

# 開水路中の円柱に働く流体力と河床変動

東洋大学大学院 学生員 白川 裕之  
 東洋大学工学部 大西 久史  
 東洋大学工学部 大原 大  
 東洋大学工学部 正会員 福井 吉孝

## 1. はじめに

河道内樹木群に関する研究は、現在までも非常に多く行われている。抗力係数  $C_D$  が  $Re$  数,  $Fr$  数に対して一定の値に収束することは、様々な実験より明らかになっている。しかし、樹木群密度が一定と言う条件下でも、樹木群の配置により抗力係数  $C_D$  は異なってくる。そこで、樹木群の配置違いによる抗力係数  $C_D$  の変化を見るために、模擬樹木を用いて流体力を実測した。その流体力から  $C_D$  特性を求め、数値解析に用いる普遍的な  $C_D$  値の確立を目指した。また水理量(流速,水深)の変化,樹木群に働く流体力と河床変動の関係についても実験を行い検討した。

## 2. 実験概要

樹木は流れにより変形したり揺れたりするものであるが、本研究においては枝葉を考慮せずに樹幹部のみを考えた剛性の小さい高木を想定している。今回用いた模擬樹木は、ステンレス製の円柱で、直径 5(mm), 高さは水没しない程度のもを用いている。河床材料として、密度 2.3, 径 1(mm)のビーズを用いた。

実験に用いた水路は図-1 に示す。幅 0.1(m), 長さ 8(m) のアクリル製可変勾配水路で、水路勾配 1/500 に設定し、流量 3.2(l/s)で流量を一定とした。円柱のない状態で等流水深になるように、下流に堰を用いて調節してある。

測定に際しては、流量が十分に安定してから、ポイントゲージにより水深, 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分力検出器により各円柱に直接働く流体力 ( $F_x, F_y, F_z$ ) をサンプリング周波数 100(Hz), 測定時間約 20 秒間として測定を行った。

河床変動については、ビーズを水路全長に 3(cm)の高さに敷いた。通水時間 30 分間とし、30 分後の河床高さを測定した。

## 3. 実験結果

表-1, 図-2 に実験ケース, 円柱配置図を示す。本研究では、円柱本数(12 本)を実験ケース(Run1-1 ~ Run3-4)全て同一本数とした。円柱の配置は整列とし、樹木群密度を各ケースごとで一定とし、横断円柱間隔  $s$ , 縦断円柱間隔  $l$  を変化させた。

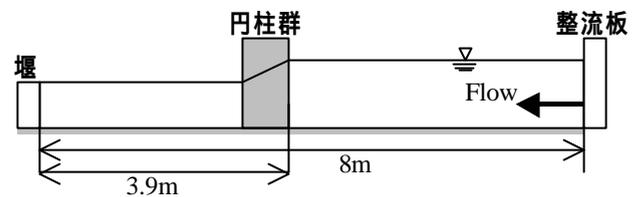


図-1 実験水路概略図

表-1 実験ケース

	円柱本数	s(横断円柱間隔)	縦断方向円柱間隔	(密度)	s/l
Run1-1	12	1	4	0.049	0.25
Run1-2	12	2	2	0.049	1
Run1-3	12	4	1	0.049	4
Run2-1	12	1	6	0.032	0.16
Run2-2	12	2	3	0.032	0.66
Run2-3	12	3	2	0.032	1.5
Run2-4	12	6	1	0.032	6
Run3-1	12	1	8	0.024	0.125
Run3-2	12	2	4	0.024	0.5
Run3-3	12	4	2	0.024	2
Run3-4	12	8	1	0.024	8

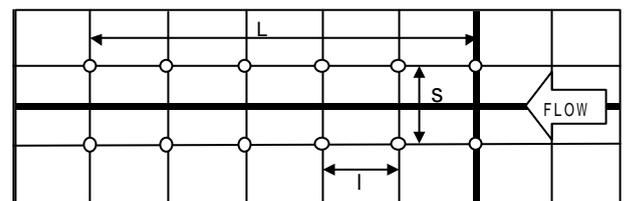


図-2 円柱配置図

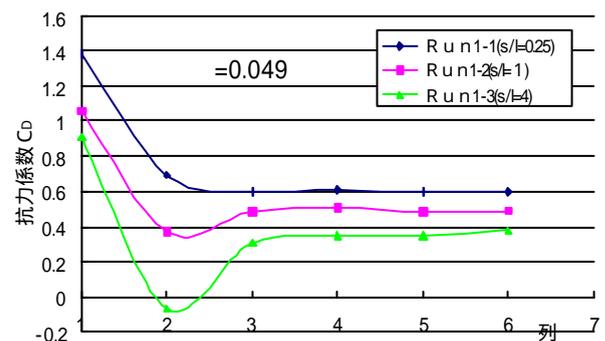


図-3 抗力係数  $C_D$  変化(Run1-1 ~ Run1-3)

キーワード: 流体力, 樹木群, 河床変動

連絡先: 東洋大学工学部環境建設学科 〒350 - 8585 埼玉県川越市鯨井 2100 TEL049-239-1404

### 1) 抗力係数 $C_D$ について

図-3, 図-4, 図-5 に各 1 ~ 6 列に設置された各円柱に対する抗力係数  $C_D$  の変化を示す。図-3 で  $s/l=1$  (正方形) 以上である Run1-2, Run1-3 では, 2 列目の抗力係数  $C_D$  が大きく減少した。これは, 1 列目の円柱と 2 列目との縦断間隔  $l$  が小さいために, 上流側に向かう逆流が発生し, その結果抗力が負の値を示し, 抗力係数  $C_D$  が極端に小さくなったと考えられる。また,  $s/l=1$  より小さくなると, 抗力係数  $C_D$  は 2 列目以降一定の値に収束した。図-4, 図-5 についても同様な傾向が見られる。つまり, 同じ樹木群密度であっても,  $s/l$  の変化により抗力係数  $C_D$  はある程度の幅を持つ値を示した。

### 2) 流速分布・水深変化について

図-6 は, Run1-1 ~ 1-3 の  $y=5\text{cm}$  (水路中央) における鉛直方向の流速分布を示す。円柱群後の流速は, 水路床から水表面まで一様化している。これは, 円柱群があることにより乱れが水深方向に一様化しているためと考えられる。

図-7 は, Run1-1 ~ 1-3 の樹木群前後 5cm の水深変化を示す。Run1-3 では, 円柱群内での水深変化が小さい。これは,  $s/l$  が大きいこと, 円柱群全長 ( $L$ ) が短いために水深変化が小さいためと考えられる。

### 3) 河床変動について

図-8 は Run1-1 ~ 1-3 の通水時間 30 分後の河床高さを示す。樹木群直後で各ケースとも大きく洗掘されている。これは, 樹木群外では樹木の影響がなくなり掃流力が増大したと考えられる。樹木群後 10(cm) 付近から各ケースとも堆積している。これは, そこでのエネルギー勾配が小さくなり, その結果樹木群直後に比べ掃流力が減少したためと考えられる。

## 4. 結論

今回の実験より以下の結果を得た。

- 1) 抗力係数  $C_D$  は,  $s/l$  に大きく起因した。また  $s/l$  ごとに抗力係数  $C_D$  は, 円柱の列が進むにつれて一定の値に収束した。
- 2) 樹木群直後の洗掘の結果より,  $s/l$  が小さいと抗力係数  $C_D$ , 掃流力も大きくなった。

### 参考文献

白川他：水路中の樹木群に作用する流体力について, 流体力と評価とその応用に関する研究論文集第 2 巻, pp104-109, 2003

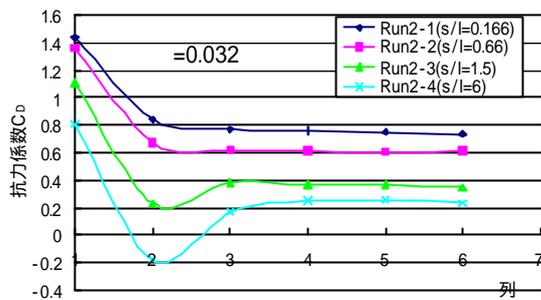


図-4 抗力係数  $C_D$  変化 (Run2-1 ~ Run2-4)

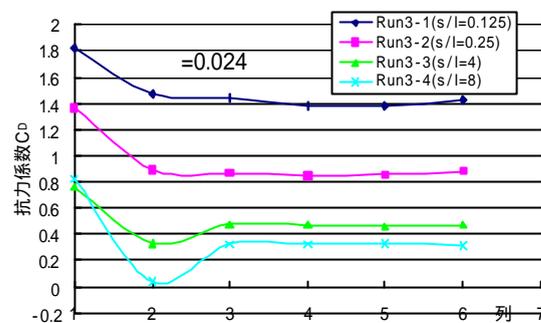


図-5 抗力係数  $C_D$  変化 (Run3-1 ~ Run3-4)

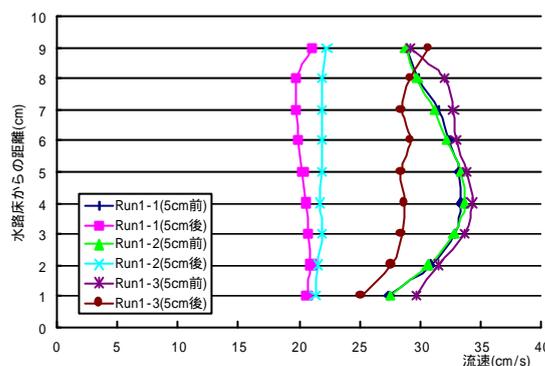


図-6 鉛直方向流速分布 (Run1-1 ~ Run1-3)

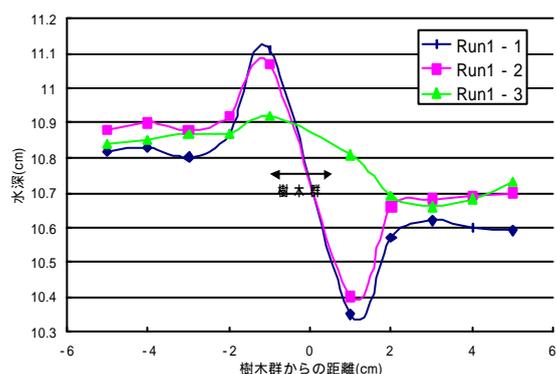


図-7 樹木群 5cm 前後の水深変化 (Run1-1 ~ Run1-3)

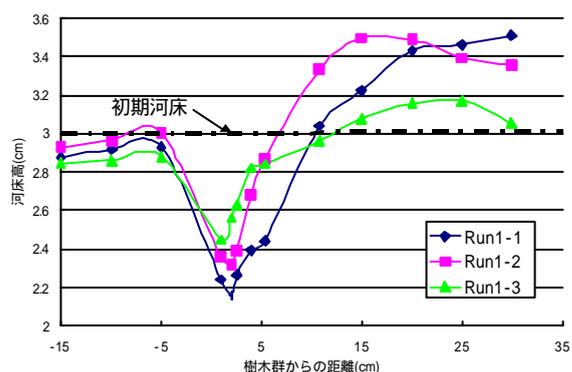


図-8 縦断方向の河床高さ