

Ⅱ-171 網状流路の流路変動に関する数値シミュレーション

京都大学防災研究所・正会員・里深好文
京都大学防災研究所・フェロー会員・高橋 保

1.はじめに 山地流域における河道狭窄部や砂防ダムの上流域においては、土砂が幅広く堆積し、網状流路となっている場合が多く見られる。このような領域は下流域への主たる土砂供給源となっていると考えられるため、網状流路の流路・流砂量変動を予測することは、下流河道の維持・管理上重要な課題の一つであるといえよう。そこで、本研究では一様な粒径を持つ土砂を対象として、2次元浅水流モデルと非平衡の河床変動モデルを組み合わせることにより、網状流路の流路・流砂量変動に関する数値シミュレーションモデルを構築し、水路実験への適用を図っている。また、遊砂地内の土砂堆積過程に関して本モデルを適用し、水路実験との比較を行っている。

2.モデルの概要 流れの計算には通常の2次元浅水流モデルを用いている。河床変動に関しては次のような侵食・堆積速度式¹⁾を用いている。

$$[C_{\infty} - C > 0 \text{ の時 (侵食傾向)}] \quad i_s = \begin{cases} \delta_e \frac{C_{\infty} - C}{C_*} |u_* - u_{*c}| & (u_* > u_{*c}) \\ 0 & (u_* \leq u_{*c}) \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

$$[C_{\infty} - C \leq 0 \text{ の時 (堆積傾向)}] \quad i_s = \begin{cases} \delta_d \frac{C - C_{\infty}}{C_*} |u_* - u_{*c}| & (u_* < u_{*c}) \\ 0 & (u_* \geq u_{*c}) \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 C_{∞} ：平衡状態における土砂濃度、 C ：実際の土砂濃度、 i_s ：侵食・堆積速度、 δ_e, δ_d ：係数、 u_* ：摩擦速度、 u_{*c} ：限界摩擦速度である。 C_{∞} は芦田・道上の式²⁾から求められる平衡流砂量を流量で除することにより算定している。流水と流砂の連続式ならびに河床の連続式はそれぞれ以下のように表される。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = i_s \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial Chu}{\partial x} + \frac{\partial Chv}{\partial y} = i_s C_* \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i_s = 0 \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 h ：水深、 u, v ： x, y 方向の平均流速、 z ：河床位、 C_* ：河床

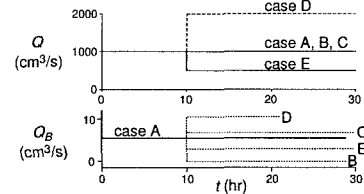


図-1 給砂・給水条件

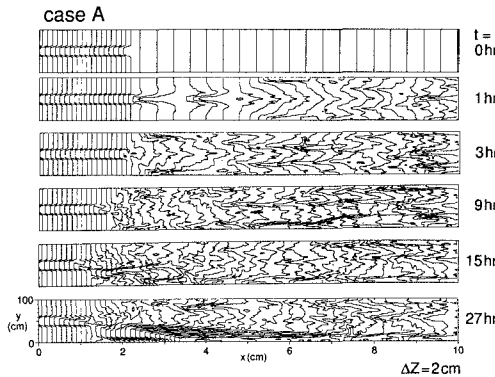


図-2 河床コンター図(case A)

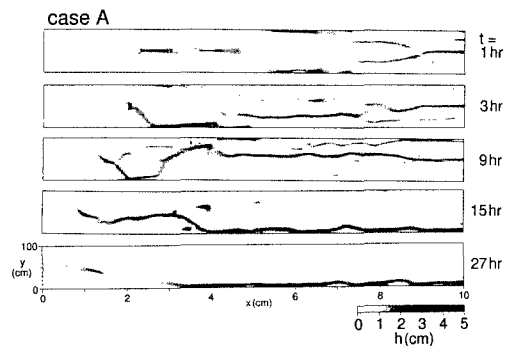


図-3 水深平面分布図(case A)

網状流路、流路変動、遊砂地内の土砂堆積過程、2次元数値シミュレーション

連絡先 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所・Tel.0774-38-4121・Fax.0774-32-6039)

堆積物の土砂濃度である。

3. 網状流路の発生と変動に関する数値計算 長さ 10m、幅 1m の水路の上流端から図-1 に示すような流量と流砂量を定常的に供給し、河床、流路の変動ならびに下流端流砂量の変動を追跡する。初期河床は横断方向に平坦で、縦断方向には 1/20 の勾配を有している。砂の粒径は 2mm である。水路の上流端は中心線に沿って幅 20cm、深さ 3cm の水みちを持つ固定床とし、その縦断勾配は 1/5.88 としている。下流端には初期河床と同じ高さを持つ水平な堰が設けられている。実験結果から、水深が小さくなると急激に堆積速度が増大することが分かっているため、ここでは水深が 5mm 以下の時、 δ_b を通常の 10 倍の値としている。また、水際付近の掃流力が小さくなることを補正するため、 δ_e も水深が 5mm 以下の時、通常の 2 倍の値を与えている

図-2 は case A における河床コンター図であり、図-3 は水深の平面分布図である。平坦な河床に定常な給砂・給水を行うと、水みちの分裂、合流が起こり、網状流路が形成される過程が再現されていることが分かる。これらを同様の条件下で行われた水路実験の結果³⁾と比較すると、計算においては水みち幅が全体に小さくなっていることや、時間の経過

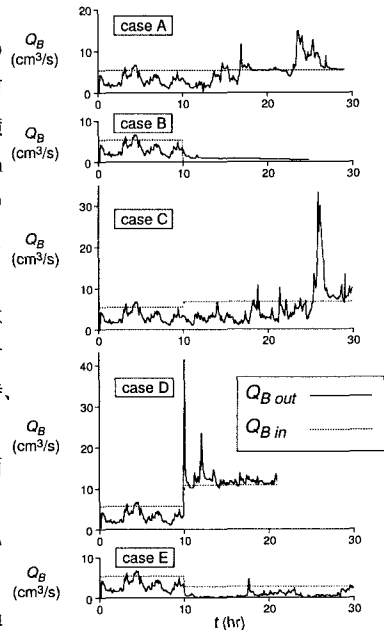


図-4 流出土砂量の時間的変動

とともに流路が固定化するという相違点があることが明らかになった。これは侵食・堆積速度の精度の問題や、上流からの流入条件に変動が無いことによると考えられる。図-4 には各ケースにおける下流端流砂量の時間的変動が示されている。これを見ると、全般的に流出土砂量が給砂量を下回っていることが多く、堆積傾向にあることがわかる。時折、急激な土砂の流出が見られるが、これは水みちが側壁付近に集中し、掃流力が増大したときに起こっているため、側壁における境界条件の与え方の影響であるといえよう。

4. 遊砂地内の土砂堆積過程に関する数値計算 遊砂地内の土砂堆積過程に関する水路実験⁴⁾によると、上流河道から流入した土砂は、水みちの分裂に伴う掃流力の急激な減少により、遊砂地内部に堆積することが分かっている。そこで、上述のモデルを用いて堆積現象の再現を試みた。図-5 には流量の異なる2つのケースにおける平均河床位の縦断分布に関する計算値が実験結果と併せて示されている。図-6 には流出土砂量の時間的変動が示されている。これを見ると、本モデルにより遊砂地内の堆積現象が良好に再現されていることがわかる。

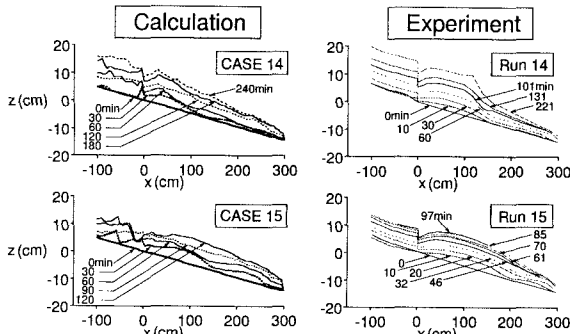


図-5 遊砂地内の平均河床位の縦断分布

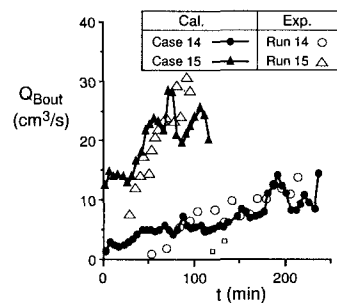


図-6 流出土砂量の時間的変動

- 参考文献** 1) 高橋・中川・里深他：混合砂礫床の侵食過程に関する研究、京大防災研年報第 41 号 B-2、1998、pp.237-252。
2) 芦田・道上：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文集、206 号、1972、pp.59-69。
3) 芦田・江頭・里深他：網状流路の流路変動と流砂量、京大防災研年報第 33 号 B-2、1990、pp.241-260。
4) 高橋・江頭・里深他：遊砂地の土砂調節機能に関する研究、京大防災研年報第 37 号 B-2、1994、pp.371-387。