

開水路中における円柱群の抵抗特性について

東洋大学 正会員 ○青木 宗之
 東洋大学 学生員 菊池 裕太
 東洋大学 学生員 向井 健朗
 東洋大学 学生員 櫻井龍太郎

1. はじめに

水制の水理機能は、流速減少、水刳であり、堤防および低水路河岸の侵食防止に用いられる。近年では、環境機能に関する研究事例も増加している。なお、水制は杭出し、牛柵、ケレップなど、多くの形状があり、本研究では最も簡単な工法である、杭水制に着目した。

また、河道内樹木群は多数の環境機能を有しており、河川生態系を保全するにあたり、重要な役割を果たしている。しかし、洪水時には水位上昇の要因となる。

水制や樹木群周辺の流れを詳細に予測することは、通常時での魚類生息環境の整備や洪水時での水位上昇に伴う樹木管理等に、より役立つ内容であるといえる。そのためには、水制や樹木群の抗力係数を適切に評価する必要がある。一方で、杭水制や樹木群の抗力係数 C_D は、単一円柱と同一の 1.0 で与えられることが多い。そこで本研究では、開水路中における円柱群の抵抗特性を明確にすることを目的として、模型実験を行った。

2. 模型実験概要

表-1 に、実験ケース一覧を示す。Run1, Run2 ともに、流量 Q を 28.0(l/s) とした。Run1 は杭水制、Run2 は河道内樹木群を想定している。また、疑似杭水制および疑似樹木として、直径 $d=0.5(\text{cm})$ の木製円柱を用い、横断方向設置間隔 s および縦断方向設置間隔 l をともに 4(cm) とした。Run1 および Run2 の密生度 λ は、それぞれ 1.46×10^{-2} , 1.48×10^{-2} であり、大きな差異はない。密生度 λ は以下のとおりである。

$$\lambda = \frac{T \cdot \pi d^2 / 4}{b \cdot L} \quad (1)$$

なお、円柱群配列は流速低減効果の高い一様な分布の千鳥配列とした(図-1)。図-2 に、実験水路を示す。水路幅 B は 80(cm) であり、円柱群を水路右岸側に設置した。Run2 (複断面開水路) では、幅 30(cm)、高さ 5(cm) の高水敷を水路右岸側に設けた。水路勾配は 1/500 である。円柱一本一本に作用する流体力は、歪ゲージ式 3 分力計を用いて直接測定した(図-3)。抗力係数 C_D を算出する際に使用する代表流速 u は、対象円柱の 2(cm) 上流の一点法による水深方向の平均流速とした¹⁾。また、水深も流速と同様の箇所で測定した。

表-1 実験ケース一覧表

	開水路	流量 $Q(\text{l/s})$	円柱 本数 T (本)	円柱群 設置幅 $b(\text{cm})$	円柱群 設置長 $L(\text{cm})$	密生度 λ ($\times 10^{-2}$)
Run1	単断面	28.0	122	8.5	192.5	1.46
Run2	複断面	28.0	67	8.5	104.5	1.48

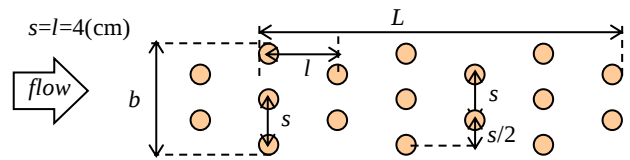


図-1 円柱群配列 (千鳥配列)

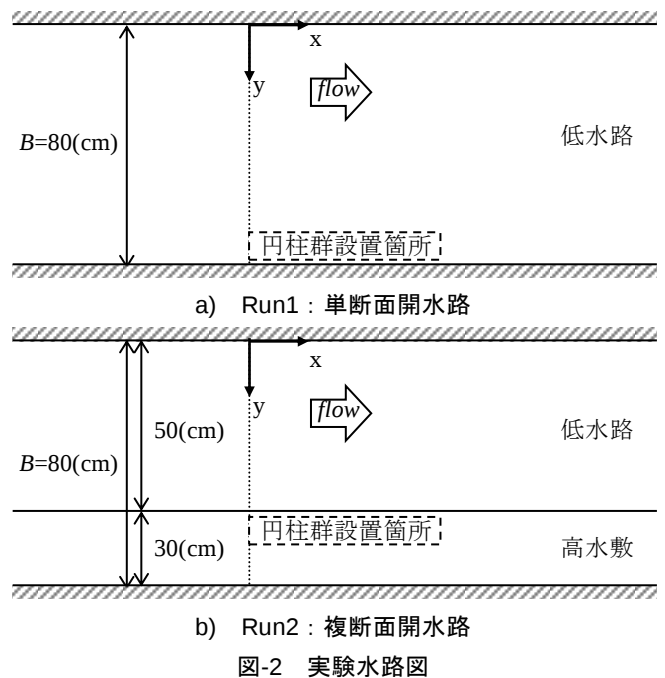


図-2 実験水路図

3. 模型実験結果

図-4 に、円柱群を構成する円柱一本一本に作用する流体力 F_{Dx} を示す。ここで、Run1 および Run2 における L が異なっているため、比較しやすいように x/L の値で示している。円柱群の下流ほど F_{Dx} が低減していることが分かる。水深 h は、Run1 では 10(cm)、Run2 では 4.5(cm) 程度であり、各測点において大きな差異がなかった。そのため、代表流速 u の低減(図-5)による F_{Dx} の低減であるといえる。図-6 に、Run1 および

キーワード 円柱群、密生度、抗力係数、流体力

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 TEL. 049-239-1406 E-mail: aoki037@toyo.jp

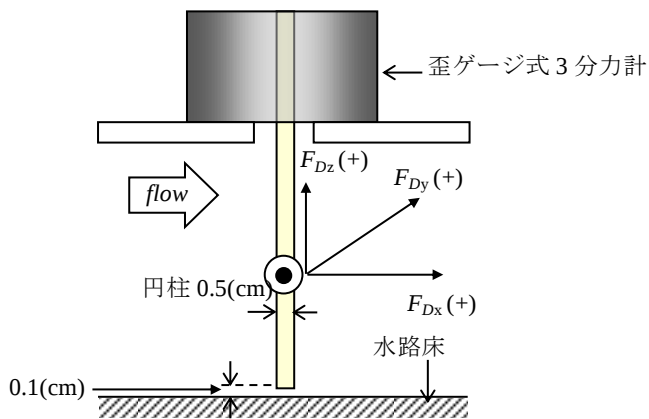
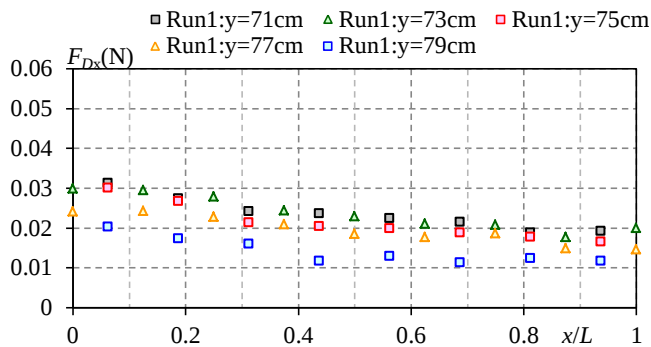
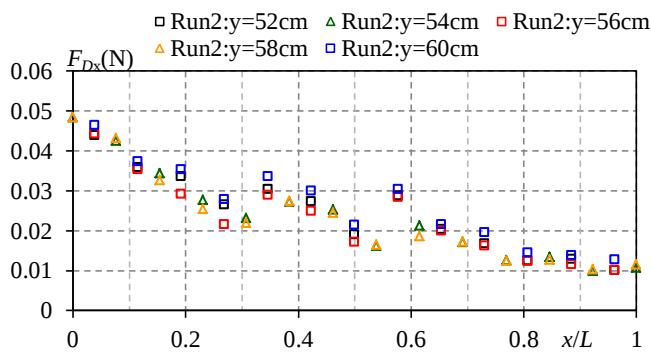


図-3 歪ゲージ式 3 分力計の設置方法



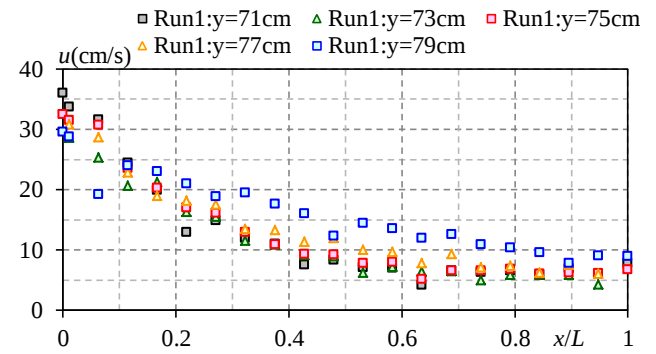
a) Run1: 単断面開水路



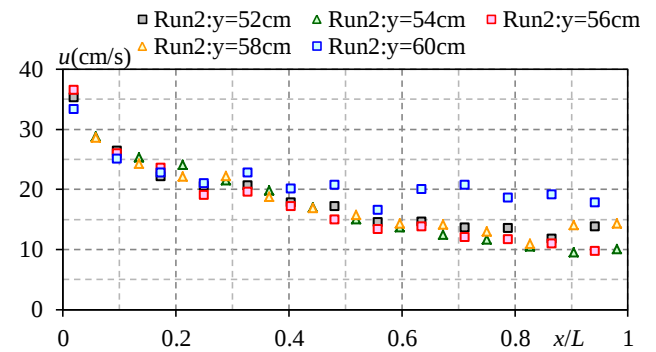
b) Run2: 複断面開水路

図-4 円柱一本一本に作用する流体力 F_{Dx}

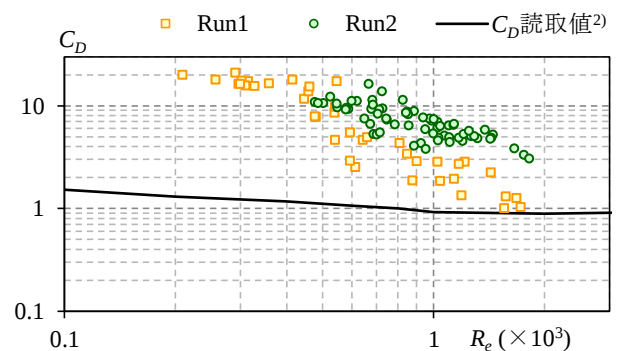
Run2 におけるレイノルズ数 Re と抗力係数 C_D の関係を示す。Run1（単断面開水路）における $x/L=0$ での C_D は 1.0 程度であり、読取値である単一円柱の C_D と概ね一致した²⁾。一方で、Run2（複断面開水路）における $x/L=0$ での C_D は 3.0 程度あった。また、Run1 に比べて Run2 での C_D は、 Re が同値であっても、高水敷上で円柱群を構成する円柱の抵抗が 2~3 倍程度大きくなった。これにより、実河川においては、高水敷上に繁茂する樹木群の抵抗が非常に大きく、 $C_D=1.0$ での水位計算結果よりも大きな値の水位となることが示唆された。また、 Re が大きくなるにつれ、 C_D が小さくなる傾向は、単一円柱および円柱群で一致した。なお、円柱群配列、密生度 λ の違い等による C_D の特性や、複断面開水路流れの特徴も踏まえ、揚力係数 C_L についても考慮する必要があると考えられる。



a) Run1: 単断面開水路



b) Run2: 複断面開水路

図-5 代表流速：一点法における水深方向の平均流速 u 図-6 レイノルズ数 Re と抗力係数 C_D の関係

4. おわりに

円柱群を構成する円柱の抵抗は、 Re が同一であっても、高水敷上に存在する場合に高いことが分かった。また、 Re が大きくなるにつれ、 C_D が小さくなる傾向は、単一円柱および円柱群で一致した。なお、円柱群配列や密生度 λ の違いによる C_D の変化や、複断面開水路流れの特性を考慮し、揚力係数 C_L についても検討していく必要があると考えられる。

謝辞：本研究は、平成 26 年度東洋大学理工学部長施策研究の助成の一部を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 青木宗之, 吉野 隆, 福井吉孝: 開水路中の杭水制に作用する流体力とその抵抗係数について, 土木学会応用力学論文集, 第 12 巻, pp.831-840, 2009
- 2) 間 仁: 標準水理学, 丸善, p.151, 1984