

側壁に粗度を設置した湾曲流れの平均流特性

徳山高専 正会員 ○ 渡辺 勝利
 正会員 佐賀 孝徳
 山口大学 正会員 朝位 孝二

1. はじめに

河川の湾曲部は、河岸の破壊や顕著な河床洗掘や堆積が生ずるため、洪水時には弱点となりやすい。湾曲部の過度な洗掘、堆積を緩和するには、水衝部への高速流や遠心力に起因する二次流れの制御が必要であり、これまでも様々な形態の粗度を河床や側壁に設置することにより、湾曲流れの制御に関する研究が進められている^{1),2),3),4)}。

筆者は、これまでにブランチブロックの水利特性に関する検討を進め、そのブロックの施工表面に現れるジグザグ状の粗度が流れ場の形成に重要な役割を果たしていることを明らかにした⁵⁾。本研究ではジグザグ状の粗度を水路湾曲部の側壁に設置し、平均流速分布に及ぼす影響について検討した。

2. 実験装置および方法

実験では、図-1に示すような直線部と湾曲部から構成された開水路を用いた。水路幅は40cm、高さは25cmであり、直線部の長さは上流部が3m、下流部が2mである。湾曲部の中心線形には図-2および式(1)に示すようなsin-generated curve⁶⁾(s:水路中心線上距離、曲線長L:4m、最大偏角 α_0 :40°)を採用した。水路勾配は水平とした。本水路の側壁に図-3に示すような、厚さ5mmの亚克力樹脂板で作成したジグザグ状の粗度を直線部および湾曲部の側壁面に等間隔(4cm)で設置した。実験では、流速計測および水面形計測を行った。流速計測には2成分の電磁流速計(KENEK VP2500)を使用した。流速計測断面は図-4に赤実線で示されている。また、計測位置は図-5に示すように、1断面につき60ポイントとし、1点につき40秒間の平均流速を計測した。実験条件は表-1に示すとおりである。

3. 実験結果および考察

図-6(a)には、側壁が滑面(Case S)(以下、滑面側壁と呼称)における主流速分布を示している。直線部断面-1.0mでは水路中心線に対してほぼ対称となる分布を示すが、湾曲部入口付近の断面0、断面1では、相対的に右岸側が高速となる。断面3、断面5では左岸側が高速となり、最大流速点が側壁の極近傍に出現している。断面7では、左岸の高速域が右岸方向に移動し、断面8.5、断面10では右岸側が高速となる分布を呈している。このように、滑面側壁流れでは、高速流が内岸を経由して流下している。図-6(b)の昇配列(Case R1)における主流速分布では、断面0において水表面付近の低速化が顕著であり、この低速化を補うために底壁側、特に側壁と底壁の隅角付近が高速となっている。断面3では水表面付近でほぼ対象となる流速分布を呈するが、それ以降では左岸近傍が加速され、断面5では左岸付近では低速であるが、それ以下では高速となる分布を呈している。断面8.5、断面10では右岸側が高速となる分布となっている。図-6(c)の降配列(Case R2)における主流速分布では、断面0において右岸側の高速化が上記の2ケースに比べてやや緩和されている。側壁近傍の半水深以下($y=1\text{cm}, 3\text{cm}$)の流速分布では2つの変曲点がある特有の流速分布が認められる。断面1ではやや右岸が高速となるが、断面2では、相対的に右岸側が高速となり、断面3、断面5への流下に伴いその傾向が顕著となる。断面5では滑面側壁流れに比較して側壁付近の流速が低減している傾向が認められるが、昇配列と比較して水深方向に流速分布が様化している。断面7では、高速域が水路中央方向へ移動し、断面8.5では右岸側壁付近が高速となっている。断面10では最大流速点が水路中央方向へ移動している。図-6(d)は、鉛直配列(Case R3)における主流速分布を示している。断面0では、相対的に右岸側壁側が高速となっているが、側壁近傍の流速は滑面側壁のそれよりも減少している。また、断

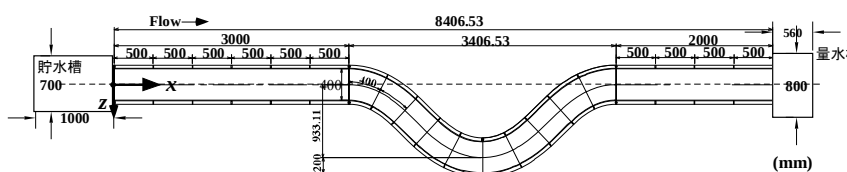


図-1 実験水路

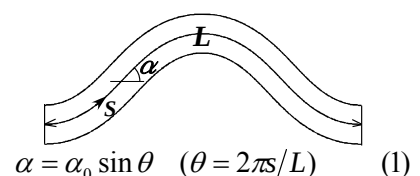
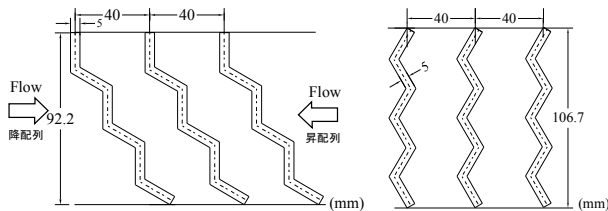


図-2 sin-generated curve

キーワード 湾曲流, ジグザグ粗度, 二次流, 流れの制御

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台

T E L 0834-29-6326



(a) 昇配列・降配列

(b) 鉛直配列

図-3 ジグザグ状粗度形状

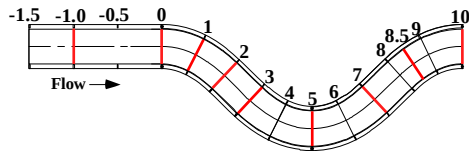


図-4 流速計測断面位置

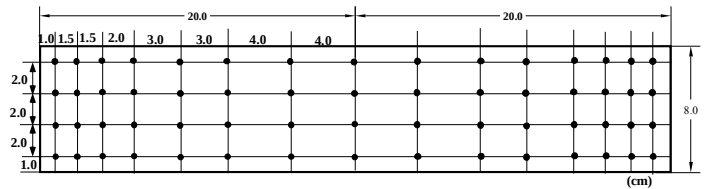


図-5 流速計測点位置

表-1 実験条件

Case	Hm (cm)	Q (cm ³ /s)	Um (cm/s)	Fr (=Um/(gH) ^{1/2})	Re (=UmH/ν)	備考
S(滑面側壁)	7.9	10174	32.2	0.37	25435	
R1(昇配列)	7.7	10155	33.0	0.38	25388	それぞれのケースにおいて、粗度は断面0から上流1.5mの区間の両岸および断面0～5の左岸、断面5～10の右岸に設置した。
R2(降配列)	7.7	10108	32.8	0.38	25270	
R3(鉛直配列)	7.8	10162	32.6	0.37	25405	

(a) Case S
(滑面側壁)

(b) Case R1
(昇配列)

(c) Case R2
(降配列)

(d) Case R3
(鉛直配列)

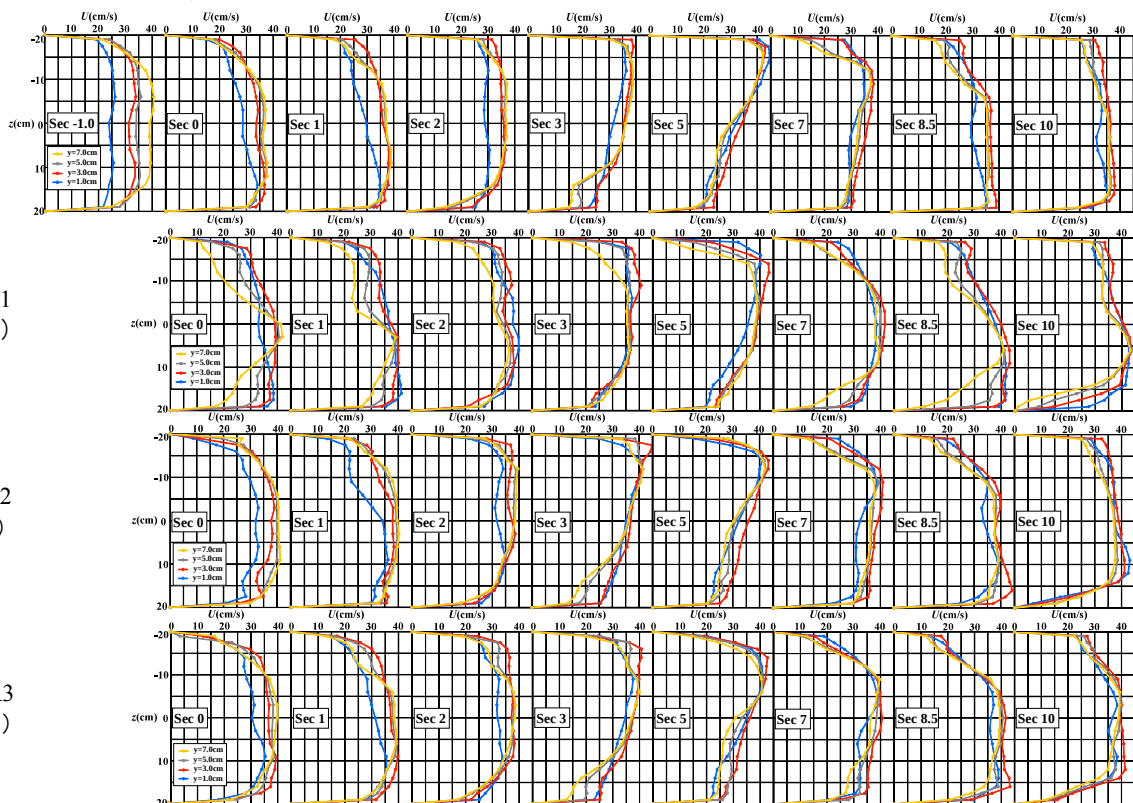


図-6 各ケースにおける平均主流速横断方向分布

面 3, 断面 5 では左岸側が高速となっているが、最大流速点は滑面側壁のそれと比べて対岸方向へ移動している。断面 7, 断面 8.5 では、左岸側の顕著な低速化に伴い水路中央部が高速となり、断面 10 では右岸側壁近傍の低速化によって台形状の流速分布を呈している。

4. おわりに

湾曲水路の側壁にジグザグ状の粗度を 3 種類の配列で設置し、それぞれの流れ場の平均流特性を検討した。その結果、昇配列では、側壁付近の主流速が低減される効果が認められたが、その効果が水表面付近の主流速に留まることが明らかとなった。降配列および鉛直配列は、内岸側壁付近の主流速の低減および最大流速の対岸方向への移動に寄与することが明らかとなった。

謝辞： 本研究は、中国建設弘済会の平成 25 年度技術開発支援事業の援助を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献：

- 1) Odgaard, A.J et.al: River-Bend Bank Protection by Submerged Vanes, J. Hydraulic. Eng., ASCE, Vol.109, No.8, pp.1161-1173, 1983., 2) 福岡ら：ベーン工の設置された湾曲部の流れと河床形状の解析, 土木学会論文集, No.447/II-19, pp.45-54, 1992., 3) 関根ら：斜め栈粗度による河川湾曲部の二次流制御に関する研究, 土木学会論文集, No.558/II-38, pp.61-70, 1997., 4) 富永ら：円柱粗度による湾曲部河道変動の制御に関する実験的研究, 水工学論文集, 第 45 巻, pp.769-774, 2001., 5) 渡辺ら：ブランチブロック護岸模型の枝材配列形状による流れ構造の特徴, 土木学会水工学論文集, 第 54 巻, pp.1045 -1050, 2010., 6) Langbein, W. B. and L. B. Leopold: River Meanders -Theory of Minimum Variance. Geological Survey Professional Paper 422-H. United States Government Printing Office, Washington, D. C., 1966.