

II-160

開水路合流部の乱流構造

九州大学 大学院 学生員○天野 光歩
九州大学 工学部 正 員 大本 照憲
建設省 正 員 宮武 晃司
九州大学 工学部 正 員 平野 宗夫

1. はじめに

瀬割堤は、本川と支川を同じ河状に近づけて合流させ、水流の衝突による流向変化および大規模渦の発生による局所洗掘など合流角による影響を軽減させている。このような流れ場において発生する二次流は、内的な要因すなわち乱れの非等方性（プラントルの第二種二次流）によって支配されており、合流角がある場合の二次流（プラントルの第一種二次流）とは異なった挙動を示し、河床形状や物質拡散に与える影響も著しく異なる。本研究では、二河川が平行に合流する流れを想定し、両川の縦渦（コーナー二次流）の合流後の挙動および乱流特性について実験的考察が行われた。

2. 実験装置及び方法

実験水路は、長さ6m、幅25cm、高さ23.5cmのアクリル樹脂製の可変勾配水路である。隔壁として厚さ1mmのステンレス板が水路上流端より長さ2mにわたって水路中央に設置されている。流速変動は、表-1の水理条件下で、隔壁より下流に0.5cm, 20cm, 50cmの三箇所において計測された。センサーには、熱線流速計システムにX型エンドフロプロープを使用し、流速の主流方向成分と鉛直方向成分の同時計測、および主流方向成分と横断方向成分の同時計測が同一地点で行われた。計測結果は、サンプリング周波数150HzでAD変換した後、一測点4096個のデータに関して統計処理を施した。

3. 実験結果

1) 平均流成分 座標系は、隔壁の末端における河床位置を原点とし、主流方向にX軸、横断方向にy軸、鉛直上方にz軸を取る。図-1は、平板後流の欠損速度分布を示す。速度の無次元化には極大欠損速度 ($\Delta U = U_{max} - U_{min}$) を、横軸y(cm)の無次元化には半値幅 δ を用いた。図中の実線は、次式によって与えられる自由剪断流の平板後流における無次元速度分布である。

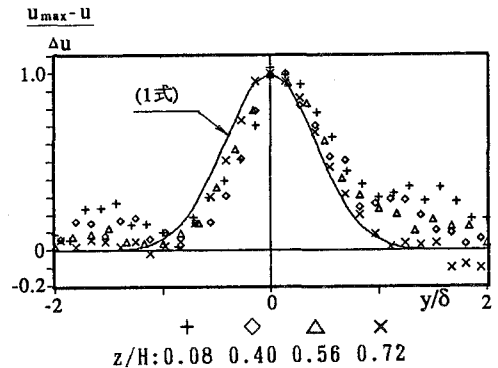
$$\frac{U_{max}-U}{\Delta U} = \exp\left(-\left(\frac{y}{\delta}\right)^2 \cdot \ln 2\right) \quad (1)$$

本実験のような開水路流の平板後流においても、無次元欠損速度は河床近傍を除いてほぼ相似形を示すことが分かる。尚、無次元化変数である極大欠損速度 ΔU および半値幅 δ に関しては、 ΔU は鉛直方向に直線的に増大し、流下方向に減少、また δ は鉛直方向および流下方向に増大する傾向があることが認められた。

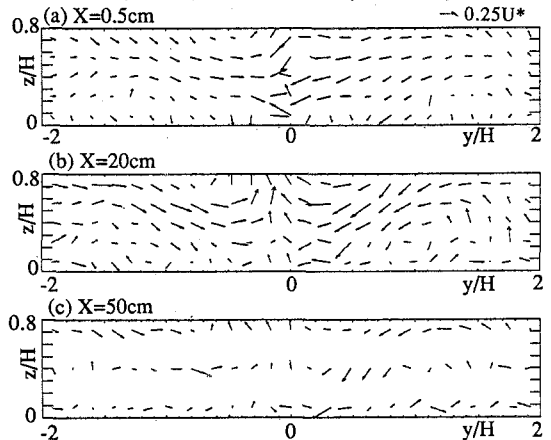
図-2は、二次流のベクトル図を表している。X=20cmでは、隔壁背後で上昇流、隔壁から水深スケールの距離だけ離れた位置で下降流となる一対の縦渦が観察さ

<表-1 水理条件>

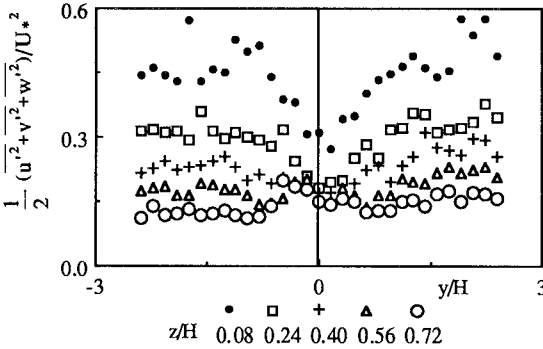
流量	Q	= 0.79 l/sec
水深	H	= 3.13 cm
平均流速	U _m	= 10.10 cm/sec
摩擦速度	U*	= 2.48 cm/sec
水路勾配	I ₀	= 1/500
レイノルズ数	Re	= 2775
フルード数	Fr	= 0.183



<図-1> 欠損速度分布(X=20cm)



<図-2> 二次流ベクトル図(X=20cm)



<図-3>乱れエネルギーの横断分布(X=20cm)

れ、これらの縦渦はコーナー・バイセクターの水面側渦が発達したものと考えられる。また、その縦渦の両側には、底面側渦と推測される比較的弱い渦が観察される。

さらに下流のX=50cmでは縦渦はX=20cmの場合と同様の配列を示すが、僅かに減衰している事がわかる。

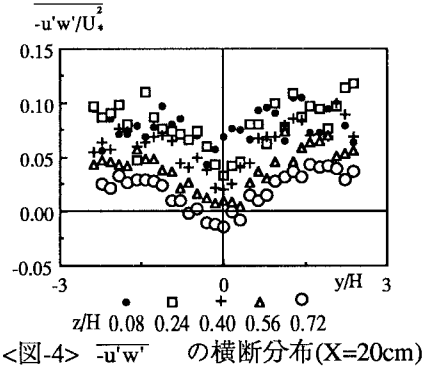
2) 乱れ特性

後流の三次元性が顕著に現れたX=20cmにおける乱れエネルギーの横断分布を図-3に示す。乱れエネルギーは、鉛直上方に減少する傾向にあるり、横断分布に関しては、河床から半水深までの領域では、 $y/H=0$ で極小値を示し、半水深から自由水面までの領域では、 $y/H=\pm 0.5$ の近傍で極大値を示すことが分かる。

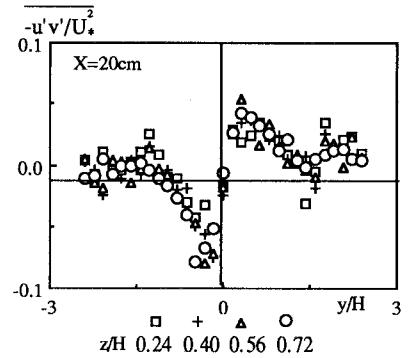
図-4および図-5は、それぞれX=20cmにおけるレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ および $-\overline{u'v'}$ の横断分布である。 $-\overline{u'w'}$ はいずれも鉛直上方に減少し、合流部である $y/H=0$ で極小となる事がわかる。また、 $-\overline{u'v'}$ の絶対値が極大値を示す位置は、主流速の横断分布の変曲点にほぼ一致することが認められた。ここで、乱れエネルギーの収支式における発生項について考察する。図-6および図-7は、それぞれ $-\overline{u'v'} \partial U / \partial y$ および $-\overline{u'w'} \partial U / \partial z$ の横断分布である。 $-\overline{u'v'} \partial U / \partial y$ は $y/H=\pm 0.5$ 付近で極大値をとり、その他の領域ではほぼゼロに近いことがわかる。一方、 $-\overline{u'w'} \partial U / \partial z$ は鉛直上方に減少し、 $y/H=0$ で極小値を示す。これら2つの乱れエネルギーの発生項の分布特性を比較すると、河床から半水深付近までの領域では $-\overline{u'w'} \partial U / \partial z$ が卓越し、半水深付近から自由水面までの領域では $-\overline{u'v'} \partial U / \partial y$ が卓越していることが分かる。また、このような傾向は、先に述べた乱れエネルギーの横断分布の傾向とほぼ一致することが認められる。従って、乱れエネルギーに関して、半水深から自由水面までの領域では平板後流の影響が支配的であり、半水深から河床までの領域では河床の影響が支配的であると考えられる。

<参考文献>

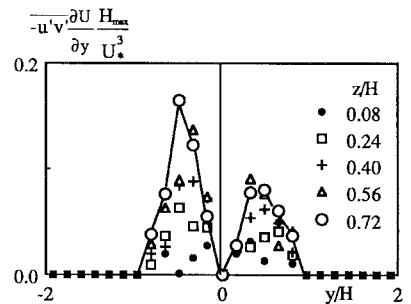
- 1) 杵津、中川：第29回水理講演会論文集，pp769-774，1985.
- 2) 玉井：第33回水理講演会論文集，pp277-282，1989.



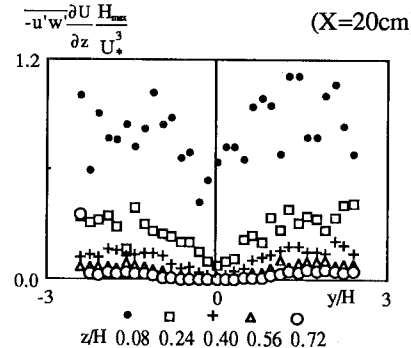
<図-4> $-\overline{u'w'}$ の横断分布(X=20cm)



<図-5> $-\overline{u'v'}$ の横断分布(X=20cm)



<図-6> $-\overline{u'v'} \partial U / \partial y$ の横断分布 (X=20cm)



<図-7> $-\overline{u'w'} \partial U / \partial z$ の横断分布 (X=20cm)