

階段状河床形態の淵の構造と強度

鳥取大学工学部 正員 道上 正規
 京都大学農学部 正員 藤田 正治
 富山県庁 正員 高尾 政史
 日本電信電話(株) 正員 原田 裕士

1. はじめに 本研究では多自然型河川において重要である淵の中の階段状河床形態に見られる淵の形成、破壊過程を実験によって再現し、その結果から淵の破壊条件、強度に及ぼす要因、淵の形状特性を考察するとともに、これらの知見を使って現地の淵の破壊流量の推定を試みた。

2. 実験の概要 実験には、長さ7m、勾配1/10、幅20cmの水路を用い、そこに平均粒径1.1cm、最大粒径2.5cmの混合砂を10cmの厚みで敷いて、初期河床を作成した。下流端には砂止めが設置されている。流量を図1のように増減させたときの河床形状、水面形状、河床粒度分布を測定した。各流量は流砂がほとんどなくなるまで供給し、給砂は行っていない。ここで、いわゆるParallel degradationの過程では形成された淵が消滅しても階段状河床は安定の方向に向かうと考えられるので、この場合は淵の変形と称し、Rotational degradationの過程に伴う淵の消滅を破壊と定義する。

3. 淵の形成と破壊

(1) 実験結果と水理量の計算 図1には、河床勾配I、河床平均粒径 d_m および階段状河床波の波高 Δ の実験値、実測の水深と河床勾配から逆算された相当粗度高 k_s 、 k_s の近似線と対数則から求めた水深 h が示されている。また、平坦河床では $k_s=4d_m$ であったので、相当粗度高を $4d_m$ とした対数則に h および d_m の近似線を用いて求めた有効摩擦速度 u_{*o} 、 d_m および最大粒径 d_{max} に対する無次元有効掃流力 τ_{*o} 、 $\tau_{*o,max}$ も示されている。 $\tau_{*o,max}$ は修正エギアザロフの式による d_{max} の無次元移動限界掃流力である。

(2) 形成過程 図1の河床勾配Iの変化を見ると流量N0.35まではParallel degradationで、N0.36のときRotational degradationとなり、階段状河床が破壊されたことが分かる。また、平均粒径 d_m が増大し、河床表面が粗粒化されると同時に、波高 Δ も増大しており、平均粒径は移動するが最大粒径は移動しないような状態で階段状河床が発達していることが分かる。また、実験において流量N0.24-35では、ほとんど砂の移動はなかったことから、N0.23で階段状河床の発達ほぼ終了しているものと見なせる。

(3) 破壊過程 流量N0.23でほぼ階段状河床形が発達した後、流量N0.24から徐々に流量を増加させた。N0.23を越える流量でも流砂はほとんどなく、N0.36で最大粒径が移動するような条件になって階段状河床が破壊された。したがって、階段状河床の破壊流量は形成流量より大きくなっているが、このことは芦田らの研究²⁾でも指摘されている。その理由として、アーマーコー

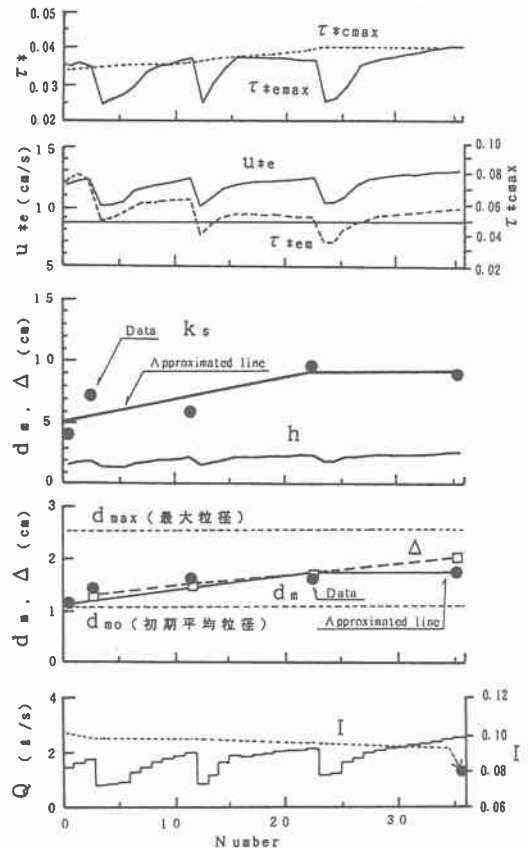


図1

トの発達と河床波の形成による形状抵抗の増加が考えられているが、本研究でもアーマーコートの発達による τ_{*max} の増大、同一流量条件での波高の増大に伴う τ_{*max} の減少が図1から確認される。形状抵抗の増大は k_s/d_m の値で測ることができるが本実験ではその値は初期値4から6に増大している。したがって、階段状河床型の淵の破壊条件は $\tau_{*max} > \tau_{*max}$ で与えられるが、 τ_{*max} の計算には k_s/d_m の変化、 τ_{*max} の計算には d_m の変化がわからなければならない。

さて、以上の解析は河床全体を平均的に見たときの淵の破壊過程について行ったものであるが、多自然型河川造りで淵の形状などを検討する場合、このような議論の他にミクロに見た淵の破壊過程も考慮しなければならない。実験によると、一つの淵を構成するステップ構造には図2のようなものがあることが観察された。Type I では、側岸付近に黒く示す河床に埋まり安定した石の上流側に石が堆積してゆくもので上流から見て凹形状になっている。Type II は、水路中央付近に堆積して埋まった黒い石の上流に石が堆積してゆくもので凸型になっている。両者を比較すると凸型の方が変形しやすいことが実験からうかがえる。この理由として、図2でこれらの構造を維持するためのキーとなる石は凹型では側壁の石、凸型では水路中央の石であるが、水路中央の方が流速が大きいいため凸型の石の方が移動し易いからであるということが考えられる。

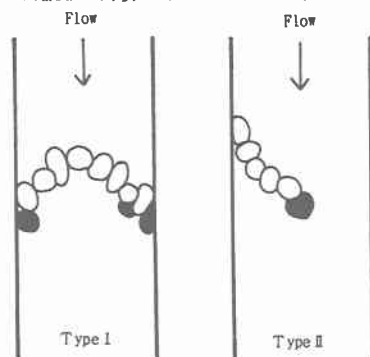


図2 ステップの平面構造

4. 現地への応用 昨年度の研究³⁾では、千代川における階段状河床型の淵の形成流量は5年確率の流量であることを明らかにしたが、ここでは破壊流量の推定を試みる。3. で述べたように破壊流量の算定には d_m や k_s/d_m の変化を考慮しなければならないが、入手しうるデータだけでは情報不足で破壊過程を詳細に再現することは困難である。したがって、本実験で得られた k_s/d_m の変化のみを考慮して、 k_s/d_m が3から4、または5に変わった場合について破壊流量を算定する。ここに $k_s/d_m=3$ は、形成流量を計算したときの値である。図3は千代川支流の加地川について、5から50年確率の流量に対する h/d_m と τ_{*m} の計算値をプロットしたものである。階段状河床の発生領域¹⁾とエギアザロフの式によるステップの構成材料の平均粒径の移動限界から求めた破壊領域も示されている。図中の数値は、流量の発生確率年である。図中の■は階段状河床形成時に対応するもので、5年確率の流量に対して、 $k_s/d_m=3$ として計算されている。 k_s/d_m を3から4、または5に変わると同じ5年確率の流量でも描点が非発生領域の方へ移動する。ここから、流量を増加させると描点は破壊領域へ向かい、この図では、20から40年確率の流量で階段状河床は破壊されることになる。

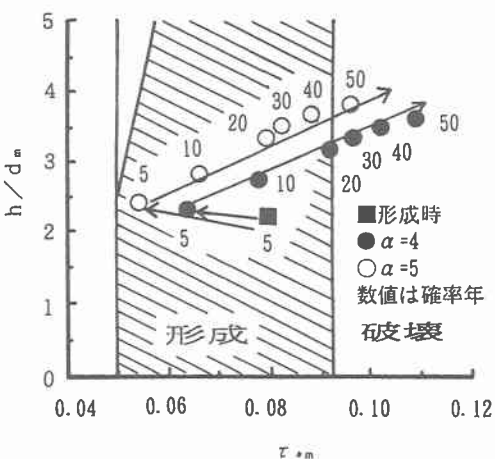


図3 τ_{*m} と h/d_m との関係

5. おわりに 本研究では、階段状河床形態に見られる淵の形成・破壊過程を実験によって再現し、その形成条件と破壊条件を示したが、今後、ミクロに見た淵の破壊強度についてもう少し検討して行きたい。

参考文献

- 1) 芦田・江頭・安東：第28回水理講演会論文集、1984、pp. 743-749
- 2) 芦田・江頭・西本：第30回水理講演会論文集、1986、pp. 223-228
- 3) 道上・藤田・平井：第47回中国支部研究発表会発表概要集、1995、pp. 159-160