

流下方向における橋脚間隔の違いが開水路流れに与える影響

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○山中 峻司
豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸

1. 研究背景

近年集中豪雨が多発しており、河川の急激な増水が頻繁に発生している。河道内に設置された橋脚に流木や廃棄物が堆積すると、水面上昇が発生し洪水の原因となる。橋脚回りの流れ解析は治水において重要な役割を果たすと考えられる。

これまでに、澤ら¹⁾の研究により、流下方向に複数設置された橋脚間隔の違いが水理特性に与える影響について検討がなされているが、単独及び2つ設置された橋脚の水理特性との比較がなされておらず、流れ場の解析データも十分でない。そこで、本研究では橋脚が単独、2つ及び複数設置された場合との比較を行うことで、流下方向に連続的に設置された橋脚が流れ構造に与える影響をより詳細に明らかにする。

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った。実験条件を表-1 に示す。ここで、橋脚を設置しない状態を対象とした擬似等流場における水深を H とし、それにより断面平均流速 U_m を算出している。

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 のポリ塩化ビニル製の橋脚模型を使用した。橋脚間隔の違いが流れに与える影響のみを明らかにするため、図-1 のように橋脚模型を水路の上流 200cm から 720cm にわたり連続して配置した。座標系は擬似等流場が形成された橋脚模型上流先端の水路中央底面を原点とし、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸

表-1 実験条件

水路勾配 I	流量 $Q (\text{l/s})$	水深 $H (\text{cm})$	断面平均流速 $U_m (\text{cm/s})$	フルード数 Fr	レイノルズ数 Re
1/1,000	8.0	7.68	26.03	0.3	1.5×10^4

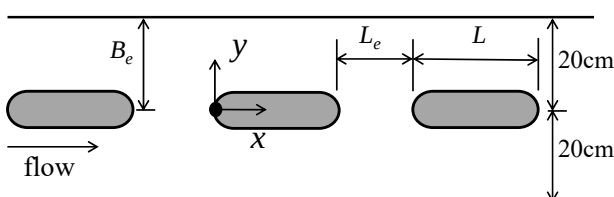


図-1 水路実験概要

をとる。橋脚を単独で設置する場合を Case1、2つ設置する場合を Case2、連続して設置する場合を Case3 とする。また、複数橋脚が設置されている場合の橋脚の間隔を $L_e/L=1, 2, 3$ とし、各 Case の数字の後ろにこの数字を組み合わせて各設置状況を表すこととする。流速の計測は I 型電磁流速計による点計測を行った。電磁流速計にて測定したデータのサンプリング数は 4,096、サンプリング周波数は 100Hz とした。

3. 実験結果

3. 1 水深計測結果

図-2 に橋脚を複数設置した場合の $L_e/L=2$ (Case3-2)、 $L_e/L=3$ (Case3-3) における水深計測結果を示す。橋脚先端付近では $L_e/L=2$ において $L_e/L=3$ よりも水面が上昇していることが認められる。また、 $x/L=0 \sim 1$ では $L_e/L=3$ において水位が $L_e/L=2$ に比べ小さな値を示すことが確認できる。これは、 $L_e/L=3$ は $L_e/L=2$ に比べ橋脚同士の影響が少なく、局所的な流れが卓越したことによると考えられる。これらのことにより、橋脚間隔の違いにより水深分布特性が変化することを確認した。

3. 2 流速計測結果

図-3 に各ケースにおける横断方向流速分布および流線ベクトル分布を示す。

Case1 と Case2-2 を比較すると、Case1 における右岸

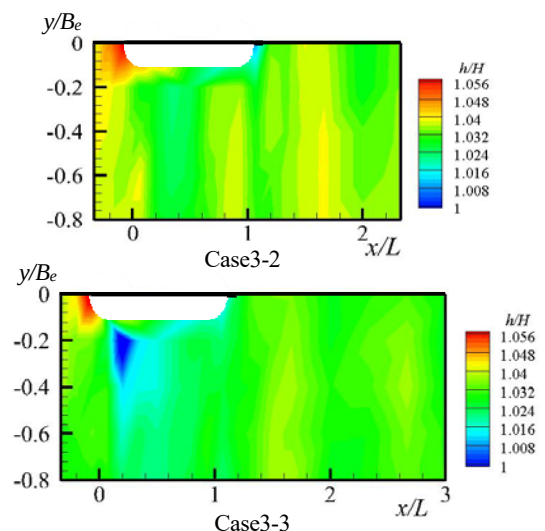


図-2 水平面の水深変化

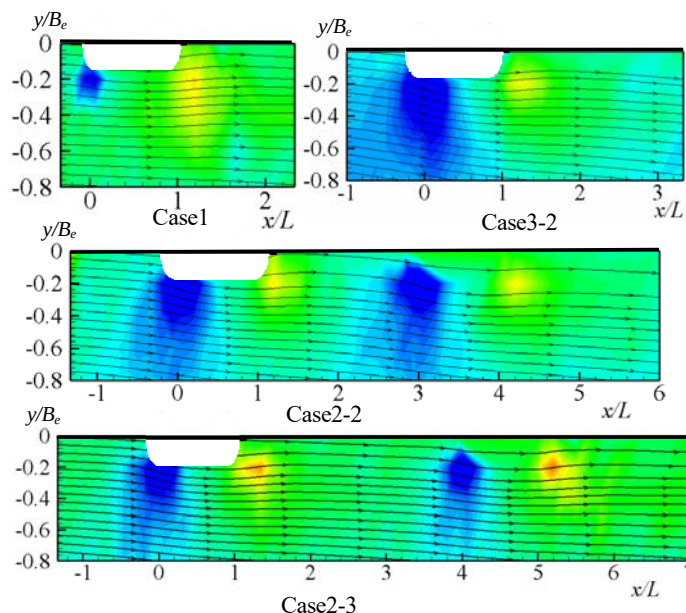


図-3 横断方向流速の等値線と流線ベクトル

側へ向かう流れが強い範囲はおおよそ $y/B_e=0\sim0.6$ であるのに対して、Case2-2 ではおおよそ $y/B_e=0.1\sim0.5$ となっており範囲が狭まっている。これは、橋脚が2つあることによって橋脚による流れ場への影響が干渉し流速が低減したこと、橋脚から離れた位置で流下方向流速が発達したことに起因していると考えられる。

次に、Case1 と Case2-3 を比較すると、Case2-3 では水路中央に向かう流れの範囲がわずかに拡大している。橋脚が2つあることにより、流速が抑えられて水路中央に向かう流れが発達したと考えられる。また、流線ベクトルからも Case2-3 では水路中央に向かう流れの発達を確認できる。

Case2-2 と Case2-3 を比較すると、いずれも上流側と下流側の橋脚周りの分布は概ね一致していることが認められる。その中で、Case2-3 において橋脚後方における水路中央に向かう流れの範囲が広がっている。これは、Case2-2 に比べて橋脚間隔が大きく下流側橋脚による影響が少ないためと考えられる。

また、Case2-2 と Case3-2 を比較すると、Case3-2 において右岸側に向かう流れの範囲は狭まっており、水路中央に向かう流れの範囲は広がっている。これは、橋脚を複数設置したことにより橋脚周りの流れが抑えられ、 $y/B_e=0.6\sim0.8$ 付近で流下方向流速が発達し、横断方向の流れが小さくなったためだと考えられる。

3. 3 レイノルズ応力

図-4 に各ケースにおけるレイノルズ応力の分布を示す。Case2-2 と Case2-3 を比較すると、Case2-3 において下流側橋脚後方のレイノルズ応力が流下方向に値

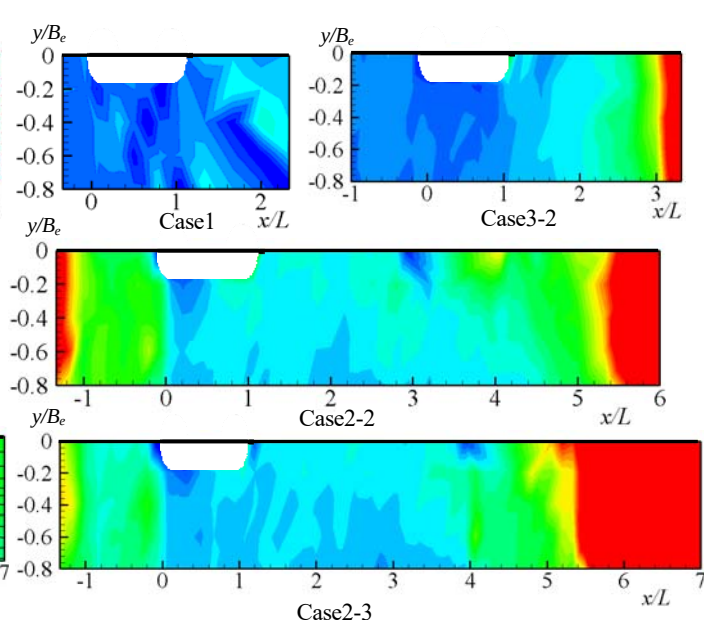


図-4 レイノルズ応力の等値線

を示す位置がより橋脚に近いことが確認できる。これは、図-3 における水路中央に向かう流れが比較的大きいこととカルマン渦の発達の違いが原因だと考えられる。また、橋脚間の乱れは上流側橋脚後方の狭い範囲において大きな値を示す。このことから、上流側橋脚においてもカルマン渦は発生しているが、下流側橋脚の影響を受け発達が抑えられていると考えられる。

Case1 を見ると、橋脚を2つ設置した場合に比べて橋脚後方のレイノルズ応力が流下方向に発達する位置が橋脚から離れている。また、橋脚の前方でレイノルズ応力の発達が見られない。橋脚を連ねることで、橋脚間の影響が大きくなり流れ場に影響を及ぼすことが確認できた。

Case3-2 を見ると、他のケースに比べレイノルズ応力は非常に小さな値を示す。これは、橋脚から離れた位置で流速が発達したこと、橋脚の増加による抵抗の増大が原因だと考えられる。

4. まとめ

本研究では、様々な橋脚配置における流れ構造について検討した。流下方向に連続的に橋脚を配置することで流れが相互に作用し合い、水深分布や乱流構造が変化することを明らかにした。

【参考文献】

- 1) 澤洗太, 田中貴幸, 黒部献司: 橋脚間隔の違いが水面形状及び乱流構造に与える影響, 平成28年度土木学会中部支部研究発表会, pp.113-114, 2017.