

側岸凹部を有する親水河川構造物の形状変化が流れに与える影響について

神戸大学大学院 学生員 ○ 椿 涼太
神戸大学工学部 正会員 藤田 一郎

1. 目的

河川法の改定により、従来の治水、利水に加え、環境や親水性が河川計画において重要視されるようになった。河川は上流から河口まで、連続するものであり、総合的な視点が重要であるが、親水性向上については人口密集地域で行うことが特に効果的だと考えられる。しかし、このような地域は開発が進んでいるため、水路幅の拡大や新規に親水公園を設置することは困難であることが多い。このような水路幅が制限された河川での付加構造物の設置は水位上昇等を引き起こす原因となりうるため十分に吟味して行う必要がある。本研究では水面へのアクセシビリティ確保を目的とし河川側岸に設けられた凹部に注目し、水理実験と非構造格子による浅水流解析を行い、解析法の適用性の検討ならびに設計変更の影響の調査を行った。

2. 実験条件

実験水路(図-1)は主流部の水路幅 0.2m、長さ 7.5m の循環式可変勾配開水路で、水路の中間部に幅 0.1m、長さ 1.0m あるいは 0.5m の拡幅部を取り付けてある。水理条件は表-1 に示す通りである。水深の計測にはデジタルポイントゲージを用い 10Hz でデータサンプリングを行った。また、流速の計測としては、水表面にナイロン破砕粒子（平均粒径 10 μ m）を散布し、これをトレーサーとして PIV 解析を行った。また、矩形凹部以外に上下流端に 45° のすり付けを設置したものや凹部に隔壁を設置したケースについても検討を行った（図-2）。

3. 計算モデル

基礎式としては水深平均した連続式と運動方程式を用い、離散化には有限体積法を利用した¹⁾。空間差分には 2 次精度風上である MUSCL 法を、また時間進行には、2 次精度 Adams-Bashforth 法を用いた。計算格子には三角形非構造格子を用い、渦動粘性係数は $d_h = \alpha h u_*$ によって評価した。ここに、 α は定数、 u_* は摩擦速度であり、本研究では Manning の抵抗則から求めた。また、壁面近傍では渦の挙動を考慮し、減衰関数によって渦粘性係数を調節した。

格子の生成にはアドバンシングフロント法を利用し、本研究では格子幅約 1mm のほぼ等間隔の格子を用いた。

4. 実験結果

実験による凹部周辺の平均水深分布を図-4 に示す。平均水深は凹部内の下流端で最大値をとり、その直後の縮流部で一部射流となって最小値が現われる一方、その変動は凹部下流端で最も大きくなる。この傾向はすり付け、隔壁を設置した場合についても共通してみられた。各ケースの凹部下流端での水深変動強度を図-6 に、平均水深を図-7 に比較した。各図の下流端は凹部下流端付近での値

表-1 水理条件

流量	0.01 m ³ /s
水路床勾配	1/250
等流水深	0.067m
限界水深	0.063m

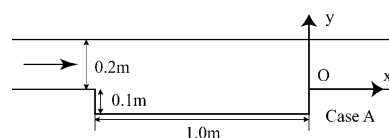


図-1 実験水路(基本ケース)

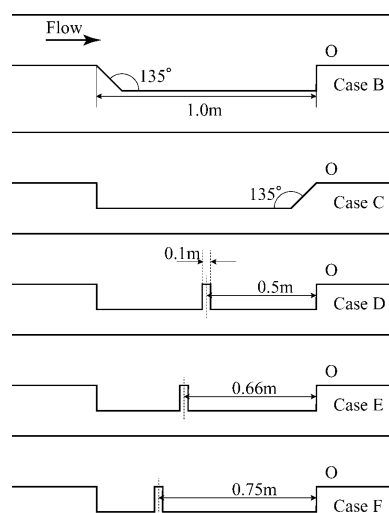


図-2 実験ケース

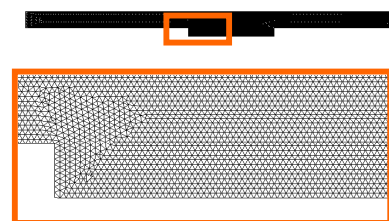


図-3 計算格子

キーワード 側岸凹部、常射流混在流、非構造格子、有限体積法、河川構造物

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL 078-803-6439 FAX 078-803-6439

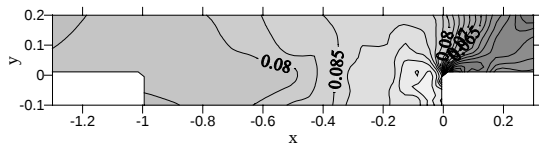


図-4 平均水深（実験値）

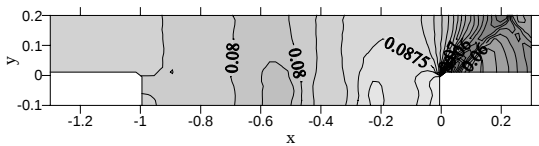


図-5 平均水深（計算値）

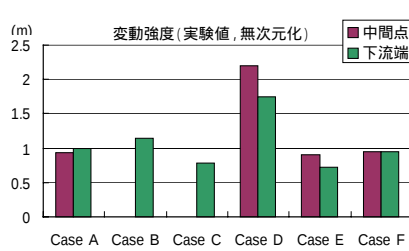


図-6 凹部下流端水深変動（実験値）

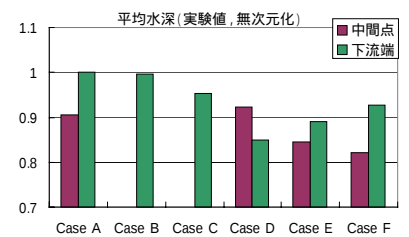


図-7 凹部下流端平均水深（実験値）

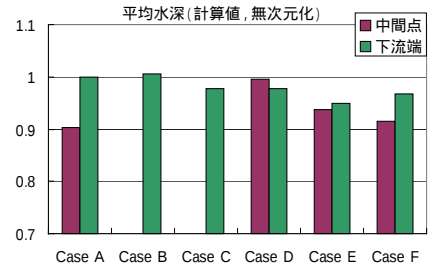


図-8 凹部下流端平均水深（計算値）

を、また中間点は凹部中央あるいは隔壁上流側付近での値を示す。それぞれの値は基本ケース（Case A）での下流端の値で無次元化したものを示している。基本ケースに比べ、下流端にすり付けを設置した Case C では、平均水深、変動ともに減少しているが、上流端にすり付けを設置した Case B では、下流端で変動がやや強くなっていることが確認できる。これは、Case C では下流部の流れがすり付けに誘導されるため、基本ケースよりなめらかに主流と合流するのに対し、Case B では凹部上流側に形成される循環流がすり付けを設置することで不安定になった結果、変動が増大したものと考えられる。隔壁を設置した Case D, E, F では基本ケースに比べ全体的に水深が低下している。基本ケースにおいて、凹部長さを小さくした場合には下流端での水深が低下し変動が強くなることが確認されている³⁾が、今回のケースでは隔壁によって短い凹部が二つ並ぶため、各循環流の何らかの相互作用によって水位低下が引き起こされたものと思われる。一方、隔壁を設置した場合の水深変動は Case D は基本ケースより増加するが、Case E, F は低下するという興味深い結果が得られた。Case D は凹部中央に隔壁を設置していることから、上流側と下流側の凹部で相互に水深（圧力）変動が共鳴増幅していると考えられる。逆に Case E, F は異なる長さの凹部が接しており、上流側と下流側の凹部の固有振動数が異なることから、変動が互いに打ち消されている可能性がある。

5. 実験値と計算値との比較

基本ケースでの水深分布を図-5 に示す。また実験値と同様、凹部下流端および中間点での平均水深を図-8 に示す。今回の計算では水深変動については有意な傾向が認められなかったため、実験値と直接比較することはできなかった。基本ケースについては、実験値と計算値でよい一致が見られるが、その他のケースでは、基本ケースと比較した場合の水深変化が計算値では過小評価される結果となった。ただし、水位変化の定性的な相対変化については、本モデルでも概ねその状況を把握できることがわかった。

6. 結論

側岸凹部流れにすり付けおよび隔壁を設置した場合の流れを実験ならびに計算によって比較した。すり付けを上流端に設置した場合には下流端で水位上昇が引き起こされ、逆に下流端に設置した場合には水位低下することが実験ならびに計算によって確認された。隔壁を設置した場合には、全体的に水位低下が引き起こされるが、変動についてはケースにより大きな違いが見られることが実験から確認された。実験値と計算値との水深は、各ケースの傾向はほぼ一致したが、絶対値については相違がみられた。今後は、さらに詳細な実験により各ケースの流れ構造の違いを明らかにするとともに、計算モデルの改良を行い信頼性を高めたい。

参考文献

- 1) 重枝未玲，秋山寿一郎，浦勝，有田由高：非構造格子を用いた有限体積法に基づく平面二次元洪水数値モデル，水工学論文集，Vol. 45，pp. 895-900，2001。
- 2) 木村一郎，細田尚：側岸に死水域を有する開水路流れの非定常解析，ながれ，Vol. 12，pp. 399-408，1993。
- 3) 藤田一郎，小澤純，川本尚紀：直線水路に設置された比較的長い側岸凹部に関する実験的研究，神戸大学都市安全研究センター研究報告，第 6 号，pp. 203-210，2002。