

交互礫州中の漸変流の流速場に対する州の形状・寸法の影響について The effect of configuration and measure of gravel-bar on velocity field of gradually valid flow in alternative gravel-bars

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一 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

自然に州が形成される蛇行河川では増水に伴い、水面幅が広がる。また、洪水流の一部は州の上部を通過するようになり、河床低下および河岸侵食が過剰に生じることがない。この事例は砂州だけでなく溪流河川に形成される礫州でも同様な現象が見られる^{1),2)}。しかし、実河川での洪水流の流下能力を向上するために、蛇行河川を直線河道にする場合や通常時と洪水時の流路を分けるために、低水路と高水敷からなる複断面河道とする場合が多い。この結果、直線化に伴い流下速度は上昇し、河床低下が生じた事例がある。さらに環境改善の一環として、直線河道に州を形成する事例が見られる^{3),4)}が、州の形状や規模によっては局所洗掘や河岸侵食が生じる場合がある。これらを総合的に考えると、治水および河床の安定性の観点から、過剰な河床低下・河岸侵食を防止することは重要である。現在までの研究では固定砂州内に水路を掘削し、砂州内部での洪水攪乱から局所洗掘の軽減・樹林化防止策を図るものがある。本実験では直線河道に設置した礫州を想定し、州の形成による洪水流の通水障害が推定される現象を再現し、通水障害がより軽減できる州の形状・寸法を提案する。すなわち、州の形状・寸法による水面形および流速場の違いを実験的に明らかにした。

2. 実験

図1に示されるように、2~3cm径の玉砂利で構成された州を幅0.80m、高さ0.60m長さ15mを有する長方形断面水平水路に交互に4か所設置し、表1に示す実験条件のもとで実験を行った。州の形状は、州の形成による洪水流の通水障害の影響を考慮し、写真1に示す3種類とした。州の最下流端のフルード数は、 $Fr \approx 0.36$ と $Fr \approx 0.43$ とした。 $Fr \approx 0.36$ の場合、州の中央高さ h が州の最下流端水深の70%、35%となるように、 $Fr \approx 0.43$ の場合、州の最下流端水深の100%、50%となるように設定した。流量の設定は、州設置前の状態で2~3cm径の玉砂利が水路を流れる直前のものとした。水深の測定は、ポイントゲージを使用した。流速は、I型プローブを有する2次元電磁流速計(採取時間20秒、採取間隔0.05秒)を用いて、x方向に20cm間隔($x = 0 \sim 560\text{cm}$)、y方向に5cm間隔($y = -35 \sim 35\text{cm}$)で測定した。xおよびyの座標は図1に示すとおりである。

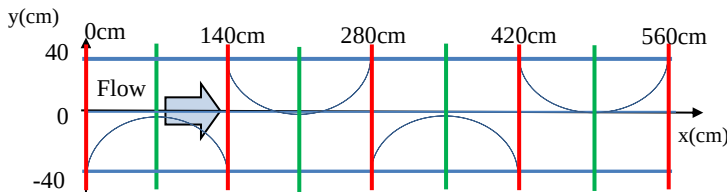


図1 州の設置全体図



写真1 本実験で用いた州の形状

表1 実験条件

	Case A		Case B		Case C	
州の中央高さ $h(\text{cm})$	10		5		10	
フルード数 Fr	0.358	0.429	0.354	0.429	0.378	0.429
礫州の形状	楕円球状の 4分の1		楕円球状の 4分の1		楕円錐台の 半分	
流速測定高さ $z(\text{cm})$	0.8, 4, 9, 12		0.8, 4, 9, 12		0.8, 4, 9, 12	
州の長さ $L(\text{cm})$	140		140		140	
中央幅 $S(\text{cm})$	39		39		39	
州の最下流部の水深 $hd(\text{cm})$	14	10	14.1	10	13.5	10

3. 州設置区間の水面形

Case C, Case A, および Case B の縦断方向の水面形を図2, 3, 4に示す。図中 H は水平水路床から水面までの深さである。ここでは、水路中央から左岸側の測定位置($y = 0, 10, 20, 30, 35\text{cm}$)から得られた水面形を示す。図に示されるように、水平水路での実験であるため、下流側から上流に向かって水深が基本的に上昇する $H2$ 曲線の水面形となる。なお、州の形成によって水面の凹凸が見られる。各 Case の水面形を比較すると、水面の凹凸の程度が、Case C, A, B の順に小さくなっている。水面が下に凸になっている箇所($x \approx 80, 230, 360, 500\text{cm}$)は州の中央付近であるため、突起上で形成される常流中の水面形の変化から推定される。その一方で水面が上に凸となっている箇所($x \approx 140, 280, 420\text{cm}$)は交互に配置した州と州が重なる箇所となる。これは下流側の洲によるせき上げが生じているためと考えられる。これらの実験データから、洲の形状・寸法によって、洪水流の流路に与える影響が異なることが理解できる。

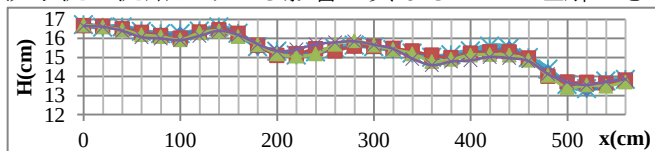


図2 縦断面水面形 Case C $Fr = 0.356$

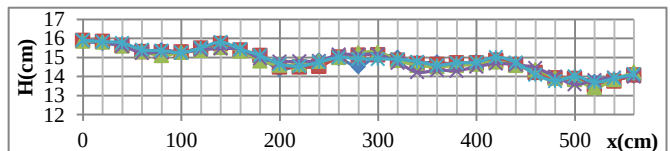


図3 縦断面水面形 Case A $Fr = 0.356$

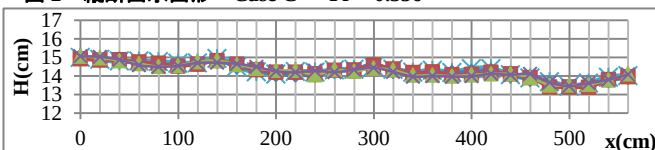
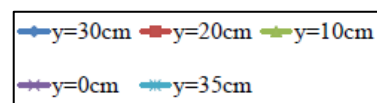


図4 縦断面水面形 Case B $Fr = 0.356$



凡 例

キーワード 潜り跳水, 自由跳水, 変動流速, 乱れ強さ, 減勢工

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

4. 州設置区間の平面流速ベクトル

Case C, A, B の平面流速ベクトルの一例を図 5, 6, 7 に示す。ここでは、 $z = 4\text{cm}$ での平面流速ベクトルの比較を示す。図中、各測定 x, y 方向の流速成分を用いて整理した。各横断面における最大平面流速ベクトルを赤で示す。図に示されるように、Case C(図 5 楕円錐台の半分)に比べて Case A, B(図 6・7 楕円球状の 4 分の 1)の方が、流向の偏向を受けにくいことが分かる。Case A と Case B を比較すると、Case B(図 7 州の中央高さ 5cm)の方が Case A(図 6 州の中央高さ 10cm)の場合に比べて平面流速ベクトルの偏向が小さいことが分かる。このことから、楕円球状の 4 分の 1 の形状かつ州の中央高さが比較的低い方が、洪水流に与える州の影響がより反映されにくいと考えられる。Case B の場合、楕円球状の 4 分の 1 の形状であるが、州の中央の高さが 5cm と水深(下流端水深 10cm)に比べて比較的低いため、州の形成の影響が小さく、流向も 3 つの Case の中で最も y 方向への偏向が小さいことが分かる。Case B の平面流速ベクトルの結果から、州の設置される範囲においても横断方向への流速の変化は小さい。Case A, C の場合、横断方向に速度差が生じており、 y 方向への偏向も Case B と比べて大きいことが分かる。なお、図より Case C と Case A の場合(図 5, 図 6)、州の下流側で剥離流れが形成されやすいことが分かる。これらの平面流速ベクトルの結果から、州の形状・寸法によって洪水流の流路に与える影響が異なることが理解できる。

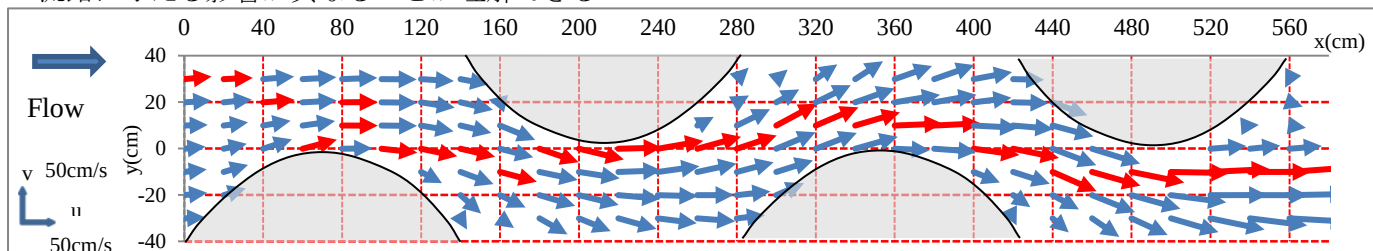


図 5 平面流速ベクトル Case C $z = 4\text{ cm}$ $Fr = 0.429$

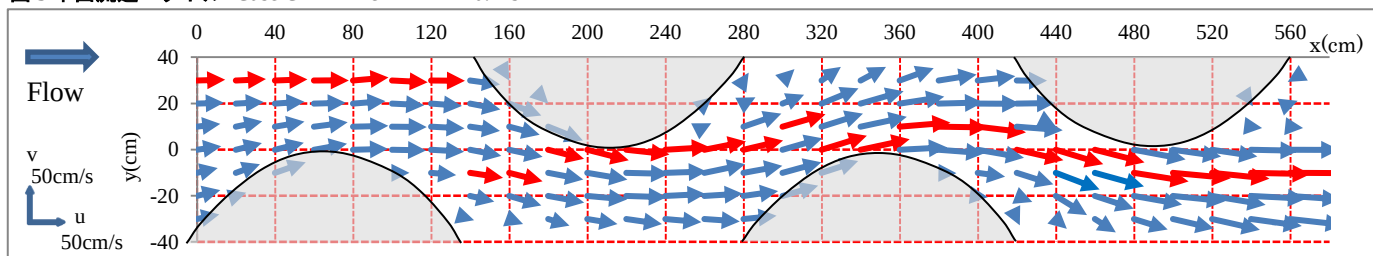


図 6 平面流速ベクトル Case A $z = 4\text{ cm}$ $Fr = 0.429$

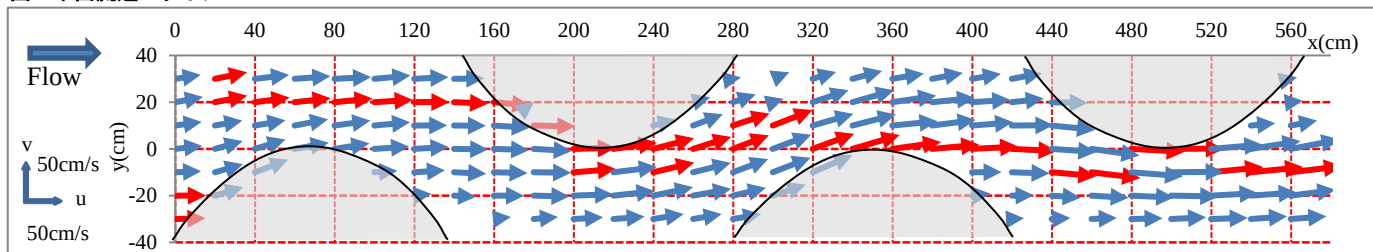


図 7 平面流速ベクトル Case B $z = 4\text{ cm}$ $Fr = 0.429$

5. 州の形状・寸法の違いによる流速場への影響の比較

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の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水面形、および平面流速ベクトルの結果から州の形状は楕円錐台の半分よりも楕円球状の 4 分の 1 の形状である方が、洪水流の流れを分散させ中小洪水流による河床低下・河岸侵食の防止につながりやすいと考えられる。州の中央高さについて $Fr \approx 0.36$ の場合水深規模の 70% 程度よりも 35% 程度、 $Fr \approx 0.43$ の場合水深規模の 100% 程度よりも 50% 程度である方が、洪水流の流れを分散させ中小規模洪水による河床低下・河岸侵食の防止につながりやすいと考えられる。

6. まとめ

直線河道に設置した礫州を想定し、長方形断面水平水路に写真 1 に示す 3 種類の州を交互に 4 か所設置し、表 1 に示す実験条件のもとで州設置区間の水面形、および流速場について検討した。その結果、州の形状・寸法によって洪水流の流路に与える影響が異なることを明らかにした。州の形状は楕円錐台の半分よりも楕円球状の 4 分の 1 の形状とし、州の中央高さは中小規模洪水の水深に対して低くする方が州の流路に与える影響が少ないことが分かった。すなわち、中小規模洪水による河床低下、河岸侵食の防止に有効である可能性を見出すことができた^{6),7)}。

参考文献

- 1) 福岡捷二(2005), 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 436 pages.
- 2) 渡辺他 6 名(2007), 河床低下にともなう岩盤河床復元に向けた実験的な取組みとその効果, 応用生態工学会, 第 11 回研究発表会講演集
- 3) 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.S769-S774.
- 4) 大津, 安田, 高橋(2011), 水理学, 理工図書, 第 3 版, pp.152-155.
- 5) 須賀, 如川(2005), 大きい河川浸食力を有するクランクフロアの基本的事項に関する考察, 水工学論文集, 土木学会, 第 49 巻
- 6) 及川, 郷野, 安田, 土木学会関東支部第 39 回技術研究発表会, II-88, CD-ROM, 2012.03.
- 7) 郷野, 及川, 安田, 第 56 回日本大学理工学部学術講演会, H3-10, CD-ROM, 2012.11.