

樹木群に作用する流体力に関する実験

○東洋大学大学院 学生員 本溜 博理
東洋大学 正会員 福井 吉孝

1 はじめに

河道内の樹木・植生は大きな抵抗を持ち洪水時には危険をもたらす場合もある。しかし近年、治水のためだけに伐採を考えるのは動植物や景観など環境の面からも好ましくなくその存在を認めるようになった。河川環境の整備と保全のためには、河道内にある樹木に作用する流体力の特性を把握しておくことは重要であると考えられる。本研究では開水路内に円柱群を設置し、円柱群に作用する抗力の変化を明らかにすることを目的として、実験による検討をおこなった。

2 実験概要

実験に用いた水路の縦断面図と分力計設置概要図を図1に示す。幅10cm、長さ8mの亚克力製開水路で水路勾配1/500に設定し、流量3.2(l/s)、植生には枝葉を無視し樹幹のみを考えた剛性の小さいステンレス製円柱直径5mmを用いた。円柱は水没しない長さにある。植生の無い状態で等流になるように下流の堰で調整している。

測定は、ポイントゲージによって水深を測定、2次元電磁流速計により流速(u, v, w)を測定した。また、歪ゲージ式3分力計により円柱群の各円柱に直接かかる流体力(F_x, F_y, F_z)をサンプリング周波数10hz、測定時間約1分間として測定をおこなった。実験ケースはcaseA、水路中央に1列5本を等間隔に $s=2d, 4d, 6d, 8d, 10d$ 、caseB、13本の円柱を千鳥状に配置し間隔を $s=4d, 6d, 8d$ とした2ケースである。三角形の円柱の中心間隔 s を変化させ、樹木群密度 λ を河床単位面積に占める樹木の断面積、 $\lambda = \pi d^2 \times m / (3^{1/2} \times s^2)$ とし、密生度 a を単位体積当たりの樹木の遮蔽面積、 $a = 4d \times m / (3^{1/2} \times s^2)$ とする。図2に配置概略図を示す。ここでは m を円柱面積の占める割合として用いる。

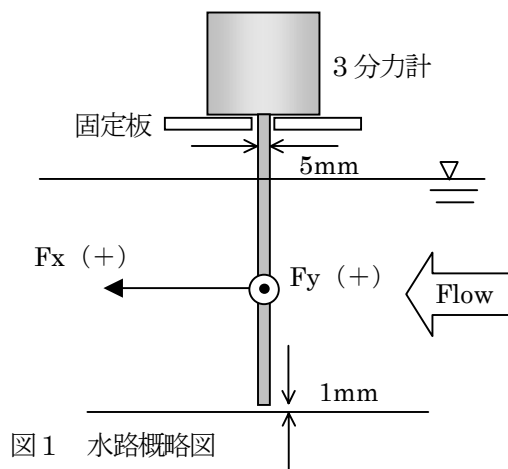


図1 水路概略図

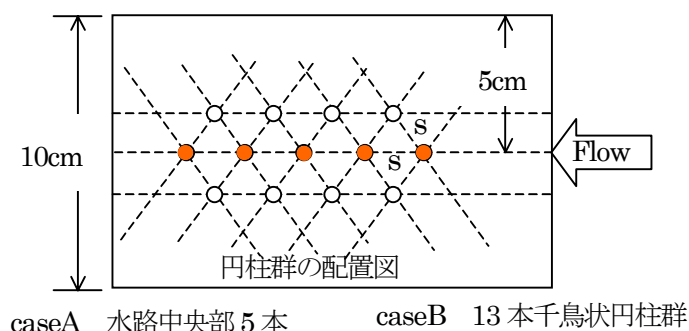


図2 実験ケース

3 実験結果および考察

1) 抗力係数

計測した全抗力 F 、空間平均化された面積 A と円柱群上流で断面平均した流速 u を用いて ρ を水の密度として次式より群全体の抗力係数を評価した。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_d A u^2 a \quad \cdots (1)$$

結果を表1に示す。円柱群の密度が上がれば抗力係数 C_d は減少していくことがわかる。密生度の大きな $s=2d$ のケースでは抗力係数が極端に小さくなる。これは過密な形状配置をしているためであると思われる。

	λ	a	C_d
2d	0.151	38.49	0.07
4d	0.038	9.62	0.36
6d	0.017	4.28	1.39
8d	0.009	2.41	1.86
10d	0.006	1.54	2.84
千鳥4d	0.057	14.43	1.24
千鳥6d	0.025	6.42	2.34
千鳥8d	0.014	3.61	4.09

表1 抗力係数についての検討

キーワード : 河道内樹木 流体力 抗力係数

連絡先 : 埼玉県川越市鯨井2100 TEL 0492-39-1404 FAX 0492-31-4482

2) 流況

千鳥円柱群のある場合の断面平均流速を図3に示す。植生群手前では円柱群の堰上げ効果により、流速の低減が生じる。円柱群通過後の流速は4dでは流速の後流域の幅が広く速い流れが壁面付近で生じ、8dでは多量の流量が流れ込んでいるので円柱の隙間から速い流れが生じ、円柱群通過後の下流での流速分布は大きく異なる。

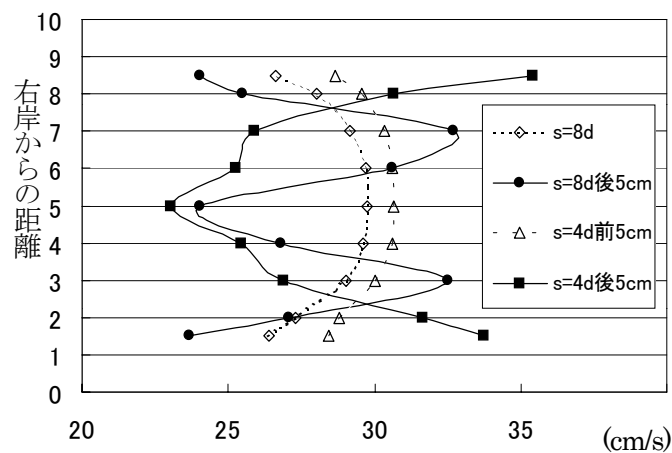


図3 千鳥状配置の流速

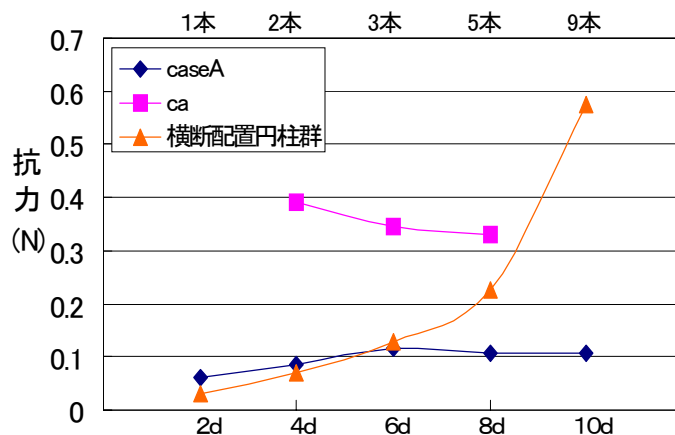


図4 円柱群全抗力(測定値)

3) 抗力値

アスペクト比が小さいので流れは3次元的になり渦の発生も顕著にみられる。横断配置円柱群では1次元的に運動量の式が適用できたが¹⁾ここでは、各円柱群に対して測定した抗力を合計して求めた円柱群の全抗力を図4に示す。caseAでは $s=6d$ で抗力は最大値になり、以降減少していく。間隔が広くなると一本当たりにかかる抗力は徐々に増加するがその増加には上限があり、本実験においては6dで最大になるという結果を得た。しかし、その最大値は単独円柱の5倍より小さくなっている。10d以降はほぼ一定値を取るようになるが、 $\lambda=\infty$ では単独円柱の5倍近くになるであろう。caseBでは樹木群密度が小さい方が大きくなる。樹木群間隔が密になれば全抗力は増加し単独円柱1本分の差がでてくるようになる。

1本目の抗力値で各円柱の抗力を無次元化した測定結果を図5に示す。caseAの場合2本目にかかる抗力は急激に減少する。特に2本目にかかる抗力は樹木の間隔が狭くなるほど小さくなることが判る。しかし $s=2d, 4d$ の場合3本目以降では抗力は増加する。いずれの場合も5本目の抗力値は0.6付近にさがる。このことは、測定値は円柱群の下流の水位に影響を受けているからであると考えられる。caseBの場合中央の円柱群内には流れ込む量が増加し2本目、3本目の抗力の増加をもたらしているものと考えられる。そして、間隔 s が広くなれば流れ込み量が増えることが判る。このcaseBも0.6付近の値に落ち着く。caseAに比べcaseBの方が2本目3本目の抗力が大きいことから千鳥状の植生群内は流速低減効果があることが判る。

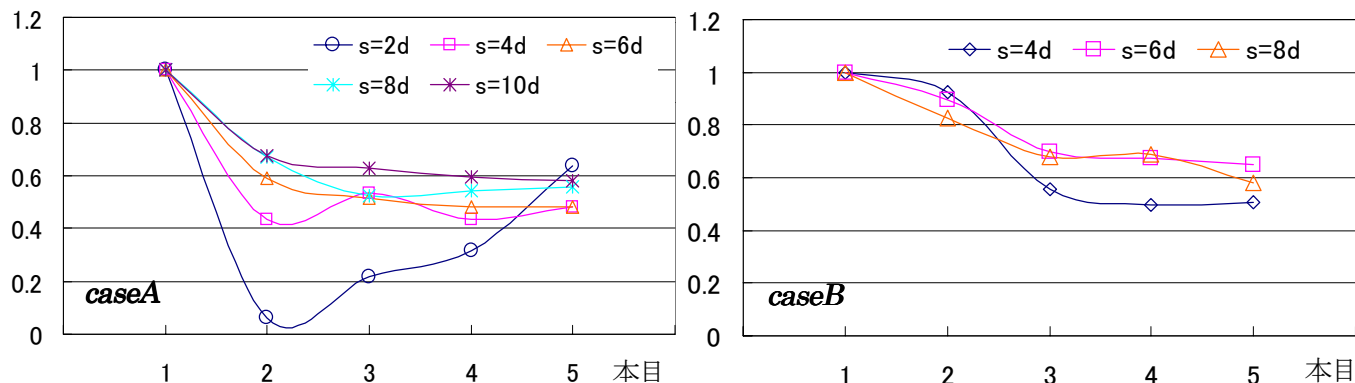


図5 水路中央部円柱群における抗力値 (F_x/F_{x1})

4 おわりに

下流円柱の抗力、揚力は流体力であるので大きく変動するが今回、配置における規則性は把握できなかった。抗力係数を群全体で評価したが、これは1例を示したに過ぎず、改善が望まれる。実測した抗力に関しては実験条件を変え、相似性の確立を検証することが今後の課題である。

参考文献 1) 本溜、福井：流体中に設置された円柱群に作用する流体力について、第28回関東支部技術研究発表会、2001

2) 林：円柱群に作用する流体力、流体力の評価とその応用に関するシンポジウム、2000