

II-305

蛇行河川の流れと河床変動に関する数値解析的研究

中国電力 正員 河内友一 京都大学工学部 正員 村本嘉雄
京都大学工学部 正員 細田 尚 京都大学工学部 正員 長田信寿

1. はじめに；本研究では、実河川の流れと長期間の河床変動を数値的に再現し得る一般曲線座標系を用いた数値解析モデルを構築することを目的としている。まず、モデルの妥当性を検証するために、側岸侵食が問題となっているバングラデシュ国のメグナ河に適用し^{1),2)}、洪水時の流れと河床変動の計算結果と実測値を比較した。次に、局所洗掘が生じているメグナ橋フェリー突堤付近の河床変動計算を行い、モデルの適用可能性について検討した。

2. 平面2次元モデルによる流況計算

(1)基礎式および計算方法；本研究で用いる一般曲線座標系の平面2次元流れの基礎式を以下に示す。なお、運動方程式についてはξ方向のみ示す。

(連続式)

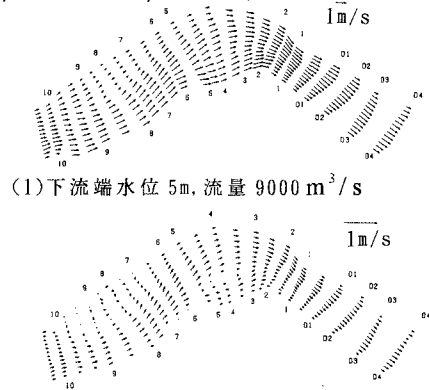
$$\frac{1}{J} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\hat{M}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\hat{N}}{J} \right) = 0$$

(運動方程式) ξ方向

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\hat{M}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\hat{U}\hat{M}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\hat{V}\hat{M}}{J} \right) - \frac{M}{J} \left(\hat{U} \frac{\partial}{\partial \xi} (\xi_x) + \hat{V} \frac{\partial}{\partial \eta} (\xi_x) \right) - \frac{N}{J} \left(\hat{U} \frac{\partial}{\partial \xi} (\xi_y) + \hat{V} \frac{\partial}{\partial \eta} (\xi_y) \right) \\ & + gh \left(\frac{\xi_x^2 + \xi_y^2}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\xi_x \eta_x + \xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) = \frac{\xi_x^2}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\bar{u}^2 h) + 2 \frac{\xi_x \xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\bar{u} \bar{v} h) + \frac{\xi_y^2}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-\bar{v}^2 h) \\ & + \frac{\xi_x \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\bar{u}^2 h) + \frac{\xi_x \eta_y + \xi_y \eta_x}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\bar{u} \bar{v} h) + \frac{\xi_y \eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-\bar{v}^2 h) - \frac{1}{J} \frac{\tau_b}{\rho} \end{aligned}$$

ここに、 h ；水深、 $\hat{M}, \hat{N}$ ；流量フラックスの反変成分、 $\hat{U}, \hat{V}$ ；水深平均流速の反変成分、 M, N ；直角座標系での流量フラックス、 z_s ；水位、 $-\bar{u}^2, -\bar{u}\bar{v}, -\bar{v}^2$ ；直角座標系での水深平均レイノルズ応力、 J ；ヤコビアン、 $\xi_x, \xi_y, \eta_x, \eta_y$ ；メトリックスである。また、離散化の方法として、慣性項には QUICK スキームを、時間積分にはアダムス・バッシュフォース法を用いた。

(2)計算結果および考察；以上の手法を用いて、本モデルをメグナ河に適用した結果について述べる。図1に下流端水位が5mと2mの条件下で定常に達した流速ベクトル図を示す。5mの場合は直線的な流れが形成されているのに対し、2mの場合は砂州をさける流れが表現されている。図2にNo.1断面における流速の実測値と計算値の横断方向分布を示す。計算によるピーク位置とその流速は実測値とよい一致を示している。



(1)下流端水位 5m, 流量 9000 m³/s

(2)下流端水位 2m, 流量 1000 m³/s

図1 流速ベクトル平面図（計算結果）

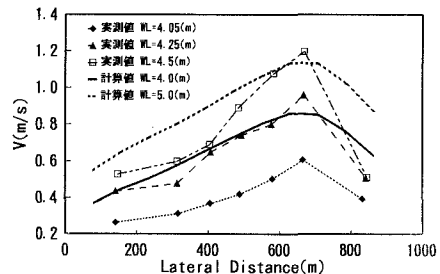


図2 流速分布図

3. 河床変動計算

(1) 計算方法

ここでは、浮遊砂および掃流砂を考慮した河床変動計算モデルを構築した。なお、浮遊砂の基準面濃度は Lane-Kalinske のモデルを用い、流線方向の掃流砂量は Meyer-Peter-Muller の式、その直角方向には長谷川式を用いている。また、河床変動の時間スケールは流れのそれに対して非常に大きいとみなし、定常流れ場を用いて一定時間の河床変動量を評価し、新たに得られた河床条件から再び定常流れ場を計算するという過程を繰り返して、長期間の河床変動を計算を行った。

(2) 計算結果および考察

図3に計算開始から3ヶ月後の No.1 断面の河床変動計算結果と実測断面の比較を示す。計算は、侵食・堆積量の正確な再現には至っていないが、実際の河床変動傾向をよく再現しているといえる。図4に実際に河岸侵食が生じている箇所と、計算による河床変動量の平面分布を示す。計算結果で河床の洗掘が生じている箇所と、実際に河岸侵食が発生している箇所に対応が見られる。このため、このモデルを用いることで、河岸侵食位置の予測が期待できる。

4. 局所洗掘への適用；次に、現地において局所洗掘が問題となっているフェリー突堤付近(図4のA地点)の河床変動を、同様の手法を用いて検討する。計算結果(3ヶ月後)および実測値を図5に示す。計算においても突堤先端付近での局所洗掘が再現されているが、その位置は計算結果の方が上流に位置しており、今後の検討を要する。

5. おわりに；本研究では、浮遊砂および掃流砂を考慮した河床変動の長期計算モデルを構築し、バングラデシュ国のメグナ河に適用した。今後は長期河床変動計算の予測精度向上のために河岸崩落土砂の影響の導入、および局所洗掘の正確な予測のための3次元モデルの構築などを行う必要があると考えられる。

参考文献；1)村本嘉雄・藤田裕一郎：バングラデシュ国の主要河川における河道変動，京都大学防災研究所年報，第35号B-2，pp89-114，1992。2)村本嘉雄・藤田裕一郎・河内友一：メグナ河における洪水流と河道変動，京都大学防災研究所年報，第37号B-2，pp421-440，1994。

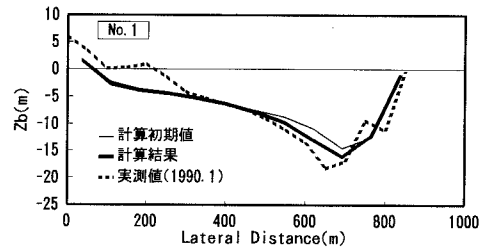


図3 河床横断形状

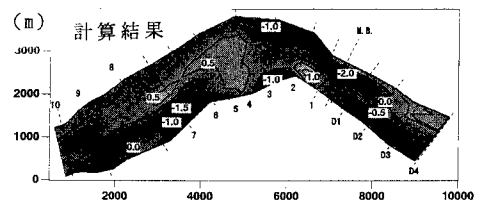
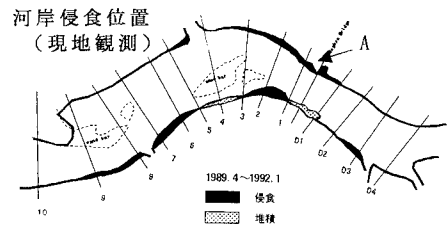


図4 現地における河岸侵食位置と河床変動量計算結果の比較

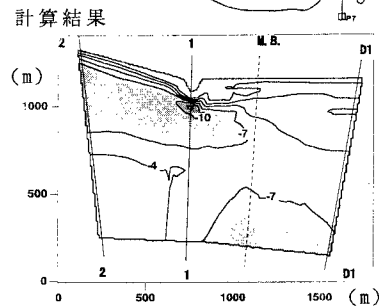
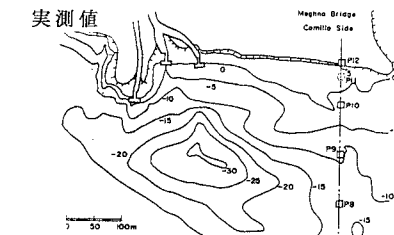


図5 局所洗掘の実測値と計算結果の比較