

II-295

狭窄部を持つ急流河川の平面2次元流計算

(株)フジタ技術研究所 正員 ○永瀬 恭一
鳥取大学工学部 正員 道上 正規
鳥取大学工学部 正員 檜谷 治

1. はじめに

近年、環境に対する市民の感心が高まり、多自然型の川造りが行われるようになった。急流な山地河川で複雑な断面形を有するような改修計画を進めるにあたり、常・射流が混在する流れの面的な解析手法が必要となる。本研究では、MacCormack法を用いて射流→常流→射流と変化する流れ場の再現計算を行い、実験結果と比較してその適用性を検証する。

2. 計算方法と実験条件

(1) 流れの支配方程式

流れの連続式と運動方程式は

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E^x}{\partial x} + \frac{\partial E^y}{\partial y} = C$$

を用いた。ここに

$$U = \begin{bmatrix} h \\ uh \\ vh \end{bmatrix}, E^x = \begin{bmatrix} uh \\ u^2h + \frac{1}{2}gh^2 \\ uvh \end{bmatrix}, E^y = \begin{bmatrix} vh \\ uvh \\ v^2h + \frac{1}{2}gh^2 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 0 \\ gh(S_{ox} - S_{fx}) \\ gh(S_{oy} - S_{fy}) \end{bmatrix}$$

で、 S_{ox}, S_{oy} : x, y 方向の水路勾配、 S_{fx}, S_{fy} : x, y 方向の底面摩擦勾配で、 $U = uh$ 、 $V = vh$ 、 n : マニングの粗度係数とすれば、

$$S_{fx} = \frac{n^2 U \sqrt{(U^2 + V^2)}}{h^{10/3}}, S_{fy} = \frac{n^2 V \sqrt{(U^2 + V^2)}}{h^{10/3}}, S_{ox} = -\frac{\partial z}{\partial x}, S_{oy} = -\frac{\partial z}{\partial y}$$

で与えられる。これらの数値計算法としてはMacCormack法を用い、数値振動を抑えるために岡部ほか(1992)が提案した人工粘性項を2次元に拡張して導入した。

(2) 境界条件

上・下流端の境界条件は、上流端で流入流量を与え、下流端では自由流出とした。構造物周辺や水路側壁では水面勾配および人工粘性項を0とするとともに、図-1のように壁面に鉛直方向の流速成分を0とし、壁面に沿う流れの成分はslip条件とした。また、水路内構造物の直下流部では、水深が非常に浅くなり発散してしまうため、ある水深(本実験では1mm)を決め、それよりも浅くなると $u, v = 0$ とした。

(3) 実験内容

実験は、長さ7m、幅40cmの鋼製水路に、図-2に示すように幅20cm、厚さ10cmの非越流の構造物を設置し、上流から射流状態で流入したのを常流に遷移し、狭窄部より下流側で再び射流になるように勾配・流量を設定した。河床勾配は1/25、流量は13.2 l/s、マニングの粗度係数は $n=0.01$ である。

3. 解析結果

解析条件は、節点間隔を流下方向に $\Delta x = 5\text{cm}$ 、横断方向に $\Delta y = 2\text{cm}$ とし、構造物は上流端境界から2mの

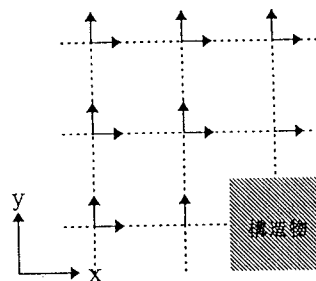


図-1 境界条件

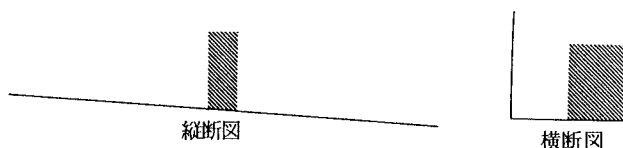


図-2 実験水路

位置に設置した。なお、計算領域は流下方向には3.5mとし、人工粘性係数は2.5である。

図-3および図-4は水深コンターおよび平均流速流速ベクトルに関して実験値と計算値を比較したものである。上流側の跳水位置は計算値がやや上流側であるが、下流側の水面形に注目すると、狭窄部で射流になった流れが構造物の下流側に回りこむように大きく方向を変えて、水路側壁によって反射をしたのち、再び反対側の側壁に向かっていく様子がうまく再現されている。なお、人工粘性係数を変化させて試計算を行ったが、2.5~10程度では計算結果にはほとんど違いが現れなかった。

4. まとめ

跳水位置の再現性に検討の余地があるものの、本手法でほぼ妥当な計算結果を得られることが確認できた。特に本研究で行ったような1/25の急勾配水路に水制工のような水路直角方向に遮る構造物を設置した条件でも、安定した結果が得られたことはこの手法の有効性が確認できたものと考えられる。今後、この手法を応用して混合砂の河床変動計算を行えるように改良を加えたい。なお、実験を行うにあたって、鳥取大学大学院の藤井・大丸両氏にはご尽力をいただいた。ここに記して謝意をあらわす。

参考文献：岡部・天羽・石垣(1992)：常流・射流の遷移を伴う不等流の数値計算について、水工学論文集第36巻、pp.337-342、1992。

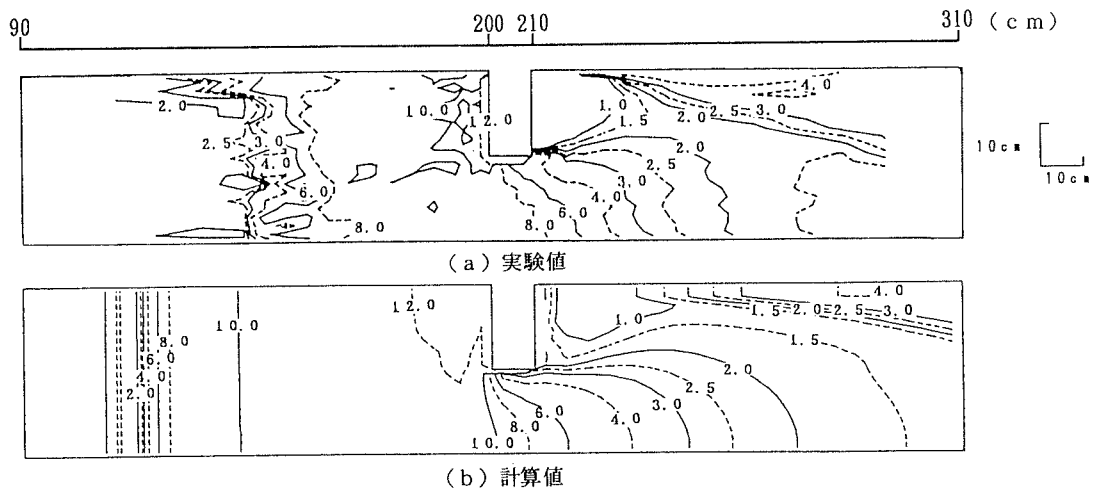


図-3 水深コンター図

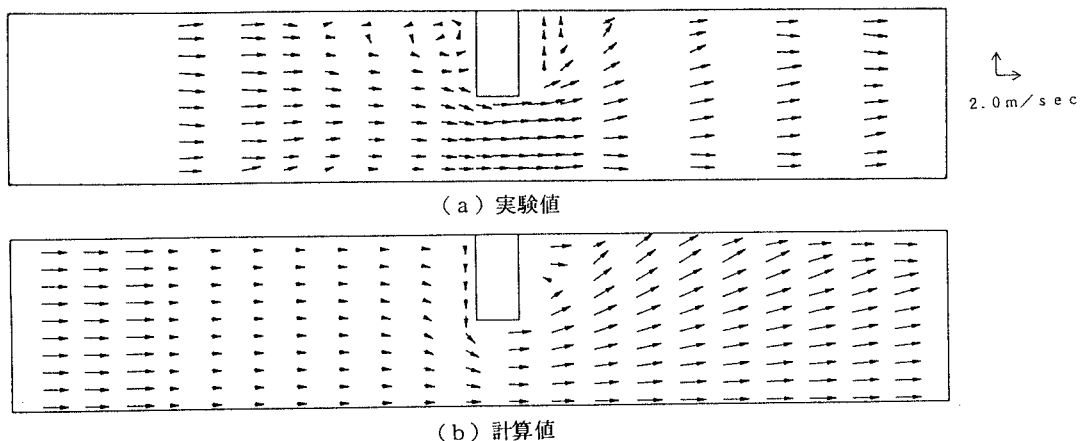


図-4 流速ベクトル図