

京都大学防災研究所 正員 宇民 正, 上野 鉄男
鹿 島 建 設 正員 日 紫 喜 剛 啓

南水路流れにおいては、バッファ層内では馬蹄型渦がランダムに発達し、それより外の領域ではそれら馬蹄型渦が二次流に組織化されることを著者らは指摘した。ところが河川水理学で対象とされるような流れの多くでは Re 数が充分大きくバッファ層の厚さが小さいため、流れの殆んど全域にわたって二次流が発達していることになる。したがって、横断方向に水理学的に一様な性質をもつ水路においても、もしそこで二次流が安定して発達するならば、ある地点では常に大きな流速が通過しまたある地点では常に小さな流速が通過することとなる。このような現象は、二次流の配置とその安定性により南水路流れの抵抗特性や平均流速分布特性も変化してくること、ひいては掃流砂量や浮遊砂量も影響されることを示している。さらには河川構造物周辺の局所流や局所洗掘の様式も二次流の配置とその安定性により重大な影響をうけるであろうことも指摘される。

例えば、写真1は一樣な長方形断面水路の一ヶ所に底頂せきを設けた場合のその直前方の局所洗掘の様式を示したもので、左側の波状模様は洗掘孔の平面形状を、右側の波状模様は底頂せみ内に45°傾けて設置された鏡で洗掘孔の深さをそれぞれ写し出したものである。この写真から、明らかに二次流に反応すると考えられる局所洗掘の横断方向変化が認められる。

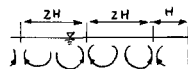
木下による洪水流の水面の美しい写真とそこにおける二次流の存在の指摘以来、二次流の発生機構やその河川工学上の役割について研究が精力的に行なわれるようになった。著者らも実験室の水路で二次流の動態の可視化を試みて来たが、その結果、二次流は安定的に発達する場合もあればそうでない場合もあることが明らかになった。本報告は、上述のように河川工学上重要な役割を果たしている二次流の位置の安定性について実験的に検討を加えたものである。

実験的検討

南水路流れの流下方向流速成分の横断方向分布曲線に認められる低速部の位置により二次流の位置を記述することとし、その時間的変動を統計的に調べた。すなわち、1秒に1回ずつ40回にわたって流況を水素気泡法を用いて連続写真撮影し（陰極は水路横断かつ水平方向）、水路横断方向（ Y 方向）の $y = -0.5\text{ cm}$ から $y = +0.5\text{ cm}$ の間の1 cmの幅に40回の撮影結果のうち低速部が生じる回数 n を求めた。 y を1 cmづつずらしながら各々 n をこのようにして求め、測定範囲（ $-10\text{ cm} < y < 10\text{ cm}$ ）における n の横断方向の統計を N とするとき、 n/N は陰極の高さ Z における低速部の相対的な発生頻度と言える。各種流況と水路床条件の下で n/N を求めて次頁の図に示した。ここで各実験ケースにおける水理条件と水路床状況は次頁の表の通りであるが、その概略は各図面の上方にも示してある。なお、水路幅は40 cmであり、 y 軸の原点は水路中心に設定してある。

先ず図(a)と(b)とを較べて見よう。両者は同じ水深、同じ河床状況、同じ Re 数を有しており、ただ3 mm角の真鍮棒を流下方向に置いた様の配置だけが異なる。そして一見して明らかな様に図(a)の場合の方が格段と顕著に横断位置に低速部が集中している。このことから、二次流は水路側壁面から H , $3H$, $5H$, ... の位置に上昇流をもつ形で右図に概略的に示されるような配列をされる場合に安定であるといえようである。

次に(a)と(b)とを比較して見よう。両図とも水路床付近では低速部は横断方向に殆んど一様に分布しているが、水面に近づくにつれて低速部が部分部分で集中してゆき、その間隔は水深よりオーダーであることがわかる。しかる(a)では $Z/H = 0.74$ の場合においても集中する位置は不規則的であるが、(b)では $Z/H = 0.63$ の場合には集中位置が水路側壁面からは H , $3H$, $5H$, ... となっていることが注目される。以上から、 Re 数の大きい流れの方が二次流の安定性がよいのではないかという



推論がえられる。

次に平均粒径 0.6 cm の礫を数つめた (c) と (d) とを比較すると、両図において共に側壁面からは $1/3 H, 3/4 H, 5/4 H, \dots$ の位置に低速部の集中点があるようであり、しかもこの傾向は $Z/H = 0.2$ あたりでもほぼ認められる。さらにこの傾向は (c) より (d) の方が一層顕著である。以上から、次流は同じ Re 数の流れにおいても水路床に一樣な粗度がある方が平滑な水路床におけるよりも安定的に発達すること、また同じ粗度上の流れでも Re 数が多い流れにおける方が安定的に発達することが指摘できようである。

次に (e) と (f) とを比較すると、やはり図 (f) の方が低速部の集中の様子が明確であり、しかもその集中の傾向は $Z/H = 0.12$ の場合から $Z/H = 0.74$ の場合まで同様であることが認められる。以上から、安定な二次流の配置は、上

昇流が水路側壁から $H, 3/4 H, 5/4 H, \dots$ である場合であることがあらためて認められる。

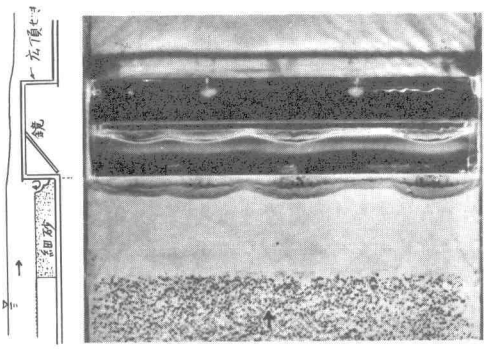
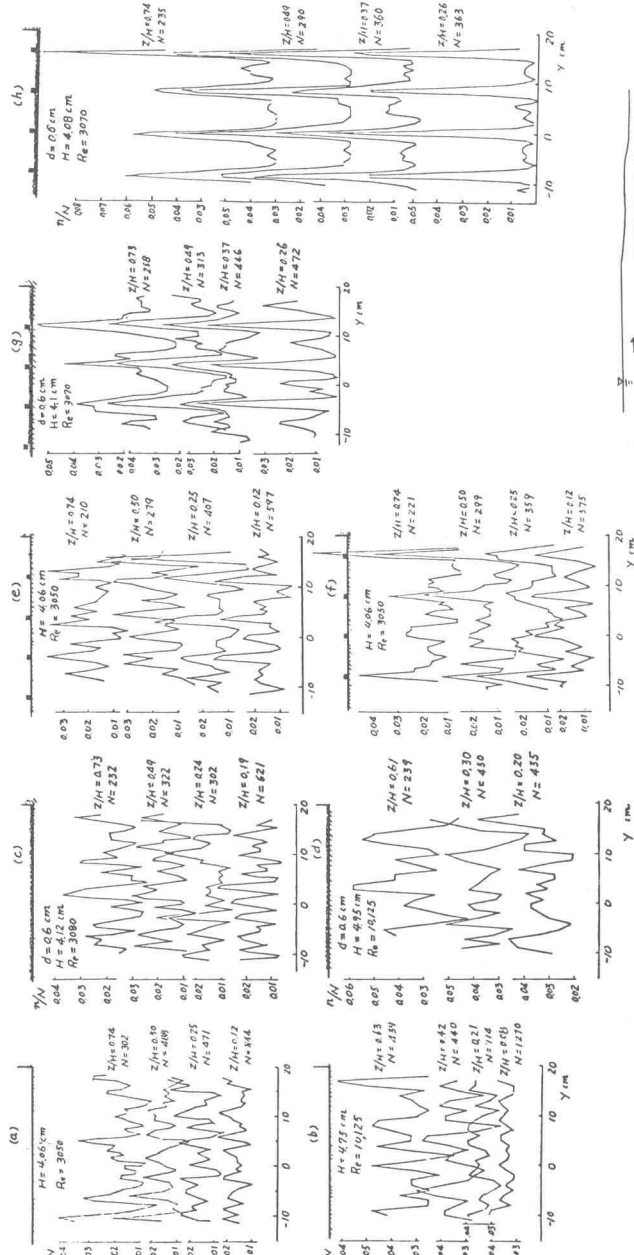


図	水深 H cm	流量 Q l/s	平均流速 U _m cm/s	最大流速 U _m cm/s	水路底の状況	
					Re	水路底の状況
(a)	4.06	1.55	9.54	0.74	3050	アクリル樹脂製平滑固定床
(b)	4.75	4.05	21.32		10125	鉄板上に平均粒径 0.6 cm の礫を塗料で一様に塗りつけたもの
(c)	4.12	1.56	9.49	0.88	3080	鉄板上に平均粒径 0.6 cm の礫を塗りつけたもの
(d)	4.95	4.05	20.45		10125	アクリル樹脂製の平滑固定床の上に 3 mm 角の真鍮棒の柱を流下方向に向けて平行に置く
(e)	4.06	1.55	9.54	0.74	3050	アクリル樹脂製の平滑固定床の上に 3 mm 角の真鍮棒の柱を流下方向に向けて平行に置く
(f)	4.06	1.55	9.54	0.74	3050	アクリル樹脂製の平滑固定床の上に 3 mm 角の真鍮棒の柱を流下方向に向けて平行に置く
(g)	4.10	1.56	9.51	0.88	3070	平均粒径 0.6 cm の礫を塗りつけた鉄板上に 3 mm 角の真鍮棒の柱を流下方向に向けて平行に置く
(h)	4.08	1.56	9.56	0.88	3070	平均粒径 0.6 cm の礫を塗りつけた鉄板上に 3 mm 角の真鍮棒の柱を流下方向に向けて平行に置く