

II-422

橋脚まわりの河床変動計算法の開発

(株)建設技術研究所	正 員 宮川 朝浩
東京工業大学工学部	正 員 福岡 捷二
建設省関東地方建設局	正 員 富田 邦裕
(財)国土開発技術研究センター	正 員 宇賀 和夫
(株)建設技術研究所	正 員 堀田 哲夫

1. はじめに

河道内に設置される橋脚の局所洗掘にともなう災害事例が少なからず見受けられる。近年の橋の大型化にともない、橋脚が流れや河床洗掘に与える影響も大きくなってきている。橋脚の影響を調べるために、そのたびごとに模型実験を行うことは費用、労力、時間の面から最善の方法とはいえない。本研究では、橋脚周辺の局所洗掘や流れについて数値計算による予測の可能性を探るため、福岡ら¹⁾による三次元の流れと河床変動計算法をもとに、鉛直方向の流速、非平衡流砂及び浮遊砂を導入し、橋脚周辺の河床変動計算のためのモデルの開発を行っている。そして、この解析モデルによる結果と大型模型実験結果を比較し、検討している。

2. 計算方法

橋脚周辺の流況及び河床変動状況を表現するため、福岡ら¹⁾のモデルを適用する。流況計算では、静水圧分布を仮定しているが、橋脚前面の下降流を表現することが必要と考え、鉛直方向の流速 w を表現することとした。 s , n 軸方向の流速 u , v を式(1)で与え、 w は連続式から式(2)により表される。式中の w_i は u_i , v_i より求められる。

$$u(s, n, z) = \sum_{i=1}^4 u_i(s, n) \cos i \pi (z - z_0)/h, \quad v(s, n, z) = \sum_{i=1}^4 v_i(s, n) \cos i \pi (z - z_0)/h \quad \text{----- (1)}$$

$$w(s, n, z) = \sum_{i=1}^2 w_i(s, n) \sin i \pi (z - z_0)/h \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 z_0 は河床高、 h は水深である。

橋脚の下流は剝離流れとなり乱れが大きいため、この領域については、上の流れの計算法では必ずしも精度の高い河床変動計算ができない。そこで、橋脚背後の流れについての解析モデルの不十分さを、流砂の非平衡性をとりこむことにより、橋脚周囲の河床変動に関し、工学的に意味のある解を得ることを目指す。

河床変動計算では、橋脚後方における非平衡流砂現象を表現するために、非平衡掃流砂運動の式²⁾を導入した。

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_{Bs}}{\partial s} \frac{q_{Bs}}{\sqrt{q_{Bs}^2 + q_{Bn}^2}} + \frac{\partial q_{Bs}}{\partial n} \frac{q_{Bn}}{\sqrt{q_{Bs}^2 + q_{Bn}^2}} &= \kappa_B (q_{Bes} - q_{Bs}) \\ \frac{\partial q_{Bn}}{\partial s} \frac{q_{Bs}}{\sqrt{q_{Bs}^2 + q_{Bn}^2}} + \frac{\partial q_{Bn}}{\partial n} \frac{q_{Bn}}{\sqrt{q_{Bs}^2 + q_{Bn}^2}} &= \kappa_B (q_{Ben} - q_{Bn}) \end{aligned} \quad \text{----- (3)}$$

ここに、 q_{Bs} , q_{Bn} は s , n 軸方向の非平衡流砂量、 q_{Bes} , q_{Ben} は s , n 軸方向の平衡流砂量である。 q_{Bes} , q_{Ben} については、河床の局所的な縦横断面勾配を取り込んでいる式²⁾を用いた。また κ_B は非平衡性を規定するパラメータであり、福岡ら³⁾の式を適用し与えた。さらに、橋脚周辺や後方では乱れによる浮遊砂が活発に生じることから、非平衡浮遊砂濃度分布の式を用いている。方程式を解く場合には浮遊砂濃度 c の鉛直方向の分布が式(4)により近似できるものと仮定し、ガラーキン法を用いて方程式の離散化を行っている。浮遊砂の連続式を解く場合の境界条件となる河床からの砂の浮上量には、板倉⁴⁾の式を用い、せん断力は非平衡流砂量式より逆算して求めた値を用いた。

$$c(s, n, z) = \sum_{i=1}^4 c_i(s, n) \cos i \pi (z - z_0)/h \quad \text{----- (4)}$$

3. 実験結果との比較

模型実験は、幅4m、長さ90mの移動床長方形直線水路のほぼ中央に、幅0.5m、長さ1mの橋脚模型を設置し行った。河床材料は粒径0.2mm、比重2.65の砂を用い、流量 $3.25\text{ m}^3/\text{s}$ 、平均水深0.75mで1時間通水した。図-1は計算に用いた橋脚周辺のメッシュ分割図である。計算点は、橋脚の前方及び後方については縦断方向にポテンシャル流の流線に沿って配置し、その間は直線で結び、橋脚形状を表現した。計算は橋脚上流5m、下流10mの区間について行った。橋脚周辺の河床高の計算結果と実験結果の比較をコンター図の形で図-2に示す。本モデルによる計算結果は、橋脚前面の最大洗掘深及び橋脚後方において安息角より緩やかな勾配で洗掘域が広がる状況を再現している。図-3は、水路中央の縦断水位及び河床高の計算結果を、計算範囲全体にわたって実験結果と比較したものである。この図からも、本モデルが橋脚周辺の複雑な洗掘状況及び橋脚後方の堆積状況について、比較的よく表現していることがわかる。図-4には、橋脚直上流の横断面内の鉛直方向流速の分布を示しているが、その大きさは最大で約 0.2 m/sec であり、橋脚から離れた地点での水平方向流速の2割程度の大きさとなっている。

4. おわりに

従来の三次元河床変動計算モデルに、流砂の非平衡性、局所的な縦横断勾配の流砂運動に与える影響などをとりこみ、計算を行った。大型模型実験結果と計算結果を比較した結果、本モデルは、橋脚周辺の局所洗掘を表現する有効な方法であると考えられる。現在のところ、静水圧分布の仮定など、幾つか解決すべき問題を含んでいる。これらの改良が今後の検討課題である。

謝辞 本研究の遂行にあたり、貴重な助言を頂いた建設省土木研究所の関係各位に深謝致します。

<参考文献>

- 1) 福岡・渡辺・西村：水制工の配置法の研究，土木学会論文集，No. 443，II-18，1992.
- 2) 福岡・山坂：直線流路の交互砂州，第27回水理講演会論文集，1983.
- 3) 金・福岡・山坂：流砂の非平衡性を規定するパラメータ K_B の決定，第38回年次学術講演会概要集，1983.
- 4) 板倉：河川における乱流拡散現象に関する研究，開発土木試験所報告，第83号，1984.

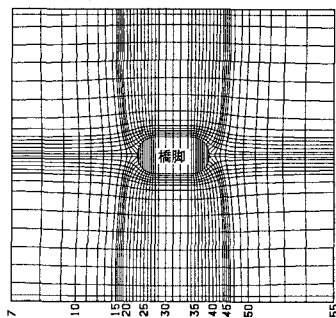


図-1 橋脚周辺のメッシュ分割図

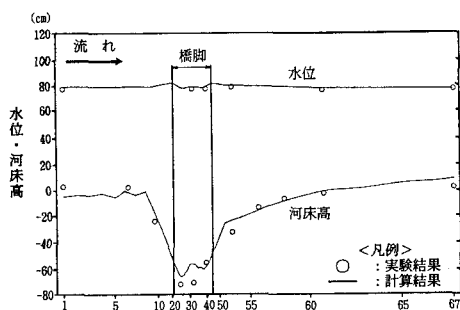


図-3 水路中央の水位及び河床高縦断図

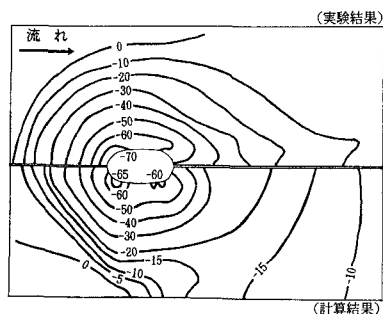


図-2 河床コンター図（単位：cm）

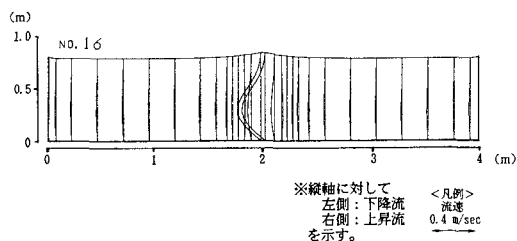


図-4 横断面内の鉛直方向流速の分布図