

II-177 開水路乱流隅角部の秩序構造

徳山高専	正員	○佐賀孝徳
徳山高専	正員	大成博文
徳山高専	正員	渡辺勝利
山口大学	正員	斎藤隆

1. まえがき

本研究は、前報に引続き河岸防災上重要である開水路隅角部の流れの秩序構造を水平断面視および縦断面視の可視化形象および底面近傍の低速縞(LSS)から検討したものである。なお、実験条件は、参考文献1)を参照して頂き、ここでは省略する。

2. 実験結果および考察

隅角領域の水平断面視および縦断面視により得られた可視化形象の特徴を次に示す。水平断面、縦断面の撮影断面はそれぞれ16、21であり、ビデオカメラと35mmカメラによる撮影が行われた。最も底壁近くの水平断面視の撮影高さは $Y/H=0.02$ であり、そこでは底壁近くの構造を反映したいわゆる横断方向に一定の間隔で並ぶLSS構造が顕著である。また、Falcoらによって観察されているLSS近くの水平渦も僅かに見受けられる。底壁より離れるに従い、LSSの揺動性が増加している。また、水平渦も数多く発生し、それが交互に配置されていることも明らかである。この水平渦は、壁縦渦の付け根近くの渦の水平断面形象であり、その交互性は、壁縦渦の横断面形象で顕著な揺動現象に対応すると思われる。さらに離れると、LSS構造は見られなくなり、底壁から発達した壁縦渦の水平断面形象と思われる対になった水平渦が見受けられる。また、壁縦渦の横断面可視化から明らかにされたちどりの配置特性も見受けられる。とくに、注目することは、側壁より発達する水平渦が観察されることである。すなわち、これまでに底壁の壁縦渦の先端には横渦が存在することを明らかにしているが、このことは、側壁から発達する壁縦渦の存在を示唆している。さらに撮影断面が高くなると、底壁から発達する壁縦渦の水平断面形象は流下方向のスケールを短くしながら全体の存在量も少なくなる。一方、側壁から発達する壁縦渦の水平断面形象は、より側壁からのスケールを増しながら発達している。さらに高くなると、側壁の壁縦渦の発達は顕著となり、底壁からの壁縦渦の形象はほとんど見られなくなる。水表面近傍になると、より側壁から水路中央方向へ発達するスケールの大きな水平渦の構造が見受けられる。このことは、水表面近くの境界条件より v 成分が u 、 w 成分に変換され、さらに側壁方向の w 成分は側壁により制限を受けることから、そのような構造が形成されることが考えられる。また、従来の二次流計測の結果とも一致する。次に、縦断面可視化より得られた可視化形象の考察を行う。側壁近くの断面形象の特徴は、側壁上に存在するLSS構造が見られることである。 Z/H が増加するに従い、水表面側のLSSの揺動とその近傍の横渦が観察される。これは、水平断面視で観察された壁縦渦構造が側壁上にも形成されていることを示している。さらに Z/H が増加するに従い、横渦の増加と、底壁から発達する壁縦渦が認められる。次に側壁より離れるに伴って、底壁からの壁縦渦は発達する傾向にあり、その先端には横渦の存在も確認される。また、水表面側にも側壁側から発達した渦形象が観察され、底壁側の壁縦渦の発達と逆位相で発達、減衰を繰り返していることがビデオ観察より確認された。さらに水路中央に近づくに従い、底壁から発達する壁縦渦の縦断面形象と水表面側の側壁より発達した渦形象の間には、トレーサの存在しない領域が徐々に増えていることが認められる。 $Z/H=3$ 程度では、底壁から発達する壁縦渦の縦断面形象が顕著であり、水表面側の渦形象はほとんど観察されないことが、ビデオ映像より確認された。これらの特徴を示す一連の写真については、紙面の制約上、当日発表させて頂くこととしてここでは省略する。

次に、この両者のビデオ映像をもとに、底壁および側壁から発達する平均的な壁縦渦の形成領域が図1に示されている。それぞれ壁縦渦先端の横渦、水平渦の平均高さが3分間測定され(測定個数は、50~100)、

底壁側の形成領域が▲印、側壁側のそれが●印で示されている。この図より、上述した壁縦渦の平均的な形成領域が明らかであり、3つの領域に大別できる。すなわち、隅角頂部より壁縦渦が形成されない領域 (a)、両壁から発達する壁縦渦の平均高さが交差する領域 (b)、両者が平均的には干渉しない領域 (c) である。

それぞれ、a 領域は Z/H および Y/H が 0 から 0.2 程度、b 領域は $Z/H=0.6$ 、 $Y/H=0.4$ まで、c 領域はそれ以上に対応する。また、両壁とも、隅角に近付くに従って、その発生周期が大きくなる傾向を持つ。特に、b 領域の両者の領域が交差することは、横断面視により得られた両壁から発達する壁縦渦の配置特性 (図2) および壁縦渦の横断面形象の揺動現象¹⁾に見られる交互性を示唆している。また、c 領域の $Z/H=0.7$ 程度までは、両者の形成領域が交差していないがほぼ等しいことから、各々の時間的変動性を考慮すれば、b 領域と同様の相互作用が観察される領域とも考えられる。

図2には、壁縦渦の配置特性図が横断面形象より描かれている。図中の描点は、壁縦渦の左右の渦中心を示し、その黒印は、壁縦渦の存在が認められなくなったことを示す。この図から、側壁・底壁の両者に存在する壁縦渦は、同時ではなく交互に隅角近傍に発生発達を繰り返していることが伺える。(図中の点線のサークルとの対応) また、隅角より 0.2H 程度には、ほとんど観察されず、特に側壁では半水深以上にその存在が顕著である。底壁側には、約 100 wall unit の間隔で横断方向に約 2 つ程度の壁縦渦が間欠的に発生発達を繰り返しているが、隅角側の渦はおよそ側壁より 0.3~0.7H 程度の領域に存在し、図3の低せん断力領域および上記の b 領域に一致していることは、興味深い。

図4には、底壁にトレーサーを流して水平断面可視化を行い、最後に残る低速縞 (LSS) の側壁からの位置 (z) を示す頻度分布図が示されている。それぞれの測定個数は 200 である。これより、どの条件とも $z/H=0.3\sim0.5$ に最頻値を持ち、上記のせん断力が局所的に低下する領域に対応する。このことは、これまで明らかにされた LSS 上の壁縦渦の上昇流が、低せん断力領域の形成に寄与したものであると思われる。

参考文献 1) 佐賀・大成・渡辺・斎藤：第33回水理講演会論文集 (1989) 505-510.

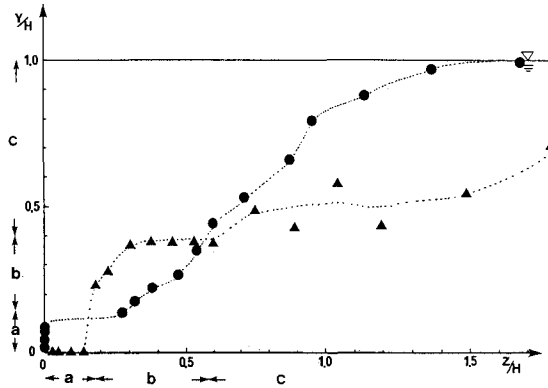


図1 壁縦渦の形成領域

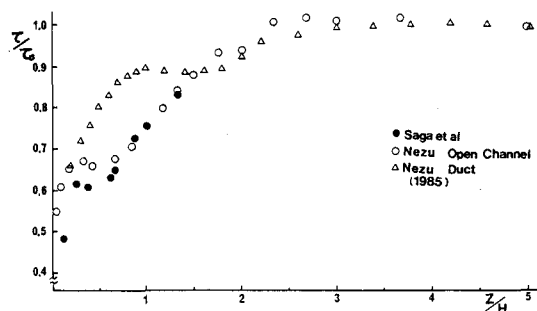


図3 底壁のせん断力分布

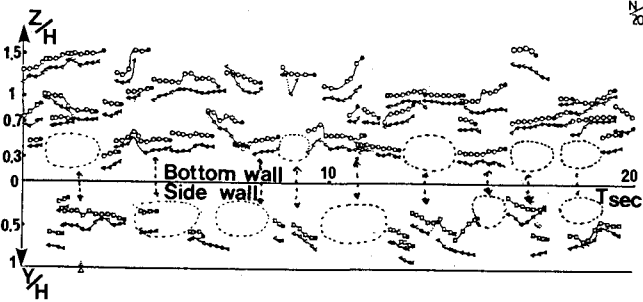


図2 壁縦渦の配置特性

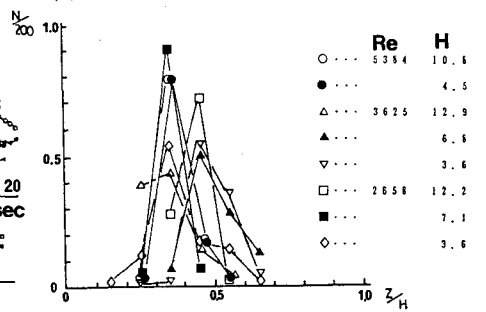


図4 LSSの存在頻度分布