

開水路中の円柱（群）に作用する流体力とそ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 松木 越
東洋大学 学生員 菊池 裕太

1. はじめに

河道内樹木群は、鳥類やほ乳類、陸上昆虫等の生息場や餌場等として、環境機能を多数有している．一方で、洪水時には流水の阻害となる要因であり、治水機能に大きな影響を及ぼしてしまう．河道内樹木群を考慮した水位予測計算（不等流解析，平面二次元流解析等）では、河道内樹木群の形状抵抗とされる抵抗係数（抗力係数 C_D ）を 1.0 として取り扱うことが主となっている．しかし、この C_D は円柱群全体での C_D でありながら、単一円柱の C_D と類似している．そこで本研究では、1)単断面開水路中に存在する単一円柱に作用する流体力およびその抵抗係数の確認、2)複断面開水路中に存在する円柱（群）に作用する流体力およびその抵抗係数の検討、を目的として、模型実験を行った．

2. 模型実験概要

図-1 に、実験に用いた水路を示す．実験水路幅 B は、それぞれ 30(cm), 80(cm)、水路勾配はともに 1/500 である．図-1 b)は、複断面開水路であり、高水敷上に 65 本の円柱を設置し、密生度 $\lambda=1.49\times10^{-2}$ とした．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-2）．実験ケースは、表-1 である．

円柱一本一本の流体力は、歪ゲージ式 3 分力計を用い、直接測定した．歪ゲージ式 3 分力計の設置方法は、図-3 のとおりである．Run1 では、流体力の測定精度および単一円柱に作用する流体力を確認するため、水路床と実験装置との空間を段階的に変化させた．

また、抵抗係数を算出する際に使用する流速は、代表流速と表記されている．しかし、円柱群に対しては、どのような場所、または条件で使用するかが厳密には定められていない．そのため、流速の測定箇所を表-2 のとおりとした．水深の測定も同様の箇所である．

3. 模型実験結果

3.1 単断面開水路

図-4 に、Run1 において円柱に作用した x 方向の流

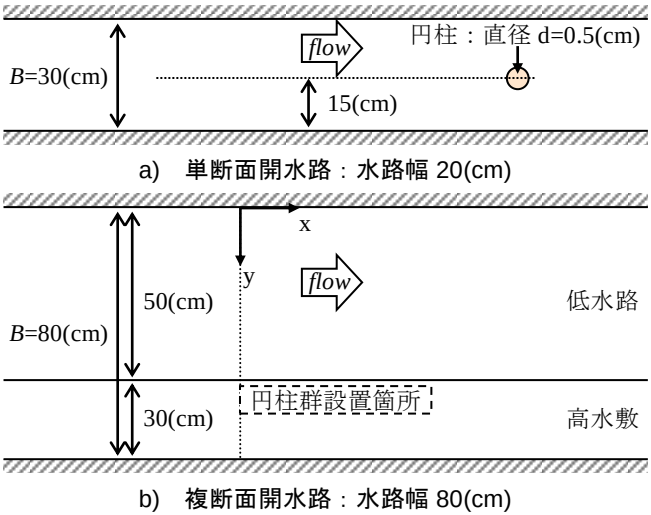


図-1 実験水路図

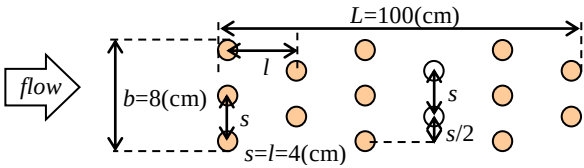


図-2 円柱群配列（千鳥配列）

表-1 実験ケース一覧表

	流量 Q (l/s)	z' (cm)	円柱本数 (本)	密生度 λ
Run1-1	6.0	0.1	1	-
Run1-2	6.0	1.0	1	-
Run1-3	6.0	2.0	1	-
Run1-4	6.0	2.0	1	-
Run1-5	6.0	4.0	1	-
Run1-6	6.0	5.0	1	-
Run1-7	6.0	9.0	1	-
Run2	28.0	0.1	65	1.49×10^{-2}

体力 F_{Dx} を示す．水路床と実験装置との空間 z' が大きくなるにつれて、流体力が小さくなっている．これは、歪ゲージ式 3 分力計が、円柱に作用する力を測定しているため、 z' が開くにつれて円柱に作用する水流の面積が減少するためだといえる．なお、 $z'=0.1$ (cm) および $z'=1.0$ (cm) の F_{Dx} の値に大きな差異が見られなかった．以上より、Run2 における z' は、原則として Run1-1 と同様に 0.1(cm) として測定した．

また、抵抗係数の算出は、ある場所の水深および流

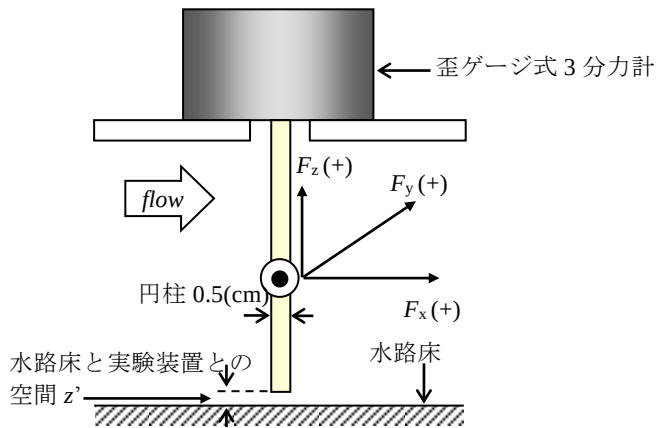
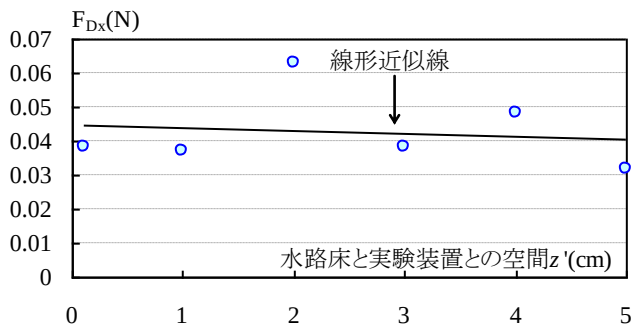
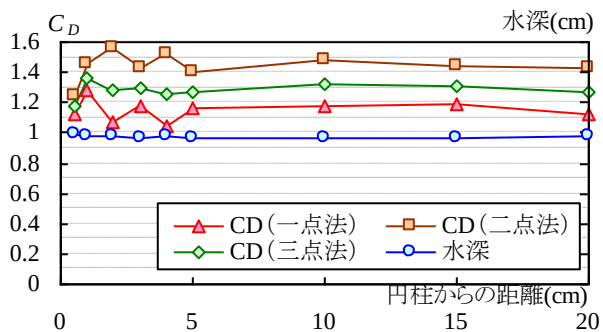


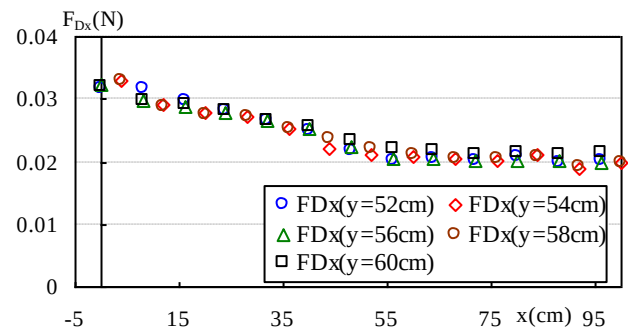
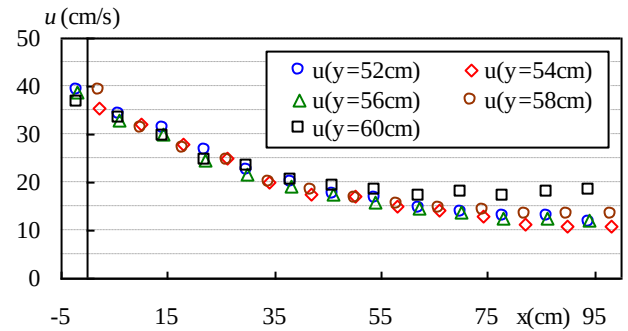
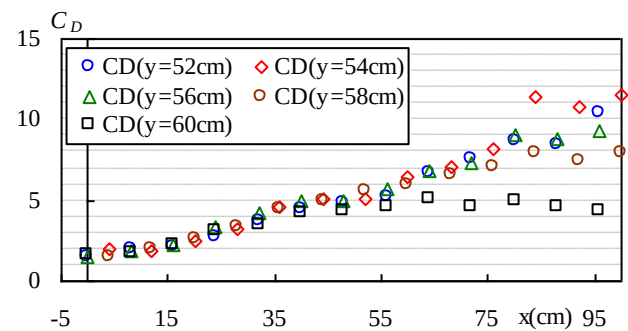
図-3 歪ゲージ式 3 分力計の設置方法

図-4 Run1 における流体力 F_{Dx} 図-5 Run1 における C_D および水深

速を用いた。その結果、円柱から 2.0(cm)上流の水深および流速を用いることで、円柱の形状抵抗である抗力係数 C_D が 1.0 に近似できることが分かった（図-5）。なお、流速は水深方向における平均流速であり、一点法より測定した。そこで、Run2 での抗力係数 C_D を算出する際には、対象とする円柱一本一本に対し、その 2.0(cm)上流での位置において、一点法により算出した水深方向の平均流速およびその場の水深とした。

3.2 複断面開水路

図-6～図-8 に、Run2 における流体力 F_{Dx} 、一点法での水深方向の平均流速、 C_D をそれぞれ示す。 F_{Dx} および平均流速は、流下するにつれて減少していることが分かる。一方で、 C_D は流下するにつれて増大しており、

図-6 Run2 における流体力 F_{Dx} 図-7 Run2 における一点法での水深方向の平均流速 u 図-8 Run2 における C_D

C_D が 1.0 程度ではないことが分かる。これは、単断面開水路における円柱（群）の抵抗係数¹⁾と同様の傾向である。なお、最上流端での C_D は、単独円柱に比べ 1.5 倍程度大きい値となった。

4. おわりに

円柱（群）の抵抗係数を算出するために、対象円柱の 2(cm)上流での一点法による流速、水深を用いた。その結果、単独円柱の C_D は 1.0 に近似できた。一方で、円柱群の場合、円柱群配置やその配列による抵抗係数を考慮する必要があることが示唆された。

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