

複雑な河道形状と斜路工を有する急流小河川の平面2次元解析

九州工業大学工学部 正会員 秋山 壽一郎, 重枝 未玲, 鬼束 幸樹
九州工業大学大学院 学生員 ○白川 寛樹

1. はじめに

A川は、G市副都心のH地区の中心市街地を貫流し、K湾に注ぐ延長4,165m、流域面積3.6km²の感潮都市小河川（二級河川、計画規模1/50）である。現在、A川の上流部約730m区間（以下B区間と呼ぶ）では河川再生事業が計画・実施されている。この区間では既存の落差工を廃し、勾配1/10の斜路と減勢工よりなる斜路工を3つ、勾配1/10の斜路を1つ設置することで河床勾配の緩和が図られている(図-1)。

本研究は、SA-FUF-2DFモデル(空間平均有限体積法、流束差分法および非構造格子に基づく平面2次元非定常自由表面流数値シミュレーションモデル)を用いて、B区間における治水機能を検討したものである。以下では、A川河口に位置するA川橋を原点(No.0)とした測点Noに基づき議論を進めることとする。B区間はNo.18+15からNo.55に対応している。

2. 模型実験

B区間のNo.37～No.48を対象にフルードの相似則に基づき、この区間の縮尺1/25の模型を作成し実験を行った。実験の流量は、計画高水流量26m³/sをフルードの相似則に基づき換算した8.32ℓ/sを全区間で与えた。河床高、水位及び流速の測定を行った。河床高と水位はレベルとポイントゲージを用いて水路中央断面で行った。流速は直径約3mmの発砲スチロール球を多数散布し、デジタルビデオカメラを用いてその挙動を撮影し、1/30s毎の軌跡を追跡し、PTV法により算出した。

3. 計算条件

(1) 河道データ

河道の平面形状および河床高は、各測点での縦断面形状と横断面形状に基づき作成した。各測点間での河道データは測点での形状を線形補間した。斜路工の減勢工下流端の段上がりについては、1:1の河床勾配として取扱った。Manningの粗度係数 n については、河道を河床部、法面部に区分し、河床部では $n=0.038$ (自然石による低水路)、法面部では $n=0.034$ (植生)及び $n=0.025$ (石積み護岸)として、河道構成材料に応じた粗度係数を与えた。

(2) 平面2次元解析のための境界条件

上流端では計画高水流量を、下流端では1次元不等流解析より得られた各流量に対する水位をそれぞれ与えた。1次元不等流解析モデルとしては世界基準のMIKE11を用いた。また計画高水流量は排水路の流入により、No.37で26m³/sから31m³/sへと増加している。これは、No.37～No.37+3.8で低水路から5m³/sの流量を内部境界条件として加えることで処理した。これら以外の全ての境界については閉境界条件を設定し、初期条件としては、水深 $h=h_0(=0.001\text{m})$ および流速 $u=v=0.0(\text{m/s})$ を全ての計算メッシュに対して与えた。流れが定常状態になったと判断された時点で計算を終了し、これをもって定常解とした。

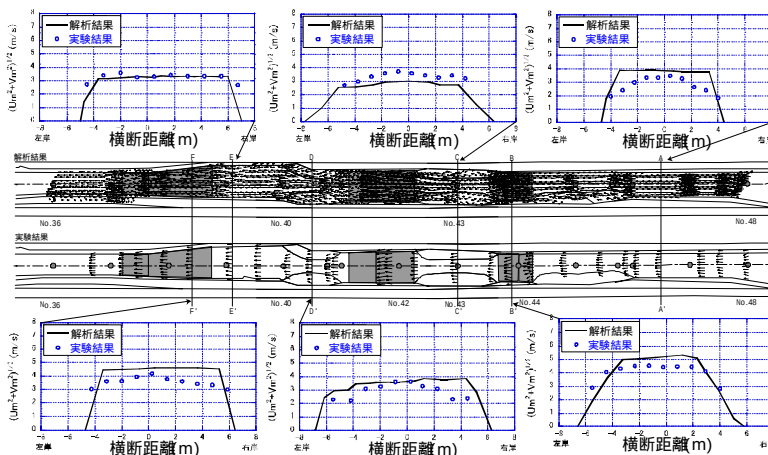
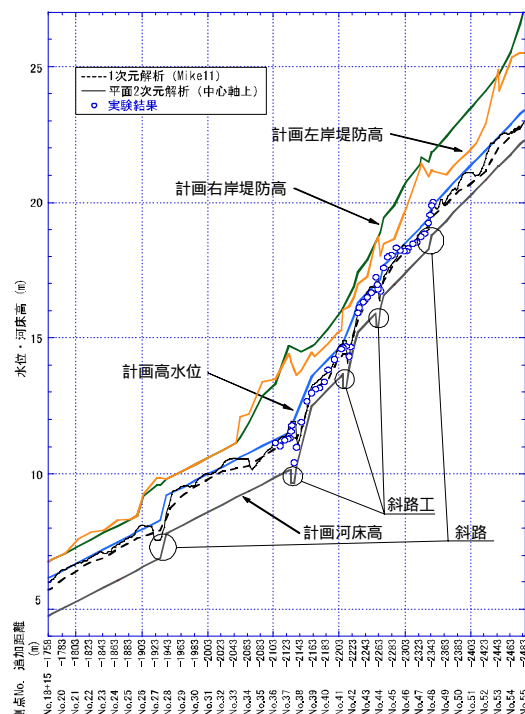


図-2 水深平均流速ベクトルの比較

4. 実験結果に基づくモデルの再現精度の検証

図-1 は河道中心軸上の水面形状の比較を行ったものである。これより、次のことが確認できる。(1)斜路工付近を除き、SA-FUF-2DF モデルと MIKE11 のいずれも、常・射流が繰り返し発生する複雑な水面形状を再現できる。(2)全体的に SA-FUF-2DF モデルの方が再現精度に優れており、特に斜路と減勢工下流での水位の急激な上昇を良好に再現している。図-2 は、水深平均流速ベクトルの比較を行ったものである。各断面の比較から、A-A'断面及び F-F'断面では、解析結果は、水路中央と兩岸の流速をほぼ再現しているが、流速分布はやや異なっている。これについては、解析と実験それぞれの河床、側岸形状に若干の差異があるためと考えられる。上記の断面を除けば、解析結果は実験結果を概ね再現している。以上より、SA-FUF-2DF モデルが常射混在流や斜路工前後での水位及び水深平均流速ベクトルを満足できる精度で再現できることが確認される。

5. モデルの適用と解析結果

以下では、水位、掃流力比(=掃流力/限界掃流力)の解析結果に基づき検討を加える。水路中心軸上の水位の解析結果(図-1)より、計画高水位若干上回っている箇所が部分的に認められる。また左岸・右岸側の水位の解析結果(図-3(a),(b))に着目すると、水位が計画高水位を上回る地点が多数存在し、No.38付近の斜路工やNo.28付近の斜路の下流では、兩岸で計画高水位をかなり上回っている。これらは、低水路が急縮している箇所、局所的な水位の上昇が起こっているためである。特に、No.28付近の斜路下流では水路の急縮と跳水のために水位が急激に上昇しており斜路前後での堤防高には約0.15mの余裕しかない。また河道の湾曲と左岸側の河床高の相対的な低下のために流れが集中するNo.49～No.52の左岸側、低水路が急縮するNo.32およびNo.26の河道中心軸周辺でも、水位が計画高水位を超えている。これらの箇所では溢水や氾濫に注意が必要である。また、掃流力比の解析結果(図-4(b))から、次のようなことがわかる。(1)減勢工下流で掃流力比が小さくなっており、減勢工は機能している。(2)流れが集中するNo.49～No.52の左岸側の河床での掃流力比が大きくなっている。(3) No.18+15.0～No.25とNo.28～No.32付近では掃流力比が1より大きくなる箇所が兩岸にまで及んでおり、No.49～No.52では局所的な河床洗堀、No.18+15～No.32では植生護岸の側岸侵食が予想される。

6. 結論

A川のB区間を対象として、SA-FUF-2DFモデルより、計画高水流量での平面2次元解析を実施した。同モデルは平面2次元モデルであるため、3次元流れである跳水区間等の流れを取扱うことはできないが、跳水前後の水深や水深平均流速を良好に再現できることが確認できた。また、SA-FUF-2DF モデルは、偏流や流れの集中など、1次元解析では推定不可能な流れの状況を把握可能であり、B区間のように複雑な縦断・横断形状を有する河道での流況解析、さらには環境・治水機能の調和を図った河道計画や改修を検討評価する上で有効な手段であると考えられる。

参考文献 1) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 鬼束 幸樹, 白川寛樹: 平面2次元数値モデルによる急流都市河川の流況解析, 水工学論文集, 第48巻, pp. 631-636, 2004.

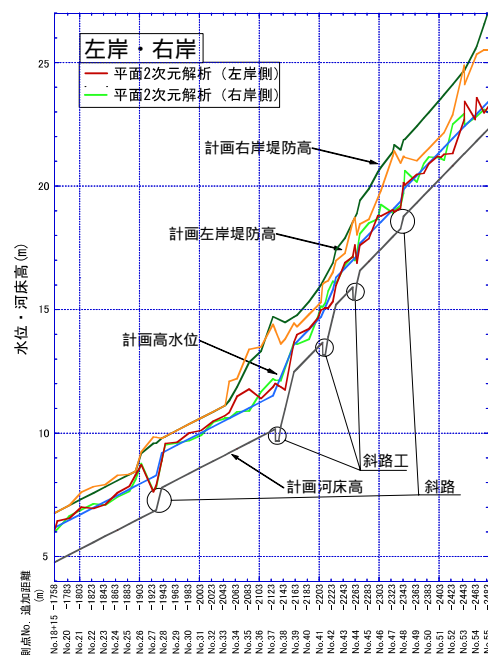


図-3 解析結果(水位)

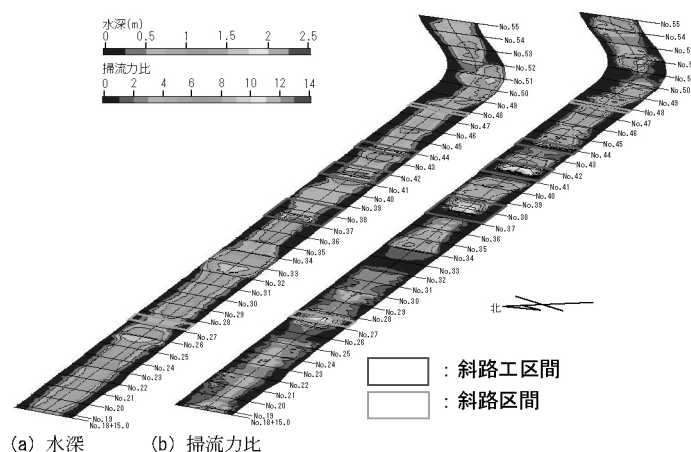


図-4 解析結果(各諸量のコンター図)