

非平衡状態を考慮した水制周辺の河床変動計算

鳥取大学工学部 正 員 道上 正規

鳥取大学工学部 正 員 檜谷 治

大成建設(株) 正 員 〇 広光 良子

1. はじめに 著者らは、従来より水制周辺の河床変動に関する数値計算法の開発を行っており、非静水圧分布に基づいた3次元流れの計算法と平面2次元河床変動計算法により、ある程度の再現計算が可能となっている。¹⁾しかしながら、従来の計算法では洗掘孔内での流砂量水制先端から下流へ強制的に流出させており、このことに関して問題が残されている。そこで本研究では、洗掘孔内において流砂の方向が底面流向と一致するという仮定のもとに新しい流砂の非平衡モデルを構築し従来の結果との比較検討を行う。

2. 基礎方程式および計算法 基礎方程式および計算法はほとんど従来のものと一致しており、ここでは従来の計算法と異なる洗掘孔内での流砂の取扱い型のみを説明する。

<洗掘孔内での流砂の取扱い> 従来の研究より、実験では水制前面の洗掘孔内では掃流力が大きいために、掃流形式というよりも浮遊形式で砂が移動しており、従来の計算では水制前面のメッシュでの流出流砂量のみは全て、水制先端を原点として下流部へ流出すると仮定して計算を行っている。本研究では、洗掘孔内全域からの流砂を対称とし、図1に示すように水制前面の3メッシュでの流砂量を、底面流向に従ってある堆積確率で堆積させようというモデルを考えた。詳細には図2に示すように、水制前面からの流出流砂量を基点メッシュ(厚線で囲まれたメッシュ)での底面流向に従い堆積させるというものである。

θ は基点メッシュでの上下・左右の平均流速、 $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ から求めた流向の角度であり、流出砂が堆積するメッシュは θ の方向に従い、距離 Z 、幅 D の領域内に任意のメッシュの中心が存在するメッシュ(斜線で囲まれたメッシュ)で、その堆積確率は基点メッシュとの中心間の距離 X の関数として、次式で表現できると考える。

$$p_d = \alpha \frac{1}{L} \cdot \exp\left(-\frac{X}{L}\right) \quad (1)$$

X : 基点メッシュとの中心間の距離

L : 平均のstep-length (平均粒径の100倍)

α : 補正係数

この式は、1次元非平衡場における流出した砂の堆積率である。河床変動計算は、まず芦田・道上の流砂量式より流砂量を求め、水制前面からの流出流砂量を無視した形で行う。その後式(1)を用いて流出砂量を堆積させるというものであり、ここでの補正係数 α は複数のメッシュ堆積する流砂量の合計が水制前面からの流出砂量に一致するように補正するための係数である。なお、本研究では上述した仮定に該当する複数メ

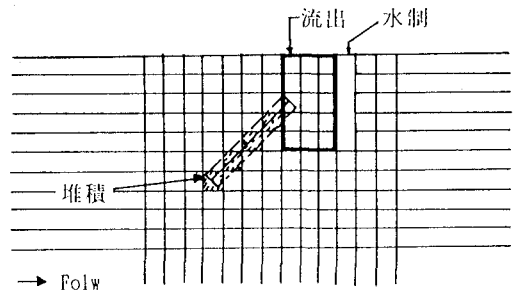


図1 3メッシュからの流出

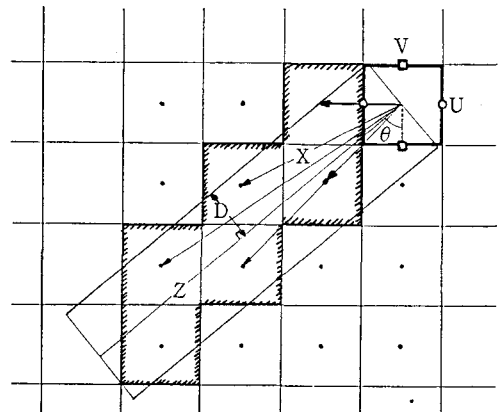


図2 堆積分布の拡大図

ッシュの並びが不規則であることより、堆積確率の最適値を求めるため数種類のZとDの組み合わせを検討し、 $Z=30\text{cm}$ 、 $D=2\text{cm}$ として計算を行うものとする。

3. 実験結果 従来に行われた実験²⁾の河床状況を図3に示す。実験条件は、水路幅40cm、流量4ℓ/sec、河床勾配1/300、水制は縦10cm、横20cm、厚さ1cmのものを、水路壁面に対して直角に設置している。また、砂の平均粒径は0.6mm、平均水深2.85cmである。図より実験での最大洗掘深は、水制前面で9cm程度であることがわかる。

4. 計算結果 図4(a)、(b)は従来の計算結果と本研究での計算結果を比較したものであるが、洗掘域は水制先端部より下流方向へ広がり、しかも、水制の裏側にまで及んでおり、実験結果の河床状況に近づいている。また、最大洗掘深は約7cmとほぼ実験値と一致しており、実験値を良く再現できている

と思われる。図5は図4(b)中に示すa-a'、b-b'断面での鉛直流速分布(平衡状態)を示したものであるが、洗掘孔内では逆流ローラのために上流側に流向が向いている。したがって、洗掘孔内の砂は一旦上流側の洗掘孔外に流出し、下流に流送される形となっていることがわかる。なお、河床変動がほぼ停止した状態でも、洗掘孔内の流砂は活発であり、河床変動が停止した原因は、洗掘孔内から洗掘孔外へ流出する砂の量が洗掘孔を拡大させるために必要な砂の量に比べ小さくなったためであると考えられる。

5. 結論 本研究では、水制周辺の河床変動計算において洗掘孔内での底面流向に基づいた流砂の非平衡モデルを考え、従来の実験結果の再現計算を行ったが、計算結果は実験結果を良く再現できており本モデルの妥当性が明らかになった。

<参考文献> 1) 檜谷ら：水制周辺の2次元河床変動計算に関する研究、水工学論文集、1992 2) 松ヶ下ら：不透水水制周辺の流況および河床変動に関する研究、鳥取大学修士論文、1992

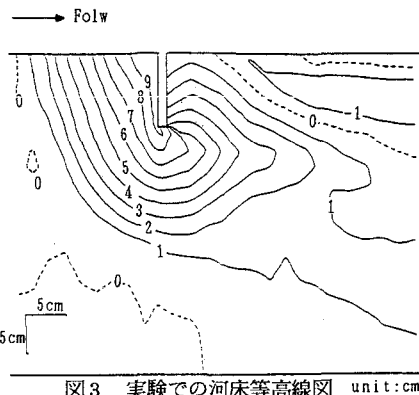


図3 実験での河床等高線図 unit:cm

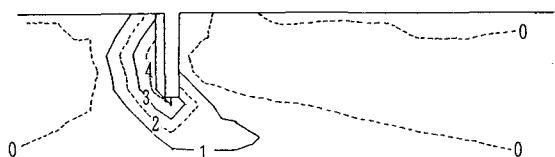


図4(a) 従来の計算結果

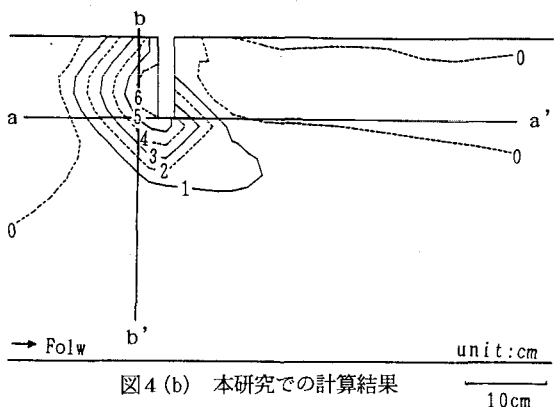


図4(b) 本研究での計算結果

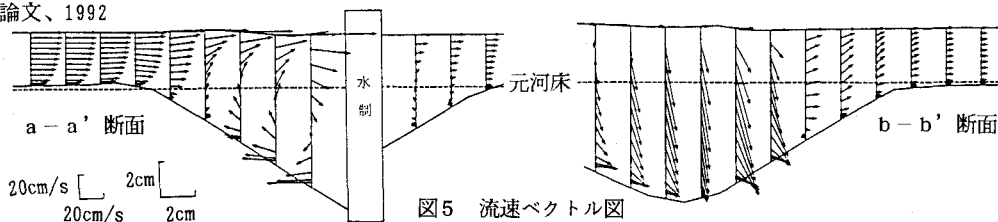


図5 流速ベクトル図