

低水路内の最適な河道形状に関する実験的検討

Experimental investigation on an optimum river course in a low water channel

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一

日本大学理工学部土木工学科 正会員 高橋 直己

日本大学理工学部土木工学科 学生会員 ○富田 麻理子

1. はじめに

人工的に整備されていない自然の河川では、礫洲の形成による洪水流の通水障害がないため、河岸・河床に対して過剰な負担はかからない。現在の河川整備の取り組みについて、平水時と洪水時の流路として河道を低水路と高水敷からなる複断面河道としている¹⁾。複断面河道にすることにより場合によっては、高水敷の樹林化に伴い、低水路内で流れが集中してしまい、流下速度が上昇し、河床低下が生じてしまう事例がある²⁾。現在までの研究で、冠水頻度が少ない固定砂洲内に水路を掘削させ、中小洪水時に砂洲内部での洪水攪乱を誘発させ、固定砂洲の浸食による低水路部の流速の緩和と樹林化抑制を目指したものがある³⁾。また、州の形状に着目し、直線水路内に礫洲を設置し、礫洲の形状により流況の違いを検討したものがある⁴⁾。礫洲の形状によって中小規模洪水流で流れが偏向し、河岸浸食、河床低下につながる可能性がある。洪水流が礫洲の影響を受けて流れが分散しなければ、河岸が浸食され、河床にも大きな負担を与える。洪水時に大きな負担を与えないためにも洪水流の流れを分散化することが望ましい。本研究では低水路内の河道形状に着目し流量規模によって流路が異なり、かつ、洪水流の分散を図れる河道の形状を検討した。すなわち、直線低水路内の河道を想定し、流量の変化によってどのような流路が形成されるかを検討した。

2. 実験

直線低水路内の河道形状による流況の変化を検討するため、写真1、2または図1、2に示されるように、2~3cm径の玉砂利で構成された州を水路幅80cm、長さ15m、高さ0.6mを有する長方形断面水平水路に設置し、表1の実験条件のもとで実験を行った。礫洲の形状については、既往の文献⁴⁾より、通水障害に有効であると考えられた4分の1の楕円球状(図1参照)で水路対岸側まで州が張り出しているCase1と、図2に示されるように、4分の1の楕円球状の州においてアウトコース側に流れが集中せずに分散するよう州のアウトコース側とインコース側に凹凸を形成させたCase2の2種類を設定した。流量の設定はCase2の礫洲において、礫洲に沿って蛇行する流れ、直進する流れ、その中間の流れが形成される3つの流量とした。流速測定には、I型プローブを有する2次元電磁流速計(測定時間20秒、採取間隔0.05秒)を用いて、x方向に20cm間隔($x=0\sim500\text{cm}$)、y方向に10cm間隔($y=10\sim70\text{cm}$)で測定した。xおよびyの座標は図1.2に示す通りである。xは州の上流部を原点として流下方向を示し、yは水路右岸側を基準として水路横断方向を示している。



写真1 Case 1の礫洲形状



写真2 Case 2の礫洲形状

キーワード：河道形状，洪水流，固定礫洲，河床低下，河岸浸食

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL : 03-3259-0409, E-mail:yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

表 1 実験条件

	Case1			Case2		
礫洲の形状	楕円球状の4分の1			流れを分散させる形状		
流量規模(m^3/s)	0.0063	0.0157	0.0313	0.0063	0.0157	0.0313
州の中央高さ z (cm)	10			10		
州の長さ L (cm)	250			250		
流速測定高さ(cm)	水面から2cm下			水面から2cm下		
州最下流部の水深(cm)	8.15	10.77	13.73	8.87	11.3	14.17

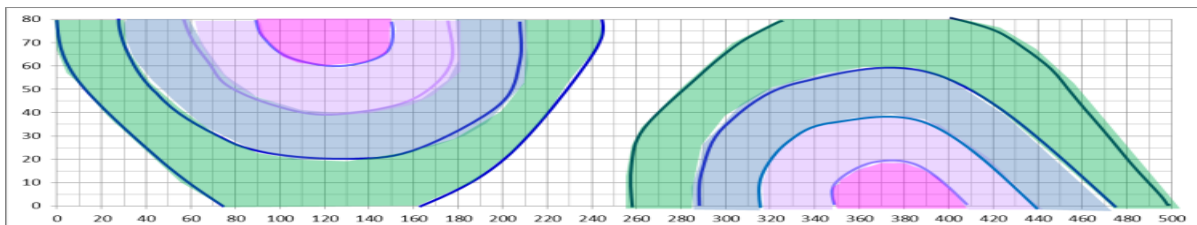
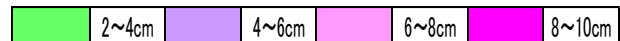
図 1,2 の凡例
(水路床からの高さ)

図 1 洲の形状を 4 分の 1 の楕円球状とした場合(Case 1)

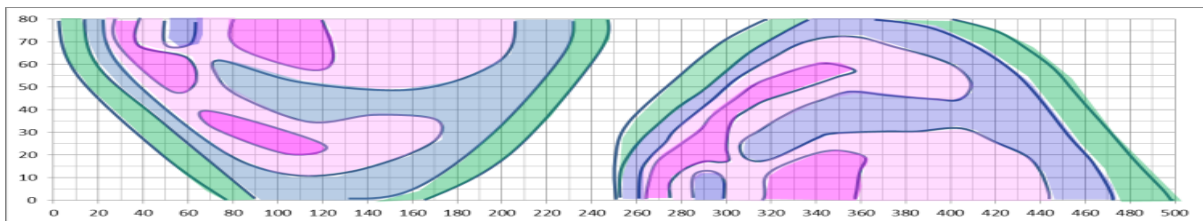
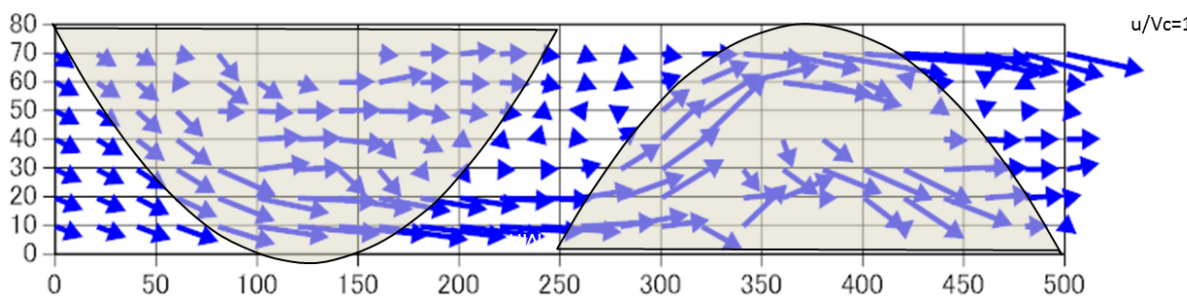
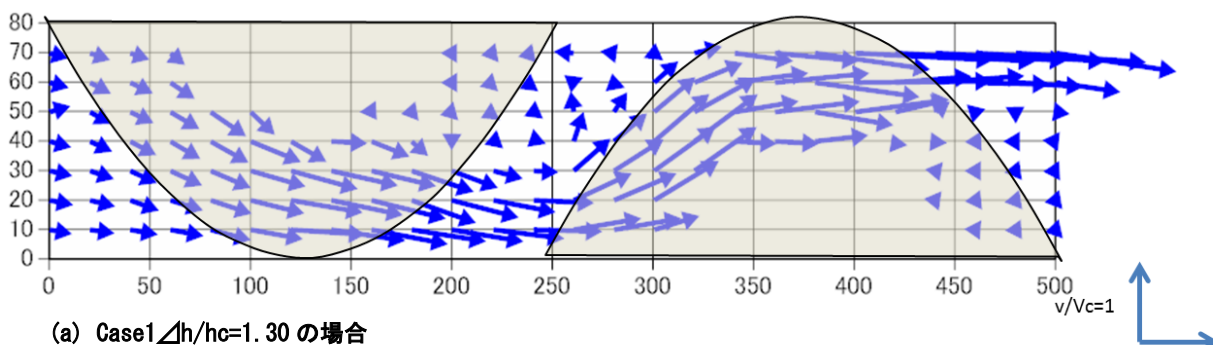
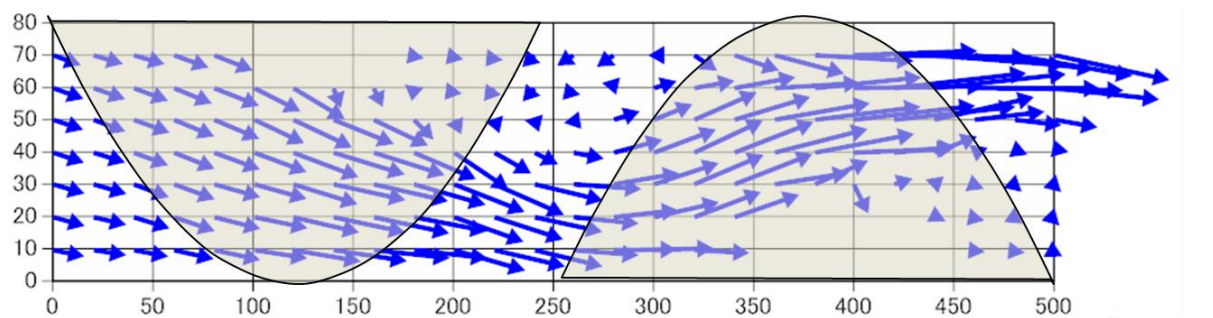


図 2 4 分の 1 の楕円球状の洲の中に凹凸を設けた場合(Case 2)

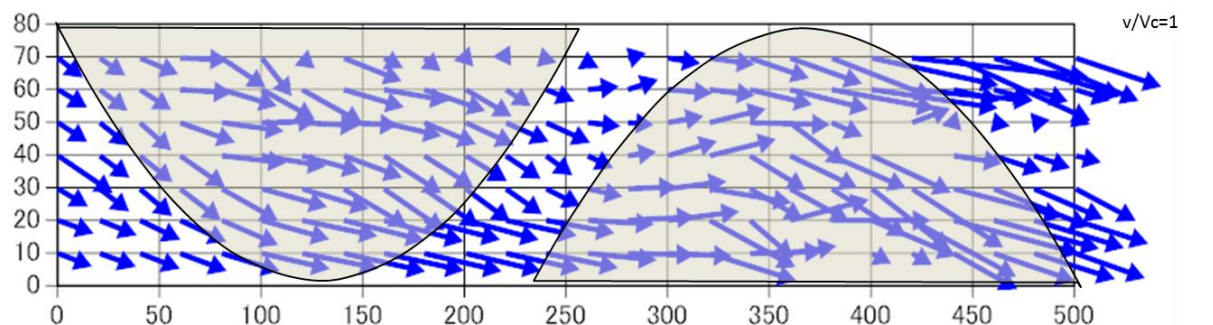
3. 礫洲周辺の平面流速ベクトル

礫洲の上を流れる流速場を見るために Case 1 と Case 2 における水面付近の流速を測定したベクトル図を示す。流量規模 $hc/B = 0.023$ のベクトル図を図 3(a), (b)に, 流量規模 $hc/B = 0.0424$ を図 4(a), (b)に, 流量規模 $hc/B = 0.0674$ のベクトル図を図 5(a), (b)に示す。なお, 流れに対する礫洲の形状の影響を検討するため各 Case の測

図 3 平面流速ベクトル ($hc/B = 0.023$ の場合)

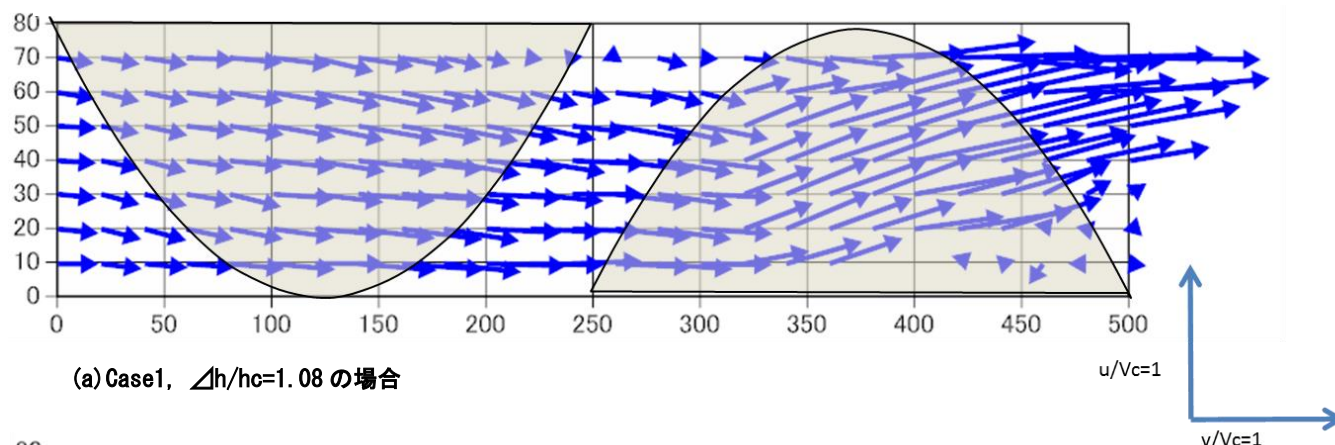


(a) Case1, $\Delta h/hc=1.26$ の場合

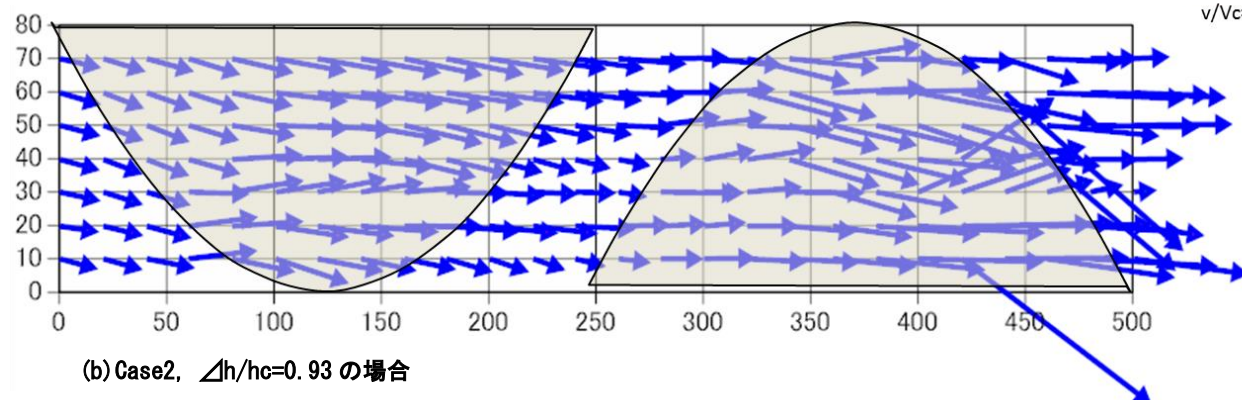


(b) Case2, $\Delta h/hc=1.27$ の場合

図 4 平面流速ベクトル ($hc/B = 0.0424$ の場合)



(a) Case1, $\Delta h/hc=1.08$ の場合



(b) Case2, $\Delta h/hc=0.93$ の場合

図 5 平面流速ベクトル ($hc/B=0.0674$)

定点として水面から 2cm 下の x 方向（流下方向），y 方向（横断方向）の流速を測定し，測定した流速を各流量規模の限界流速で無次元化している。

流量規模が $hc/B = 0.023$ における平面流速ベクトルについて，Case 1 と Case 2 を比較すると，図 3 (a)に示さ

れるように, Case 1 の場合は, 礫洲の形状に沿って蛇行しているのがわかる. また, 礫洲下流側 ($x = 200 \sim 300, 450 \sim 500 \text{ cm}$)で大きな滞留域が形成されており, それを避けるように流向が集中している. さらに2つ目の礫洲下流側 ($x = 450 \sim 500 \text{ cm}$)では横断方向の流速差が大きくなっている. これは, 礫洲の影響を強く受け流れが大きく偏向しているためと考えられる. Case 2 の場合, 図 3 (b)に示されるように, 流向は礫洲の山の外側と内側を流れる流れに分かれており, 流向が偏ることなく分散されていることがわかる. すなわち, Case 1 に比べ Case 2 の方が流向は礫洲の形状の影響を受けず, 偏向することなく流れていることがわかる.

流量規模が $hc/B = 0.0424$ の場合, 図 4 に示されるように, Case 1 は $hc/B = 0.023$ の場合と同じく礫洲下流側で大きな滞留域が形成されており, その対岸側では流れが集中していることがわかる. また, 1 つ目の礫洲で曲げられた流向がその影響を残したまま, 上流から2つ目の礫洲 ($x = 250 \sim 500 \text{ cm}$)の形状の影響を受けて流れるため, 2 つ目の礫洲の下流側で流れがかなり集中していることがわかる. Case 2 の場合, 図 4 (b)に示されるように, 礫洲の形状を受けることなく流向がほぼ直進傾向を示している. すなわち Case 1 では滞留域が形成されるが, Case 2 では形成されない.

流量規模が $hc/B=0.0674$ の場合, 図 5 (a), (b) に示されるように, Case 1, Case 2 のいずれの場合も中間域($0 < x < 320$)では流向はほぼ直進する方向を示すが, その下流側では Case 1 の方が礫洲の形状の影響から, 左岸側に流れが集中している.

実河川の河床形態に影響を及ぼしやすいものは中小規模の洪水流であることから, 州の形成が中小規模洪水時に流路に与える影響を最小限にすることが重要であると考えられる. 本実験で検討した州設置区間における平面流速ベクトルの結果から, どの流量規模に対しても提案した Case 2 の洲の形状は洪水流の流向を偏向させることなく分散させ, 中小規模の洪水流による河床低下・河岸浸食の防止につながりやすいと考えられる.

5. まとめ

直線低水路内に礫洲を設け, 河道の流れを検討するため, 長方形断面水平水路上に図 1, 2 (または写真 1, 2) に示す2種類の州を交互に2か所に設置し, 表 1 に示す実験条件のもとで州設置区間の流速場を測定した. その結果, 提案した形状 Case 2 の流向は Case 1 に比べ礫洲の形状の影響で偏向せず, 分散した流れを形成させることが出来た. すなわち, 河道内の形状の工夫によって, 中小規模洪水による河床低下, 河岸浸食の防止に有効であることを見出した.

参考文献

- 1) 福岡捷二, 洪水の水理と河道の設計法(2004), 森北出版, 436 pages
- 2) 前嶋他 3 名(2011), 石礫複断面直線-蛇行河道の河床変動および河床材料分布に関する研究, 水工論文集, 土木学会, 第 55 巻, pp.769-S774.
- 3) 松田他 3 名(2010), 固定化砂洲での掘削路開削による洪水攪乱の誘発と樹林化抑制対策に関する研究, 河川技術論文集, 土木学会, 第 16 巻, pp.235-240.
- 4) 富田, 安田, 高橋(2013), 第 68 回年次学術講演会, 第 II-080, CD-ROM 交互礫洲中の漸変流の流速場に対する州の形状・寸法について