

開水路乱流隅角部の秩序構造(3)

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実験から検討したものである。特に、側壁、底壁に発生発達する壁縦渦の形成領域、発生周期、相互作用について考察を行った。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により得られた可視化形象がFig. 1に示されている。それぞれの可視化形象の撮影高さは、図中に示すとおりであり、これらを含めて16断面についてビデオカメラと35mmカメラによる撮影が行われた。 $Y/H=0.09$ では、底壁近くにLSS構造が顕著である。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特徴的である。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。 $Y/H=0.26$ では、LSS構造は見られず、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、その流下方向への連続性が短くなっているだけでなく、壁縦渦の横断面可視化形象より明らかにされたちどり状の配置特性も見受けられる。とくに、この写真で注目することは、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。 Y/H が大きくなるにつれ、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。 $Y/H=0.80$ では、その傾向が顕著となり、底壁からの壁縦渦の形象はほとんど見られなくなる。 $Y/H=0.97$ では、さらに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。とくに、水表面への上昇流が形成される際には、その強さに応じた水平渦も発生すると考えられる。また、水表面隅角に固定された特徴的な縦渦はこの境界条件によるものと考えられる。これらのことは、横断面可視化からの観察結果とも一致している。

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。撮影位置は、側壁から水路中央まで21断面行われ、全てにおいてビデオカメラおよび35mmカメラにより撮影された。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。

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Fig. 2

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、大別すると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、隅角に近づくに従って、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。さらに、Fig. 3には、本実験より求められたせん断力分布図が示されている。ここで $Z/H=0.3\sim 0.7$ において平均壁面せん断力が低下する傾向があるが、このことは、上記の底壁および側壁の壁縦渦の相互作用の反映とも思われる。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考えられる。

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。

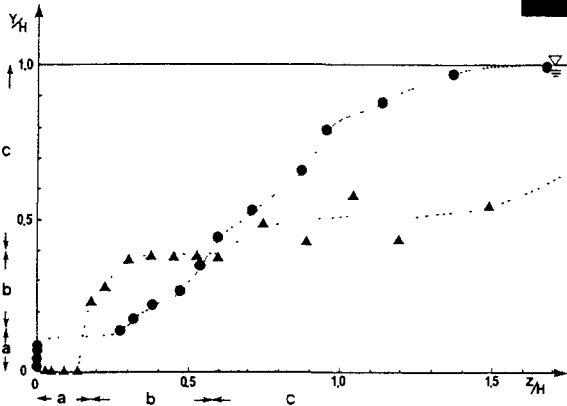


Fig. 2 壁縦渦の形成領域



Fig. 1 水平断面視

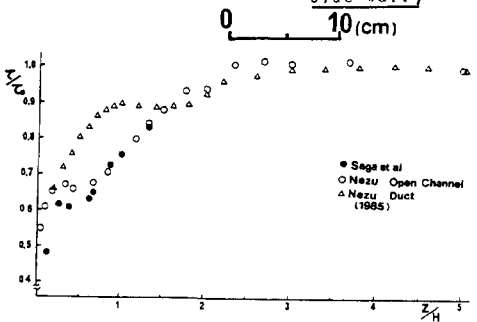


Fig. 3 せん断力分布図