

京都大学防災研究所 正 員 里深 好文

京都大学防災研究所 正 員 高橋 保

京都大学防災研究所 正 員 江頭 進治

東 京 ガ ス 正 員 矢島 英邦

1. はじめに 河道内に複数の水みちが形成されるような場における流砂量を予測するには、与えられた条件に対してどのような流路網が形成されるかを予測する必要がある。網状流路の形成・変動過程に関するこれまでの研究¹⁾によれば、それぞれの流路は集中・拡幅・分裂を繰り返している。そこで本研究では、一本の水みちが分裂するまでの距離を評価し、これをもとに流路網および流砂量の予測を試みている。

2. 分裂までの距離の評価 流路の集中地点から分裂地点までの距離を定量的に評価するために、図-1の様な漸拡水路における河床変動計算を行なった。支配方程式は以下の通りである。

流水の連続式

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(ruh)}{\partial s} + \frac{\partial(vh)}{\partial n} = 0 \quad (1)$$

流水の運動方程式（s、n方向）

$$u \frac{\partial u}{\partial s} + v \frac{\partial u}{\partial n} - \frac{v^2}{r} = -g \frac{\partial(h+z)}{\partial s} - \frac{\tau_{bs}}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial s} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial n} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial n} \right) \quad (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial s} + v \frac{\partial v}{\partial n} + \frac{uv}{r} = -g \frac{\partial(h+z)}{\partial n} - \frac{\tau_{bn}}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial s} \left(\epsilon \frac{\partial v}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial n} \left(\epsilon \frac{\partial v}{\partial n} \right) \quad (3)$$

流砂の連続式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left\{ \frac{\partial q_{bs}}{\partial s} + \frac{\partial q_{bn}}{\partial n} + \frac{q_{bs}}{r} \right\} = 0 \quad (4)$$

ここに、 u, v はs、n方向の水深平均流速、 h は水深、 r はn軸の曲率半径、 g は重力加速度、 τ_{bs}, τ_{bn} はs、n方向の河床せん断力、 ρ は水の密度、 λ は間隙率、 q_{bs}, q_{bn} は流砂量のs、n成分である。 τ_{bs}, τ_{bn} はマニング則により評価し、渦動粘性係数 ϵ については摩擦速度 u_* を用いて $\epsilon = \frac{\kappa}{6} u_* h$ として与えている。流砂量式としては、主流方向に芦田・道上²⁾の式を用い、主流に垂直な方向に対しては長谷川の式³⁾を用いている。

これらの式を差分化し、図-2に示すような境界条件の元で、上流端に一定の給水・給砂の条件を与えて、図-1の領域における河床変動計算を行なった。水路の開き角は 11.8° 、水路勾配は $1/20$ 、砂の粒径は 2mm としている。水路水路の中央線上に浮き州が現われた時点で計算を終了し、上流端からその点までの距離 L を求めた。水路上流端の幅 B_0 を用いて L を無次元化し、水路上流端におけるフルード数との関係を示したのが図-3である。図中には同様の条件下における水路実験の結果も示されている。

3. 流路網と流砂量の予測 漸拡水路における河床変動計算により得られた結果を用いて、流路網の予測を試みる。流路網の予測に際して、次に挙げた(1)から(4)のような情報が必要となるが、これらはそれぞれ次のように評価した。

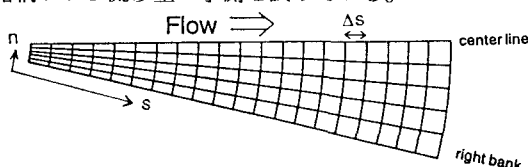


図-1 計算メッシュ

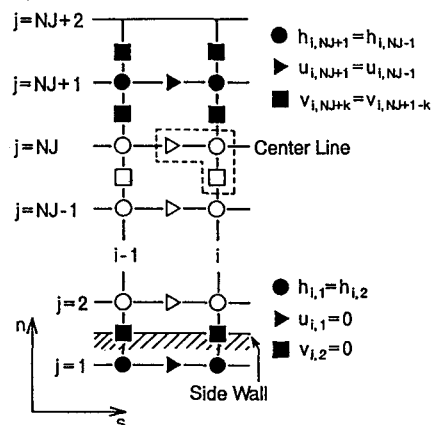


図-2 境界条件

(1) 集中部から分裂地点までの距離……図-3の結果を一次式で近似して用いる。

(2) 分裂後の水みち幅……芦田ら¹⁾による水みち幅の推定式 $B = \alpha \left(\frac{Q}{\sqrt{gdi}} \right)^{\frac{1}{2}}$ を用いる。

(3) 分裂後の流量配分……流量配分の分布が正規分布に従うものとして、確率論的に求める。

(4) 分裂後の流路の方向……水路の開き角と同じ11.8°とする。

これら以外にも次のような仮定を行なっている。流路が側壁にぶつかったときには、その地点を一本の流路の集中部とみなし、そこから側壁に沿った流れが発生するものとする。側壁から流路が離脱する地点までの距離は(1)と同様にして求める。2つの流路が合流した場合には、その地点を一本の流路の集中部とする。

その際、合流後の流路の向きは、合流した流路の中で最大の流量であった流路の向きを採用する。また、分裂後に流量が200cm³/s以下となった流路は、掃流力が限界掃流力以下になっていると仮定して、流路は消滅するとしている。このような仮定に基づいて、幅1m、長さ8m、水路勾配1/20の領域に対して、上流端から1000

cm³/sの流量を与えた場合の流路網の予測を行なった。その予測結果を、ほぼ同じ条件下における芦田ら¹⁾の実験結果とあわせて図-4に示している。これを見ると、分裂後の流路の振れ角を一定にしているため、実験結果のように側岸から大きく流路が振れる現象は再現できないものの、ある程度、流路網の予測が出来ていると思われる。

このように予測された流路網を用いて、流砂量の空間的な分布の予測を行なった結果を図-5に示している。ここには、芦田ら¹⁾による下流端流砂量の実験結果も示されている。これを見ると、流砂量の平均値、変動幅とも比較的良好に予測されていることがわかる。

4. おわりに

本研究は、まず、一本の流路が分裂するまでの距離を評価するために、漸拡水路における河床変動に関して二次元的な解析を行なった。ついで、その結果をもとにいくつかの仮定を行なうことによって、複数の水みちが形成されるような条件下における流路網と流砂量の予測を行なった。その結果、流路のパターン、流砂量の空間分布ともに、実験値をある程度再現できることが判明した。

参考文献

- 1) 芦田・江頭・里深・後藤：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.
- 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，第206号，1972，pp. 59-69.
- 3) 長谷川：沖積蛇行の平面および河床形状と流れに関する水理学的研究、北海道大学学位論文、1983.

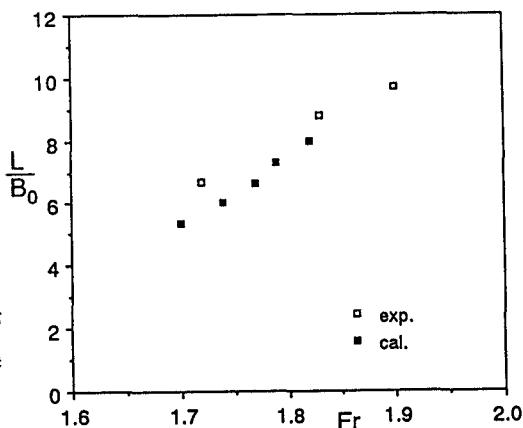


図-3 分裂地点までの距離

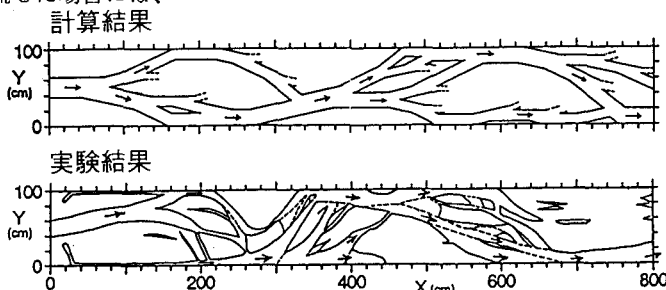


図-4 流路網

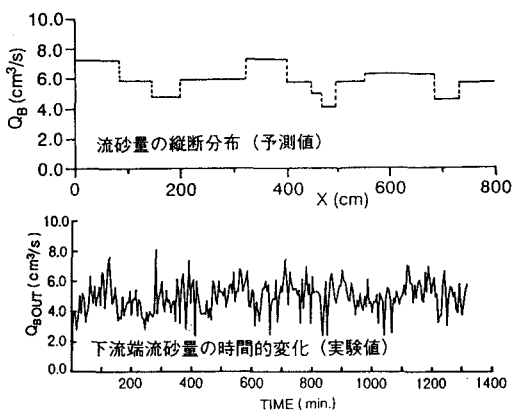


図-5 流砂量の分布