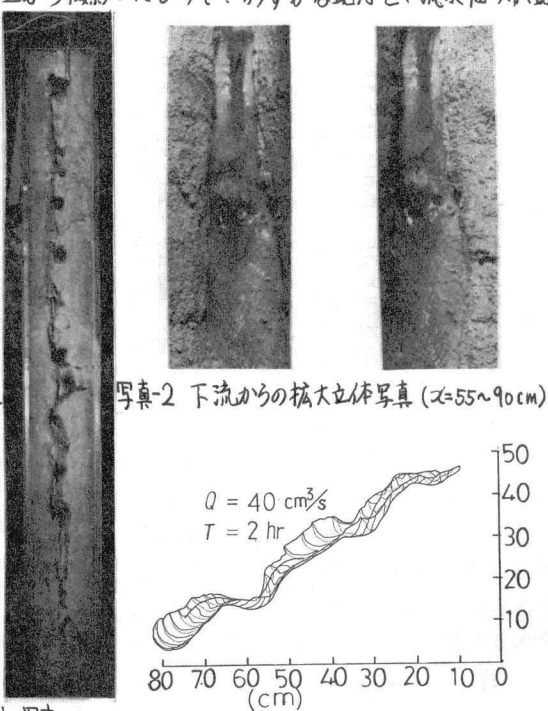
2. 実験方法ならぬに概況 斜面材料は、前報⁽⁴⁾と同じく、砂とバントナイトの混合物で、長さ2m、勾配2/3の斜面に、初期条件として幅1cmの長方形断面をもつ直線状の溝を切り、上流($x=10$ cm)から40cm³/secの給水を行なった(前報のRun 1に対応)。測定項目は、水面形状と流路形状であるが、通常のポイントゲージによる水位と河床位の読み取り法では、それらを立体的に把握できるだけのデータを得るのに、膨大な時間を要するので、ポテンショメータとX-Yレコーダ⁽⁵⁾を用いて、2次元までの記録を自動化し⁽⁵⁾、縦断方向5mmごとに、横断面図を作成した。それでもなお、1断面に3分間、81断面(約3波長)では約4時間を要するので、何らかの方法で侵食を抑制しなければ、測定中に形状がかなり変化してしまう。そこで、測定前にいったん停水し、ラッカーを吹きつけて表面を固めてから改めて給水を行ない、測定が済めば、シンナーを流してラッカーを溶解させた後、再び侵食を継続させるという方法をとった。オーバーハングした部分は、現象に影響しない範囲で適宜削り取っている。

写真-1は、通水3時間後に、色素を投入して、斜面真上から撮影したもので、あずかな蛇行と、流水幅の脈動を繰り返しながら流下している様子がうかがわれる。また、濃く写っているのは水深の大きい所で、プール状の部分と滝状の部分が交互に並んでいるのがわかる。

写真-2は、その一部分を拡大して下流側から撮影したもの(2時間後)で、横断面内における壁面に沿った水面形や、逆に、中央部の著しく盛り上った水面形など、様々なものが見られる。このような現象は、等流状態においては存在し得ず、急勾配や断面形の急激な変化を伴う流れに特有のものである。

図-1は、通水2時間後の鉛直横断面を、水路中心を通る鉛直縦断面の上に回転投影して、その包絡線を描いたもので、流れの状況をほぼ忠実に表わしているが、流れを解析するには、鉛直横断面よりも、主流に直交する横断面をとった方がよい。しかしながら、それを正確に行なうことはきわめて困難で、何らかの簡略化によって、断面形状を代表させるパラメータの抽出が必要であろう。

3. 実験データの処理方法 先に述べたように、斜面侵食流路では、湾曲がなくても、横断方向に水位が一定⁽¹⁾ 写真-1
 とならないが、一次元解析法を適用するには、各断面の (真上から) 図-1 鉛直横断面の回転投影 (2時間後)



代表水位を考慮する必要がある。また、流路形状の表現としては、流下方向に底勾配と流路幅が変化する。長方形断面水路で置き換えるのが、比較的簡単である。そこで、断面内の平均流速、幅、水深および流心の位置が同じになるような長方形断面を図-2のような方法で求めた。すなわち、元の図形の面積を縦横にそれぞれ1:2:1に分割するような直線(x_1, x_2, y_1, y_2)によって囲まれる長方形を中心O(縦横の2等分線の交点)まで移動し、元の図形の面積と一致するように拡大する(これは、比較的単純な操作によって機械的に定めたものであり、必ずしも水理現象に立脚した手法ではない。)

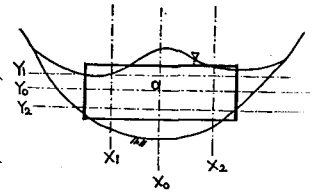


図-2 任意断面の長方形近似

図-3は、先の鉛直断面のデータより、このようにして求めた長方形断面流れの縦断面図と平面図であり、これから主流に垂直方向の断面平均諸量を求め直し、流下方向にプロットしたものが図-4である。ただし、横軸は、 $t=2$ hrの流心線とでの座標である。また、図中、白丸印で表わしているのは、Regime論による流量と流水幅の関係⁶⁾ならぬに、芦田・澤井の平衡断面理論より算定した平衡値である。

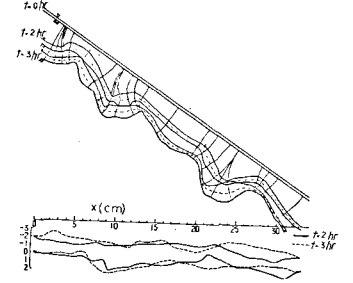


図-3 長方形断面の縦断面および平面形状

4. 考察 図-4の最下段は、 $t=2\sim3$ hrにおける侵食速度を表わしているが、場所によって大きく異なっている。これまでの実験から等流下でのこの材料の侵食速度は、摩擦速度に比例することがわかっている²⁾ので、それを拡張してこの図を摩擦速度の分布を表わすものと読みかえよう。抵抗係数が一定でかつ流れが等流に近い場合には、流速係数も一定(約7)となり、図-4における V と u_{*c} にも局所的に見れば対応する区間もあるが、総体的にはその対応関係が明確でない。すなわち、フールから急傾斜部への遷急点では、クレスト直下流の侵食力が小さく、流線の曲がりによる影響が見られる。逆に、勾配の急に減少する地点では、きわめて大きな侵食力が作用し、フールが急速に発達する。ことに、 $t=2$ hrにおける $\alpha=23$ cm付近のように、射流のよまで勾配が変わっている場合には、最大の侵食速度が現われている。しかし、 $t=3$ hrにおいては、その地点はもはやフールと化し、侵食力は激減しているはずである。このような現象によって、流路がある安定な形状を形成するか、それともどこまでも変形をくり返すかは、きわめて興味深い問題であり、今後、さらに定量化をはかっていきたいと考えている。

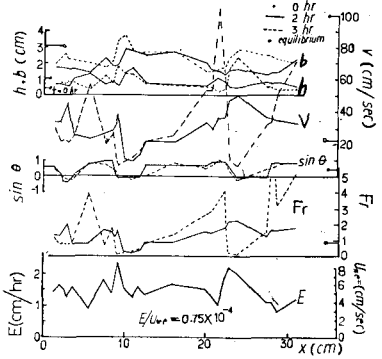


図-4 断面平均量の流下方向変化

一方、流路の横断面形状について考えれば、初期断面は、平衡断面に比べてきわめて小さく、急速に拡大していることがわかる。侵食が進行して、流水断面がある程度大きくなると、各点の侵食速度は減少するか、断面全体の侵食量はそれほど変わらないようである。

最後に、平均的な流れの抵抗係数について触れると、40cmの測定区間において、 $f=8 \text{ Ie} \left(\frac{V}{gR} \right) = 2.7$ という非常に大きな値を取り、しかも、その損失がフール部分に集中しているわけではなく、 $\alpha=15$ cm付近の比較的一様な部分において $f=8$ とまでなっている事実は注目し値する。これは、衝撃波に関連があるものと思われ、今後、明らかにしていかなければならない問題である。

参考文献

- 1)~3) 芦田・澤井(田中): 裸地斜面における流路の形成過程に関する研究(1)~(3), 京大防災研究所年報, 1975~1977
- 4) 芦田・澤井・藤田・福地: 斜面侵食流路の水理特性に関する研究, 昭和52年度土木学会関西支部年報概要Ⅱ-56
- 5) 澤井: 3次元位置測定用ポイントゲージの開発, 第32回土木学会年次講演会, 1977
- 6) 芦田・高橋・木山: 流路工計画に関する水理学的研究, 新砂防 Vol. 28 No. 2 (通巻97号) 1975