

河床凹部に流入した土砂の挙動

神戸市立工業高専 ○黒葛原誠・小原将暢・日下部重幸・辻本剛三

1. はじめに

自然の河床では、縦横断方向に見てさまざまな凹凸部が出来ている。特に河床勾配の急な山地河川では、ステップ・プールなどが構成され、凹凸部が多数存在する。流量が急増する大洪水時には、上流山地から土砂供給があり、凹部が一時的に埋められ、その後の中小洪水で徐々に土砂が下流へ運搬されていく。このこと自体は、凹部へ流入する土砂の挙動としてみた場合、ごく自然の現象で、あまり問題にならず詳細な検討を必要とすることも少ない。しかし、近年環境面から自然回帰を目的として、ダムに堆砂した土砂を人為的にダム下流部へ移動させるなどの土砂還元が試行され始めている。この場合さまざまな検討が必要であると思われるが、河床凹部に流入した土砂の挙動についても精度の高い予測が必要となる。

当面、一次元あるいは二次元で河床変動予測を行う場合にも、河床に多数存在する凹部へ流入し、その後流出する土砂の挙動を何らかの形で評価することが大切であると思われる。凹部に流入した土砂の堆積・洗掘については、いくつかの報告があるが^{2)~4)}、自然のさまざまな凹部に対応して河床変動予測計算に組み込めるほどには至っていない。

本報告は、一次元および平面二次元の凹部模型を水路に設置して、凹部へ流入する土砂の挙動を把握するため、実験的に検討したものである。

2. 実験装置および水理条件

実験は、図-1に示すような一次元(実験 A)および平面二次元(実験 B)の凹部模型を水路に設置して、水面形および、凹部に流入した土砂の挙動を測定した。

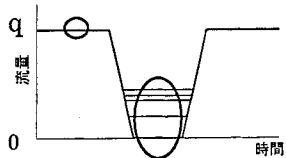


図-2 流量変動と測定点(O印)

2.1 実験 A

長さ 8m、幅 $B_1=0.1m$ 勾配可変開水路に図-1(a,c)に示すような $D_o=B_o=5.5cm$ の凹部を設置した。水路の縦断勾配は $i=1/50, 1/100$ 、単位幅流量は $q=200, 400cm^2/s$ とした。突起は、幅 $b=1cm$ 、高さ $z=2\sim 20mm$ の 7 種とした。砂は、平均粒径 $d_m=0.6, 1.0, 2.0, 3.5mm$ の均一粒径およびそれら 4 種を等量で用いた混合粒径の計 5 種を用いた。

2.2 実験 B

長さ 8m、幅 $B_2=0.3m$ 勾配可変開水路に図-1(b,c)に示すような $D_o=B_o=W_o=5.5cm$ の凹部を設置した。 $i=1/100$ 、 $q=200 cm^2/s$ とし、砂は $d_m=1.0mm$ を用いた。また上流側に設置する突起は、 $b=1cm$ 、 $z=3\sim 12mm$ の 5 種、長さは W_o と同じ $5.5cm$ とした。

3. 実験方法および結果

3.1 実験 A

前報⁴⁾で示したように、凹部の堆砂・洗掘形状の形成には凹部上流側の突起高さ z 、砂の粒径 d_m 、流量変動が主な要因となる。まず流量変動について図-2 のように $q=200cm^2/s \rightarrow 0, 40, 70, 80, 90$

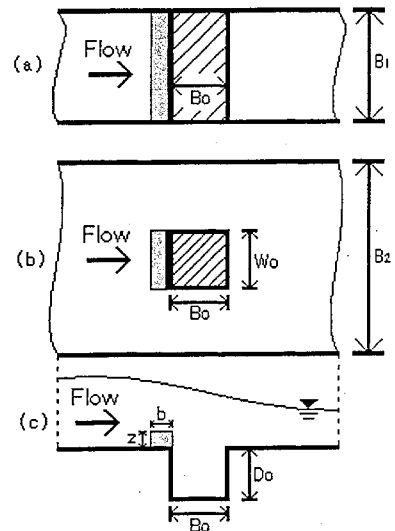


図-1 実験装置

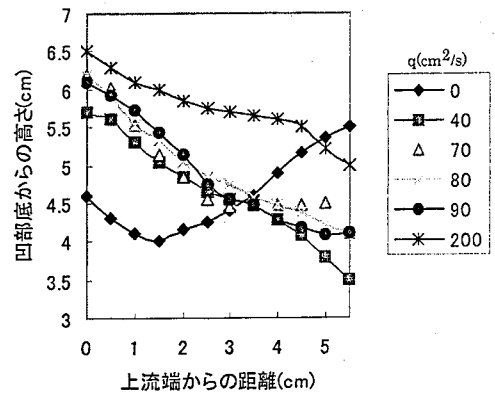


図-3 低流量堆砂形状

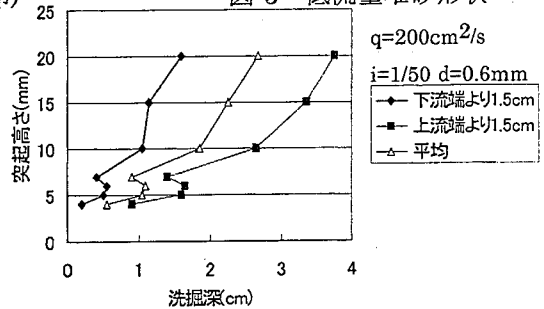


図-4 凹部 1.5cm 点洗掘深

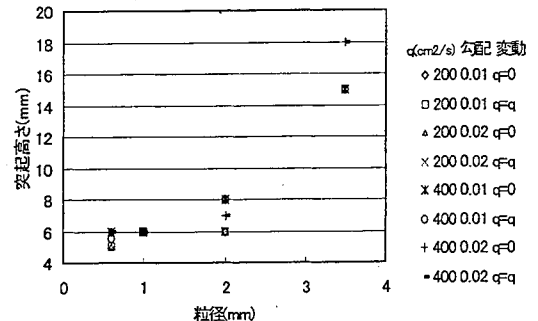


図-5 粒径による突起高の境界

cm²/s→200 cm²/s と変化させて堆砂形状を測定した。流量変動を与えたとき、図-4 のようにそれぞれ低流量時に洗掘が認められ砂が流出するが、低流量 90 cm²/s から 40 cm²/s までは堆砂形状はほとんど変わらない。低流量 0 cm²/s の時には堆砂形状が大きく変化している。しかし、砂の流出は、先の状態からほとんど進行していない。

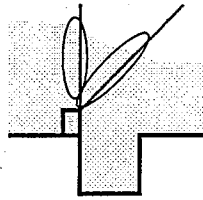


図-6 流速測定点○印

次に堆砂形状の変化が大きい低流量 0 の流量変動 $q \rightarrow 0 \rightarrow q$ の場合について、 z と dm を変化させてみた。図-3 にその一例を示すように、 z のある値を境に仮安定時からの洗掘深が変化する。この境界となる z の値と dm との関係を示すと図-5 のようである。図より、 dm が大きくなると境界となる z も大きくなるのがわかる。当然、混合粒径では明確な境界は見られなかった。

流量変動時の洗掘と堆砂形状には流速の鉛直成分が関係すると思われる。図-6 の各点で $q=100 \sim 400$ cm²/s について流速の鉛直成分・水平成分を測定すると図-7 のようである。 q が大きいと鉛直成分より水平成分が卓越しているが、 $q=100, 200$ cm²/s になると鉛直成分の割合が増えている。

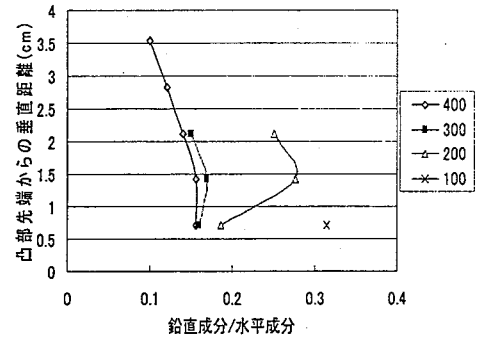


図-7 速度成分比

3.2 実験 B

まず給砂を行っていない状態で突起高さを変えて水面形の測定を行った。 $z=0, 5, 10$ mm について測定結果を示すと図-8 のようである。(凹部内は+5.5cm) また、凹部中心線に沿った水面形と一次元(実験 A)の水面形を合わせて図-9 に示す。水面形は一次元と二次元で大きく異なり、二次元では横方向の変化も見られ、水深も一次元では大きくせき上がっているが二次元では突起部分の中央がわずかに高くなっているだけである。

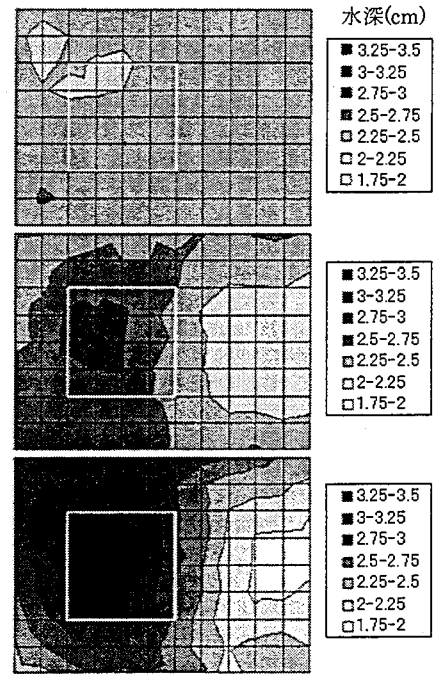


図-8 水面形

(上: $z=0$ mm 中: $z=5$ mm 下: $z=10$ mm)

次に、突起高さが 0, 3, 5, 7.5, 10, 12 mm の給砂停止後 15~180 秒後の凹部下流端の中心における洗掘深を測定した。180 秒後のデータに注目してみると、 z が 7.5 mm 以下のものは洗掘が進行しなくなり仮安定状態になっているが、10 mm 以上は洗掘が進行し続けている。実験時に、 z が 10 mm と 12 mm のものは給砂停止後約 10 数分経過すると装置の凹部にはほとんど砂がない状態になった。一次元の場合には 10 mm, 12 mm とともに数分で仮安定状態になっていた。

4.まとめ

一次元の凹部模型で流量変動を与えたとき、低流量時に洗掘が認められるが、低流量の値を若干変えても堆砂形状はほとんど変わらない。低流量 0 cm²/s のときには堆砂形状が大きく変化しているが、砂の流出は先の状態から進行しない。

流量変動 $q \rightarrow 0 \rightarrow q$ の場合について、平均粒径 dm が大きくなると堆砂形状が変化する境界を示す z も大きくなる。

流量 q が大きい時は、凹部上流端で鉛直成分より水平成分が卓越しているが、流量を落としていくと鉛直成分の割合が増加する。

一次元と二次元では水面形に差があり、洗掘についても、突起高さ z によっては違いが大きくなる。

参考文献

- 1) 角哲也：土木学会誌、vol.88, pp41-44, 2003.3、
- 2) 新原・藤田・水山・澤田：平成 15 年度砂防学会概要集、pp.82-83, 2003.5、
- 3) 日下部・藤原・辻本：平成 15 年度砂防学会概要集、pp.400-401, 2003.5、
- 4) 日下部・小原・辻本：平成 16 年度砂防学会概要集、pp.382-383, 2004.5

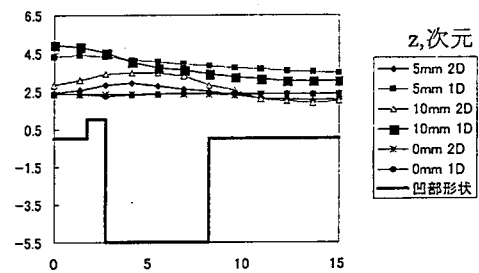


図-9 水面形比較

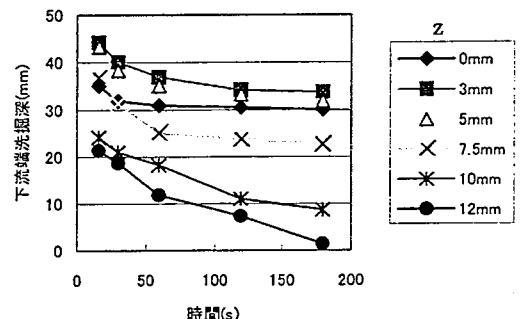


図-10 下流端洗掘深