

II-356

直線開水路流の二次流構造に関する検討

(株)建設技術研究所 正員 松村 憲 佳
 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

本研究では、開水路における二次流の空間構造を可視化手法^{(1)・(2)}により検討してきた。前報^{(3)・(4)}では、相関解析による大規模流体塊の上昇下降流の発生位置から空間構造の検討を行った。その結果二次流は螺旋流の構造を有し3~4周期程度の寿命時間である。配列は千鳥配列状であり、側壁面に強く発生しているときは水路中央付近では弱く、水路中央部が卓越した場合には、側壁面では弱くなる。本報告では、平均乱流構造の検討から二次流の空間構造の検討を行った。実験方法および解析方法は、参考文献^{(3)・(4)}と同様である。

2. 平均乱流構造の検討

2-1. 平均流速分布と二次流

$$\begin{cases} \bar{U} = \bar{U} + u' \\ \bar{W} = \bar{W} + \bar{w} + w' \\ \bar{w} = \bar{w} + w' \\ \bar{w} = f(y, z) \end{cases} \quad \begin{cases} \bar{U}, \bar{W}: \text{瞬間流速} \\ \bar{U}, \bar{w}: \text{時間平均流速} \\ \bar{w}: \text{横断方向トレンド流速} \\ u', w': \text{瞬間乱流強度} \\ \text{乱流強度 } u' = \sqrt{\bar{u}^2} \\ w' = \sqrt{\bar{w}^2} \\ W = \sqrt{\bar{W}^2} \end{cases}$$

図-1, 2, 3は可視化実験からの平均流速分布状況である。各測線の流速は平均流速の最大値で無次元化してある。図-1は主流流速分布図である。水面に向かうに従い流速が速くなり、各断面とも壁面近くで壁面効果により流速が遅くなっており、従来の点計測と同じ傾向がみられる。図-2は横断流速分布と一次関数による傾向線を示している。傾向線は水路中央を境に底面側 $y=2\text{cm}$ 水平断面では左岸で負、右岸で正であり両壁面から水路中央に向かう傾向であり、水面側 $y=3.4\text{cm}$ 水平断面では左岸が正、右岸が負であり水路中央から両壁面に向かう傾向である。壁面での流速を比べると底面側は水面側の約3倍の流速であり、従来言われるように水路隅角部での流れが二次流の要因である

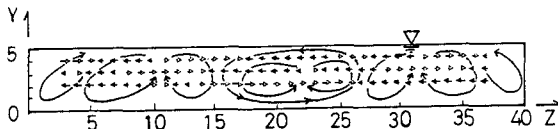


図-4 二次流速ベクトル図

	y	y/H	$U \cdot y/\nu$
●	2	0.4	164
▲	3	0.6	264
■	4	0.8	628

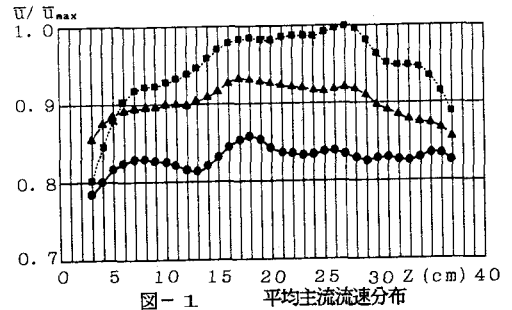


図-1 平均主流流速分布

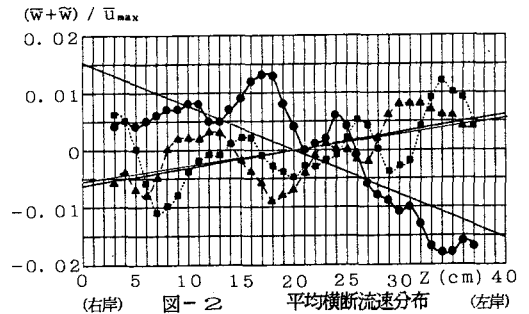


図-2 平均横断流速分布

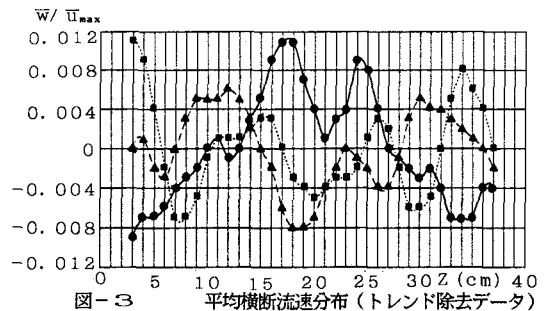


図-3 平均横断流速分布(トレンド除去データ)

と推定される。また主流と横断流速の比は数パーセントオーダであり、従来報告されている二次流の流速成分⁽⁵⁾と一致する。全断面とも傾向線を境に二次流の影響と思われる凹凸が見られる。図-3は長周期の横断方向流速成分のトレンド除去したデータの横断流速分布図である。図-4は前図をもとに流向に従ってベクトル表示し、これより並列螺旋流のフローパターンを示した。これより従来指摘されるように $z=11, 22, 32\text{cm}$ に上昇流で集中する流れ、 $z=5, 17, 27, 37\text{cm}$ に下降流で発散の流れの傾向が強いことが認められる。

2-2. 乱流特性量分布

図-5, 6, 7, 8は可視化データからの乱流特性量の分布である。これらの特性量の全ては断面平均摩擦速度 $U_* = \sqrt{gRI}$ で無次元化している。図-5は主流流速乱流強度を示している。各強度を断面で比較してみると水面側の $y=2, 3\text{cm}$ 水平断面より底面側の $y=4\text{cm}$ 水平断面は強度は弱くなり底面効果が弱くなっている。図-6は横断流速乱流強度を示したもので、各強度を断面で比較してみると $y=2, 3, 4\text{cm}$ 水平断面になるにつれて強度は強くなっている。また図-7のトレンド除去した横断流速乱流強度は、壁面側で壁面効果が良く表れている。また図で凹の部分は下降流、凸の部分は上昇流に相当する。これは図-4の二次流のフローパターンに良く一致する。図-8はレイノルズ応力分布を示している。水路中央では0に近く、壁面近くで右岸では正になる傾向であり、左岸では負になる傾向があり壁面効果が良く出ている。

3. 結果及び検討

直線開水路流において、可視化手法により長時間の乱流構造を求め、平均特性におよぼす二次流の効果の検討を行った。時系列データとしても、従来の点計測の平均特性を良く示している。また、前報^{(3), (4)}を踏まえて並列螺旋流のモデルを図-9に示す。

[参考文献]

- (1)長林・木村等:土木学会全国大会 昭和59, 60, 61, 年
- (2)松村・長林・木村 :土木学会全国大会 平成元年
- (3)松村・長林・木村 :東北支部大会 平成2, 3年
- (4)松村・長林・木村 :土木学会全国大会 平成2年
- (5)富永・江崎 :長方形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, 357号, 1985

