

斜め棧粗度形状の違いによる二次流（螺旋流）の変化について

東洋大学大学院 学生員 石塚 華生
東洋大学 学生 下村 充
東洋大学 正員 福井 吉孝

はじめに

開水路底面に斜めに棧粗度を設置すると、二次流（螺旋流）が形成されることが知られている。そこで、今回は、棧粗度の長さ、高さの違いにより、どのように流況（螺旋流）が変化するのか、模型実験により主流速分布、二次流分布、水面勾配から検討する。

1. 実験概要

実験には、長さ 9(m)、幅 30(cm)の亚克力製矩形断面水路を用い、角柱棧粗度を主流方向に対し斜め 45 度に、10 本ないし 15 本設置した。

実験水路概略図を図-1、棧粗度断面形状を図-2、実験ケースを表-1 に示した。流速の測定には、x 型 hot-film 流速計（KANOMAX 製）を使用し、サンプリング周波数を 100(Hz)、計測時間 12.8(sec)で、3 方向の成分の測定を行った。測定の際、流量は $Q=11(l/s)$ とし、水路勾配を 1/1000 にセットした。

2. 実験結果

表-1、表-2 は、すべての実験ケースと螺旋流が形成されたか否かを表にまとめたものである。棧粗度断面が(1 × 1)の Run1 において、隙間を 7cm とした Run1-4 までは螺旋流が形成され、隙間を 8cm とした Run1-5 以降は形成されなかった。棧の高さが高くなると、棧に沿って右岸側へ向かう流れが強くなるので、同一の水理条件でも螺旋流が生じる可能性があり、実際、その規模はかなり小さいが、Run2-3 と Run3-3 で螺旋流が形成された。

図-3 は、二次流の発達が十分見込めるところ 9 ~ 10 本目の間 (Run1-1、Run1-8)、14 ~ 15 本目の間 (Run2-1、Run2-3)における棧粗度に沿った断面での二次流 (v - w) ベクトル図を示したものである。

Run1-1、Run2-1 では、左岸側で下降流、下層部で棧粗度に沿った右向きの流れ、右岸側壁部で強い上昇流、水面付近では左向きの流れが生じている。このことから、螺旋流が生じていることが判る。Run2-3 も小規模ではあるが形成されている。一方、Run1-8 では右向きの流れしか見られない。

図-4 は、図-3 と同断面内での主流速 (u/u_{max}) コンター図である。

Run1-1、Run2-1、Run2-3 では、左側に最大流速、右側に遅い流れがみられる。右側の遅い流れが左側の速い流れの影響を受け、速い方へ引っ張られることにより水面付近で左向きの流れが生じ、さらに下層部で棧粗度

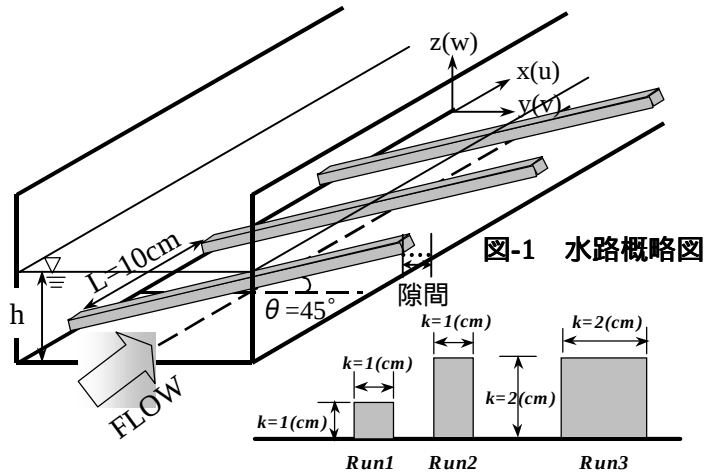


図-1 水路概略図

図-2 棧粗度断面形状

表-1 実験ケース一覧

	h/k	B/h	棧高 k (cm)	棧幅 b (cm)	棧本数 (本)	側壁との 隙間
Run1-1	9.0	3.3	1.0	1.0	10	なし
Run1-2	9.0	3.3	1.0	1.0	10	右、5cm
Run1-3	9.0	3.3	1.0	1.0	15	右、6cm
Run1-4	9.0	3.3	1.0	1.0	15	右、7cm
Run1-5	9.0	3.3	1.0	1.0	15	右、8cm
Run1-6	9.0	3.3	1.0	1.0	15	右、9cm
Run1-7	9.0	3.3	1.0	1.0	15	右、10cm
Run1-8	9.0	3.3	1.0	1.0	10	右、15cm
Run2-1	7.7	2.0	2.0	1.0	15	なし
Run2-2	7.7	2.0	2.0	1.0	15	右、5cm
Run2-3	7.7	2.0	2.0	1.0	15	右、15cm
Run3-1	7.7	2.0	2.0	2.0	15	なし
Run3-2	7.7	2.0	2.0	2.0	15	右、5cm
Run3-3	7.7	2.0	2.0	2.0	15	右、15cm

表-2 実験結果

Run1-1 ~ 4	○
Run1-5 ~ 8	×
Run2-1 ~ 3	○
Run3-1 ~ 3	○

螺旋流が形成された → ○

螺旋流が形成されなかった → ×

キーワード：棧粗度(strip roughness)、螺旋流(spiral flow)、二次流(secondary flow)

連絡先：〒350-0815 埼玉県川越市鯨井 2100 TEL.0492-39-1404 FAX.0492-31-4482

に沿った右向きの流れも加わり、その結果螺旋流が形成される。本研究において、断面内での主流速(u)の速度差が、二次流($v-w$)の流れの向きに影響を及ぼしているといえる。
 Run1-1、Run2-1において、右岸側壁部で強い上昇流が生じているのは、右岸側壁部において、下層部と栈粗度の頂面の少し上層の主流速(u)の差が大きいので、下から上へ強く引っ張られるためと考えられる。
 Run2-3では、この流速の差が小さい(図-5)ので、下から上への引っ張りが弱く、上昇流に勢いが無いと思われる。

図-6は、Run1-1(螺旋流が形成されるケース)、およびRun1-8(形成されないケース)における、流下方向への水位変化を表したものである(測定断面内中の最小値を0cmとしている)。水路横断方向での水面勾配は、Run1-1の方が大きいことが判る。左側に最大流速、右側に遅い流れが生じていることに加え、この水面勾配からも水面付近で左向きの流れが生じていることが判る。

3. おわりに

開水路床に栈を斜めに設置すると、螺旋流が形成される。螺旋流は水を循環させ、右岸側壁部と栈粗度の間に隙間がなくても、右岸側壁部で上昇流が生じるため、小さい堆積物ならば持ち上げて下流方向へ輸送させることが可能であると思われる。隙間を広げていくと、徐々に螺旋流の規模が小さくなり、栈粗度に沿った右向きの流れしか見られなくなる。しかし、螺旋流が形成されなくても、栈粗度に沿った右向きの流れが生じるため、堆積物を下流方向へ輸送させることは可能である。越流型の水制であれば、景観的にも優れており、水深が浅ければ、魚などの生息場所、また、浸水場所としても活用でき、「環境」に優しい河川構造物になると思われる。

■参考文献■

- 1) 井上正史,村山久一,福井吉孝:第53回年講1998.10,pp.672-673. 2) 辻本哲郎,清水義彦,松尾和弘:水工学論文集,第39巻,1995.2,pp571-576

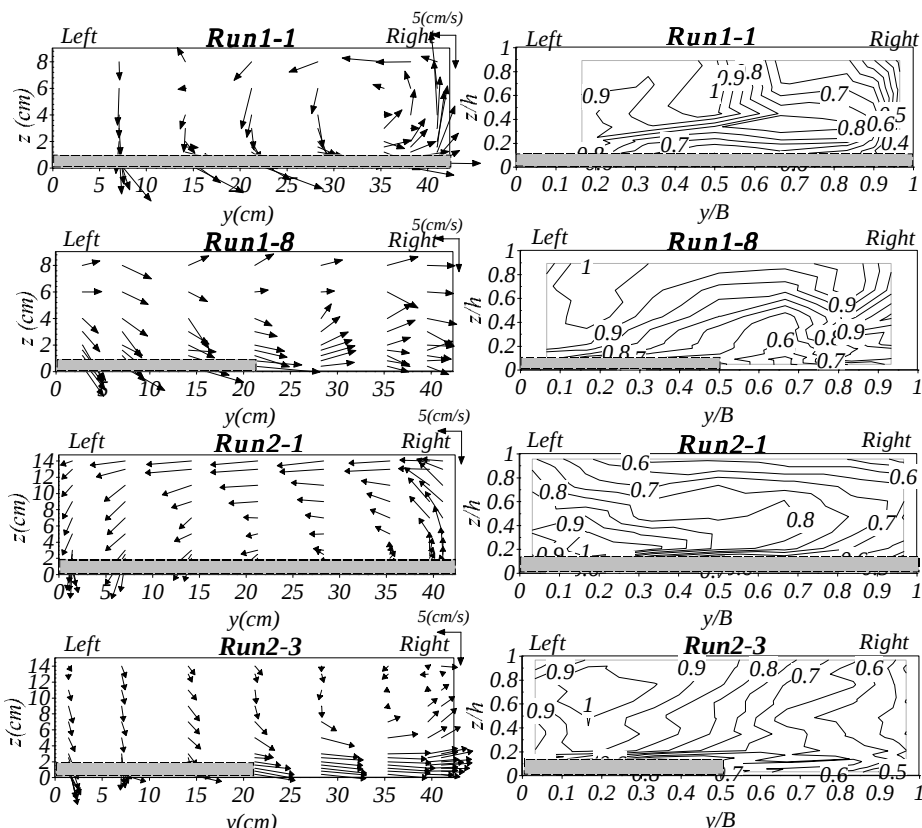


図-3 二次流($v-w$)ベクトル図

図-4 主流速(u/u_{max})コンター図

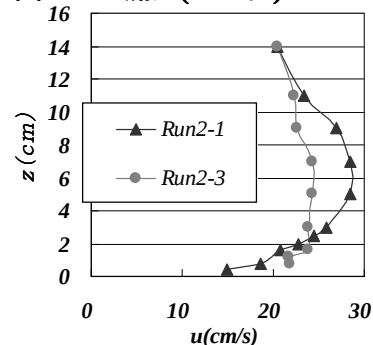


図-5 Run2-1、Run2-3

右岸側壁から2cmの場所
での主流速(u)分布図

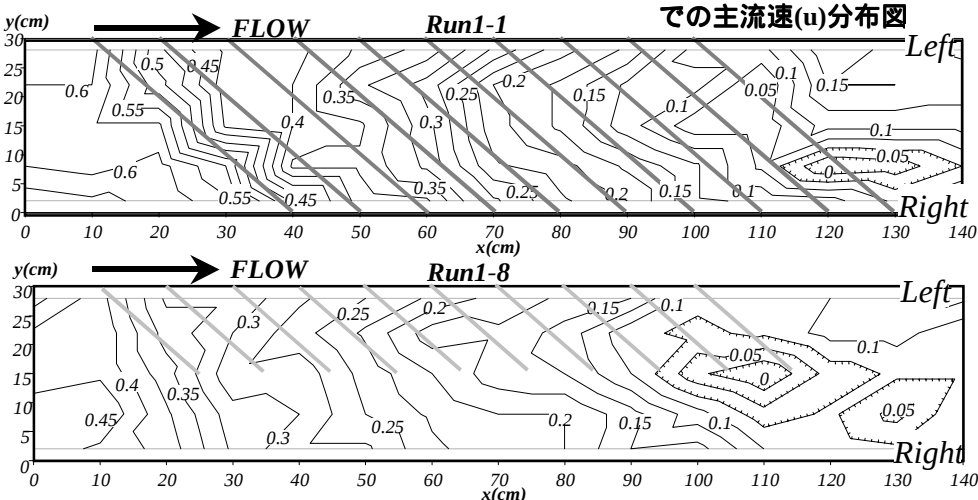


図-6 水位コンター図(測定断面内最小値を0cmとした)