

緩やかに水深が浅くなる流れの流況解析

九州工業大学大学院	学生員	○堀越公博
九州工業大学工学部	正 員	浦 勝 秋山壽一郎
九州工業大学工学部	学生員	藤井智也

1. はじめに

漸変流は、自然界において淵から瀬へ向かう流れ場に見られる流れであり、その流れ構造を明らかにすることは、多自然型川づくりを考える上で重要である。本研究は、下流側に水深が緩やかに浅くなる流れを、流体解析ソフトを用いて解析した結果と水路における実験結果とを比較したものである。

2. 流れの場

解析領域の概要を図-1 に示す。本計算に用いる解析領域は全長 18.00m、水路幅 $B=0.60\text{m}$ の水路に、長さ $L=0.50\text{m}$ 、底上げ高さ 0.03m の漸変部と、その下流側に長さ 5.50m の下流部を設置したものである。

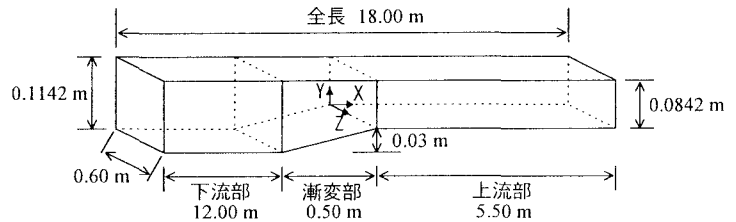


図-1 解析領域図

る。なお、上流端水深 $h_0=0.1142\text{m}$ 、下流端水深 $h_e=0.0842\text{m}$ とした。以下、漸変部より上流側の区間を「上流部」、漸変部より下流側の区間を「下流部」と呼ぶ。グリッド数は $180 \times 30 \times 1$ とし、2次元の計算を行い、鉛直方向、水平方向ともに解析領域に対して等間隔に分割した。なお、座標系としては、漸変部入口より流下方向に X 軸を、鉛直上向きに Y 軸をとり、 X 軸方向の流速を U とした。一方、解析結果と比較するための水路実験は、水路床勾配が $1/3000$ であり、解析の与条件としては、水路入口で摩擦速度 $U_{*0}=2.07\text{ cm/s}$ とした。

3. 計算結果と考察

流速分布の流下方向変化を図-2 に片対数表示で示す。計算値を◆印で、実験による測定値を○印で示し、式(1)の $\log$ 則を直線で示す。ただし、縦軸はそれぞれの断面について 10 ずつシフトさせてある。

$$\frac{U}{U_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{YU_*}{\nu} + A \quad (\text{ここに、カルマン定数: } \kappa=0.412, \text{ 積分定数: } A=5.29 \text{ とした}) \quad (1)$$

ここに、 U_* は内層 ($50 \leq YU_*/\nu$, $Y/h \leq 0.2$) において式(1)より求めた摩擦速度である。また、式(1)より求めた U_* の流下方向変化を図-3 に示す。これらの図から U_* の変化は解析によって実験値を再現していること、上流部・漸変部および下流部における内層の主流速分布は $\log$ 則によってほぼ表現できることが分かる。ところが、漸変部および下流部における外層 ($Y/h > 0.2$) の主流速分布は計算値、実測値ともに $\log$ 則より低速側にずれを生じている。このずれを次式の $\log$ -wake 則に適応させる。

$$\frac{U}{U_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{YU_*}{\nu} + A + \frac{2\Pi}{\kappa} \sin^2 \left(\frac{\pi Y}{2h} \right) \quad (2)$$

ここに、 π は円周率、 Π は wake strength parameter である。上式を用いて実験値と解析値の Π を求め、これを図-4 に Π の流下方向変化として示す。上流部では徐々に実験値に近づいていき漸変部直前で最大値をとる。漸変部では、 Π は急激に減少していき漸変部出口 ($X/L=1.0$) 付近で最小となる。漸変部では加速されるために Π は

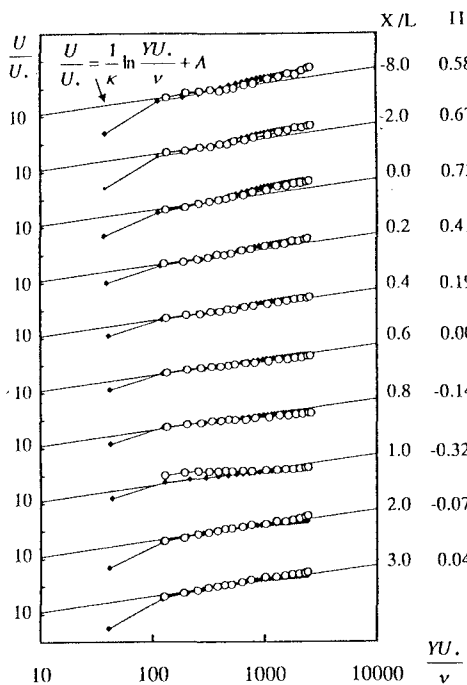


図-2 主流速分布の流下方向変化

減少して負の値を示すことが解析からも求まる。しかし、下流部における Π の応答は解析結果の方が実測値より遅れることがわかる。

図-5 に Reynolds 応力分布 $-\overline{uv}/U_*^2$ の実測値を○印で示す。一方、計算では渦動粘性係数 ν_t が求まるので、式(3)を用いて◆印で示す。

$$\frac{\tau}{\rho U_*^2} = \nu_t \frac{dU}{dy} / U_*^2 \quad (3)$$

また、図中に開水路等流での分布 $(-\overline{uv}/U_*^2 = 1 - Y/h)$ を直線で示す。上・下流部において底面近傍の値が大きく計算されており改良

する必要があるが、漸変部の加速領域では Reynolds 応力が減少していく傾向は認められる。

4. おわりに

流体解析結果と水路実験結果を比較したが、水表面条件の取り込み方になお不十分な点があり、かつ応答性に鈍さが認められ、なお改善すべき点が多くあることがわかった。

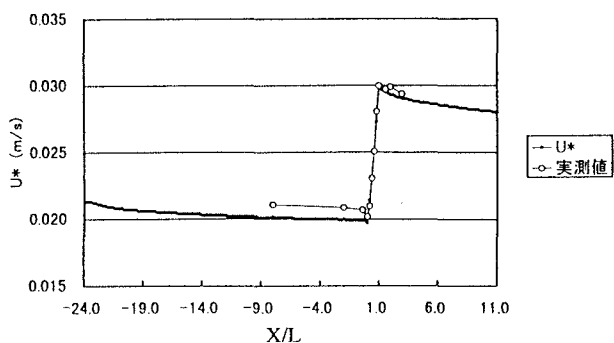


図-3 Uの流下方向変化

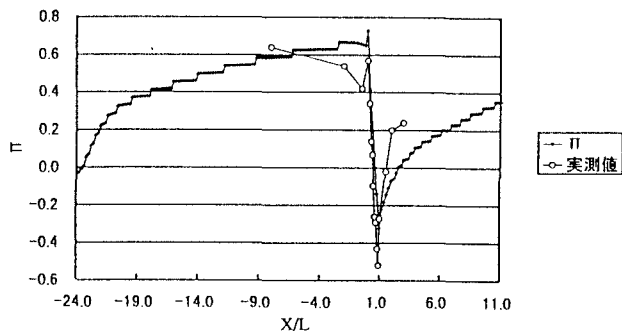


図-4 Π の流下方向変化

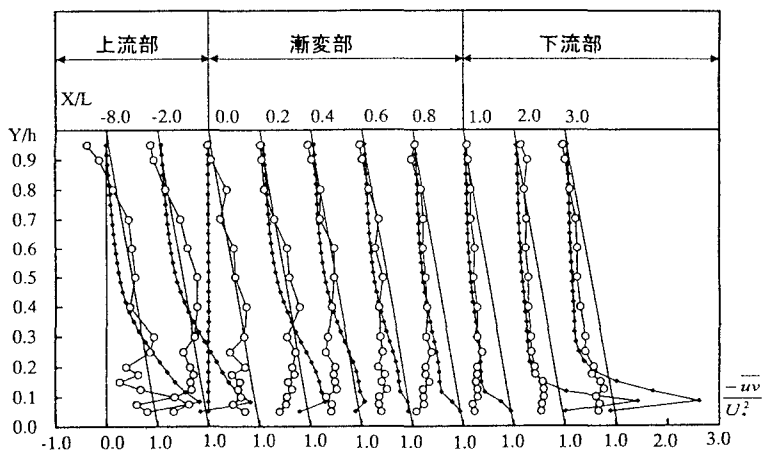


図-5 Reynolds 応力の流下方向変化