

直線河道の洪水流に対する礫州形状の影響について Effect of gravel-bar formation on flood flows in straight-type river

日本大学理工学部土木工学科 正 員 安田陽一
日本大学理工学部土木工学科 3 年 学生員 〇及川将司
日本大学理工学部土木工学科 3 年 学生員 郷野梨夏

1. まえがき

実河川において洪水流の流下能力を上げるために、蛇行河川を直線河道にする場合が見られる。また、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¹⁾としている場合が多い。この結果、直線化に伴い流下速度が上がり、河床低下が生じた事例がある。また、高水敷には中小洪水流でも流れず樹林化が進み、河床低下が生じる事例がある。環境改善の一環として、直線河道に州を形成させる場合が見られるが、州の形成状態によっては局所洗掘や河岸浸食が生じる場合がある。自然に州が形成されている蛇行河川においては増水に伴い、水面幅が広がる。また、洪水流の流路は州の形成に阻害されることなく洪水流の一部が州の上部を通過するようになり、河床低下および河岸浸食が過剰に生じることはない。このことは砂州ばかり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。治水および河床の安定性の観点から、過剰な河床低下および河岸浸食を防止する^{2),3)}ことは重要である。本実験では、直線河道に設置した礫洲を想定し、州の形成による洪水流の通水阻害が推定される現象を再現し、通水阻害が軽減できる州の形成を提案する。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. 実験方法

写真 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 0.80 m、高さ 0.60 m 長さ 15m を有する長方形断面水平水路に交互に 3 か所設置し、表 1 に示す実験条件のもとで実験を行った。礫州の形状については、礫州の形成による洪水流の通水阻害の影響を考慮し図 1、写真 2 に示す 3 種類とした。流量および水深の設定については、州の中央高さ h が 10 cm の状態で洲の形状の影響が見られるように州の最下流端の水深を礫州の中央高さ ($h = 10$ cm の場合) の 1.4 倍程度とした。また、礫州設置前の状態で 2~3cm 径の玉砂利が水路上を流れる直前の流量とした。水深の測定には、ポイントゲージを用いた。流速の測定には、I 型ブルーブを有する 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 20 cm 間隔($x=0 \sim 440$ cm)、 y 方向に 5cm 間隔($y=-35 \sim 35$ cm)で行った。 x および y の座標は図 2 に示すとおりである。



表 1.実験条件

	Case A	Case B	Case C
州の中央高さ h (cm)	10	5	10
流量(m^3/s)	0.047	0.047	0.047
礫州の形状	楕円球状	楕円球状	楕円錐台の半分
流速測定高さ z (cm)	0.8,4,9,12	0.8,4,9,12	0.8,4,9,12
L, S (cm)	140, 39	140, 41	140, 39
州の最下流部の水深	14	14.1	13.5

写真 1 礫州の設置状況

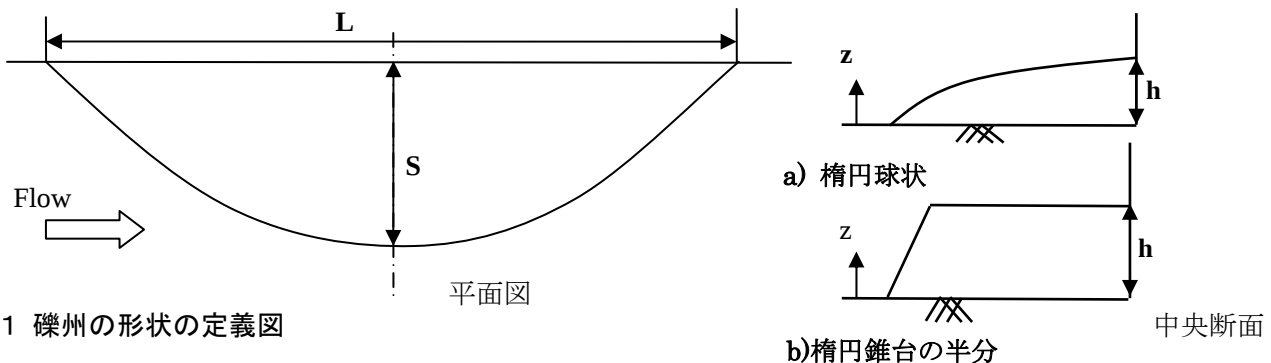


図 1 礫州の形状の定義図

キーワード 礫州、洪水流、河床低下、河岸浸食、直線河道、蛇行河川

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



(a) Case A (州の中央の高さが 10 cm の楕円球状の場合) (b) Case B (州の中央の高さが 5 cm の楕円球状の場合)



(c) Case C (州の中央の高さが 10 cm の楕円錐台の半分の場合)

写真 2 本実験で用いた州の形状

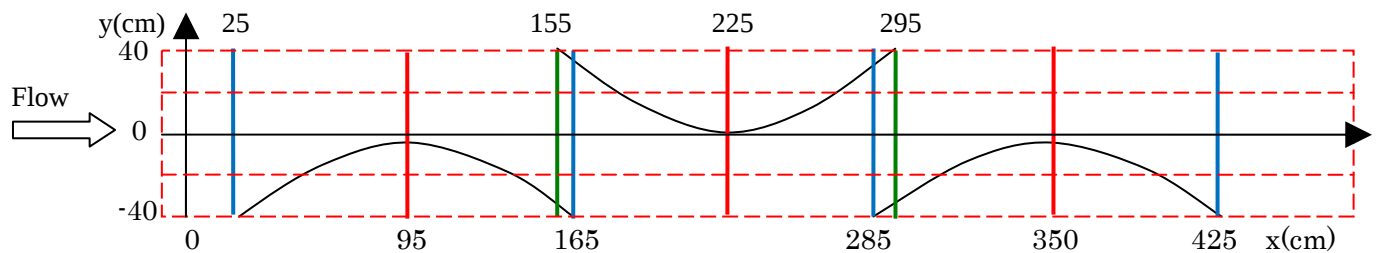


図 2 礫州の配置



(a) Case A の流況

(b) Case B の流況

(c) Case C の流況

写真 3 礫州設置箇所の流況

3. 礫州設置区間の流況

礫州設置区間の流況を写真 3 に示す. 写真 3(a)および(b)に示されるように, Case A および Case B の場合, 礫州が設置されていても水面近くの流向は偏向されることはほとんどない. これは, 礫州の形状が 4 分の 1 の楕円球状であるため, 主流の流路を妨げることがなかったものと推論される. なお, 水面の観察では水面の偏光の影響で流れが偏向しているように見えるが, 1cm 径の色付き発砲スチロールを上流側から流したところ偏向がほとんど生じていないことが確認できた. Case C の場合, Case A, Case B とは異なり, 礫州の設置の影響を受けて, 水面付近でも流向が偏向し, 蛇行した流れとなっている. このことから, 流況の観察では, Case A と Case B との違いは顕著ではないが, Case C の楕円錐台の半分の形状では, 洪水流が礫州の形状の影響を受けて偏向しやすいことが容易に認識することができた.

4. 礫州設置区間の水面形

Case A, Case B, および Case C の縦断方向の水面形を図 3~5 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断面 ($y = 0, 10, 20, 30, 35$ cm) での水面形を示す. 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, Case C, A, B の順に水面勾配が小さくなっている. これは礫州の形成による流水抵抗の大きさが Case C, A, B の順に小さくなったためと推論される. また, 水面の凹凸の程度についても, 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 ($x \approx 100, 230, 360$ cm) は洲の中央付近となる. これは突起上で形成される常流中の水面形の変化⁴⁾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 ($x \approx 140, 280$ cm) は交互に配置した州と州が重なる箇所となる. これは下流側の礫州の形成によってせき上げが生じているためと考えられる. これらのことから, Case C の場合, 洪水流の流路が州の形成に影響されていることが分かる.

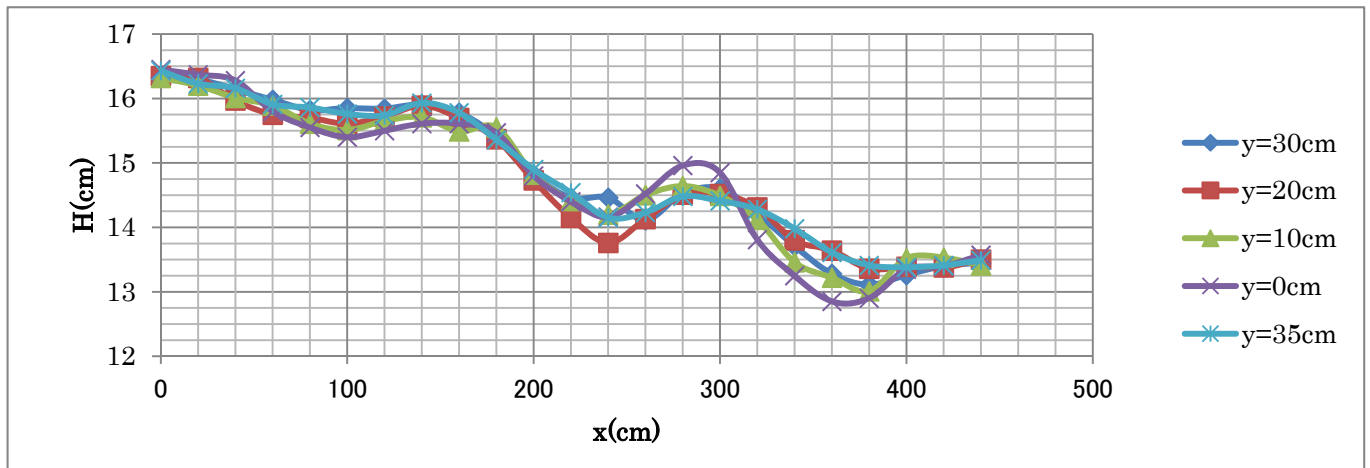


図 3 .Case C の縦断図(0~35cm)

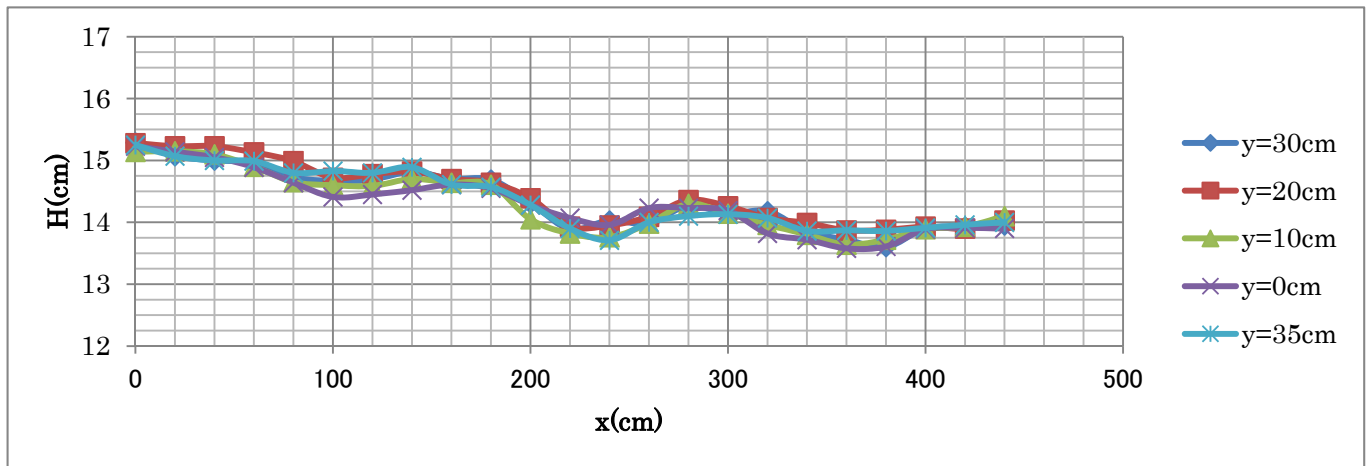


図 4 .Case A の縦断図(0~35cm)

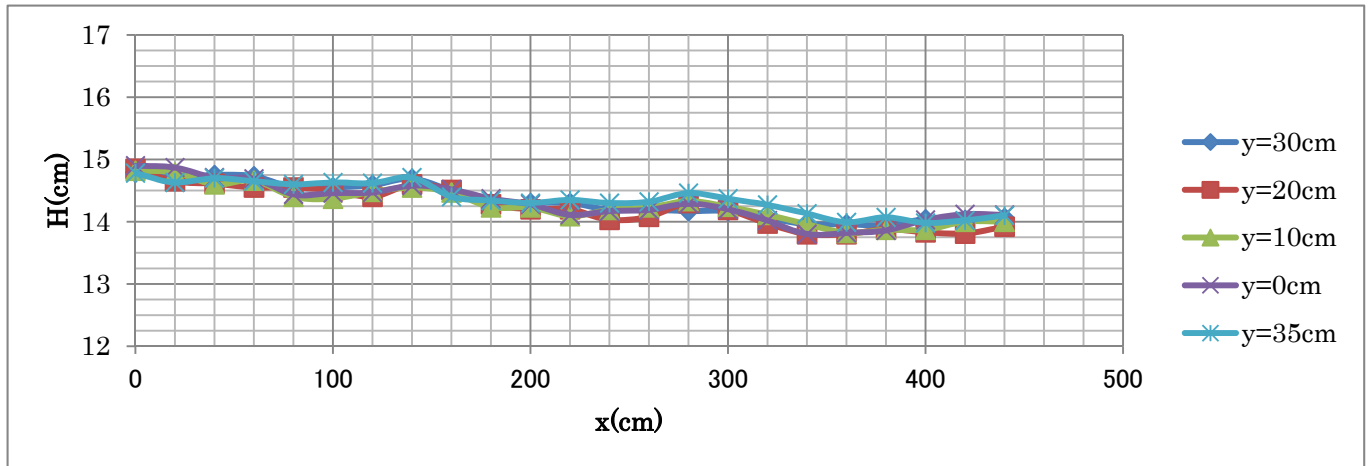


図 5 .Case B の縦断図(0~35cm)

5. 礫州設置区間の流速ベクトル

Case A, B, C の流速ベクトルを図 6~8 に示す. ここでは $z = 4 \text{ cm}$ での x, y 方向の流速成分を用いて整理したものを示す. 図に示されるように, Case A, B (楕円球状の 4 分の 1) に比べて Case C (楕円錐台の半分) の方 (図 6) が, 州の形状によって流向が偏向していることが分かる. また, Case A と Case C の場合 (図 6, 7), 州の下流側で剥離流れが形成されやすいことが分かる. Case A と Case B とを比較すると, Case A の方が Case B の場合に比べて流れが水路中央付近 ($y=0 \sim 10 \text{ cm}$) に向かっていることが分かる (図 7, 8). これは, 楕円球状でかつ州の中央の高さが比較的高くなっているため, 流向が水路中央付近に向かったものと考えられる. Case B の場合 (図 8), 楕円球状であるが, 州の中央の高さが 5 cm と水深に比べて比較的低いため, 州の形成の影響が小さく, 流向がどの位置でもほぼ x 方向となっていることが分かる. また, Case B の流速ベクトルの結果から, 州が設置されている箇所においても流速の横断方向の変化は小さい. なお, Case A, C の場合, 横断方向に速度差が生じ, 側壁付近および州中央の先端付近の流速が大きくなる場合がある. これらの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.

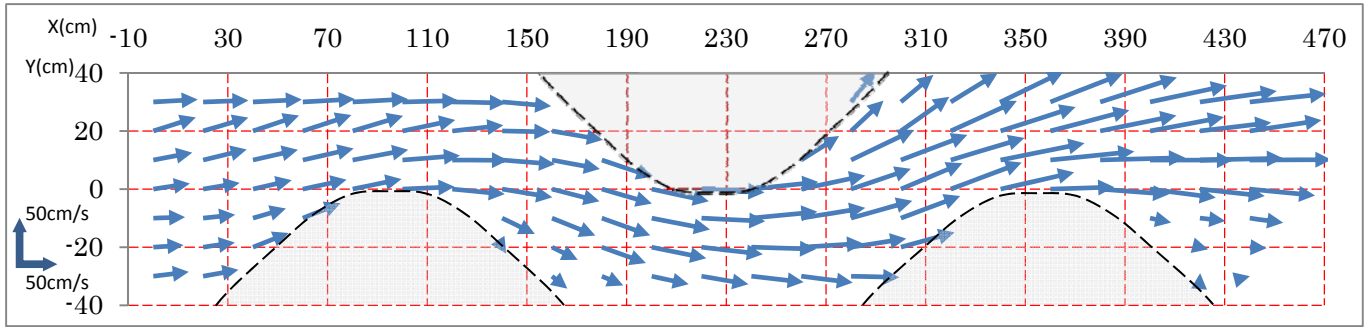


図 6 Case Cにおける流速ベクトル ($z=4\text{cm}$ の場合)

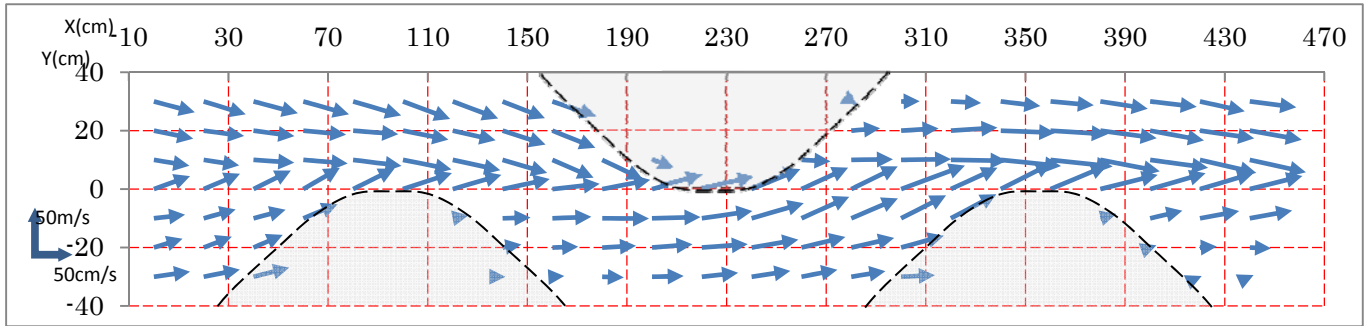


図 7 Case Aにおける流速ベクトル ($z=4\text{cm}$ の場合)

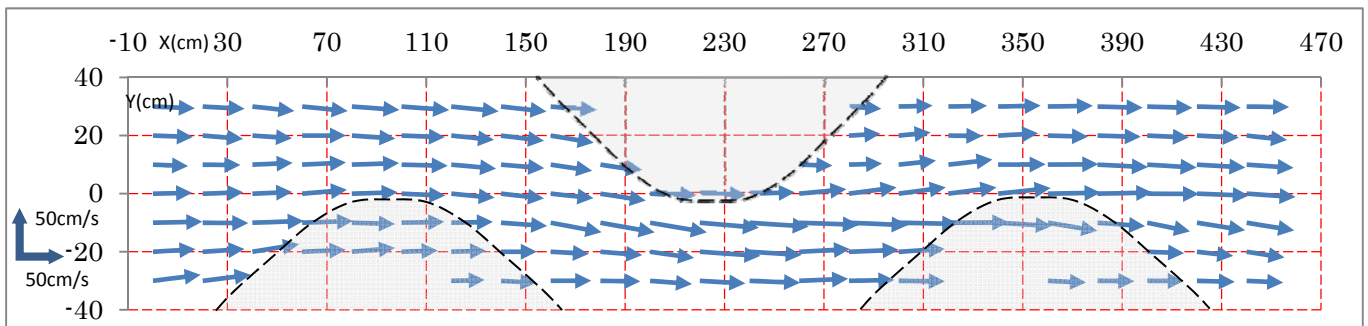


図 8 Case Bにおける流速ベクトル ($z=4\text{cm}$ の場合)

6. 洪水流の流路に考慮した礫州の形成の提案

実河川の河床形態から中規模洪水時に生じる洪水流が河道に与える影響が最も大きいことから、礫州の形成が中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流況、水面形、および流速ベクトルの結果から州の形状が楕円球状であること、また中小洪水時には水没しやすい州の高さにすることが、流水抵抗を過剰に生じさせることなく中規模洪水による河床低下、河岸浸食の防止に有効である。

7. まとめ

直線河道に設置した礫州を想定し、長方形断面水平路上に写真2に示す3種類の州を交互に3か所設置し、表1に示す実験条件のもとで州設置区間の流況、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。州の形状が楕円錐台でかつ中規模洪水の水深と州の高さの差が小さくなると、洪水流の流路が州の形状の影響を受け、河床低下および河岸浸食が生じやすいことになることが推定できた。その一方、州の形状が楕円球状であること、また中小洪水時には水没しやすい州の高さにすることが、中規模洪水による河床低下、河岸浸食の防止に有効である可能性を見出すことができた。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 436 pages, 2005.
- 2) 渡辺他 6 名, 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, 2007 年 9 月.
- 3) 前嶋他 3 名, 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, 2011.
- 4) 大津, 安田, 高橋, 水理学, 理工図書, 第 3 版, pp.152-155, 2011.