

斜め階段付側岸凹部周辺の流れの計測

神戸大学工学部 正会員 藤田一郎
 神戸大学工学部 学生員 ○松原隆幸

1. はじめに

近年の河川環境機能や水辺のもつ親水性に対する関心の高まりの中，川幅が比較的狭い都市河川においても側岸凹部を設け，そこに階段やスロープ(以下斜路)を取り付けて親水性を確保している場合がある．凹部流れは流体力学的にも注目すべき点が多く，様々な研究が行われているが，工学的な観点から凹部内に斜路を取り付けた場合の流れへの影響に関する研究はあまり行われていない．そこで本研究では斜路付凹部の周辺流れを表面流と主流・凹部間における質量交換率に着目して実験的な検討を行った．

2. 実験装置および実験条件

実験は図-1 に示すような凹部上流端に $H_s=6.0(\text{cm})$ ， $L_s=5.0, 15.0, 25.0(\text{cm})$ の3種類の斜路模型を設置して行った．実験条件を表-1 に示す．水路勾配は $1/400$ であり，水理条件の諸量は凹部下流端より 100cm 下流の断面においてのものである．

表-1 実験条件

CASE	U (cm/s)	h (cm)	F_r	L_s (cm)
Ls00	61.9	7.0	0.75	—
Ls05				5.0
Ls15				15.0
Ls25				25.0

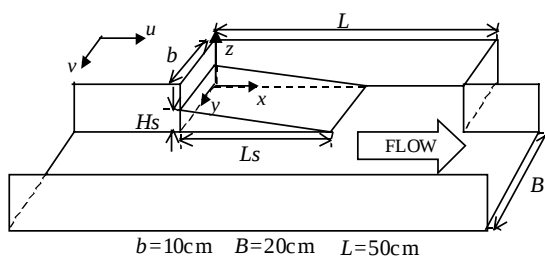


図-1 実験水路

3. 実験結果および考察

表面流の構造を調べるために，ナイロン粉末 ($10\mu\text{m}$) で可視化し，その様子をデジタルハイビジョンカメラ (SONY: HDR-FX1) で撮影した．その映像 ($1440 \times 1080\text{pixel}$) から得られた RAW

ファイル ($1/60\text{fps}$) 3600 枚 (1 分間に相当) に対して PIV 解析を行い，凹部と主流の境界面における横断方向流速は電磁流速計を用いて計測した．解析結果及び計測結果を以下に示す．

(1) 時間平均流速分布

図-2 に平均流速ベクトル ($u/U, v/U$) を，図-3 に図-2 に対応する流跡線を示す．但し，ここでは凹部の周辺のみ ($y/b=0 \sim 2$) の結果を示している．

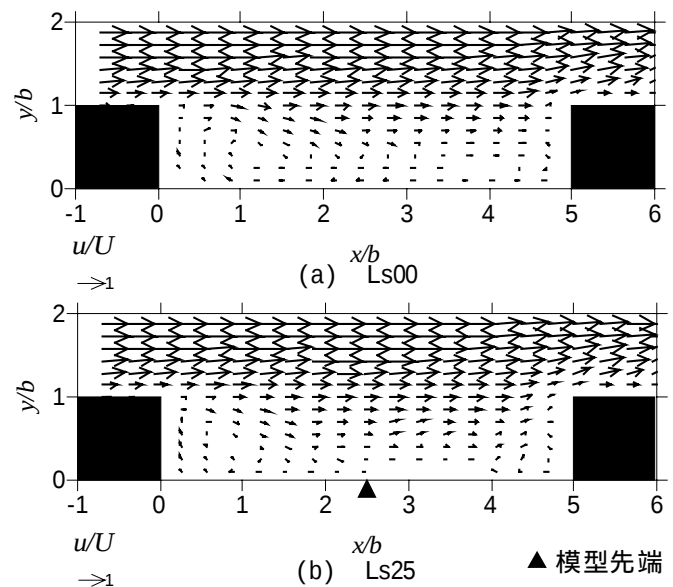


図-2 平均流速ベクトル

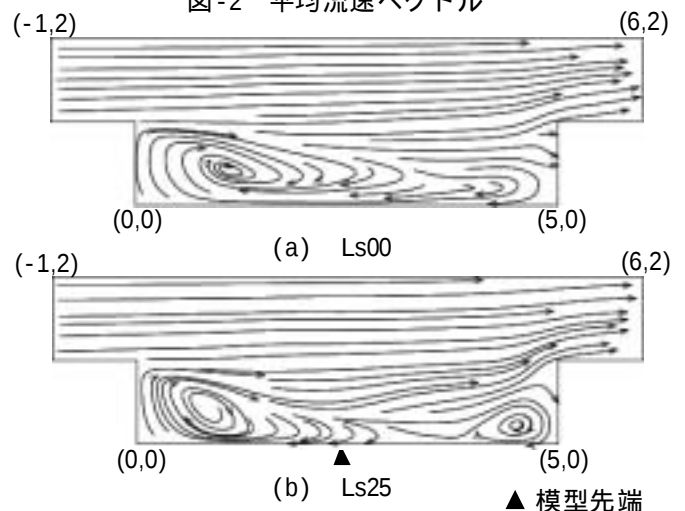


図-3 流跡線

キーワード 側岸凹部 斜路 PIV
 連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町

TEL 078-803-6439

Ls00 では凹部内に大きな循環渦が1つ形成されているのに対し、Ls25 では凹部上流側に大きな循環渦、下流側には小規模な渦が形成されているのが特徴である。Ls00 の場合の循環渦は凹部内全体で流体塊が大きな非定常性を伴いながらに循環しているのに対し、Ls25 で凹部下流側に形成された二次渦の運動特性は比較的定常的であった。このため、Ls25 はトレーサーなど(現実にはゴミなど)が下流側の隅角部にたまりやすい構造となっている。なお、Ls05 は Ls00、Ls15 は Ls25 と同様の傾向がみられた。

(2) 境界面における横断方向流速分布

主流部と凹部の境界断面 ($x/b=0 \sim 5$, $y/b=1$) における横断方向流速の電磁流速計による計測結果 (v/U) を図-4 に示す。図-4 をみると Ls00、Ls25 の両ケースともに凹部下流端の底面からの流出がみられるが、領域・速度ともに Ls25 の方が大きい。このことから斜路を設置することにより凹部下流端で砂などが溜まりにくい構造になることがわかる。次に流入している範囲に注目すると最大速度にはあまり違いがみられないが、その領域は Ls25 の方が圧倒的に大きい。これらより斜路を設置することによって主流・凹部間における水交換が盛んになることがわかる。なお、Ls05 では Ls00 と比較して最大流入速度は遅くなっており、分布としては比較的速い領域が底面付近に広がっていた。また、Ls15 では分布としては Ls25 とほぼ同じだが、Ls25 と比較して流入速度が速い領域は狭く、流出速度も遅かった。

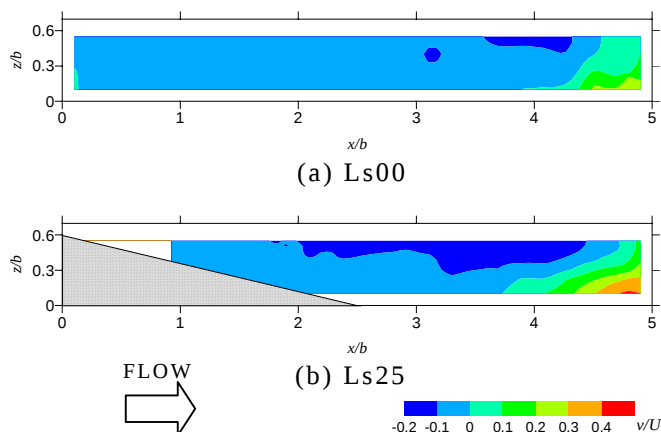


図-4 境界面における横断方向流速分布

(3) 凹部・主流間における質量交換率

池田ら²⁾は主流部と凹部との質量交換率 M を式(3.1)のように定義した。

$$M = \frac{1}{\rho UL} \int_0^L \rho |v| dx \quad (3.1)$$

ここに、 ρ ：水の単位体積重量、 U ：主流方向の断面平均流速、 L ：凹部幅、 v ：横断方向流速である。

本研究では式(3.1)を二次元に拡張した式(3.2)を用い、主流部・凹部間の質量交換率を算出した。

$$M = \frac{1}{\rho UA_b} \int_{A_b} \rho |v| dA \quad (3.2)$$

ここに、 A_b ：電磁流速計での凹部界面の計測範囲である。

上式から算出した質量交換率を図-5に示す。Ls05 は Ls00 と比較して減少しているが Ls15 で急増して Ls25 ではさらに増加している。このことから斜路の設置による質量交換率の増加にはある程度斜路底辺長 L_s の大きさが必要なことがわかる。

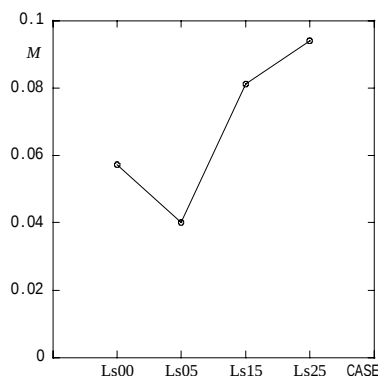


図-5 質量交換率

4. おわりに

本研究では表面流の PIV 解析を行うことにより、底辺長 L_s が異なる3種類の斜路模型を凹部上流端に設置が凹部流れにもたらす影響について調べた。その結果、斜路模型を設置することにより凹部内の流れは複雑化し、主流に与える影響が増大することがわかった。即ち、斜路の設置は凹部上流側からのより活発な流れの流入をもたらすため、流れの三次元構造がさらに複雑化することが表面流況の観測などから明らかになった。また、斜路を設置することにより、凹部への上流からの流入量が増加し、下流部底面付近からの流出速度が増加することが明らかになった。これら傾向は斜路底辺長 L_s の増大とともに、顕著になることも確認できた。

参考文献

- 1) 瀬津家久，鬼束幸樹，高橋俊介，矢野勝士：側壁に凹部を有する開水路乱流の組織構造に及ぼすフルード数の影響，土木学会論文集，No.712 -60，pp.1-10，2003。
- 2) 池田駿介，吉池智明，杉本高：不透水制群を有する流れの構造に関する研究，水工学論文集，第43巻，pp.281-286，1999。