

II-219

床止め工設計のための河床変動計算法の研究

広島大学 大学院
(株)東京建設コンサルタント 正員 川島 幹雄
広島大学 工学部 正員 福岡 捷二

1. はじめに

床止め工、堰の計画、改修に当たっては河床の安定、施設の安全性、水利用を総合的に勘案していくことが必要であるが、このうち、施設の安全性においては、局所洗掘、河岸侵食を極力少なくする床止め工平面形状を検討することが重要となる。従来、この問題に対しては水理模型実験により検討していたが、費用、労力、時間等の面で負担が大きく、数値解析と併用していくことが望ましい。本研究では、床止め工周辺の流れと河床変動の実用的な計算法を開発することを目的として、床止め工を有する水路の流れと河床変動について数値シミュレーションを行い、水理模型実験結果¹⁾と比較している。

2. 計算方法²⁾

【流れの基礎式】 任意の床止め工平面形状、河道形状に対応可能とするため、流れの基礎方程式には一般曲線座標系による二次元浅水流方程式³⁾を用いる。また、床止め工下流には、跳水が生じるため、差分式には跳水などの不連続点を含む流れの数値解析に適するMacCormack法を適用する。

【河床変動の基礎式】 床止め工下流では洗掘孔が生じた場合、三次元性の強い流れとなるため二次元平面流れの計算法では厳密に表現できない。しかし、局所流は河床形状により強く規定されるため、洗掘・堆積現象を適切に表現すれば、流れの解の不十分さはそれ程重要ではなくなり、実用的な精度で解(河床形状)が得られる⁴⁾と考え、河床変動計算では床止め工周辺の特徴である非平衡流砂運動を考慮することのできる次式の福岡ら⁵⁾による非平衡流砂量式を用いた。

$$\frac{\partial q_{Bt}}{\partial \xi} \frac{q_{Bt}}{(q_{Bt}^2 + q_{Bn}^2)^{3/2}} + \frac{\partial q_{Bt}}{\partial \eta} \frac{q_{Bn}}{(q_{Bt}^2 + q_{Bn}^2)^{3/2}} = \kappa_B (q_{Bnt} - q_{Bt}) + \frac{\tau_c \cos \theta}{\rho_s u_d} (\cos \bar{\gamma} - \cos \bar{\gamma}') \quad (1)$$

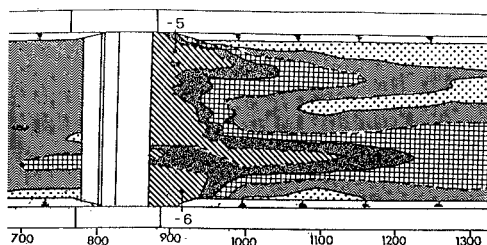
$$\frac{\partial q_{Bn}}{\partial \xi} \frac{q_{Bt}}{(q_{Bt}^2 + q_{Bn}^2)^{3/2}} + \frac{\partial q_{Bn}}{\partial \eta} \frac{q_{Bn}}{(q_{Bt}^2 + q_{Bn}^2)^{3/2}} = \kappa_B (q_{Bnn} - q_{Bn}) + \frac{\tau_c \cos \theta}{\rho_s u_d} (\sin \bar{\gamma} - \sin \bar{\gamma}') \quad (2)$$

ここに、 q_{Bnt} , q_{Bnn} : ξ , η 軸方向の平衡状態での掃流砂量、 θ : 河床面の最大勾配、 τ_c : 限界掃流力、 ρ_s : 砂の密度、 u_d : 砂の移動速度で $8.5(u_{*c} - u_{*c})$ 、 $\bar{\gamma}$: 外力ベクトル(流れによるせん断力+河床面の傾きに伴うせん断力)の向き、 $\bar{\gamma}'$: 流砂運動の向き、 κ_B : 非平衡性を規定するパラメータ
さらに、床止め工周辺では局所洗掘のため縦横断勾配が大きくなるため、平衡流砂量式には福岡ら⁵⁾の河床の縦横断勾配の影響を取り込んだ式を用いる。

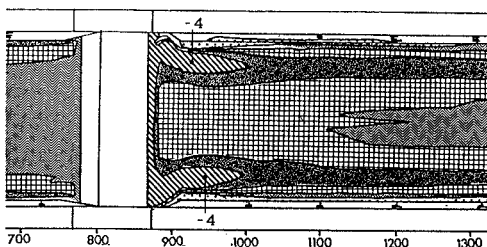
【計算条件】 境界条件としては上流端で所与の単位幅流量となるように各時間ステップで流速を設定している。下流端では段落ち条件として、限界水深を設定している。また、上流端固定床となるよう供給土砂を与えている。

3. 計算結果と模型実験の比較

対象とした床止め工は複断面河道での直線型床止め工(ケース1、2)及び、単断面河道でのアーチ型床止め工(ケース3)である。直線型床止め工は、護床工下流の取付け擁壁の直線区間を長く取り流水をスムーズに流下させる構造(ケース1)と、直線区間が短く取付け擁壁先端に流水の集中し易い構造(ケース2)の2種類を検討している。実験結果と計算結果を比較すると、図-1、図-2に示す直線型床止め工(ケース1、2)では取付け擁壁先端の流れの集中による洗掘傾向は表れているが、水路中央部ではまだ洗掘範囲が限定されている。また、ケース2の方が取付け擁壁先端に流水が集中するため局所洗掘は大きい、この傾向は表れている。図-3に示すアーチ型床止め工(ケース3)では、流水の集中する水路中央部の洗掘及び河岸部の剥離による堆積傾向は表れているが、直線型床止め工と同様に護床工下流の洗掘が十分表現できていない。

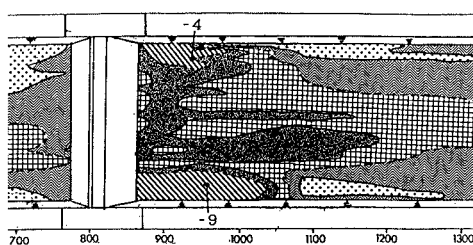


(a)実験結果

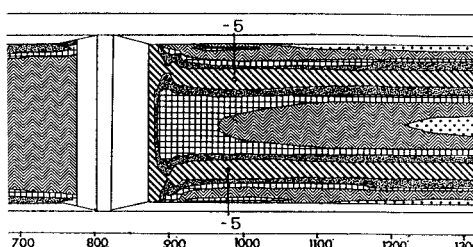


(b)計算結果

図-1 河床変動高コンターの比較(ケース1)



(a)実験結果



(b)計算結果

図-2 河床変動高コンターの比較(ケース2)

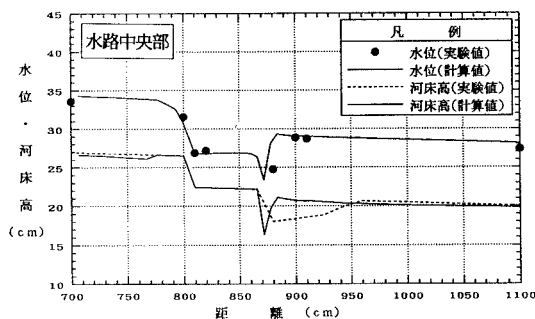


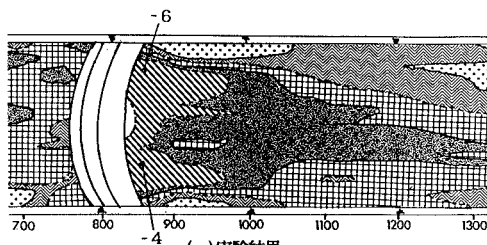
図-4 水位・河床高縦断面図(ケース1)

この原因としては、跳水の再現精度が十分でないことが考えられる。つまり図-4に示す計算の水面形は洗掘孔で急激に跳水しているが、実験値はより長い区間で跳水している。また、床工下流では流れは落込み流となるが、この場合の河床せん断力の評価方法には工夫が必要と考えられる。

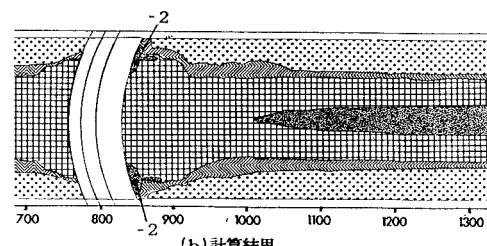
4. おわりに

本数値解析モデルで取付け擁壁周辺のような流れの集中による洗掘をかなりの程度表現できることが明らかとなった。しかし、護床工下流の局所洗掘はまだ十分には表現し得ていない。この原因としては、跳水の再現性が十分ではないこと、洗掘孔での河床せん断力が正しく評価されていないことが考えられる。今後はこの点を改良していくことが必要である。

【参考文献】 1)長谷川、高橋、小谷：土木研究所資料No. 2760、1989。 2)川島、福岡：水工学論文集第39巻、1995。 3)清水、山下、山下、崇田：開発土木研究所月報No455、1991。 4)福岡、富田、堀田、宮川：土木学会論文集No497/II-2、1984。 5)福岡、山坂：水講、第27回、1983。 6)福岡、山坂：土木学会論文集No351/II-2、1984。



(a)実験結果



(b)計算結果

図-3 河床変動高コンターの比較(ケース3)

凡	例
	-3cm～
	-2cm～-3cm
	-1cm～-2cm
	0cm～-1cm
	～0cm