橋脚間隔の違いが水面形状及び乱流構造に与える影響

豊田工業高等専門学校　学生会員　○澤　洸太
豊田工業高等専門学校　　正会員　田中　貴幸
ダイダン株式会社　黒部　献司

1. 研究背景

河道内に設置された橋脚は洪水時に土砂の堆積や流木の流積などを引き起こすため，治水安全度面で問題となるとともに，河川環境面においても大きな影響を及ぼすことが懸念される．

そのため，河道内に橋脚が設置された流れを対象とした研究は，福岡ら[1)]の橋脚に働く流体力や河床変動に関する研究など，これまでに数多くなされている．しかしながら，そのほとんどは 1 つの橋脚模型が流れ構造に与える影響について扱っており，流下方向に複数連なる橋脚が流れ構造に与える影響については十分な検討がなされていない．

そこで本研究では，流下方向に連続的に設置した橋脚の間隔の違いが水面形状及び乱流構造に与える影響について検討を行う．

2. 実験条件

実験は全長 10m，幅 B=40cm，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，表の水理条件において滑面状態を対象とした疑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=15cm，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上流 200cm から 720cm にわたり連続的に配置した．

座標系は上流から 500～600cm の橋脚模型上流側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，鉛直方向に z 軸をとる．

橋脚間隔 L_e は 15cm (L_e/L=1)，30cm (L_e/L=2)，45cm (L_e/L=3)と変化させた．また，各計測位置における水深を h とし，a 断面(x=-1cm ，x/L=-0.07)，b 断面(x=7.5cm，x/L=-0.50)，c 断面(x=16cm，x/L=1.07)について詳細に水深を計測した．

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．

表-1　実験条件

水路勾配 I	流量 Q(l/s)	水深 H(cm)	断面平均流速 U_m(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

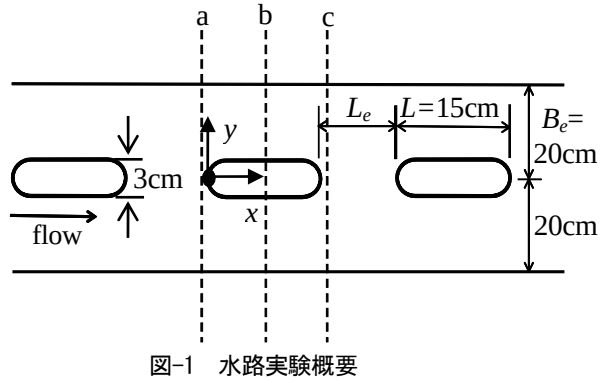

図-1　水路実験概要

3. 実験結果

3. 1　水深計測結果

図-2 に L_e/L=1 および L_e/L=3 における横断方向の水深計測結果を示す．a 断面における y/B_e=0 においは，いずれの橋脚間隔についても橋脚模型の影響を受けて水深が周囲と比べて上昇している様子が見

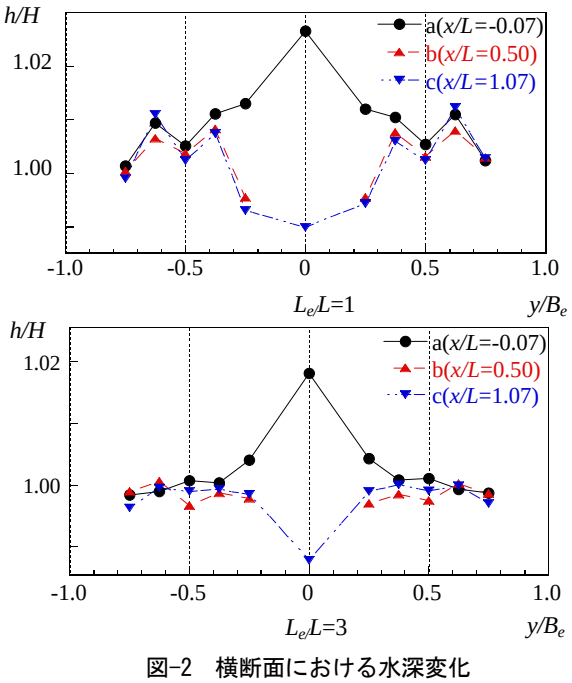

図-2　横断面における水深変化

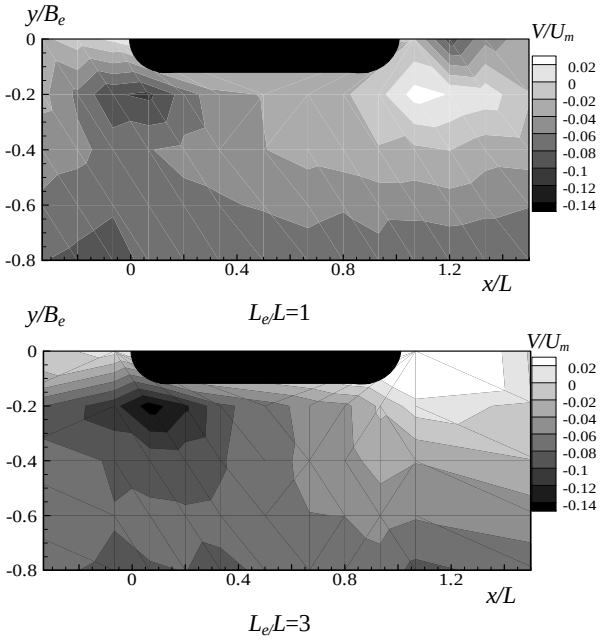

図-3　半水深における横断方向流速分布

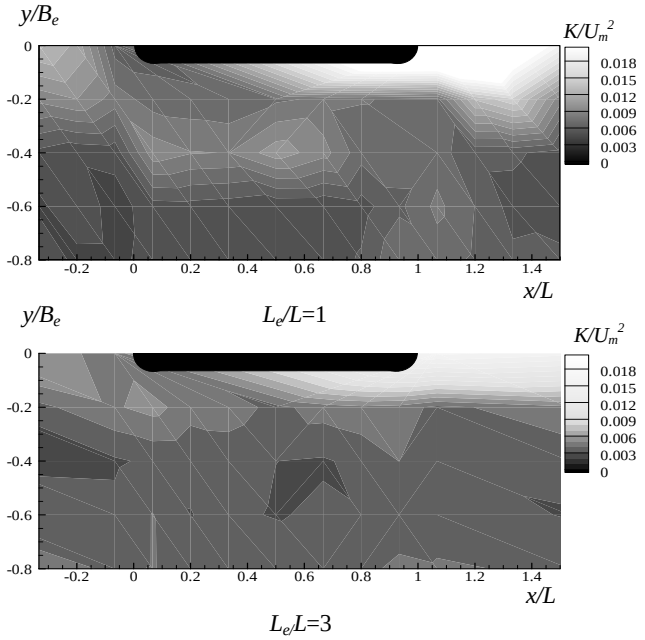

図-4　半水深における乱れエネルギー分布

てとれる．また，a 断面の L_e/L=1 において y/B_e=-0.5 と y/B_e=0.5 で水深が減少しているのに対し，a 断面の L_e/L=3 では水深の減少はみられない. これは L_e/L=1 では橋脚間隔が狭いために，計測位置上流の橋脚の影響が a 断面にまで及んでいるためだと考えられる. b 断面および c 断面の橋脚周辺の y/B_e=-0.25 と y/B_e=0.25 に注目すると，a 断面に比べ橋脚周辺の y/B_e=-0.25 と y/B_e=0.25 で水深が減少していることが確認でき，その影響は L_e/L=3 に比べ L_e/L=1 にて顕著に現れている. これについては橋脚先端にて流れが衝突し，橋脚から離れた方向に流れが向かう影響だと考えられる.

3. 2　流速計測結果

図-3 に L_e/L=1 および L_e/L=3 において右岸側に注目した半水深（z/H=0.5）の横断方向流速分布を示す. L_e/L=1 に注目すると，橋脚前方 x/L＝0, y/B_e＝-0.2 付近で橋脚を避けるように右岸壁面方向に流れが発生している．また，橋脚後方 x/L＝1.1，y/B_e＝-0.2 付近で水路中央に流れが向かうことが確認できる．L_e/L=3 に注目すると，橋脚前方 x/L＝-0.2～0.2，y/B_e＝-0.2 付近にて右岸壁面方向に向かう流れが L_e/L＝1 よりも広い範囲で発生する様子が認められる．また，橋脚後方 x/L＝1.0～1.4, y/B_e＝-0.2～0 付近にて水路中央に向けて流れが発生することを確認した．このため，L_e/L=3 では橋脚が流れ場全体に与える影響が大きくなることが認められたが，これは橋脚間隔が広くなることで橋脚上流の水路中央付近における主流速が発達することも影響していると考えられる.

図-4 に L_e/L=1 および L_e/L=3 における乱れエネルギー分布を示す．乱流エネルギーK は次式により表す.

$$K = \frac{1}{2}\left(\overline{u'^2} + \overline{v'^2}\right) \tag{1}$$

いずれのケースにおいても流向が変化する橋脚上流付近において乱れエネルギーは周囲に比べ大きな値を示している．橋脚下流においては，いずれのケースにおいても乱れエネルギーは計測位置の中で最も大きな値を示し, その傾向は特に L_e/L＝1 において顕著となる．また，乱れエネルギーはいずれのケースも橋脚と主流部の境界付近の x/L＝0.2 付近より下流に向けて大きくなっていく傾向が認められた. 以上のことから L_e/L＝3 に比べ, L_e/L＝1 の場合の橋脚周辺の乱れが卓越していることが明らかになった.

4. おわりに

本研究では流下方向に連続的に設置した橋脚の間隔の違いによる水面形状及び乱流構造に与える影響について検討を行った．その結果，橋脚間隔が短い場合は橋脚下流の乱れが卓越して流れの流入が弱まり，橋脚間隔を大きくしていくと乱れは抑えられ，橋脚周辺の流向は変化しやすくなることが明らかになった.

【参考文献】

1) 福岡捷二，宮川朝浩，飛石勝：円柱橋脚まわりの流れ，河床変動と流体力，水工学論文集，第 41 巻，pp.729-734，1997.