比較的急な直線開水路に設置された側岸凹部流れの計算

神戸大学都市安全研究センター　正会員　藤田　一郎
神戸大学大学院自然科学研究科　学生員　○長浜　弘典
山武ビルシステム（株）　小澤　純

1. はじめに

近年河川環境が見直され，都市部の急勾配な中小河川にも親水性を確保するための水理構造物が数多く見られるようになった．その中で，河岸側岸に凹部を設け，そこに階段工やスロープなどを取り付けた親水構造物が見られる．しかしながらこのような側岸凹部構造物が洪水時の流水抵抗に及ぼす影響等は十分な検討が行われていない．著者らはこのような側岸凹部が存在する開水路流れに対して，CIP 法 [1]による平面 2 次元モデルを用いた数値解析および水理実験により流れの特性について調べてきた [2,3]．本論文では河床勾配の影響等について行った検討結果を報告する．

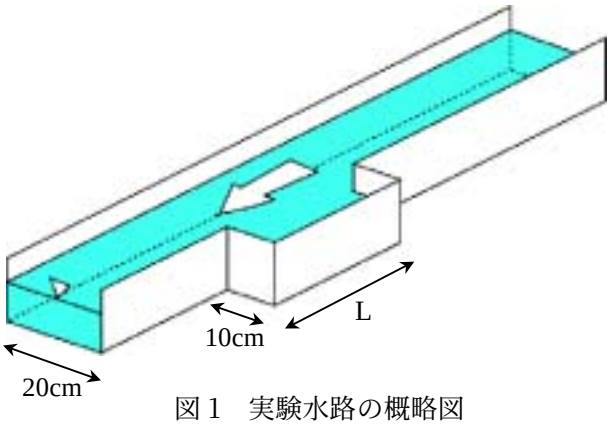


図 1　実験水路の概略図

2. 実験概要および計算条件

使用した実験水路は幅 30cm，長さ 7.5mの可変勾配型循環式直線水路であり，そこに奥行が 10cm の側岸凹部を設置し，主流幅が 20cm となるようにした．この形状は実際に神戸市内における設置例を参考にしている．実験では，L=0.5，1.0，1.5m の３ケースにおいて，下流堰の高さを変えることにより水面状態（等流，低下背水）を変化させ，デジタルポイントゲージにより水深を計測した．また表面流および内部流の平均流速，乱流諸量などは PIV を用いた画像計測により調べた．計算条件は，実験条件と等しく設定している．表 1 に実験および計算の条件を示す．座標軸は側岸凹部側をｓ軸とし，下流端を０として上流側を正とした．計算には前報と同じく浅水流方程式を用いた [3]．

表 1　実験・計算条件

流量 Q(l^3/s)	10.0
下流端水深 h(cm)	7.0, 8.5
動粘性係数 ν (m^2/s)	1.0×10^{-6}
水路床勾配 I	1/250, 1/500
時間ステップ Δt(s)	0.001
格子サイズ Δx(m)	0.025
格子サイズ Δy(m)	0.005
マニングの粗度係数 n	0.0094

3. 全体的な水面形の比較

ここでは全体的な水面形を比較する．図２は I=1/500，L=1.0m のときの等流堰上げ状態での水深分布（（a）実験値と(b)計算値)を示したものである．ここでの等流堰上げとは，凹部を閉じた状態の水路に対して等流水深（H_0）が実現される下流端堰上げのことをさす．この図から側岸凹部下流端付近で水深が最も高くなっており，ここが危険個所であることが確認できる．実験値と計

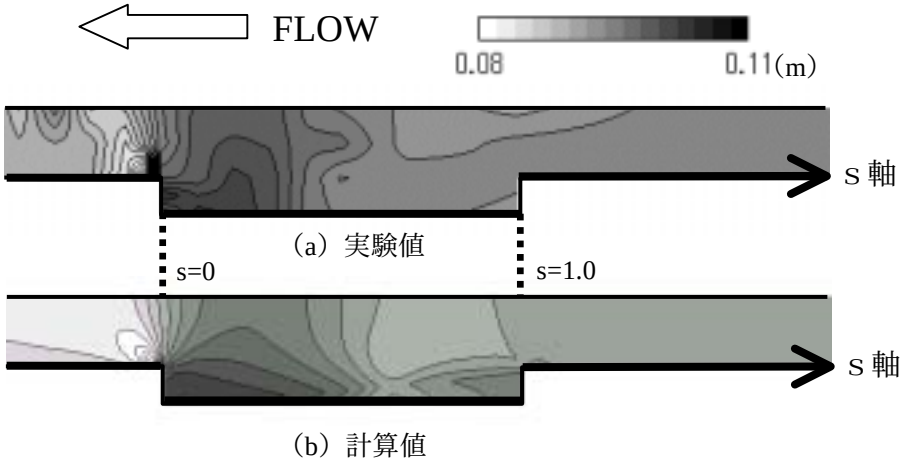


図 2　水深分布図（L=100cm）

キーワード：側岸凹部，CIP，数値解析，都市河川，階段工
連絡先：〒657-8501　神戸市灘区六甲台町 1-1　Tel.078-803-6439,Fax.078-803-6394

算値を比較すると，三次元的な流れの効果が卓越する側岸凹部下流側では差が見られるが，最も問題となる側岸凹部内部の水面形はうまく再現できていると思われる．

4. 側岸に沿った水面形の比較

I=1/500，L=1.0m のケースで左岸側岸 s 軸に沿った水面形を等流状態と低下背水状態で比較した（図３および図４）．s<0 となる凹部より下流を除けは，どちらのケースについても実験値と計算値はおおむね一致していることが確認できる．また，下流の水位が低下しても水深の分布形状はほぼ相似形を保ったまま変形しており，側岸凹部内の水面構造はあまり変化していないこともわかる．

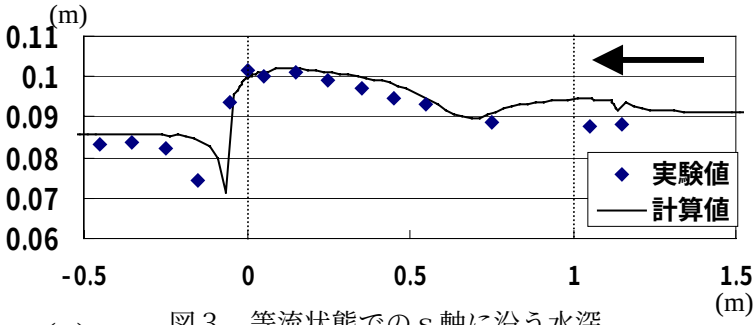


図３　等流状態での s 軸に沿う水深

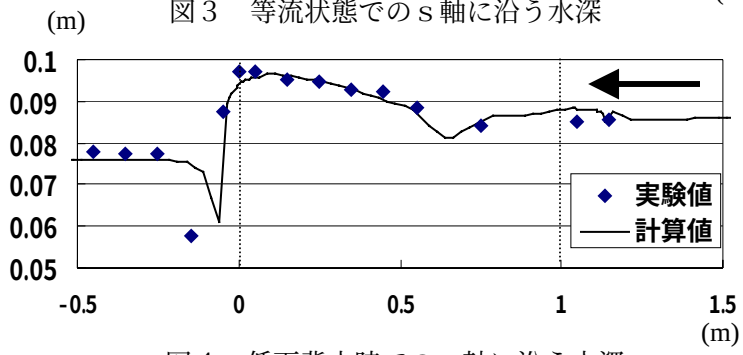
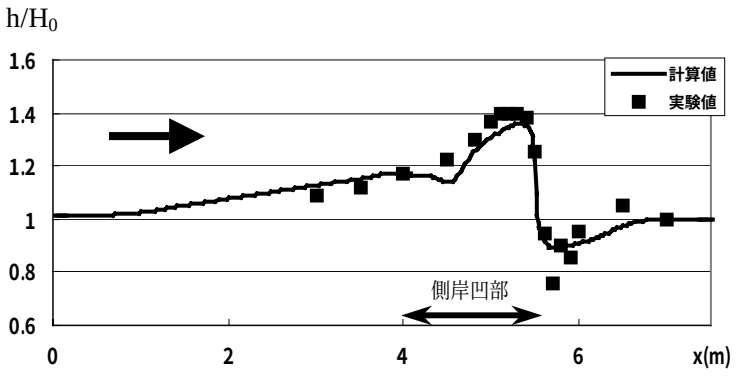


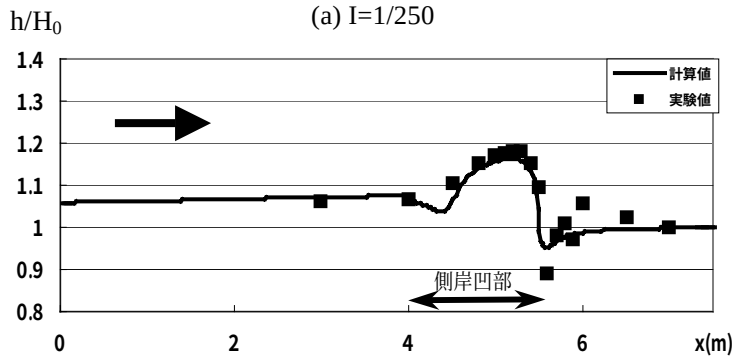
図４　低下背水時での s 軸に沿う水深

5. 水路勾配の影響

図 5 にアスペクト比 As(=L/b)が 15 のケースについて水路中央の軸に沿った水深分布を水路勾配別に比較した．下流端はどちらも等流堰上げ状態である．水路勾配が 1/500 の場合には，側岸凹部の存在が仮想的な抵抗となって増大した水深が上流側まで伝播しているのに対し，勾配の比較的急な 1/250 の場合はその影響が有限範囲にとどまっていることがわかる．これは，勾配が 1/250 の場合，等流状態がほぼ限界状態（Fr=0.96）となっているため下流側の擾乱の影響が上流に伝わりにくくなってためである．今回の数値シミュレーションではこのような状態も良好に再現できている．また，側岸凹部の存在で増加した局所的な水深は勾配が大きいほど大きく，I=1/250 では等流水深よりも 40%程度も増大している。急勾配水路での親水設計には十分注意が必要なことがわかる．



(a) I=1/250



(b) I=1/500

図５　河床勾配の影響(As=15，Q=10 l/s)

5.おわりに

今後は，側岸凹部が湾曲水路に設置されたケースなどについての検討が必要と思われる．

参考文献

1) T .Yabe,T.Aoki: A universal solver for hyperbolic equations by cubic-polynomial interpolation II. Two- and three-dimensional solvers, Computational Physics Communications, 66 (1991) 233-243.
2) 藤田・小澤・長浜：直線水路に設置された側岸凹部が主流に与える影響について,応用力学論文集，Vol.4,pp.549-556,2001.
3) 藤田・小澤・長浜：階段工周辺流れの CIP 法による数値シミュレーション,土木学会年次学術講演会講演概要集，2001.