

水制周辺流れの現地計測と非構造格子モデルによる数値解析

神戸大学工学部	正会員	藤田 一郎	神戸大学工学部	学生員	○平井 康介
京都大学防災研究所	正会員	武藤 裕則	明石工業高等専門学校	正会員	神田 圭一
神戸大学工学部	学生員	椿 涼太	近畿大学理工学部	正会員	竹原 幸生

1. はじめに

河川構造物の1つである水制は元来舟運や治水のための構造物であったが、最近は河岸を単調化させる護岸被覆工法の代替として、また河岸の環境回復や緩傾斜を含む変化に富んだ地形を創出すると手段として注目されるようになってきた。そこで、河川構造物が河川の水の流れにどのような影響を与えているかをより詳しく知る必要があるが、現地で水の流れを計測するのは多大な労力が必要である。従って、数値計算などでより容易に河川構造物のある流れを予測できれば工学的な重要性が高まる。本研究では、藤田・椿が開発した非構造格子に基づく数値計算¹⁾の精度を知るために、宇治川の水制群を対象とし、LSPIV²⁾(Large Scale Particle Image Velocimetry)法とADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)による観測値³⁾と数値計算による結果を比較する。

2. 数値計算

今回用いる数値計算の格子は非構造格子(図-1)を使用し、格子の生成にはアドバンシングフロント法を用いている。数値流束の計算にはMUSCL法を用いた。

3. 現地観測

観測は2004年10月11日に水制群を含んだ宇治川区間(43kp付近)で行った。ほぼ同時刻にLSPIV法により表面流を、ADCPにより内部流と河床形状を計測した(図-2)。計測時の水深は約6mで、水制はかぶり水深約0.1~0.2mの弱い越流状態であった。数値解析では水深平均流速が結果として得られるので比較のために、図-1(a)に表面流と内部流の実測値から求めた水深平均流速の結果を示す。また、数値解析で用いる流量はADCPとLSPIVの結果から算出した。今回、算出した流量は280(m³/s)程度であった。

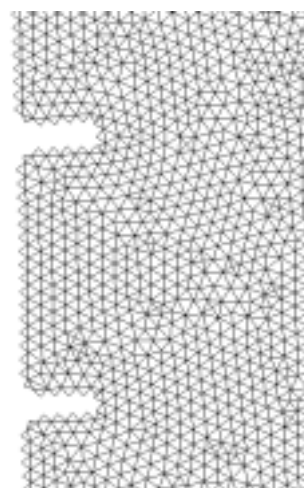


図-1 2 m非構造格子

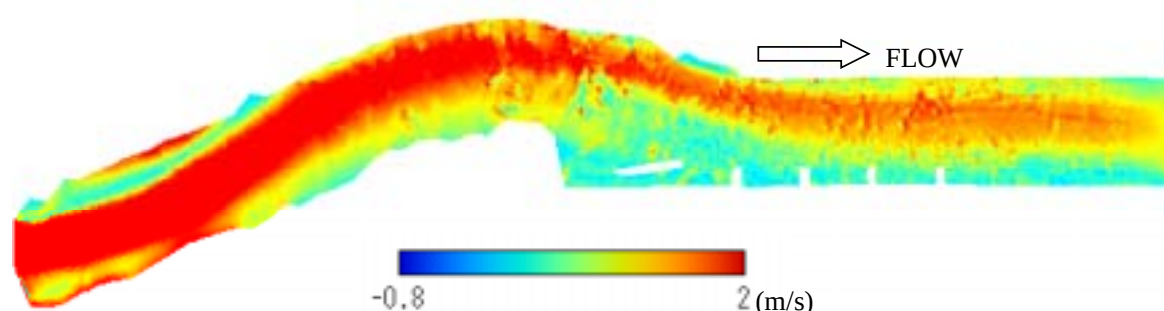


図-2 数値計算による観測全域の流速コンター図

4. 考察

数値計算は3ケース行った。数値解析の流れ場は測量とADCPによって測った河床形状のデータを使用して再現し、メッシュサイズは2 m、計算条件は流量280(m³/s)、下流端に水深を与え、時間間隔 Δt は $\Delta t=0.01$ で計算した。一つ目のケース(図-3(b))は、越流状態のような3次元性の強い流れの計算は今回の浅水流方程式に基づく数値計算では難しいことから、非越流状態と仮定して計算した。計測結果の図-3(a)から見ると、主流キーワード 河川構造物、非構造格子、浅水流、水制、MUSCL法

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

部が水制による水はね効果により水制の対岸側にずれているのが読み取れる。また、図-3(b)を見てみるとやはり主流部が水制の対岸側にずれているのことがわかることから、大まかな流れは数値解析で再現することが可能であると考えられる。また、どちらも水制の水はね効果が原因で主流部が水制の対岸側にずれると考えられる。次に、水はね効果がどの位影響があるのか知るために水制のない条件で数値解析を行った(図-3(c))。図-3(b)と図-3(c)を比べると、水制が無くなったことによって主流部の流速が全体的に小さくなり、主流部が左岸側によっていることから水制の水はね効果が本モデルで再現されていることがわかる。次に、水制の効果を間接的に表現するために、本来水制のある箇所の粗度係数を大きくすることによって、仮想的に越流状態を再現した。抵抗力は水制の位置の粗度係数を大きくすること($n=0.5$ とした)によって与えている。図-3(d)からは、上流側右岸の低流速域の規模や最大流速の範囲に若干の相違が見られるものの、おおむね実測値と一致した良好な結果が得られていることがわかる。

5. 終わりに

LSPIV 法と ADCP によって計測した結果と数値解析の結果を比較することによって、数値計算である程度流れ場を再現できることを示した。また、現実では再現することのできない、水制を除去した状況を作り出し、結果を検討することによって数値計算の有用性と水制の効果を示した。さらに良好な流れ場の再現のためには、例えば、越流状態を再現する際の抵抗力に相当する粗度係数を、より精度の高い方法で導く、あるいは、別の精度の高い方法で抵抗力を与える方法を検討する必要がある。ADCP と LSPIV を組み合わせた実測方法はより精度の高い広範囲にわたる現地データを提供できるため、今後は、他の流量ケースについても詳細な検討を行う予定である。現地計測においては、近畿大学高野保英先生ならびに明石高専・近畿大学の学生諸君に協力を得たので、ここに謝意を示します。

参考文献

- 1) 藤田一郎・椿涼太：中小都市河川に設置された側岸凹部構造物の非構造格子有限体積法による影響評価，水工学論文集，第 47 巻，2003。
- 2) 藤田一郎ら：PIV 技術の実河川表面流速への応用，河川技術論文集，Vol.4,pp.41-46,1998。
- 3) 武藤裕則・北村耕一・馬場康之・中川一：ADCP を用いた水制域における流速分布計測，水工学論文集，第 49 巻，2005。

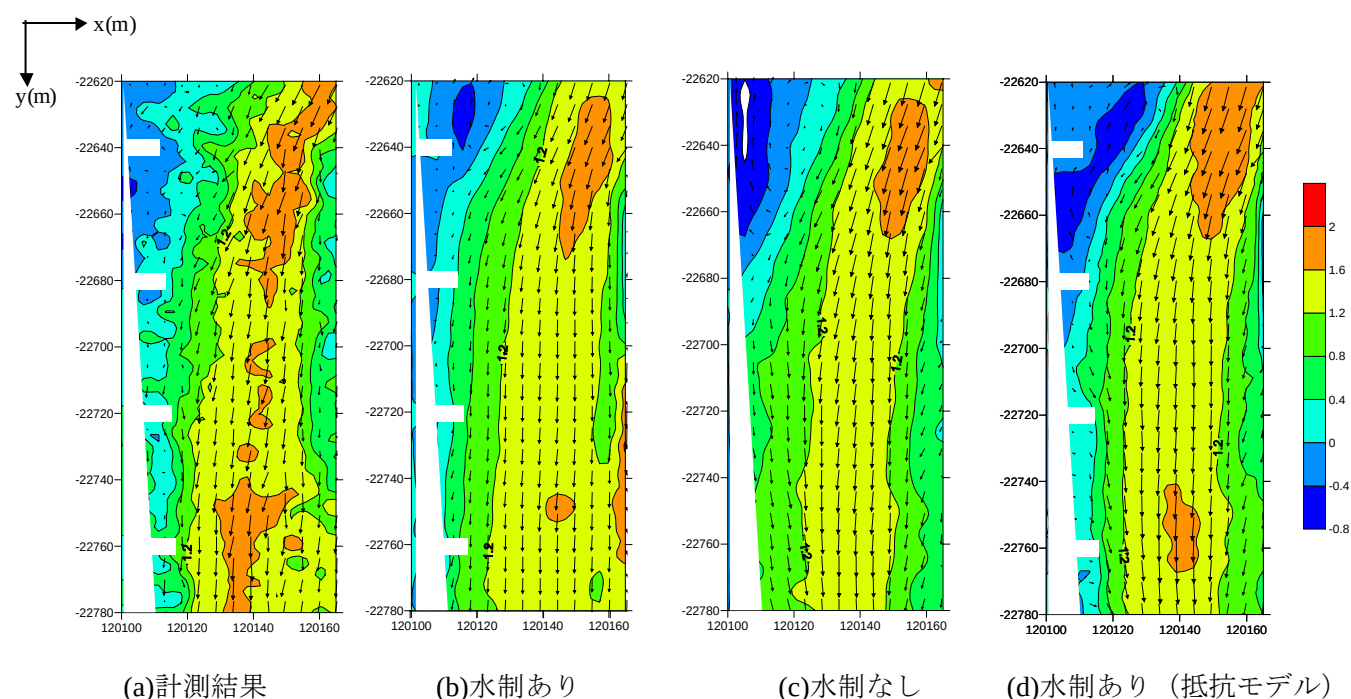


図-3 流下方向流速のコンター図と流速ベクトルの比較