

河床凹部の局所洗掘に及ぼす流量変動の影響

神戸市立工業高専 日下部重幸・○小原 将暢・辻本 剛三

1. はじめに

排砂設備が十分でない多目的や発電用ダムの下流部では、砂の供給が遮断され、河床構成粒子が粗大化し凹部に細砂がない箇所が多く見られる。このような所で、自然回帰の意味も含め、ダムに堆砂した砂を人為的にダム下流部へ移動させる試みが始められている¹⁾。この場合さまざまな予測や検討が必要となるが、砂の挙動だけに限ってみても、自然の運搬作用とは異なった状態が予想される。すなわち粗粒化された河床に、多量の砂が供給されると、河床の凹凸部では一時的な堆砂が起こる。その後、流れにより徐々に凹凸部の局所洗掘が進行することとなる。特に凹部には多くの砂が一旦捕捉され、その後流れによる局所洗掘で砂が運搬されて行く²⁾。これらの河床変動予測には、個々の凹部形状に対する、局所的な堆砂・洗掘状況を正確に把握することが必要であると思われる。

本報告は、河床凹部に堆積した砂が、その後の流量変動を伴う流れによって、どのように局所洗掘され侵食が進むのかを実験的に調べたものである。

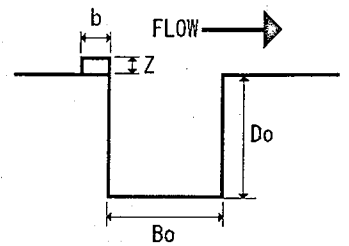


図-1 凹部形状

2. 実験装置および水理条件

実験装置は、長さ 8m、幅 0.1m の勾配可変開水路河床に、図-1 のような突起と凹部を設置したものである。水路の縦断勾配 i を $1/100 \sim 1/25$ 、単位幅流量 q を $150, 200 \text{ cm}^2/\text{s}$ とし、凹部上下流の底面には平均粒径 1 mm の砂を貼り付け若干粗度を持たせた。凹部上流側に設けた突起は、幅 $b=1 \text{ cm}$ 、高さ $z=0, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12 \text{ mm}$ の 8 種類とした。突起のない凹部上流での流れは、フルード数が約 $1.4 \sim 3.2$ 、凹部寸法 $Bo=Do=5.5 \text{ cm}$ と限界水深 hc との比が、 $Bo/hc = Do/hc = 1.6 \sim 1.9$ である。給砂した砂は、平均粒径 $d_m=0.6 \text{ mm}, 1 \text{ mm}$ の均一なものである。

3. 実験方法および結果

実験は、凹部上流から給砂を行い、凹部に堆積する砂が安定状態になった後、給砂を止めてその後の堆砂・洗掘状況を測定した。

3.1. 凹部上流側の突起高さ z と凹部堆砂形状

凹部上流側の突起高さ z と凹部堆砂形状の関係を調べるため、給砂停止時および給砂停止後数分経過時の堆砂形状を測定した。後者は、前報³⁾で示したように堆砂形状が比較的安定した形状となるので、ここでは仮安定状態と呼んでいる。

図-2, 3 は、給砂停止時および仮安定状態の堆砂形状として、 $q=150 \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $i=1/100$ の例を示したものである。ただし、縦軸は凹部上下流端を結んだ線より給砂停止時および仮安定状態の堆砂形状がどれだけ洗掘されたかを表し、横軸は凹部内の距離を表している。

給砂停止時および仮安定状態では、 z に応じて若干洗掘深も大きくなるが、 z による洗掘深の差はあまり小さくなく、特に給砂停止時から仮安定状態までの変化では、 z による差がほとんど見られない。

3.2. 凹部上流側の突起高さ z と流量変動

z と流量変動の関係を調べるため、まず、図-4 に示すような最も単純な形の流量変動を与えた。すなわち、仮安定状態後に流量を一旦 0 にし、再び元の流量に戻した。

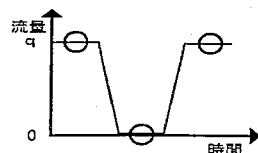


図-4 流量変動と測定点(○印)

図-5, 6 は、凹部上下流上端を結んだ線よりの洗掘深として、 $q=150 \text{ cm}^2/\text{s}$ 、 $i=1/100$ の例を示したものである。図より $z=5 \text{ mm}$ を境に洗掘深のグラフの形状が異なっていることが分かる。水理条件によってこの境界になる突起高さは、変化すると思われるが、実験で対象とした範囲では $5 \sim 6 \text{ mm}$ 程度であった。これを hc

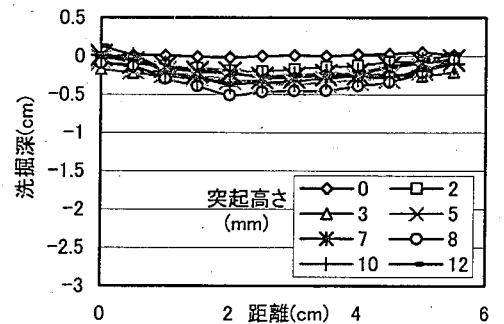


図-2 給砂停止時の洗掘深

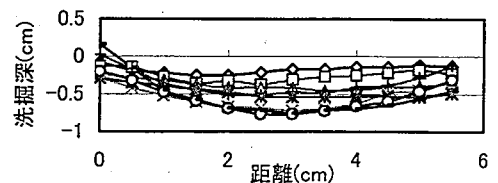


図-3 仮安定状態の洗掘深

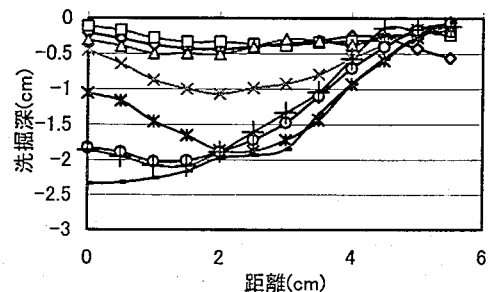


図-5 $q=0$ 時の洗掘深

との比で表すと、 $z/hc=0.15\sim 0.2$ 程度となる。

3.3. 流量変動の回数と凹部堆砂形状

図-7に示すように流量変動を繰り返し、 $q=q, 0, q$ の変動を1サイクルとして、その回数と凹部堆砂形状の関係を調べた。3.1, 3.2で示した条件では、1サイクル時の洗掘深が $z=5\sim 6\text{mm}$ を境に大きく分かれた。そこで、境界値より小さい $z=3\text{mm}$ と大きい 10mm の場合について、数サイクル以上繰り返して測定した。図-8に $q=200\text{cm}^2/\text{s}$, $i=1/100$, $d=1.0\text{mm}$ の例を示すと、 z が小さい場合、3サイクル程度で洗掘量の変化はなくなった。 z が大きい場合は、図-9に示すように洗掘量は2サイクル目から徐々に小さくなり、5サイクル程度で変化しなくなった。 z が大きいと流量変動による堆砂形状の安定が遅くなるようである。

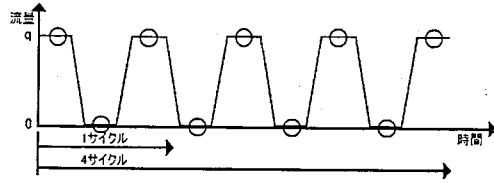


図-7 流量変動の繰り返し

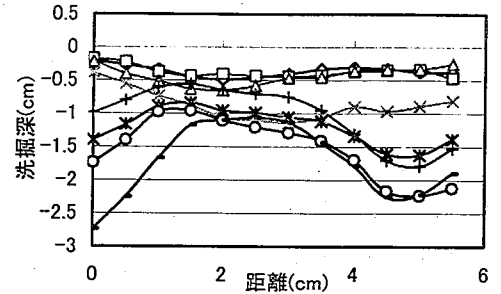


図-6 $q=q$ に戻した時の洗掘深

3.4. 流量変動の与え方と凹部堆砂形状

この実験は流量変動の与え方による洗掘量の違いを調べるため図-10に示すような3種の流量変動を与えた。

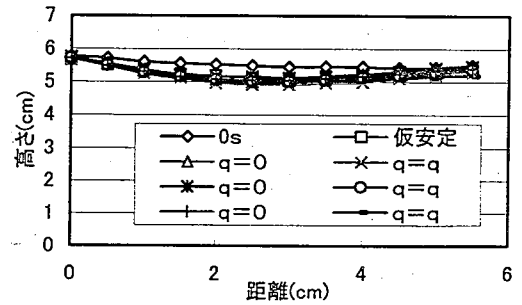


図-8 流量変動の繰り返しと堆砂高($z=3\text{mm}$)

図-10-aは5つの流量 $q=100, 150, 200, 250, 300\text{ cm}^2/\text{s}$ をそれぞれ別々に与えて洗掘深を測定した。bは流量を $100\text{ cm}^2/\text{s}$ から $50\text{ cm}^2/\text{s}$ ずつ段階的に上げて行き洗掘深を測定した。cはbと同様に流量を上げて行くが、流量を上げる前に一旦0にするものである。a, b, cとも堆砂形状測定時の流量は同じである。それぞれの流量に対する平均洗掘深を示すと、 $z=10\text{mm}$, $i=1/100$ の場合図-11のようになる。平均洗掘深の絶対量は、別々に流量を与えたaが最も小さく、連続的な流量変動を与えたbが中間の値を示し、一旦0を挟んで流量変動を与えたcが最も大きくなった。流量変動の与え方によって、凹部局所洗掘は、2倍程度の差が生じた。

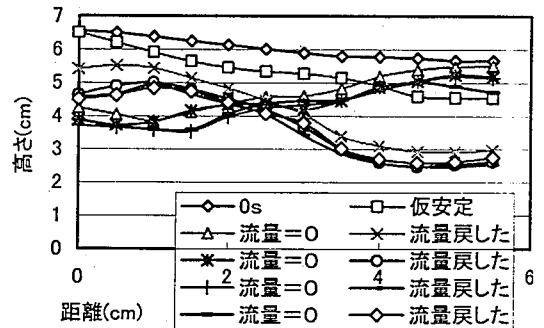


図-9 流量変動の繰り返しと堆砂高($z=10\text{mm}$)

4. まとめ

多量の土砂が供給された後の河床凹部の局所洗掘は、さまざまな要因で進行する。凹部上流側の突起高さ z が境界値を超えると、流量変動時に大きく影響する。今回対象とした実験の範囲では、境界となる突起高さは $z=5\sim 6\text{mm}$, $z/hc=0.15\sim 0.2$ 程度であった。また、 z が大きく流量変動が繰り返されると、局所洗掘が徐々に進行し、なかなか堆砂形状が安定しない。さらに、流量変動の与え方によっても局所洗掘量が変化することがわかった。境界となる z の一般的な値など、今後さらに検討を続ける予定である。

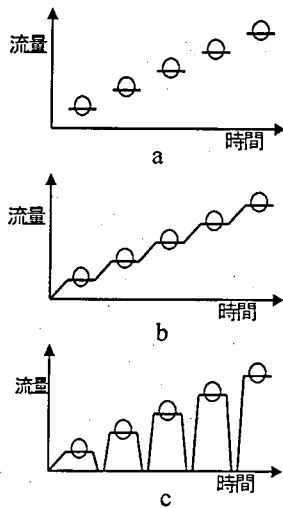


図-10 流量の与え方

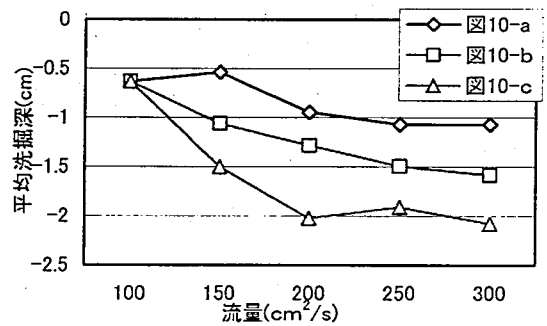


図-11 流量変動の与え方と平均洗掘深

参考文献

- 1) 角哲也：土砂を貯めないダムの実現、土木学会誌、vol.88, pp.41-44, 2003.3
- 2) 新原・藤田・水山・澤田：排砂によるプールの土砂堆積と侵食、平成15年度砂防学会研究発表会概要集、pp.124-125, 2003.5
- 3) 日下部・藤原・辻本：河床凹凸部近傍の堆砂形状について、平成15年度砂防学会研究発表会概要集、pp.82-83, 2003.5