

狭窄部の流出土砂に関する基礎的研究

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 寺本敦子
名古屋大学工学部土木工学科 非会員 戸田世知
名古屋大学大学院教授 正会員 辻本哲郎

1. 研究の背景及び目的

近年、流砂系、水系などといった概念のもとに土砂動態を管理することの重要性を認識されつつある。土砂の連続性を考える際、対象区間においてどのような土砂(礫・砂・シルト)がどのような状態(掃流・浮遊・ウォッシュロード)で供給され、そこからどれだけ流出するかという観点がキーになると考える。従来、扇状地区間の土砂動態を検討するとき、上流端の水理量に見合った平衡流砂量を上流端給砂量と考えてきた。最近になってようやく過小給砂や過大給砂状態でのそのセグメントの動態が議論され始めたが、実際には山地から扇状地にでるところには狭窄部が存在し、狭窄部が扇状地に出てくる土砂を支配している。本研究では、狭窄部の土砂コントロール機能に着目し、その第一歩として流量を段階的に変化させた場合の下流への流出土砂について検討する。

2. 狭窄部の設定及び実験条件

狭窄部を単純に考えるために図-1 のように sine-curve の形状に収縮させた流路を狭窄部のモデルとした。実験では、図-1 の半断面を考え、実験水路は、幅 50cm, 水路長 20m の矩形断面直線流路を用いて勾配を 1/200 とした。水路の真ん中に狭窄部を設置し、狭窄部の区間とその上下流 4m にわたり約 2mm の一様粒径砂を引き詰めた (図-2)。その上下流には、表面に河床材料の砂を貼り付けた木箱を河床と同じ高さになるようにおいた。図-2 のように X,Y,Z 軸を設定し、水位、河床高の基準点は、(X,Y)=(0,0)における点を 0 とする。

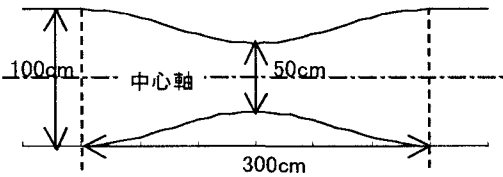


図-1 モデル化した狭窄部

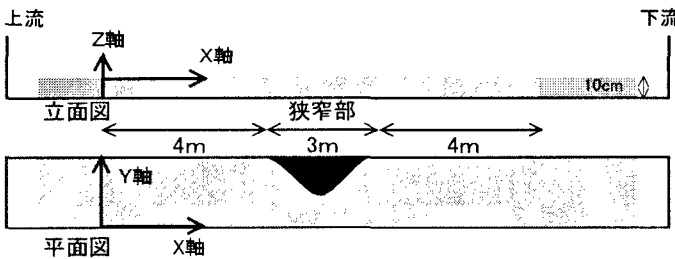


図-2 実験水路概略図

流量は、平坦河床時に狭窄部のみで砂が動く $7500\text{cm}^3/\text{s}$ 、狭窄部以外の直線部分でもわずかに動く $10000\text{cm}^3/\text{s}$ 、流路全体で活発に砂が動く $15000\text{cm}^3/\text{s}$ を設定し、一定流量を初期河床を変えて通水した。

3. 平坦河床からの狭窄部の変化

図-3, 4 は、流量 $10000\text{cm}^3/\text{s}$ 時の水位と $Y=15\text{cm}$ における縦断水位と河床高の時間変化である。これらが示すように、最初、水面は狭窄部の前面でせき上げを呈する。通水開始から 10 分間で狭窄部の状況は大きく変化する、すなわち時間とともに狭窄部の河床が洗掘され十分な河積が確保されるため、上流でのせき上げが緩和される。

流量を一定で通水した際、狭窄部の河床形状がほぼ変化しなくなる。この状態をその流量における平衡形状と定義する。平衡形状における断面平均縦断河床変化量 (図-5) は、上流側にずれがあるものの sine-curve で近似できる形となる。この時の最大河床変化量を De とすると、図-6 の

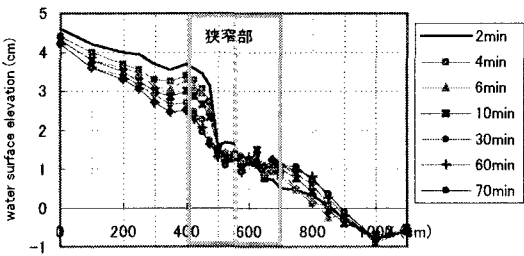


図-3 流量 $10000\text{cm}^3/\text{s}$ 時の水位時間変化

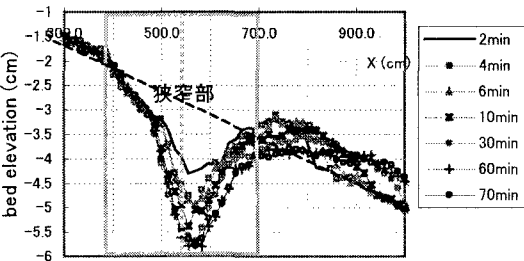


図-4 流量 $10000\text{cm}^3/\text{s}$ 時の河床高時間変化

様に流量と線形の関係にある。流量 15000cm³/s では、狭窄部上流の壁際で洗掘が起こり、De を定義した断面の河床変化量の最大・最小値の幅が大きくなっており、流量が大きくなると狭窄部での B/h が小さくなり現象の三次元性が高くなると考えられる。

3.3 狭窄部の流出土砂量の検討

ある時間の断面平均河床最大洗掘深を D(t)、平衡到達時のものを De と定義すると、D(t)/De と時間の関係を図-7 のようになり、下式で近似的に表すことができる。

$$D(t)/De = 1 - \exp(- (t/Te)^n) \quad t: \text{時間}(\text{min})$$

本実験においては、n の値はほぼ 0.4 となり、Te は流量によって変化する時間の次元を持つ値である (図-8)。また、平衡時における De と狭窄部の体積変化量 Ve は、図-6 の様になり一次式で表現できる。実験で見られた現象から (図-4) 時間的に図-5 の形状で洗掘深さ D(t) のみを変えながら狭窄部の体積変化量 V(t) が変化すると考えると、V(t) は、狭窄部の形状に依存する係数 α を用いて次式の様に表すことができる。

$$V(t) = \alpha \cdot L \cdot D(t) \quad L: \text{狭窄部長さ}$$

流出と流入土砂量の差は dV(t)/dt で表すことが可能なので、De、 α 、Te を系統的に求めることでそれを知ることができ、実験初期に流入土砂が無いことから初期における大量の流出土砂量を求めることができる。

4. 流量急変後の河床形状変化

4.1 平衡形状に対して流量を小さくした場合

流量 15000cm³/s を通水しほぼ平衡形状に達したあと流量 7500cm³/s、10000cm³/s を通水する実験を行った。この時、下流への流砂量はほとんど無い。平衡形状に対して流量を小さくした場合には、狭窄部の上流側でせきあげが起こらず下流し、わずかに流れる土砂が狭窄部の洗掘を埋める現象が見られたが洗掘深の変化はほとんど無かった。

4.2 平衡形状に対して流量を大きくした場合

流量 7500cm³/s、10000cm³/s を通水しほぼ平衡形状に達したあと流量 15000cm³/s を通水した。この時の最終形状は、ほぼ初期状態が平坦河床の時に一致した。初期の狭窄部の状態がその流量をスムーズに流す能力が無いため狭窄部の上流でのせきあげも見られ、平坦河床からと同様に最初の 10 分間で狭窄部が激しい変化を見せた。しかし下流への供給土砂量は平坦河床からの変化より少なかった。最終形状への到達時間は平坦河床からのものとほとんど違いは見られなかった。

5. 結論

実験を通して狭窄部の流出土砂には初期状態が関係していることが分かった。せきあげが緩和されるにつれて流出土砂が少なくなる。そのため狭窄部が洗掘可能である今回の様なケースでは、上流の水位のせきあげが生じるか否かが流出土砂に大きく関わってくる。狭窄部で岩盤が露出するなど洗掘されない場合には、せきあげが緩和されず狭窄部に土砂が流入せず、下流へ土砂をだし得ないだろう。今回の結果を生かし、今後非定常に流量を与えるなどして洪水時の狭窄部の土砂コントロール機能について検討していく予定である。

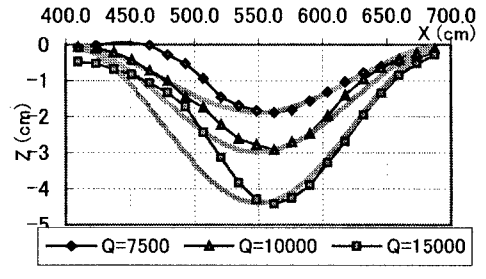


図-5 平衡到達時の断面平均河床変化量

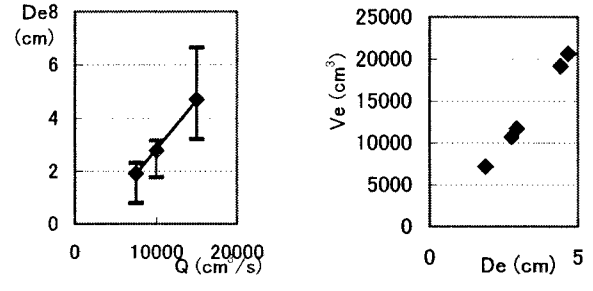


図-6 Q-De 関係図 (左図), De-Ve 関係図 (右図)

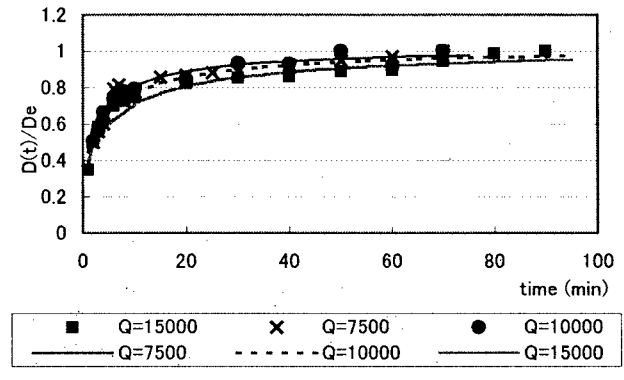


図-7 D(t)/De の時間変化

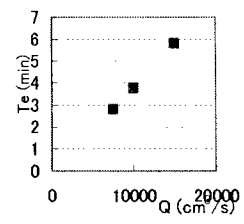


図-8 Te-Q 関係図