

高速湾曲流に関する一考察

京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 ○京都大学工学部 正 員 細田 尚
 日本道路公団 正 員 木村 一郎

1. はじめに； 本研究は、開水路湾曲部を通る高速流について、特性曲線法を用いた数値解析を行い、従来の実験結果と比較・検討したものである。その際、水路床勾配、底面せん断応力を考慮することの重要性を指摘する。

2. 基礎式； 基礎式は定常状態での平面流れの基礎式であり、座標系として図-1を用いるとき、次のように表せる。

$$A_1 \frac{\partial U}{\partial r} + A_2 \frac{\partial U}{\partial \theta} = B \quad (1)$$

ここに、 U 、 A_1 、 A_2 は次のように定義される。

$$U = \begin{bmatrix} h \\ v_r \\ v_\theta \end{bmatrix}, \quad A_1 = \begin{bmatrix} rv_r & rh & 0 \\ g & v_r & 0 \\ 0 & 0 & v_r \end{bmatrix},$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} v_\theta & 0 & h \\ 0 & v_\theta/r & 0 \\ g/r & 0 & v_\theta/r \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -v_r h \\ \frac{v_\theta^2}{r} - \frac{\tau_{br}}{\rho h} \\ -\frac{v_r v_\theta}{r} + g(i - \frac{\tau_{b\theta}}{\rho gh}) \end{bmatrix}$$

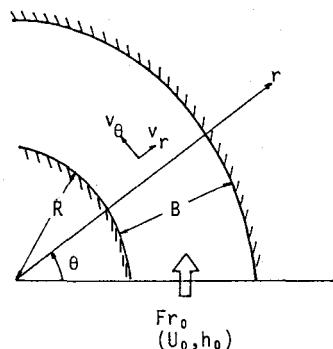


図-1 座標系

ここに、 h ；水深、 (v_r, v_θ) ；水深平均流速ベクトルの成分、 $(\tau_{br}, \tau_{b\theta})$ ；路床に作用する応力ベクトルの成分で、Manning則を用いて評価する。

(1) 式には、平面流れの Froude 数 $\sqrt{v_r^2 + v_\theta^2} / \sqrt{gh}$ が 1 より大きいとき、3 本の特性曲線 (λ_i , $i=1-3$) が存在し、 λ_i 上の関係式として (2) 式が導かれる。(1)

$$\mu_i (A_2'^{-1} A_1 \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial \theta}) = \mu_i (\lambda_i \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial \theta}) = \mu_i A_2'^{-1} B \quad (2)$$

ここに、 λ_i 、 μ_i は次のように表せる。

$$\lambda_1 = \frac{v_r}{v_\theta}; \mu_1 = (1, \frac{v_r}{g}, -\frac{v_\theta}{g}) \quad (\text{stream line})$$

$$\lambda_2 = \frac{v_r v_\theta}{v_\theta^2 - gh} + \frac{\sqrt{gh} \sqrt{v_\theta^2 + v_r^2 - gh}}{v_\theta^2 - gh}; \quad \mu_2 = (\frac{\sqrt{gh} \sqrt{v_\theta^2 + v_r^2 - gh}}{h v_\theta}, 1, -\frac{v_r}{v_\theta})$$

$$\lambda_3 = \frac{v_r v_\theta}{v_\theta^2 - gh} - \frac{\sqrt{gh} \sqrt{v_\theta^2 + v_r^2 - gh}}{v_\theta^2 - gh}; \quad \mu_3 = (-\frac{\sqrt{gh} \sqrt{v_\theta^2 + v_r^2 - gh}}{h v_\theta}, 1, -\frac{v_r}{v_\theta})$$

ただし、(2) 式中 $A_2'^{-1}$ は A_2^{-1}/r として定義される。

(2) 式を図-2 に示した差分格子を用いて離散化する。離散化の方法は参考文献(1) と同一である。

IWASA Yoshiaki, HOSODA Takashi and KIMURA Ichiro

3. 数値解析結果の考察； 数値解析は建設省土木研究所で行われた八木沢ダム水理模型実験⁽²⁾の水理諸量に合せて行われた。代表的な水理諸量を表-1に示す。(記号の説明は図-1に示した通り。)水深、 θ -方向の水深平均流速の水路幅方向の分布を図-3, 図-4に示した。図中実線は底面せん断応力 ($n=0.01$), 水路床勾配を考慮した場合であり、点線は $n=0, i=0$ とした場合である。 θ の増加とともに両者の差は大きくなり、特に、流速分布の図より底面せん断応力, 水路床勾配を考慮考慮する必要性が伺われる。図-5には、側壁に沿った水深の変化を示してある。計算結果は、 θ が 23° 近傍の急激な水深変化を再現しており、ほぼ実験結果を再現していると考えられる。

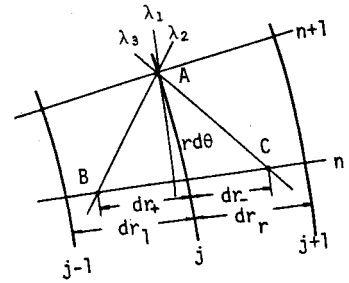


図-2 差分格子

表-1 水理諸量

R (m)	B (m)	h_0 (m)	U_0 (m/s)	Fr_0
4.89	0.225	0.0325	2.58	4.57

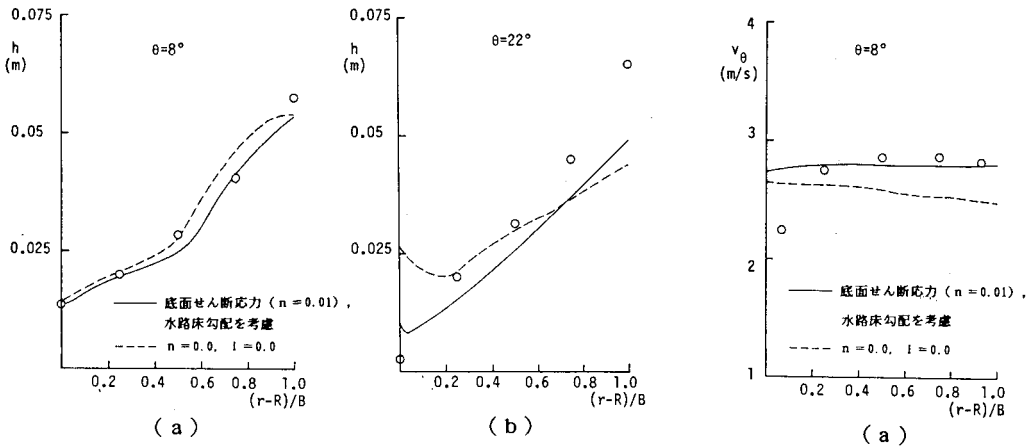


図-3 水深の水路幅方向分布

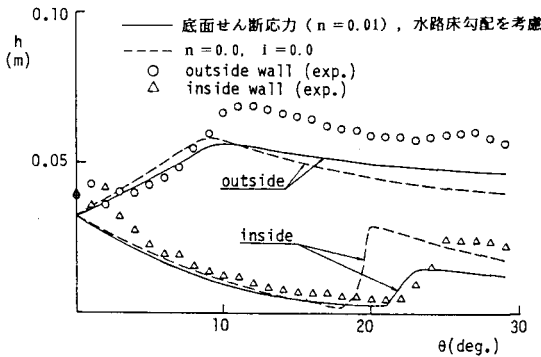


図-5 側壁に沿った水深分布

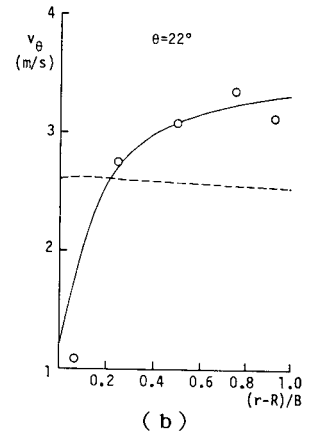


図-4 流速の水路幅方向分布

(参考文献) (1) 細田尚, 余越正一郎; 土木学会論文集, Vol. 387/11-8, 1987, (2) 建設省土木研究所; 土木研究所資料, 123 号, 1965