

II-36 水制工を含む直線および蛇行水路の河床変動計算

北海道開発コンサルタント(株) 正 員 戸嶋 光映
 北海道開発局 開発土木研究所 正 員 清水 康行
 北海道開発コンサルタント(株) 正 員 荒井 信行
 北海道開発コンサルタント(株) 正 員 三谷 紀一

1. はじめに

本研究では、実河川への適用を念頭におき、水制工を含む水路の流れと河床変動を予測するため、清水・板倉¹⁾による2次元浅水流モデルを用いた河床変動計算法をもとに実用的な数値計算モデルを構築し、本モデルを用いて単断面直線水路および蛇行水路における非越流型不透水制工(単一)実験の再現計算を実施した。

2. 計算方法

2-1 座標系の定義

図-1に座標系を示す。計算格子は水路の流下方向をx軸、それと直交する方向をy軸として設定し、流れについては、主流方向(流線)をs軸、それと直交する方向をn軸とする。

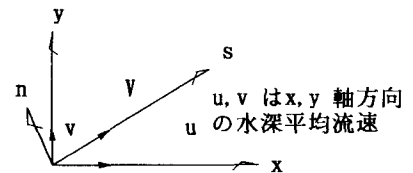


図-1 座標系

2-2 流れの計算

流れの計算は2次元浅水流モデル¹⁾を用いる。水制は側壁に直角方向に設置することとし、水制地点で $u=0$ (不透水制)を境界条件として与える。

2-3 河床変動計算

1) 掃流砂量式

流れの計算により得られた流速 u, v より流線を求め、掃流砂量式として流線方向(s軸)は(1)式のMeyer-Peter Muller式、流線に対し直角方向(n軸)は(2)式の長谷川の式²⁾を適用する。

$$qs = 8\sqrt{\sigma g d} (\tau_* - \tau_{*c})^{1.5} \quad (1) \quad qn = qs \left(\frac{V'}{V} - \frac{\sqrt{\tau_{*c}}}{\mu_s \mu_k \tau_*} \frac{\partial \eta}{\partial n} \right) \quad (2)$$

ここに、 $\sigma = \rho_s / \rho - 1$ 、 ρ : 水の密度、 ρ_s : 砂の密度、 g : 重力加速度、 d : 粒径、 τ_{*c} は無次元限界掃流力(岩垣の式)、 $\tau_* = u_*^2 / \sigma g d$ 、 u_* は摩擦速度、 V : u, v の合成流速、 μ_s は砂の静止摩擦係数(=1.0)、 μ_k は砂の動摩擦係数(=0.45)、 η は河床高(鉛直方向 上向き正)。

また、 V' はらせん流による底面流速である。従来より一樣湾曲流路において発達したらせん流の底面流速については(3)式の形が提案されており、ここでは水路全体で(3)式が成立するとする。

$$V' = -N_* u_b h / r_s \quad (3)$$

ここで、 N_* は係数でありEngelundの結果($N_* = 7$)を用いる。 r_s は流れの計算で求めた流線の曲率半径とし(4)式で表す。

$$\frac{1}{r_s} = \frac{1}{(u^2 + v^2)^{1.5}} \left\{ \frac{\partial v}{\partial x} u^2 + \frac{\partial u}{\partial x} uv + \frac{\partial v}{\partial y} uv - \frac{\partial u}{\partial y} v^2 \right\} + \frac{1}{r} \frac{u}{(u^2 + v^2)^{0.5}} \quad (4)$$

ここに、 r は水路の曲率半径。

2) 流砂の連続式

$$-\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left(\frac{\partial qx}{\partial x} + \frac{\partial qy}{\partial y} \right) = 0 \quad (5)$$

ここに、 t は時間、 λ は河床材料の空隙率であり、 x, y 軸方向の掃流砂量 qx, qy は(6)、(7)式で与えられる。

$$qx = \frac{1}{V} (u qs - v qn) \quad (6)$$

$$qy = \frac{1}{V} (v qs + u qn) \quad (7)$$

3. 計算例

単断面直線および蛇行水路における移動床・不透水水制の実験例をもとに、表-1に示す計算条件で再現計算を行った。

実験結果と計算結果を比較して、直線水路の場合は図-2に横断面図を、蛇行水路の場合は図-3に河床コンター図を示す。

また、図-2中に前報³⁾の河床変動計算結果を破線で示す。図-2より流線方向で2次流を考慮した今回の河床変動計算結果の方が再現性が良くなっている様子がわかる。

表-1 計算条件表

ケース	流量 [l/s]	水路幅 [cm]	河床勾配	水制長 [cm]	河床材料平均 粒径[mm]	下流側水深 [cm]	計算時間 [hour]
直線水路	16.5	100	1/1000	20	1.4	5	5
蛇行水路	13.0	100	1/300	20	1.0	3	5

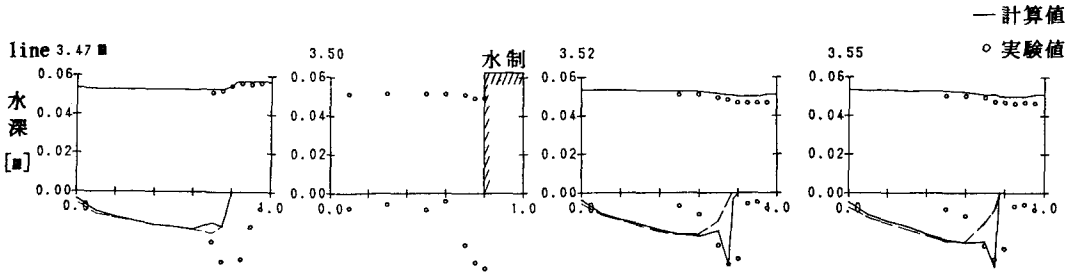


図-2 横断面図 [直線水路]

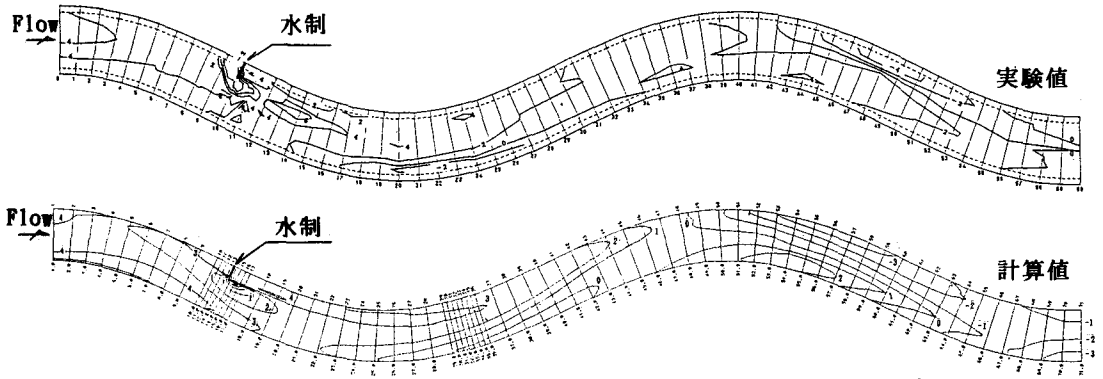


図-3 河床コンター図 [蛇行水路] unit:cm

4. まとめ

水制周辺を含む全体的な流れの特性（水面形，流速ベクトル）については実験値と計算値で比較的良好一致が得られている。河床変動については、直線水路の計算結果をみると、水制先端付近から下流側の洗掘状況は実験値と計算値とで同様の傾向である。蛇行水路の計算結果も水路全体の河床変動の傾向は実験値と計算値と同じであり、本モデルの実用上の可能性が示された。しかしながら、河床動については、未だ充分な精度が得られているとは言え、今後種々検討を要すると考えられる。

謝辞 本研究の遂行にあたり、北海道開発局開発土木研究所河川研究室・環境研究室、北海道開発局帯広開発建設部治水課の皆様方に、有益な御助言を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献1) 清水康行・板倉忠興；河川における2次元流れと河床変動の計算，土木試験所報告第85号，1986 2) 長谷川和義；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，1984 3) 戸嶋光映・荒井信行・中津川誠・三谷紀一；水制工を含む水路の流れと河床変動計算，土木学会第45回年次学術講演会概要集，1990