

II-73

開水路の二次流構造に関する検討

日本大学工学部 学生員 ○佐藤 義博

日本大学工学部 正 員 長林 久夫

日本大学工学部 正 員 木村 喜代治

1. はじめに

直線開水路の流れにおいては主流流速の等速線が水路隅角部方向にゆがめられることが知られており、二次流の存在によって説明されている。本研究は開水路の流れに及ぼす境界面効果を検討することを目的として、乱流計測より壁面および自由水面効果の検討を行った。

本報告では、二次流と流速との関係を検討すべく水深 $H=5\text{ cm}$, 10 cm , 15 cm , 20 cm の滑面水路、水深 $H=5\text{ cm}$, 10 cm , 20 cm の底面粗面水路における二次流の数値計算を行ったものである。

2. 解析方法

X軸を主流方向、Y軸を鉛直方向、Z軸を水平方向として、U、V、Wをそれぞれx、y、z軸方向への平均流速、またu、v、wを乱れ成分とする。y-z平面においてReynolds方程式および連続の式を用い、これより圧力項を消去、オーダーの小さい項を無視し、かつ流れ関数 ψ を定義し、さらにBoussinesqによる渦動粘性係数を断面で一定と仮定すれば二次流を表す式は、①式となる。

$$\frac{\partial^4 \psi}{\partial y^4} - 2 \frac{\partial^4 \psi}{\partial y^2 \partial z^2} + \frac{\partial^4 \psi}{\partial z^4} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} (\overline{w^2 - v^2}) \quad \text{①}$$

但し v, w は時間的平均値を示す。

①式の $\overline{w^2 - v^2}$ を実測し、境界条件 $\psi=0$, $\partial^2 \psi / \partial n^2 = 0$ (n :境界の法線方向)としてこれらをもとに中央差分により解を求めた。

3. 解析結果および考察

a) 二次流ベクトル図

図-1, 2は熱線流速計による二次流の発生項とベクトル図である。滑面水路では、5 cmで二次流構造の存在が見られる。20 cmでは底面部で隅角部に向かう流れらしきものは見られるが、はっきりとした二次流の確認はできない。底面粗面水路では、底面側と水面側の二次流構造がよく表現されている。

二次流ベクトルの平均値は、約 2 cm/sec 程度である。これは主流流速の約2%であり、従来報告されている二次流の大きさとよく一致している。滑面水路と底面粗面水路の違いとしては、底面粗面水路の方が明確なパターンが得られた。

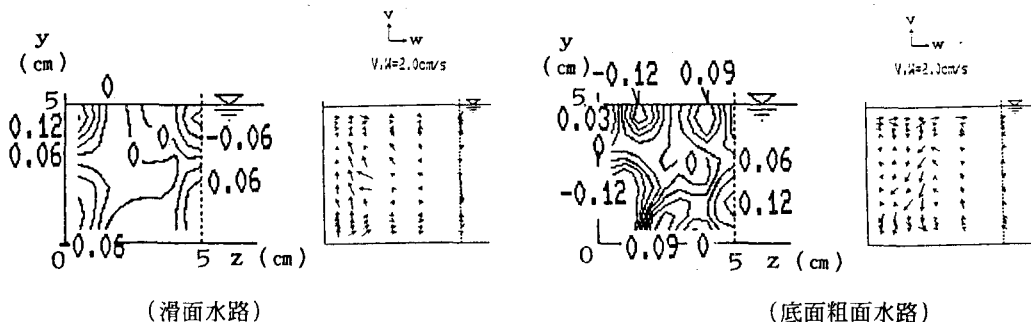
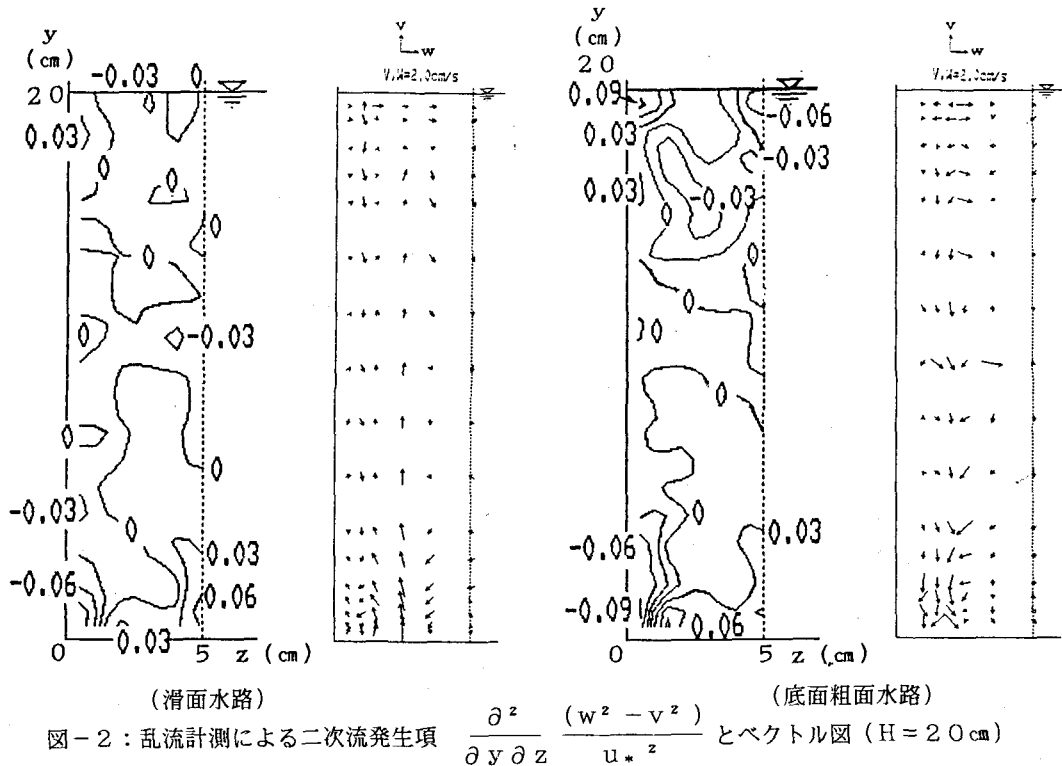


図-1: 乱流計測による二次流発生項 $\frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \frac{(w^2 - v^2)}{u_*^2}$ とベクトル図 ($H=5\text{ cm}$)



b) 数値計算による二次流分布

水深 $H = 5 \text{ cm}$ では水路断面内に4つの渦が確認される。そして隅角部と水面部により大きな渦構造の存在が認められる。水深 $H = 20 \text{ cm}$ では底面付近と水面にはっきりとした渦構造の存在が認められる。

ベクトルの大きさは実験計測値の約 $1/4$ 程度であり、今後検討を必要とする。

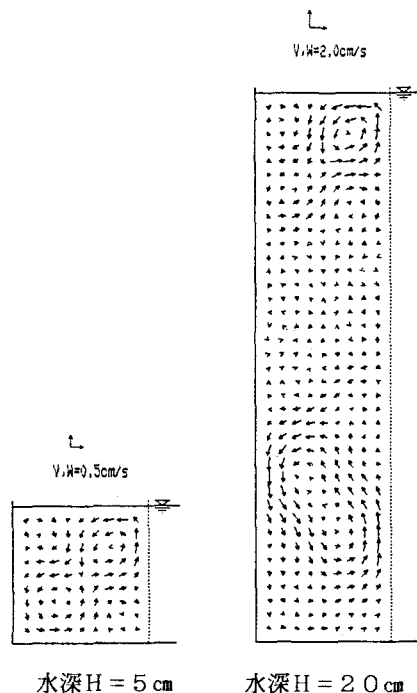


図-3: 滑面水路における二次流ベクトル分布