

II-271

水制の護岸・護床機能を評価する河床変動シミュレーションモデルの構築

（財）河川環境管理財団 正員 大槻英樹
 （財）河川環境管理財団 正員 芦田和男
 川 鉄 建 材（株） 荒牧 浩
 （株）ニュージェック 正員 劉 炳義
 （株）ニュージェック 正員 藤田 暁

1. はじめに 著者らは、緩傾斜河岸を有する90°単弯曲河道において、護岸、護床に関する水理模型実験と数値シミュレーションを並行して進めてきている¹⁾。本稿では、水制工が河道の護岸、護床、さらには河道環境の多様化を図る上で有効な手段となりうることに着目し、水制工を設置した河道における流れ及び河床変動を解析する数値シミュレーションモデルを構築し、その計算手法と計算結果についてとりまとめる。

2. シミュレーションモデルの概要 シミュレーションモデルでは、流れの計算を直交曲線座標系を用いた二次元浅水流モデル²⁾で行う。流れに基づいて掃流砂量を求め、流砂の連続条件により河床変動の計算を行う。

浅水流モデルでは、計算方法として Patankar の SIMPLER 法を用いる。掃流砂量の算定には、底面での流向と河床の縦・横断勾配を考慮したモデル³⁾を用いる。底面流速は、主流方向については対数則分布を仮定して相当粗度高さの流速を用い、二次流は Engelund の発達した螺旋流による底面流速式で評価する。河床材料は混合砂として扱い、河床からの深さによって粒度分布の違う状態を考慮できるよう、河床の交換層の下に遷移層と堆積層を導入した多層モデル³⁾を用いる。

流れに対する水制の効果として、通水面積の減少による水制効果と、水制周辺の渦領域でのエネルギー散逸による流れへの抵抗効果の2つを考える。前者の評価のために、水制位置では真の河床よりも高く設定した擬似河床位を用いて流れを計算し、後者の評価のために、水制の影響領域では水制を考慮した付加抵抗係数を河床せん断力の算定に用いる⁴⁾。

3. モデルの妥当性検討 上述のシミュレーションモデルにより、河床変動の数値シミュレーションを行い、同じ条件で実施された水理模型実験の結果と比較する。実験の概要を表-1、図-1に示す。対象とした水制は透過型のスクリーン枠である。数値シミュレーションは、実験と同様に、水制を設置した場合と水制を除去した場合の2ケースを行った。

計算実施に当たって、主な土砂水理条件は表-2に示すように与える。

表-1 実験条件

水路平面形状	90°単弯曲水路（図-1のとおり）
水路横断形状	図-1のとおり
弯曲半径	205cm（河道中心線）
河床勾配	1/500
流量	低水路満杯流量 40.4 ℓ/s
河床材料粒径	2.86mm（法覆工） 0.70mm（法覆工以外）

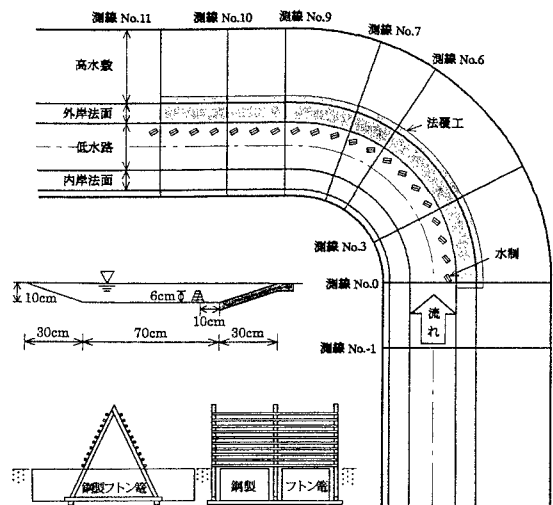


図-1 水路、水制の形状

キーワード：水制、弯曲流れ、数値解析、河床変動
 河川環境総合研究所 大阪研究所 〒540-0008 大阪市中央区大手前1-6-4 Tel.06-942-2310 Fax.06-942-2118

連絡先：（財）河川環境管理財団

水制位置では、鋼製フトン箆が初期河床の高さにあるため、侵食が生じないものとする。

また、側岸付近の河床侵食に伴って法覆工の粗い粒子が河床を覆い侵食を抑制する効果を評価するため、計算上では深掘れの河床横断勾配が粒子の動的安息角を越えないように侵食条件を設定する。

二次流強度係数 N_s は、一様弯曲流路における発達した螺旋流に対して7.0という値が適するとされる²⁾が、本稿と同様な90°単弯曲河道での実験流速測定結果を調べたところ、 $N_s = 3.0 \sim 6.0$ 程度に相当する底面流速が生じていることがわかった。このため、シミュレーションは二次流強度係数 $N_s = 3.0$ として行った。図-2は、実験における底面流速の主流方向成分と水深、曲率を用い、 $N_s = 3.0, 7.0$ として計算した底面二次流の計算値を、実測の底面二次流の値と比較したものである。なお、この計算では曲率は水路のものを用いている。

図-3に、計算結果と実験結果の河床変動の様子を比較して示す。数値シミュレーションにより概ね実験による河床変動を再現できたが、水制を設置した場合の水制近傍の河床変動については再現性がやや悪い。しかし、水制を設置した場合としない場合の計算結果を比較すると、水制の設置により深掘れの位置が内岸側にシフトしており、そのシフトの度合

表-2 計算における主な土砂水理条件

マニング粗度係数	$n = 0.0250$
水制の抗力係数	$C_D = 1.0$
二次流強度係数	$N_s = 3.0$
静摩擦係数	$\mu_s = 0.80$
動摩擦係数	$\mu_k = 0.64$

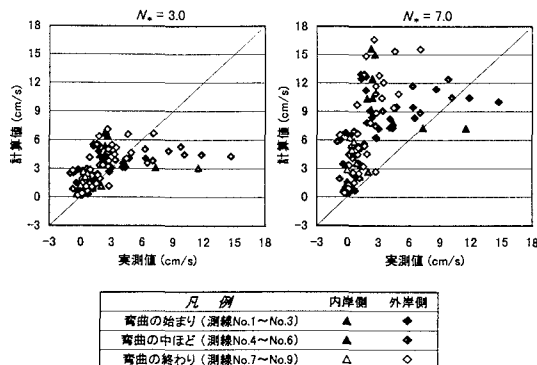


図-2 底面二次流の実測値と計算値の比較（水制なし）

いは実験結果と同程度である。全体的に見て、洗掘位置の流路中心へのシフト効果といった水制工の主な特徴は十分再現されたと言える。

4. 終わりに 今後、水制近傍の河床変動の取り扱い、二次流強度係数の評価等においてさらなる検討が必要と考えられる。なお、本研究を遂行するにあたり、貴重なご助言を頂いた立命館大学 江頭進治教授、ならびに実験を担当された(株)ニュージェック水理実験所の諸氏に謝意を表します。

参考文献 1) 大槻・芦田・劉ら：水工学論文集，第42巻，pp.469-474，1998. 2) 芦田・江頭・劉：京大防災研年報，第35号，B-2，pp.41-62，1992. 3) 劉：京都大学学位論文，1991. 4) 藤田・芦田・大槻ら：第53回年次学術講演会概要集，投稿中. 5) Engelund, F.: J. Hydr. Div., ASCE, vol.100, No. HY11, Proc. Paper 10963, Nov., 1974

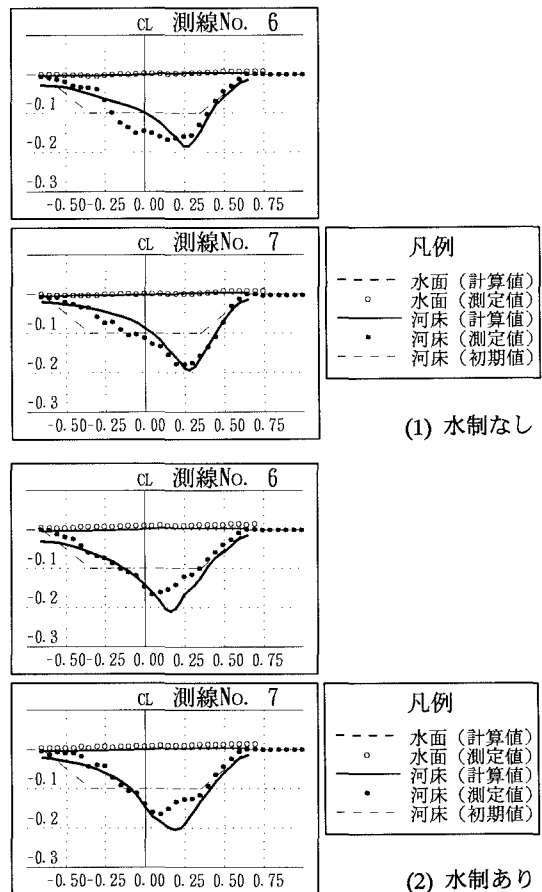


図-3 計算結果と実験結果の水位、河床の比較