

開水路中に樹木群を有する流体力について

東洋大学 学生員 ○ 鈴木 辰規
東洋大学 高橋 一彦
東洋大学 正 員 福井 吉孝

1. はじめに

近年の河川整備計画においては、自然生態系の保全が考慮された再自然化が図られている。治水上の阻害要因として排除されてきた河道内の樹木が、良好な河川環境の維持・創出という観点から見直されてきているのも、その例である。しかしながら河道内の樹木群に作用する流体力に関してはまだ不明な点が多い。本研究は、開水路中に樹木群を様々な形状で設置し、それらに作用する流体力の特性を検討したものである。

2. 実験概要

本研究では、開水路中に樹木群に似せた円柱群を設置して実験を行った。実験水路は、長さ 800cm×幅 B=10cm のアクリル製開水路で水路途中に直径 d=0.5cm の木製の円柱を用い樹木群とした。実験水路概要を Fig.1 に、実験ケース及び実験条件は Table-1・2 に示した。

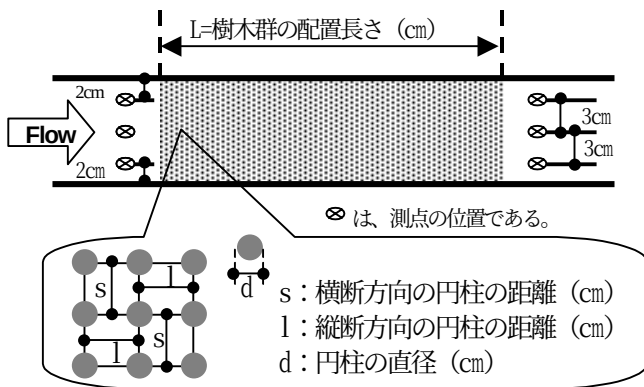


Fig.1 実験水路概要

Table-1 実験ケース

ケース	Case-1	Case-2				
-	run.1	run.2	run.3	run.4	run.5	
形状	無し	三本整列 (39本)				
設置長さL	-	21	42	63	84	
ケース	Case-3	Case-4				
-	run.6	run.7	run.8	run.9	run.10	
形状	千鳥 (38本)			群落 (39本)		
設置長さL	21	42	84	63	63	

Table-2 実験条件

流量 Q (l/s)	勾配 i	円柱直径 d (cm)	フルード数 Fr
3.2	1/1000	0.5	0.198

run.9 では、run.4 を 21cm 刻みで、二つの群に分け、run.10 では、12.6cm 刻みで三つの群に分けた。流速測定には 2 成分電磁流速計を用いた。

Case-1 は、樹木の無い状態である。Table-2

に示したフルード数は、Case-1 の状態で算出した。配置された円柱群の樹木群密度 λ は、河床単位面積に占める樹木の断面積と定義した。

$$\lambda = \frac{\pi d^2}{4} \times m \dots \langle I \rangle \quad (m \text{ は樹木の本数})$$

樹木群密度は $\langle I \rangle$ 式より、三本整列の場合、L の増加に伴って 0.036, 0.0182, 0.01365, 0.0091。千鳥では、0.0355, 0.0177, 0.0089 で、それぞれ検討を行った。

また、本研究において用いた円柱群に作用する抗力 F_x を一次元の運動量の式から、そして C_D を $\langle II \rangle$ 式によって算出する。

$$C_D = \frac{F_x}{\left(\frac{\rho}{2}\right) A U^2} \dots \langle II \rangle$$

式中、 ρ は水の密度、A は流れ方向に物体を投影した面積、U は水路断面平均流速（各測点での全てを平均した流速）、相似形物体の抗力係数 C_D は、非圧縮性流体の流れにおいて、レイノルズ数のみの関数となる。

Keyword: 樹木群、樹木群密度、抗力係数

連絡先: 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 Tel: 0492-39-1404 FAX: 0492-31-4482

3. 実験結果及び考察

Fig.2 に抗力係数と樹木群密度の関係について示す。抗力係数は、同様の形状（配置）であれば、ある一定まで密度に比して増加する。しかし、ピークがあり、それを超えると減少する。このことから、円柱の距離 1 に大きく依存していることが確認できる。また、形状の違いによる抵抗係数の変化も見られる。こちらは、流下方向の投影面積つまり A に依存していると考えられる。

次に、同一長で群として配置した際の縦断水位変化を Fig.3 に示す。run.2 では、他の分布に比べると、全体の水位が低く、上・下流での水位差も大きい。水位が低いのは、run.4・9・10 が L の全長で配置されているのに対し、一部分での配置に限られているためだと考えられる。また、run.4 でも水位差は生じるが、run.2 ほど顕著ではない。run.9・10 においてはほとんどない。これは、樹木群落に伴って抵抗が増加したため樹木群落の上流部分での堰上げが繰返し行われるからだと推察される。

続いて、抗力 F_x 、円柱の投影面積 A ならびに平均流速 U を〈I〉式に代入して得られた C_D とレイノルズ数〈III〉式の関係を Fig.4 に示す。

$$Re = \frac{UL'}{v} \dots \langle III \rangle$$

式中、 L' は配置されている長さの和、 v は水の動粘性係数である。抗力係数の値は、レイノルズ数に比例し run.4>run.9>run.10 となった。これは、群を分けて配置するよりもある区間全域に渡って配置する方が、前後の圧力差により流体力が増加すると考えられる。また、run.9 の群と群の間に円柱が配置された形状の run.2 でもそれらが確認できる。群の影響だけを見ると Fig.5 より抗力は、（区間全域に渡って配置された run.4）>（円柱間隔 1 を短くして一つの群である run.2）>（二つの群の run.9）>（三つの群の run.10）の関係が成り立つ。よって群は、同一区間内で増加すると 1 値が減少するため、群の数と抗力・抗力係数は反比例することがわかる。

4. おわりに

以上より、抗力係数は、円柱の投影面積に依存し、密度が同値であれば設置の仕方、形状にも関係を持つ。

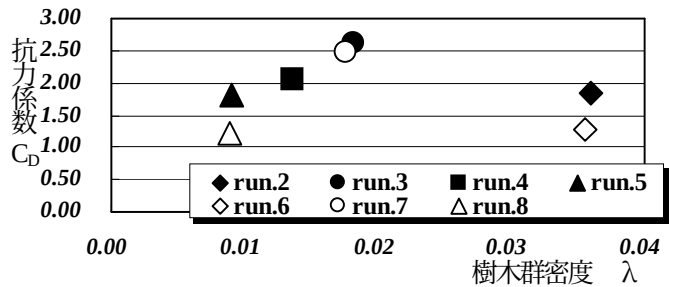


Fig.2 抗力係数と樹木群密度の関係

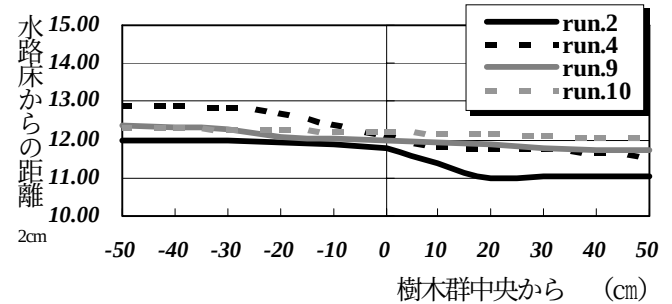


Fig.3 縦断水位変化図

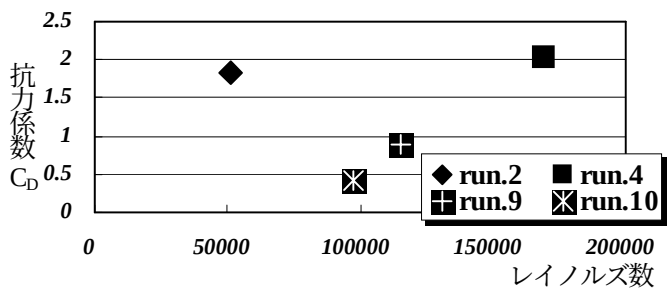


Fig.4 抗力係数とレイノルズ数の関係

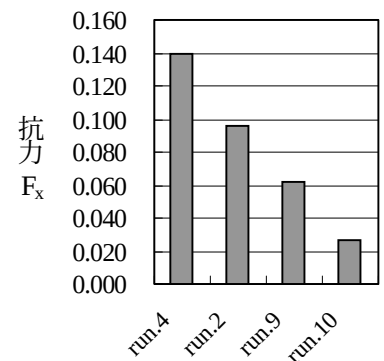


Fig.5 L=63cm 内での形状変化と抗力の関係

特に、円柱間隔を、ある値まで広げることにより抗力係数は、増加するが、その値以上では減少する。樹木群落では、配置位置や個数も影響を与え、水面形もそれによって変化する。今後は抗力係数から水面形を算定し、実測値と良好な一致を示すか、検討する必要がある。

《参考文献》

石川 他：河道に存在する樹林に作用する抗力と密生度に関する実験的研究、砂防学会研究発表会概要集、pp70-71、1999