

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

表-1 測定水理量一欄

case	H (cm)	B (cm)	B/H	Q (cm ³ /s)	U _m (cm/s)	I	ν (cm ² /s)	Re (cm)	R _z (cm)	Fr	U _{av} (cm/s)
A-1	5.0	9.97	2.0	1730	34.8	0.00167	0.01084	249	0.779	107	0.704
A-2	10.0	9.97	1.0	4260	42.8	0.00167	0.01464	332	0.937	107	0.750
A-3	15.0	9.97	0.67	7500	50.4	0.00166	0.00962	373	1.95	107	0.834
A-4	20.0	9.97	0.50	10600	53.4	0.00166	0.00956	398	2.22	107	0.855

1. はじめに 複数の境界面を有する開水路の乱流場を把握することを目的として、これまでに長方形開水路における水路横断面内の可視化実験と乱流計測を行った。乱流強度の検討に次いで水路隅角部における運動量輸送を検討すべく、本報ではレイノルズ応力と渦動粘性係数についての実験的検討を行った。実験は長方形明水路(長さ15m, 幅10cm)にて二成分ホトスルム流速計による乱流計測である。座標系は流下方向, 上方, 横断方向にそれぞれx, y, z軸とし、対応する平均流速をU, W, V 乱流強度(r.m.s.値)をu', v', w'とした。

2. レイノルズ応力, 渦動粘性係数の分布に関する検討

開水路における流れは境界面に近った断面内の剪断応力に支配されている。これより流体中の剪断応力の分布を検討することは流れに及ぼす境界面の役割を検討するうえで重要である。

二次元的な流れにおいて剪断応力の直線分布を仮定すると

$$\tau_{xy} = (1 - \frac{y}{H}) \tau_0 \quad (1)$$

剪断応力にブシネの渦動粘性係数を用いると

$$\tau = -\rho \overline{u'v'} = \epsilon_{ij} (\frac{\partial u}{\partial x_j} + \frac{\partial u}{\partial x_i}) \quad (2)$$

レイノルズ応力の各方向成分は

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy} &= -\rho \overline{u'v'} = \rho \epsilon_{xy} \frac{\partial u}{\partial y} \\ \tau_{xz} &= -\rho \overline{u'w'} = \rho \epsilon_{xz} \frac{\partial u}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで水深をH, 最大流速位置までの距離をyとし、U_{0R}を平均摩擦速度($\sqrt{gRI}$), u₀を流速分布から逆算した摩擦速度とする。

図-1はレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}/U_{0R}$, $-\overline{u'w'}/U_{0R}$ の等強度線を示したもので、各境界面に支配された状態が良く示されている。レカレ底面、側壁の隅角部付近では各壁面の影響が互いに共食しており、ここでは底面と側壁の両者の特性を有する流れが存在している。これが隅角部での乱流強度の連続的な変化を促す要因と思われる。

図-2 a, bはそれぞれH=5, 20cmレイノルズ応力の分布特性を示したものであり、右の図はそれに対する底面および側壁効果を示している。注目すべきことは $-\overline{u'v'}/U_{0R}$ の図-1においてH=10, 15, 20cmの底面側の支配領域が強度、形状的にほぼ同一の分布状況を示している。簡略化

する場合、図-2において理解できる様にH=5, 20cmのy/Hによる違いが小さく、外郭スケールH, y/H等を用いた無次元化で

図-1 レイノルズ応力

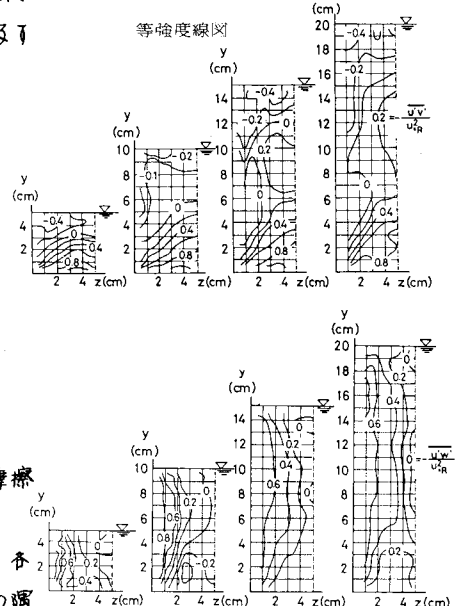


図-2 レイノルズ応力分布に関する検討

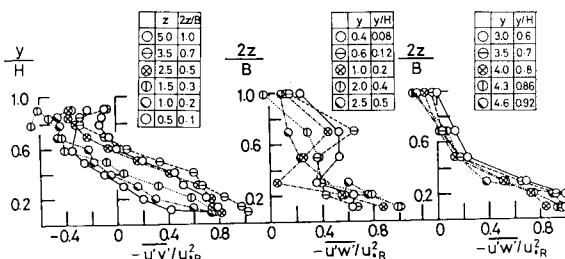


図-2 a case A-1 H=5cm

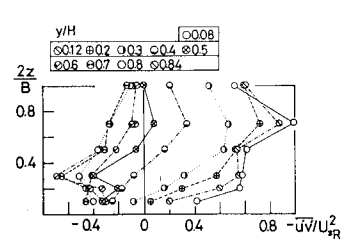
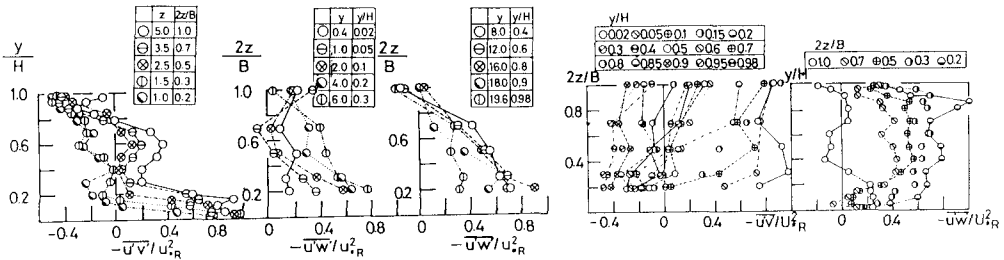


図-2 b caseA-4 H=20cm



は統一した説明は難しい。よって内部スケールを用いた検討が必要となる。

図-3は式(5)で検討された主流流速の速度勾配を示したものである。 $\frac{\partial u}{\partial y}$ における図中の実線は式(5)の関係を示している。 $H=5cm$ では水路中央部より $z/B=0.3$ 程度まで、 $\frac{\partial u}{\partial z}$ は最大流速付近が図中の実線に従っている。 $H=20cm$ では $\frac{\partial u}{\partial z}$ が $z/B=0.4$ 程度まで実線の傾向に従い、それより上方の地点で一部増加傾向を示している。これはレイノルズ

図-3 主流流速の速度勾配の検討

図-3 a caseA-1 H=5cm

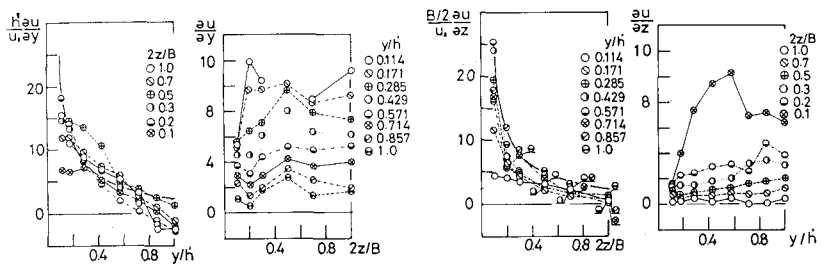
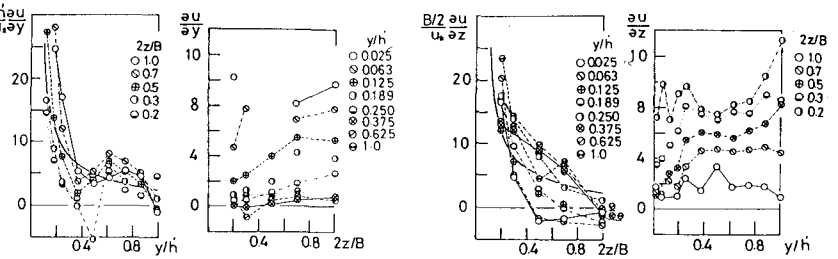


図-3 b caseA-4 H=20cm



応力の分布についても見られ、乱流強度と考えるべきと側壁によって支配された領域として考えられる。

図-4は式(3)の関係によって求められた滑動粘性係数 E_{xy}, E_{xz} の分布を示している。図中の実線は式(6)の関係を示している。求められた滑動粘性係数はレイノルズ応力と主流の速度勾配より算出されるため、両者の特性量に対する境界面の影響が相乗効果として表われてくる。これより二次元として取扱われる領域が明確になってくる。

3. おわりに

水路幅Bに比べて水深Hの比較的小さい長方形開水路のレイノルズ応力と滑動粘性係数の検討により、乱流特性量の関係表示には水深等の外部スケールの他に内部スケールを用いた評価が必要となる。また水路隅角部には混合領域が存在しており、今後これらについての検討を行う予定である。

参考文献

- ①長村・木村:流れの可視化>>>本邦流れの可視化 vol.13, No.10 1994年
- ②長村・木村:土木学会年報 昭和58年9月
- ③長村・木村:土木学会東北支部 昭和59年7月

caseA-1 H=5cm

図-4 滑動粘性係数の分布に関する検討

caseA-4 H=20cm

