

四万十川橋脚周辺の三次元流況解析

愛媛大学 学生会員 ○加藤雄介
 愛媛大学大学院 正会員 門田章宏
 愛媛大学工学部 正会員 重松和恵

1. はじめに

現在、四万十川の河口から約 9.5km 上流に位置する四万十川橋(通称：赤鉄橋)の右岸側では、比較的大きな局所洗掘(平水面から約 10m もの深掘れ)が発生しており(図-1)、流量観測精度など、この局所洗掘現象に伴う様々な課題が挙げられている¹⁾。本研究では、洪水中における橋脚構造物周辺の流況に関して ADCP による流速分布の測定結果と、洗掘孔も含めた河床形状測量データを用いて三次元流況解析を行い、得られた流速分布との比較を行った。これにより、ADCP による実観測では評価が不可能な、より実河川の実態に即した広範囲で詳細な流れ構造の解明を行うことが可能となる。また、四万十川橋橋脚モデルを用いた流れの可視化実験を行い、さらに詳細な流れ構造の把握を行った。

2. 四万十川橋周辺の三次元流況解析

図-2 は 2009 年台風 9 号出水時に ADCP 観測で計測した $Q=5095\text{m}^3/\text{s}$ の流量についての流速分布を示している。図-2 の流速分布をみると、橋脚および床固工の下流部で逆流域の形成および大きな減速が確認できる。

上記の流量について図-1 で示した河床形状をもとに $k-\varepsilon$ モデルを用いて三次元流況解析を行った。図-3 は、四万十川橋直下流部にあたる上流端より 550m 地点離れた主流方向流速 $U(\text{m/s})$ の横断面内の分布を示したものである。右岸側 6 本の橋脚群による影響によって、流れが $0\sim 1\text{m/s}$ の低流速にまで抑制されているのに対して、床固工のある二つの橋脚の間で大きな逆流を伴った流速差が生じている。これらの傾向は、図-2 に示した ADCP 観測の結果にも表れており、床固工を伴った橋脚群周辺の三次元的な流れの傾向を捉えることが本解析で可能であることが確認できる。

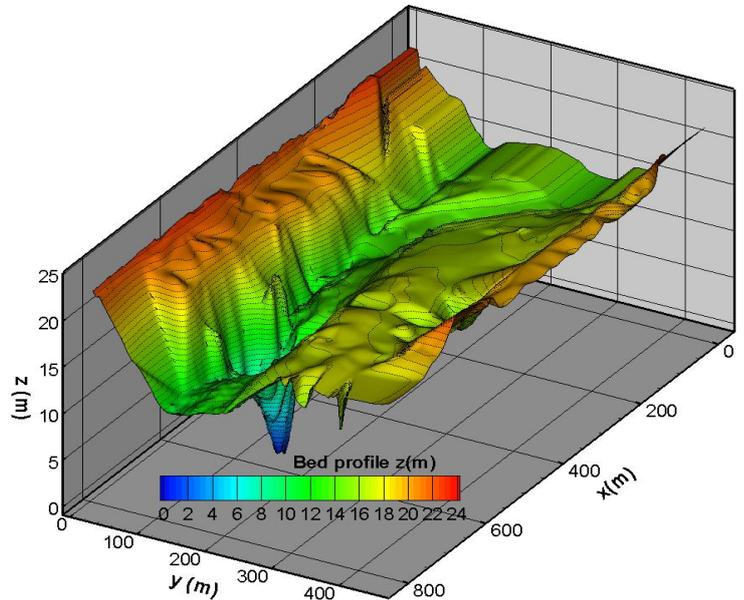


図-1 四万十川橋周辺の河床形状

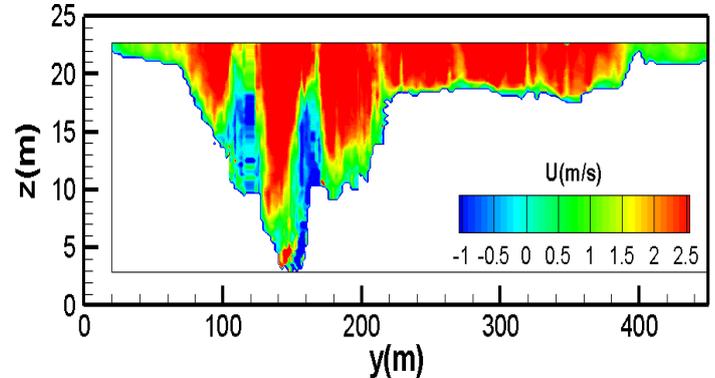


図-2 ADCP で観測した $Q=5095\text{m}^3/\text{s}$ における流速分布

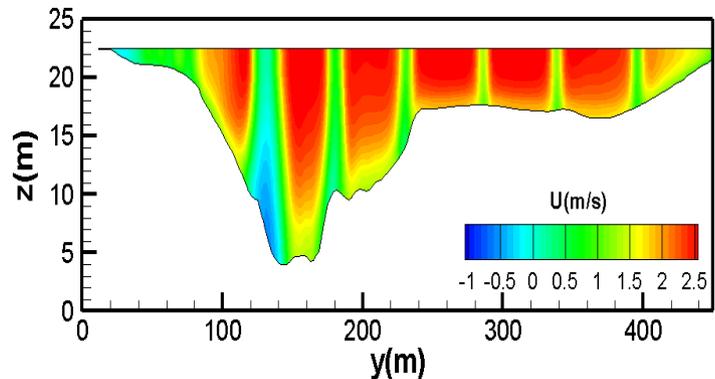


図-3 四万十川橋直下流部(550m 地点)の主流方向流速成分 $U(\text{m/s})$ の横断面内分布

3. 四万十川橋・橋脚モデルを用いた流れの可視化実験

本研究では、四万十川橋橋脚群の 1/400 スケールモデルを用いて流れの浅水流可視化実験を行い、四万十川橋周辺の水表面における流況について解析を行った。実験水路は、水路長 8m、水路幅 1m の広幅開水路を用い、橋脚モデルは水路上流から 4m 地点に設置した。なお、図-4 に示す右岸側から 7～8 番目の橋脚(P7,P8)周辺にある巨礫からなる根固工は、一辺が約 5mm からなる立方体のゴムの破片を多数取り付けている。実験方法としては、フルード相似則により算出した流量・水深の条件の下に、水路上部から黒い粒子(ポリプロピレン、比重 0.98)を散布し、その動きを水路上部に設置したカメラにより撮影することで実験および解析を行った。図-4 は実験により得られた主流方向の平均流速の分布 $U(\text{m/s})$ であるが、P7, P8 の二つの橋脚モデルの下流部に逆流域の形成は見られないが低流速になっていることが確認できる。図-5 は Reynolds 応力の分布 $-\overline{uw}(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$ を示している。この分布図より根固を伴う橋脚下流部に正と負のせん断力が交互に発生していることが分かる。

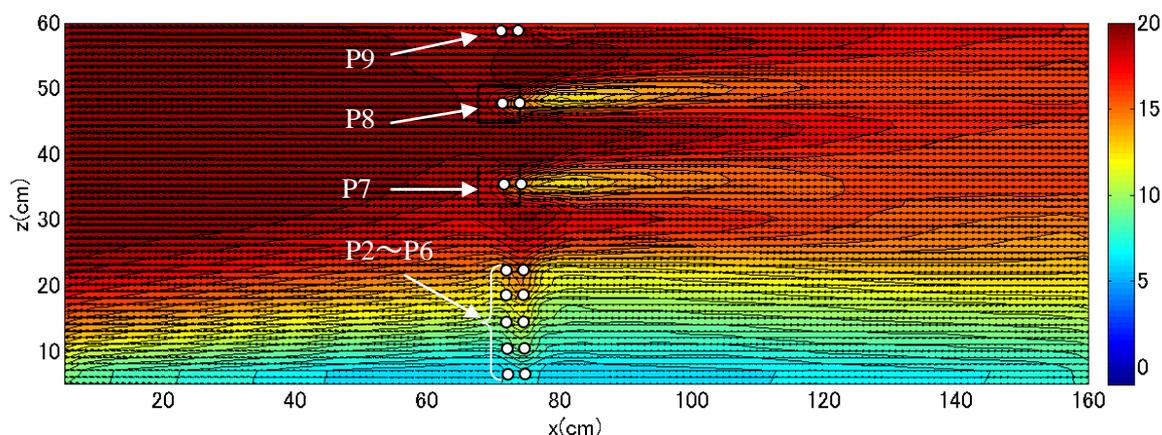


図-4 水理模型実験により得られた平均流速の主流方向成分 $U(\text{cm/s})$

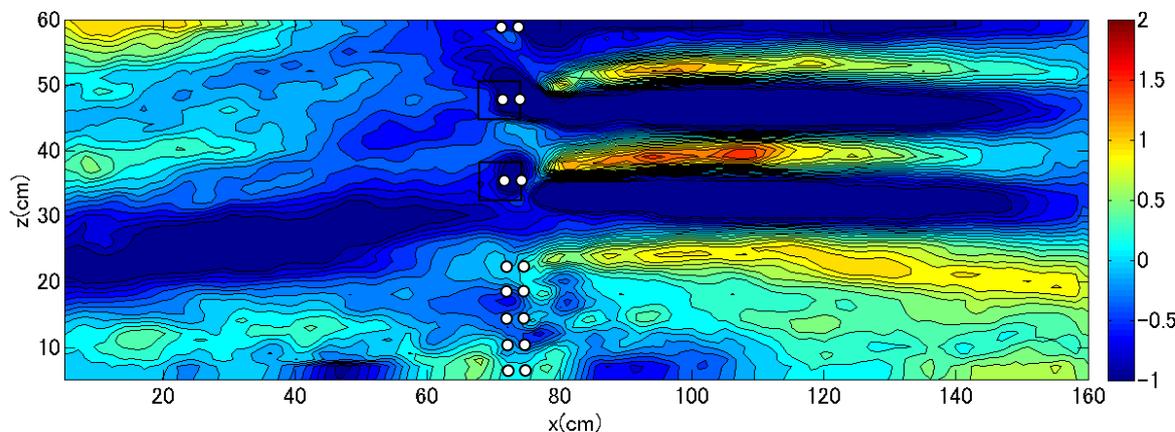


図-5 水理模型実験により得られた Reynolds 応力 $-\overline{uw}(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$

4. おわりに

本研究では、四万十川橋下流部の ADCP を用いた流量観測の結果に基づいて、観測断面内の流れについての三次元流況解析による検証、また四万十川橋橋脚モデルを用いた流れの可視化実験および解析により詳細な流況を得た。その結果、本解析手法で根固工を伴った橋脚群周辺の三次元的な流れの傾向を捉えることが可能であることを確認した。今後は、様々な条件における水理模型実験や現地観測を引き続き行い、より詳細な流れ構造の把握を行うことで、浮子を用いた流量観測精度の向上についての検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 門田章宏, 竹林洋史, 湯城豊勝, Ricardo de ARAGÃO, 鈴木幸一: 橋脚周辺における出水時の最大洗掘深の実測と河床変動状況, 水工学論文集, 第48巻, pp.1063-1068, 2004.