

II - 2

用水路における流れ構造の検討

日本大学工学部 学生員 ○張替 雅志,小川 裕正

日本大学工学部 正 員 長林 久夫,木村 喜代治

1. 研究目的

開水路の流れは底面と側壁および自由水面の存在により、壁乱流の構造に加えて、2次流が生ずるために、複雑な3次元構造となっている。河川における乱れの測定事例はいくつか報告されているが、粗度配置が空間的に分布するような流れの構造については比較的少ない。このような流れに室内実験による成果が、どの程度適応できるのか、また独自の流れの構造はどのようなものであるかを検討することは興味ある視点である。よって本研究では、その手始めとして、比較的規模の大きな様断面形状の用水路における乱流計測を現場用3次元流速計を用いて実施した。ここでは、計測における問題点とその補正法について述べ、乱れ特性量の分布に関する検討を行う。

2. 測定方法

乱れ計測は3次元超音波ドップラー流速計(ADV)を用いて測定した。測定対象は、安積疏水における第5分水路、幹線水路、第1幹線水路である。測定水理量を表-1に示す。計測は、水路横断方向

表-1 測定水理量一覧

項目	水深	水路幅	水路勾配	水面勾配	エネルギー勾配
測定地	h(m)	b(m)	lo	ls	le
第1幹線水路(11/27)	0.470	4.200	1/900	1/1840	1/1870
項目	摩擦速度	平均流速	フルード数	流量	マニング粗度係数
測定地	U _w (m/s)	V(m)	Fr	Q(m ³ /s)	n
第1幹線水路(11/27)	0.045	0.715	0.333	1.412	0.017

に5~7測線、底面から鉛直方向に5cmの位置より上に5cm間隔で、8~15点測定した。計測時間は、各点において第5分水路と幹線水路(5/2)は1分間計測、幹線水路(7/14)では3分間計測、第1幹線水路では1分間3回計測を実施した。

現地計測の問題点は、プローブへのゴミの付着や、流速計の設置角度が微妙に変化すること、底面や水面近くの計測が困難であることが上げられる、これらは避けられない問題のひとつであり、測定後にこれを除去する検討が必要である。そこで補正方法¹⁾として、UW成分への回転の影響を補正する式(1)とUV成分へのあおりの影響を補正する式(2)を以下に示す。

$$\tilde{u} = \tilde{u}_0 \cos \theta - \tilde{w}_0 \sin \theta, \quad \tilde{w} = \tilde{u}_0 \sin \theta + \tilde{w}_0 \cos \theta \cdots (1)$$

$$\tilde{u} = \tilde{u}_0 \cos \phi - \tilde{v}_0 \sin \phi, \quad \tilde{v} = \tilde{u}_0 \sin \phi + \tilde{v}_0 \cos \phi \cdots (2)$$

ここで、 $\tilde{u}, \tilde{v}, \tilde{w}$:補正後の瞬間量(cm/sec)、 $\tilde{u}_0, \tilde{v}_0, \tilde{w}_0$:補正前の瞬間量(cm/sec)である。

その補正手順として、まず回転の影響は質量保存則²⁾より、 $\int_0^h W dy = 0$ となるように水平回転角度を与えて補正した。次にあおりの影響は、水面付近において $V=0$ となるような傾斜角度の補正を行った。

3. 結果および検討

本論文では第1幹線水路の角度補正前後(図-1(a):補正前、(b):補正後)の流れ構造を比較検討している。

3.1 レイノルズ応力分布の検討

レイノルズ応力 $-uv$ の分布を図-1に示す。図中の実線は2次流開水路における分布則であり、式(3)で示す。

$$-uv/U_*^2 = (1 - \xi) - 1/\kappa R_* \cdot \xi \cdots (3)$$

$$(\xi = y/h, R_* = RU_* / \nu)$$

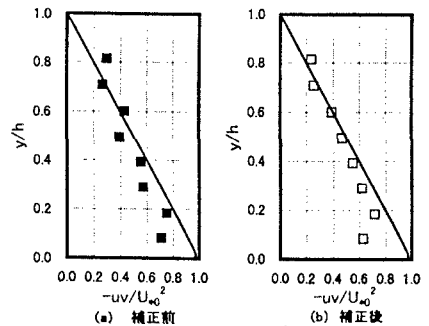


図-1 レイノルズ応力

ここで、 y :計測高さ(m)、 h :水深(m)、 R :径深(cm)、 U_* :摩擦速度(cm/sec)、 ν :動粘性係数(cm^2/sec)である。

図-1(a)は補正前の分布であり、上下にばらつきが多く見られているが、図-1(b)は2次元水路に近い分布が得られている。このとき補正角は水平回転 $\theta=-2.8^\circ$ 、あおり角 $\phi=2.9^\circ$ であった。

3.2 乱れ強度分布の検討

乱れ強度分布を図-2に示す。実線は裾津による乱れ強度の普遍関数分布³⁾であり、式(4)で示す。

$$u'_i/U_0 = \alpha_i \exp(-y/h) \cdots (4)$$

$i=1, 2, 3$ とおくと $u'_1=u'$ 、 v' 、 w' 、 $\alpha_i=2.30, 1.27, 1.63$ に対応する。

この図より補正前後での値の変化は少ないことが認められた。

3.3 主流等値線分布と2次流ベクトル図の検討

図-3に主流流速の等値線分布を、図-4に2次流ベクトル図を示す。図-3より、最大流速が左岸側と右岸側に認められ、水路中央底部に低速域が見られる。図-4(a)から全てのベクトルが左岸上向きから右岸下方へ向かう流向が確認される。補正後の図-4(b)では、 $z=150\text{cm}$ の位置に強い上昇流が認められる。また2次流の模式図と重ね合わせると主流流速に対応することが分かった。

4. おわりに

本論文では、レイノルズ応力分布と2次流ベクトル図は計測後に補正を行うと良い値が得られた。以上より、計測の問題点は補正することにより除去出来ることが分かった。

参考文献

- 1) 小金・長林・木村：ADVの出力特性に関する検討、第40回日本大学工学部学術研究講演要旨集、pp.113-115、1997
- 2) 富永・江崎：長方形断面開水路流の三次元乱流構造に関する実験的研究、土木学会論文集、第357/II-3、pp81-88、1985
- 3) 裾津 家久：開水路乱流の乱れ強度に関する研究、土木学会論文集、第261、pp67-76、1977

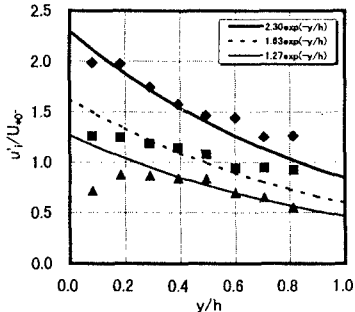


図-2(a) 乱れ強度分布

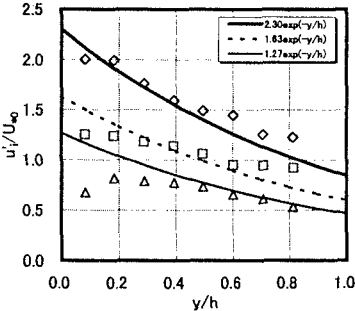


図-2(b) 乱れ強度分布

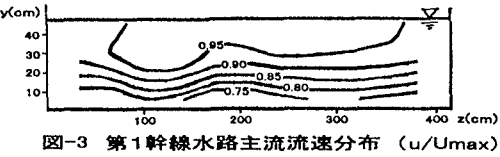


図-3 第1幹線水路主流流速分布 ($u/U_{\max}$)

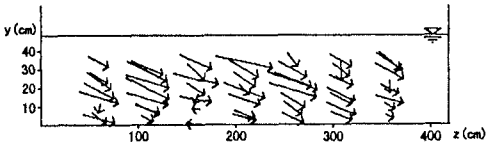


図-4(a) 2次流ベクトル図

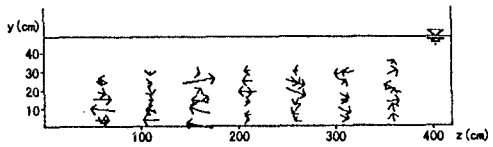


図-4(b) 2次流ベクトル図