

三次元数値解析による越流型水制に作用する流体力の評価

広島大学大学院工学研究科 学生員 ○ 川口 広司
 広島大学大学院工学研究科 正会員 渡邊 明英
 広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 福岡 捷二

1. はじめに

水制は多様な役割が個々の目的に対して水制の設計法及び配置法は、実河川での現地観測や模型実験及び数値解析の結果を通して検討されている。水制を設計する上で、水制に作用する流体力を見積もることは重要な課題である。本論文では、固定床直線水路に設置された水制周辺の流れの三次元数値解析を行い、水制に作用する流体力を評価した。

2. 解析方法

解析の対象は著者らが行った固定床直線水路で水制に作用する流体力を測定した実験である¹⁾。解析の基礎式は x, y, z 方向のレイノルズ方程式、連続式、圧力方程式であり、 x 軸を流下方向 z 軸を河床面からの高さとするデカルト座標で解かれた。表-1は計算条件である。基礎式はスタッガード格子を用いて、差分法により離散化され、 $dx=5\text{cm}$, $dy=2.5\text{cm}$, $dz=1\text{cm}$ であり、メッシュ数は $199 \times 60 \times 6$ であった。圧力方程式は SMAC 法を用いて連続式と同時に解かれ、レイノルズ方程式はオイラーの陽解法により $dt=0.004$ を用いて時間積分された。移流項は一次の風上差分、その他の項は二次の中央差分が用いられた。せん断力項は渦動粘性係数 $\varepsilon=5\text{cm}^2/\text{s}$ として与えられた。水面に一番近いメッシュの圧力は静水圧、上下流端ならびに水制の境界面は圧力勾配がゼロのノイマン条件とした。水制の境界面及び河床面のせん断力は一番面に近い流速に $k_s=0.4\text{cm}$ として対数則を用いて求められ、水路壁面はスリップ条件が用いられた。上流端のメッシュでは、実験流量を満たした上で x 面 z 方向のせん断力項と重力項が釣り合うように決め、下流端では水深が 6cm で与えられた。

3. 解析結果と実験結果の比較

図-1は実験及び解析結果の水位コンターを表している。解析結果は水制下流の実験水位を十分に表すことはできず、解析結果と実験結果に最大約 5mm の違いが見られる。しかし、解析結果は実験結果の水位の特徴ならびに水制上流の実験水位を比較的良く再現している。

図-2は河床からの高さ $z=1\text{cm}$, 3cm , 5cm の実験及び解析結果の平面流速ベクトルを表している。 $z=5\text{cm}$ の水制上流の水制を越える流れは実験より小さく計算されており、水位の結果と対応している。 $z=1\text{cm}$ の水制下流の実験結果は逆流が見られ、水制背後で流れが剥離していることがわかる。計算結果には水制下流の逆流が認められない。これは水制上から水制下流に向かう流れの慣性力が小さく計算されたためと考えられる。

表-1 計算条件

流量 (ℓ/s)	30.67
水路延長 (cm)	1000
水路幅 (cm)	150
水路床勾配	1/500
水制幅 (cm)	5
水制長 (cm)	50
水制高 (cm)	3
水制間隔 (cm)	100
水制設置数	9
dx (cm)	5
dy (cm)	2.5
dz (cm)	1
dt (sec)	0.004

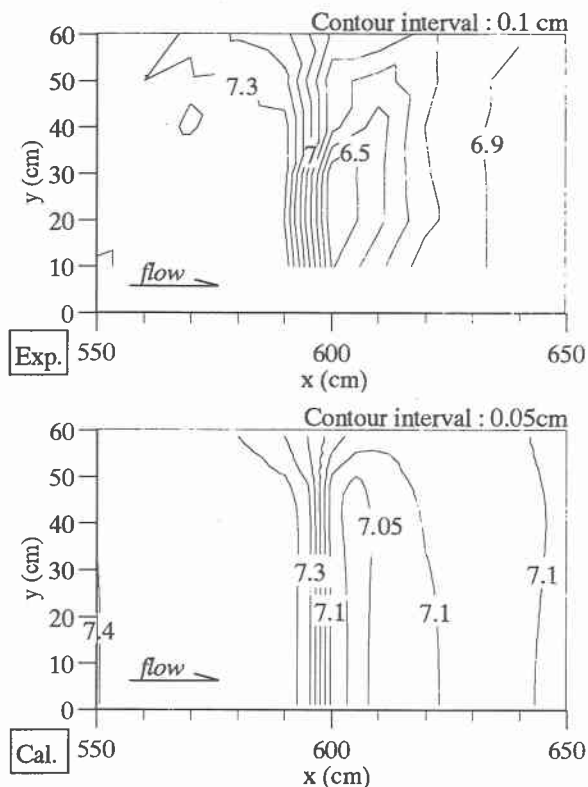


図-1 水位コンター

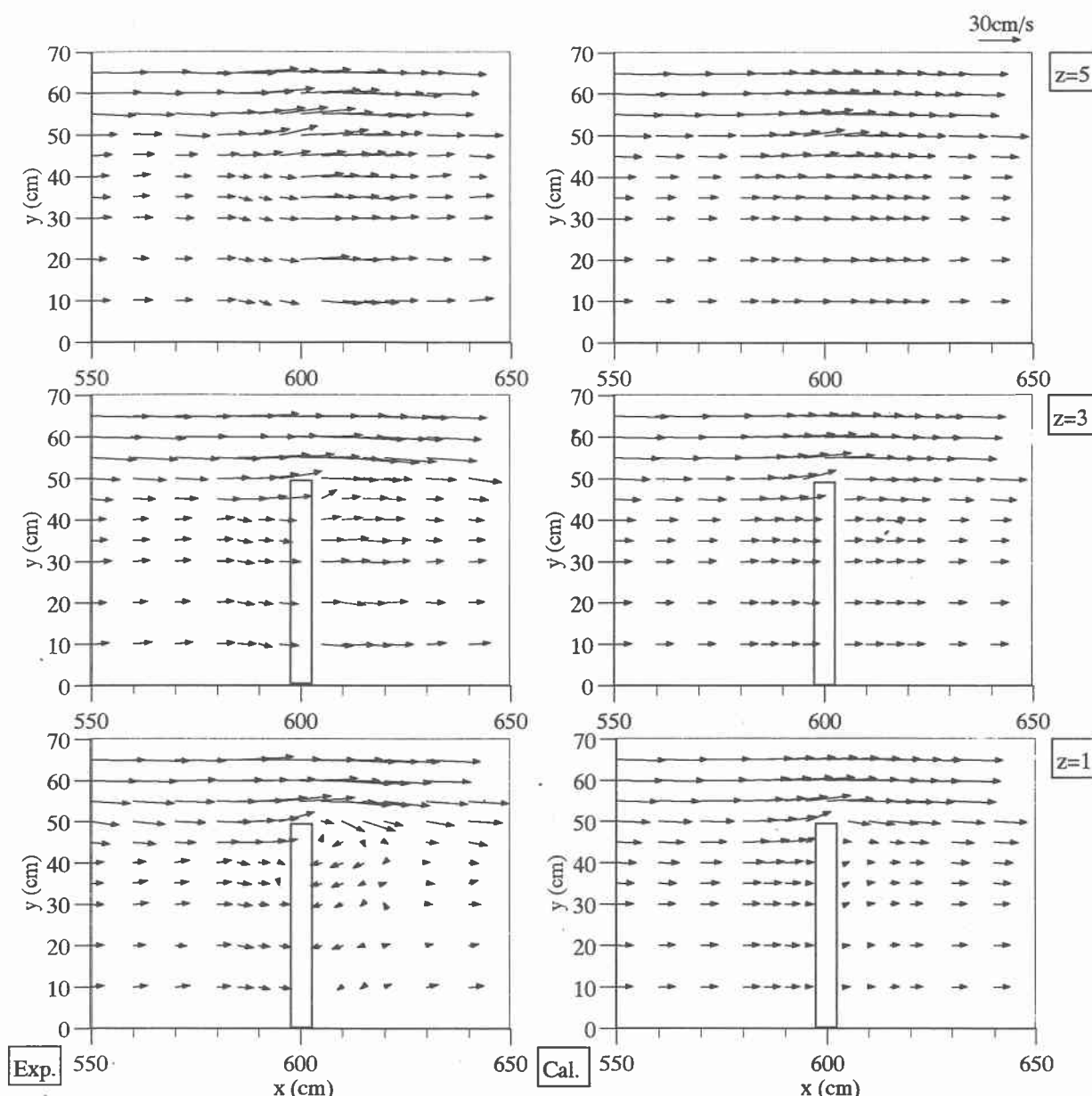


図-2 xy 平面流速ベクトル ($z=1,3,5$)

$z=1\text{cm}$ の水制下流を除いて解析結果の流速ベクトルは実験結果を十分に表している。水制上流の圧力上昇に伴う流速の減速、水制先端の水はね、水制先端から水制域への流れは良く再現されている。

図-3 は水制に作用する流体力の測定値と計算結果を表している。計算の流体力は水制の境界面の圧力、せん断力分布を積分することにより求められた。計算値と実験値には大きな差が認められる。これは、本解析では水制下流の水位に伴い水制下流面の圧力が実験より大きく計算されたことが主な原因と考えられる。

本条件下では水制下流の計算水位を下げるには剥離現象を表す必要があり、乱流モデルの導入や移流項の差分精度を上げる必要があると考えられ、現在検討中である。

本論文で用いた水制周辺流れの三次元解析は水制下流の剥離流れを表すことができなかったため、水制に作用する流体力は過小に評価された。

参考文献 1) 川口広司・岡信昌利・福岡捷二：越流型水制群に作用する流体力の特性, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.1065-1070, 2000.

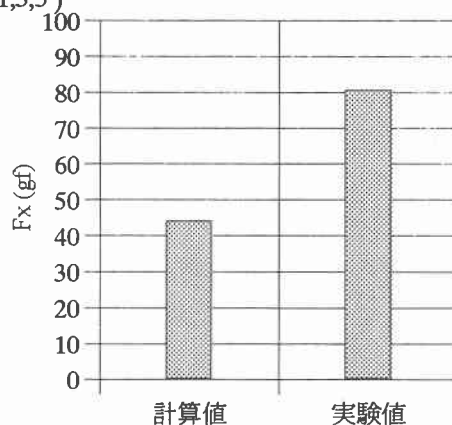


図-3 水制に作用する流体力