

II-296 階段状河床形態の淵の形成と破壊

京都大学農学部 正会員 藤田 正治
鳥取大学工学部 正会員 道上 正規

1. はじめに

本研究では、河川環境の構成要素として重要である様々な形態の淵の中の階段状河床形態に見られる淵の形成、破壊過程を実験で再現し、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階段状河床形態の淵の破壊流量の推定を試みた。

2. 実験の概要

実験水路は長さ7m、勾配0.1、幅20cmで、初期河床は平均粒径1.1cm、最大粒径2.5cmの混合砂を10cmの厚みで敷いて作成した。下流端には砂止めが設置されている。給砂なしの条件で、流量 Q 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た。なお、ここでは淵の破壊とはRotational degradationに伴う淵の消滅のことを指す。

3. 淵の形成と破壊

(1) 実験結果と水理量の計算

図1は流量 Q 、河床勾配 I 、河床表面の平均粒径 d_m 、階段状河床波の波高 Δ 、相当粗度高 k_s 、水深 h 、有効摩擦速度 u_{*e} 、平均および最大粒径に対する無次元有効掃流力 τ_{*cm} 、 τ_{*emax} 、最大粒径の移動限界無次元掃流力 τ_{*cmx} の各流量終了時の変化を示したものである。河床形状、水面形状、粒度分布は流量No.1, 3, 12, 23, 36でしか測定していないので、連続的な水理量の変化は次のようにして求めた。まず、 k_s が水深と勾配の実測値と流速の対数分布則から逆算され、 h は図中に示す k_s の計算値の内挿線と対数分布則から計算された。また、平坦河床における k_s/d_m の値は4であったので、この関係と h および d_m の内挿線より u_{*e} 、 τ_{*cm} 、 τ_{*emax} を算定した。また、エギアザロフの限界掃流力の式から τ_{*cmx} を求めた。

(2) 形成過程

図1の勾配の変化から流量No.35まではParallel degradationが維持されているのに対し、No.36ではRotational degradationが生じ、階段状河床が破壊されたことがわかる。Parallel degradationでは河床表面の粗粒化と同時に、波高 Δ も増大しており、平均粒径程度の礫は移動するが最大粒径は移動しないような条件で、淵の発達が見られる。淵の深さは d_m と同程度、間隔は従来の研究^{1), 2)}と同様にケネディーの反砂堆の波長の式とほぼ一致している。また、No.24から35まではほとんど流砂がないことから、No.23で階段状河床形態の発達はほぼ終了したものとみなされる。

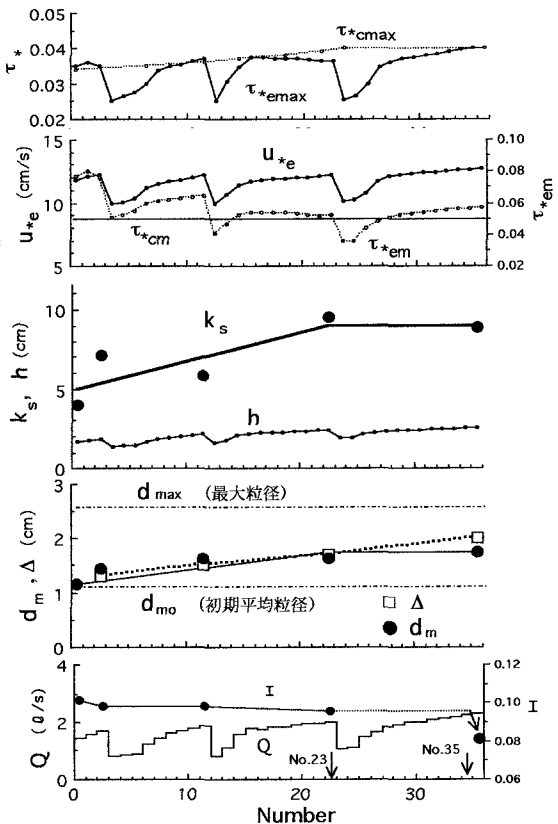


図1 淵の形成と破壊に伴う水理量の変化

(3) 破壊過程

No.24から徐々に流量を増加させたが、流量がNo.23の流量を超えても流砂はほとんどなく、No.36で最大粒径が移動する条件になって階段状河床形が破壊された。したがって、破壊流量は形成流量よりかなり大きい、このことは江頭らの研究¹⁾で指摘され、アーマーコート²⁾の発達と河床波による形状抵抗の増加が原因として考えられているが、本実験でもアーマーコートの発達による τ_{*max} の増大、波高の増大に伴う τ_{*max} の減少が図1から確認される。形状抵抗の変化は 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。以上より、階段状河床型の淵の破壊条件は $\tau_{*max} > \tau_{*max}$ で与えられるものと考えられるが、破壊流量の計算には k_s/d_m および d_m の変化が必要である。

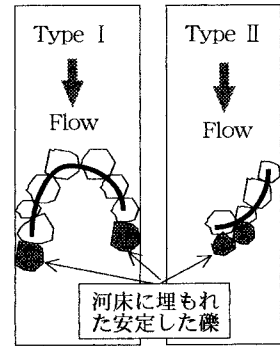


図2 ステップの構造

以上、河床全体の平均的な淵の破壊過程について考察したが、河川環境の問題で淵の形状を検討する場合、むしろミクロに見た淵の構造とその強度を考えなければならない。実験によると、ステップ構造には図2のように、側岸付近に止まった礫の上流側に砂礫が堆積してゆくもの(Type I)と水路中央付近に止まった礫の上流に砂礫が堆積してゆくもの(Type II)があり、前者は上流から見て凹型、後者は凸型になっている。両者を比較すると凸型の方が変形しやすい。この理由には、凹型の方が力学的に安定している点とこれらの構造を支えるためには凹型では側壁の礫、凸型では水路中央の礫が重要であるが、中央の方が流速が大きいため凸型の方が変形しやすい点が考えられる。

4. 現地への適用

昨年度²⁾、千代川の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示したが、ここでは破壊流量の推定を試みる。破壊流量の算定には d_m や $\alpha (=k_s/d_m)$ の変化が必要であるが、入手しうるデータだけでは情報不足で、淵の破壊過程を再現することは困難である。そこで、本実験で得られた k_s/d_m の変化のみを考慮して、階段状河床形の形成前後で k_s/d_m が3から4、または5に変わったと仮定し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_{*em} 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基づくステップ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。■は階段状河床形成時に対応するもので、5年確率の流量と $k_s/d_m = 3$ に対して求めた結果である。 k_s/d_m を3から4、または5に変えたと同じ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。

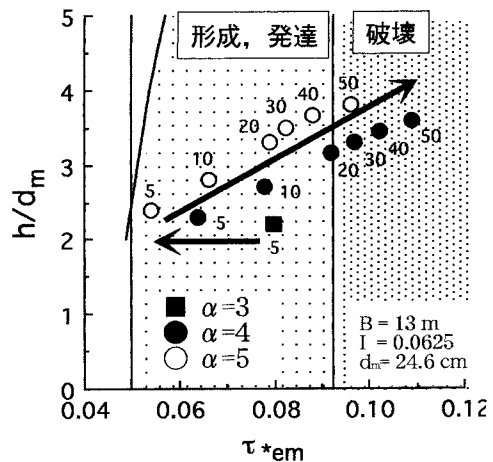


図3 階段状河床の淵の形成、破壊条件

5. おわりに

千代川の階段状河床形態の淵の破壊流量は20～40年確率の流量であることを推定した。今後、ミクロに見た淵の構造と強度について検討して行きたい。

参考文献

- 1) 江頭ら：階段状河床波と流砂の挙動，第30回水理講演会論文集，pp.223-229，1986。
- 2) 藤田ら：千代川における淵の構造と魚類の生息環境，水工学論文集，第40巻，pp.181-187，1996。