

流体粘性の変化が様々な橋脚配置条件における開水路流の流動機構に与える影響

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○中根 堅太, 筒井 駿
豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸

1. 研究背景および目的

河道内における橋脚は、流水に対し障害物として働くことから、流木等の漂流物が堆積することで水位上昇を引き起こすなど様々な災害の要因となる恐れがある。そのため、橋脚周りの流れ構造について知ることは、河道整備を行う上で重要である。また、黄河のような高含砂河川や泥流、豪雨時における微細土砂を多く含む流れの発生等を考慮し、橋脚を有する高濃度流の流動機構を明らかにする必要がある。これまでに田中ら¹⁾の研究により、粘性が高くなるにつれて橋脚先端付近の迂回流や橋脚下流付近の水路中央に向かう流れが抑えられることを明らかにした。しかしながら、流下方向に橋脚が2基並んだ状態における流れ構造については解析がなされていない。交通事情や橋梁等の補修に伴う仮設近接橋の設置など、流下方向に複数橋脚が設置される状況が実際にもあることから、流下方向における橋脚間隔の違いが流れ構造に与える影響について知見を得る必要がある。そこで本研究では、開水路にて流下方向に橋脚を様々な配置で設置し、流体粘性を変化させたときの水位分布特性や時間平均流特性を実験的に明らかにする。

2. 実験条件

実験は全長 10m, 幅 $B=40\text{cm}$, 高さ 25cm からなる循環式可変勾配水路を用いて行う。橋脚模型には、小判型で横幅 3cm, 流下方向長さ $L=15\text{cm}$, 高さ 15cm の

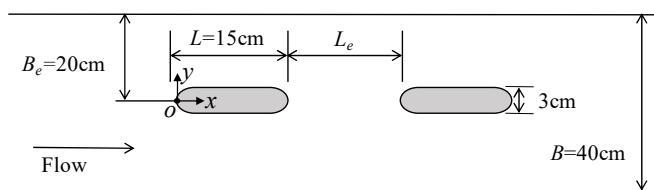


図-1 実験水路概要

表-1 橋脚設置条件

Case	橋脚設置数	橋脚長 L_c (cm)	橋脚設置間隔 L_e (cm)	L_e/L_c
1	1	15.0	—	—
2-0.5	2		7.5	0.5
2-1			15.0	1.0

ポリ塩化ビニル製の橋脚模型を使用する。橋脚を図-1のように設置して流動解析を行う。橋脚設置条件を表-1に示す。橋脚は上流端から 525cm の位置に先端が来るように設置している。実験における水理条件については、橋脚を設置していない滑面において、水路下流端のせきを用い擬似等流場を形成して表-2のように設定した。粘性を加える材料としては、透明な高分子材水溶液であるポリアクリル酸ナトリウム (PSA) を使用した。

流速は空冷式可視化光源 (出力 2W) を用いた PIV 法により計測した。パルス間隔は 2ms, サンプルング周波数は 25Hz, 撮影時間は 60s とした。トレーサーには粒径 63~150 μm , 比重 1.01 のダイヤイオン HP20SS を使用した。

3. 実験結果

水平面における横断方向流速の等値線及び流線分布について、粘性濃度 0mg/l では各 Case, 400mg/l では Case2-1 について図-2に示す。0mg/l の各 Case における上流側橋脚付近の横断流速分布は類似の分布傾向を示しているが、粘性濃度 400mg/l と比較すると、上流側橋脚の後方で横断方向流速が抑えられていることが伺える。これは、粘性の増大に伴い、横断方向流速が抑えられたためだと考えられる。また、橋脚間ではカルマン渦や剥離流の影響が抑えられたことにより、横断方向流速に与える影響は小さくなったと考えられる。次に、Case2-0.5 と Case2-1 を比較すると、下流側橋脚の前面付近では Case2-1 は剥離流の発生が見られるが、Case2-0.5 は小さな値を示し、剥離流の発生は抑えられている。これは、Case2-0.5 では橋脚間隔が狭く、上流側と下流側の橋脚が独立せず連なるような状態を示したためだと考えられる。

表-2 水理条件

濃度 (mg/l)	流量 Q (l/s)	水路勾配 I	水深 H (cm)	断面平均流速 U_m (cm/s)	フルード数 F_r
0 (water)	3.0	1/1000	2.41	31.1	0.64
400			3.84	19.5	0.32

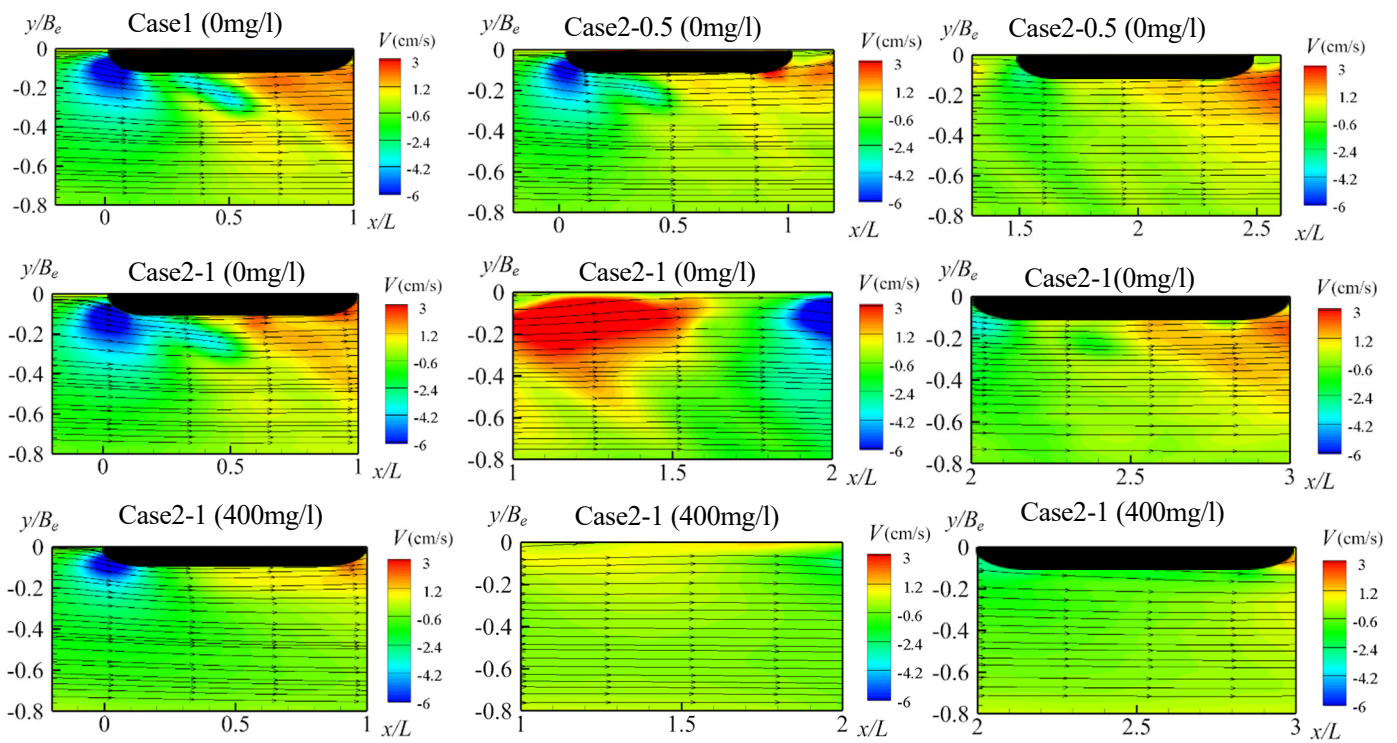


図2-水平面における横断方向流速の等値線及び流線

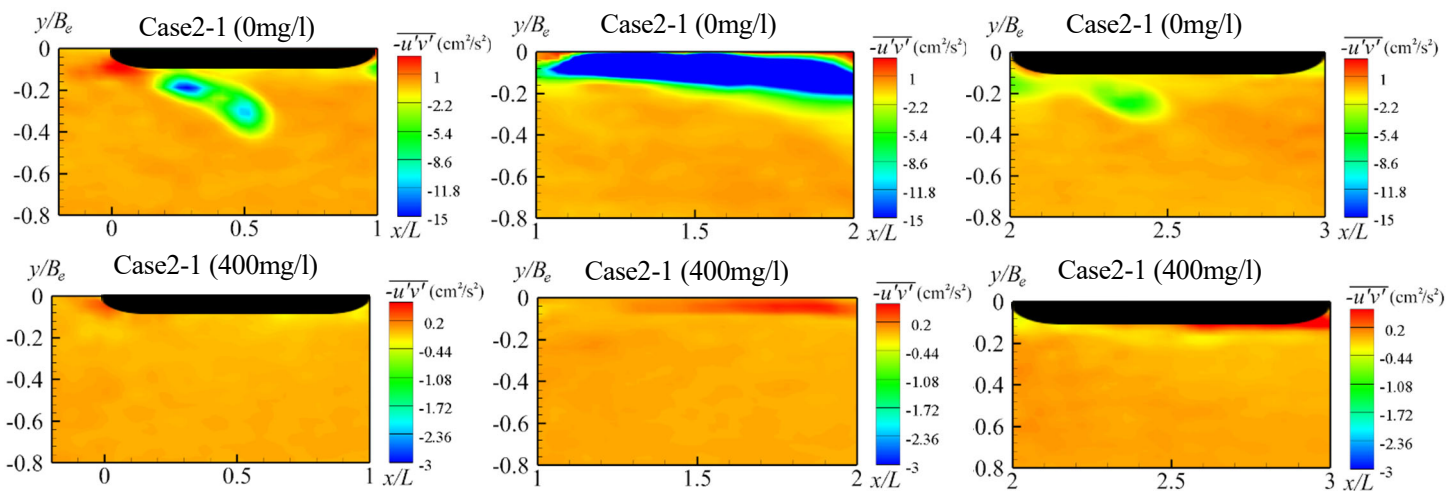


図3-水平面における横断方向のレイノルズ応力分布

図-3にCase2-1における横断方向のレイノルズ応力分布を示す。0mg/lに対し400mg/lではレイノルズ応力が極端に抑えられている。0mg/lでは、橋脚中央の $x/L=0$ および $x/L=2$ 付近にて剥離流の影響で $y/Be=-0.4$ 付近までレイノルズ応力が大きな値を示しており、特に上流側橋脚周辺にてその影響が大きくなっている。また、0mg/lでの $x/L=1\sim 2$ の間では、上流側橋脚によるカルマン渦や剥離流の影響により逆流が発生し、 $y/Be=-0.2$ 付近まで負のレイノルズ応力が発生した。しかしながら400mg/lでは、 $x/L=1\sim 2$ の間でレイノルズ応力の発生が抑えられていることから、粘性が大きくなると橋脚の影響による乱れが抑えられることが明らかになった。

4. まとめ

本研究では、様々な橋脚配置における開水路流れにて、PSA水溶液を用いて流体粘性を変化させた場合の流動機構について実験により解析した。これにより、流体粘性および橋脚設置条件の違いが流速分布やレイノルズ応力に与える影響について明らかにした。

【参考文献】

- 1) 田中貴幸, 原田龍希, 大本照憲: 流体粘性の違いが橋脚を有する開水路流れに与える影響, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 77(No.2), Vol. 77, pp.859-864, 2021.