

植生帯における樹木群の効力特性に関する実験的検討

日本大学大学院 学生会員 ○高柳 則人
日大大学工学部 正会員 長林 久夫

1. 目的・背景

近年、河道内の草木類や樹木が河川環境に果たす役割は大きくなっている。しかし、洪水時にはおいては流木化や抗力として流れに影響を及ぼすため、河道内の樹木や樹木群を対象とした研究は多く行われている。しかし、下草がある場の樹木群の抗力評価は知見が少なく、不明な点も多い。そこで本研究では下草を有する樹木群に作用する抗力の特性に関する基礎的検討を行うことを目的としている。

2. 実験概要

実験には、図-1に示す長さ15m、幅B=0.5m、高さ0.6m、定格流量100ℓ/secの木製の水路を使用した。

下流水路上流端より6.93mの位置より植生区間として、長さ2.7m、植生間幅0.05mの正分配裂で設置し、下草モデルとした。その下草設置上流端より1mの下流を、樹木区間として直径0.01mの木製円柱を図-2のように0.40m全幅に設置した。樹木間隔は $K_L=0.1$ mの正三角形の千鳥配列である。

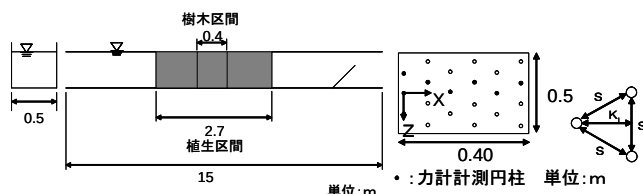


図-1 実験水路の概要・円柱群配置図

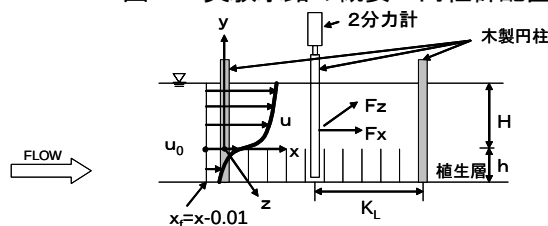


図-2 円柱群配置間隔

表-1 水理諸量

実験条件	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
水路勾配	i400	i400	i400	i400
B(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
H+h(m)	0.099	0.098	0.151	0.150
H(m)	0.049	0.048	0.101	0.100
Q(m ³ /s)	0.016	0.015	0.034	0.030
v(m ² /s)	0.322	0.313	0.453	0.406
Re数	31720	30611	68174	60627
Fr数	0.327	0.319	0.373	0.335
備考	植生のみ	植生+樹木	植生のみ	植生+樹木

植生内、円柱群内の流速測定には、ケネック社製電磁流速計 (VM-801H) を用い、円柱抗力の測定は、三計

エンジニアリング社製の二分力計 (LB25-100、定格 100 g 荷重) を用いて行った。

実験は表-1に示すように水路勾配 1/400 とし、対象水深 (h+H) を 10cm、15cm とし、植生のみの場合、植生に樹木を設置したある場合の 4 ケースとした。

3. 下草を有する樹木群の流速特性の検討

植生を有する流速分布は以下の式を用い検討を行う。

$$u = \frac{u_*}{\kappa \alpha (h-d)} e^{\alpha z} \quad (1)$$

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{y+h-d}{h-d} + \frac{u_*}{\kappa \alpha (h-d)} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{AC_D}{2} \left(\frac{u_0}{u_*} \right)^2 \quad (3)$$

u_* : 摩擦速度 ($\sqrt{gHI}$) (m/s)、 κ : カルマン定数、 h : 植生層の高さ (m)、 d : 見かけの河床面高さ (m)、 H : 植生上端から水面までの高さ (m)、 λ : 単位体積に含まれる植生の流下方向への投影面 (1/m)、 u_0 : $y=0$ の地点の流速 (m/s)、 C_D : 植生の抗力係数

各地点の流速に対する植生及び樹木前面の流速比を図-3に示す。図-3の CASE-1、CASE-3 のように植生のみの場合、植生内層の流速低下と外層の高速化が確認される。また、CASE-2、CASE-4 は樹木群内において植生層内の流速が高速化し外層では流速が低下するし流れの均一化が見られる。

樹木群と植生のみの場合における流速分布の比較図を図-4に示す。これより図-3と同様に樹木を有することによる流速分布の均一化が読みとれる。CASE-4 においては植生層内において植生のみの場合のよりも速い流れとなっている。これは植生層上において樹木群の影響による減速が CASE-2 の場合に比べて大きくなっているためと思われる。

また、CASE-4 において植生層上において水深が $y/h=1$ 程度において流速が遅くなり、それ以上の水深においては流速が早くなる結果が出ている。これに関しては、円柱群による造波抵抗の影響が考えられる。

4. 抗力係数の算定

下草を有する流速場における樹木の抗力係数を算定するにあたり以下の (4) 式を用いた。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2 \quad (4)$$

F : 樹木の抗力 (N)、 C_D : 樹木抗力係数、A : 樹木投影面積 (m^2)、 v : 平均流速 (m/s)

ここでの平均流速は樹木全体の流速分布より求めた平均流速を用いたもの、樹木群先頭における樹木前面の流速分布より求めた平均流速を用いたものの2種類より求めた。この結果を図-5に示す。これより樹木の抵抗係数は1.5程度の値をとることが分かり、この値は一般的な樹木の抗力係数に比べると高い値を示す。これは、植生層内および植生層上、さらに水面近傍付近における造波に伴う各層での流れの相違から理想的な抗力係数は式(5)、(6)で示される。

$$F = F_U + F_L + D \quad (5)$$

$$F = \frac{1}{2} \rho C_{DU} A_U v_U^2 + \frac{1}{2} \rho C_{DL} A_L v_L^2 + \frac{1}{2} \rho C_{DW} A_W v_W^2 \quad (6)$$

F_U : 植生層上の樹木抗力 (N)、 F_L : 植生層内の樹木抗力 (N)、 C_{DU} : 植生層上の抗力係数、 C_{DL} : 植生層内の抗力係数、 C_{DW} : 造波抵抗係数、 A_U : 植生層上の樹木投影面積 (m^2)、 A_L : 植生層内の樹木投影面積 (m^2)、 A_W : 造波抵抗部樹木投影面積 (m^2)、 v_U : 植生層上の平均流速 (m/s)、 v_L : 植生層内の平均流速 (m/s)、 v_W : 造波抵抗部平均流速 (m/s)

しかし、ここでは造波による影響を考慮しない物として、植生層上の抗力係数を一般的に言われている円柱の抗力係数である1.2を代入し抗力を求め、その抗力を全体の抗力より引き植生層内の抗力とし、抗力係数の算定を行った。その結果を図-6に示す。それよりh10において抵抗係数は2程度となるがh15において抗力係数が4程度と非常に高い値をとることがわかる。これは、図-7に示す水位の変化もCASE-4はCASE-2と比べて樹木による造波が大きいためと考えられる。従って、樹木の抗力係数を水面近傍での造波、植生層上、植生層内に分け検討を行う事が望ましい。

6. まとめ

- ① 植生を有する樹木群の抗力係数は1.5程度の値を示すことが分かった。
- ② 樹木群における抗力係数の算定にあたり、樹木を有することによる造波の影響を考慮する必要がある。したがって水面近傍での造波、植生層内、植生層上の各抗力係数をそれぞれの評価が重要である。

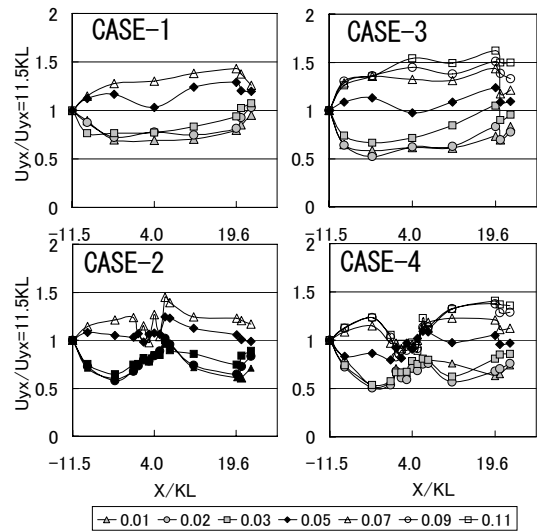


図-3 流下方向における流速分布

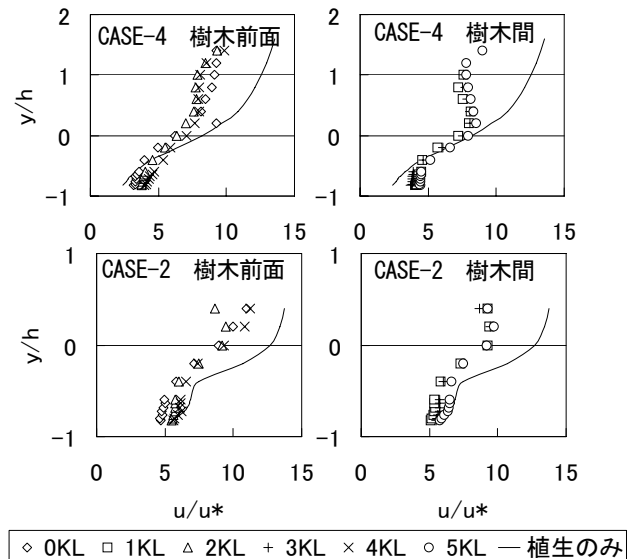


図-4 樹木群の流速分布の比較

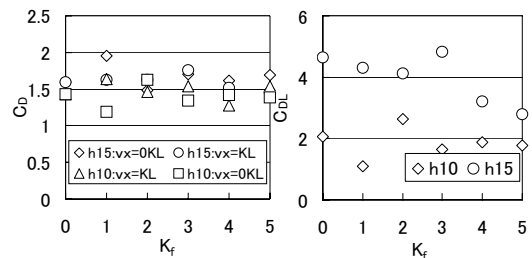


図-5

C_D の流下方向変化

図-6

C_{DL} の流下方向変化

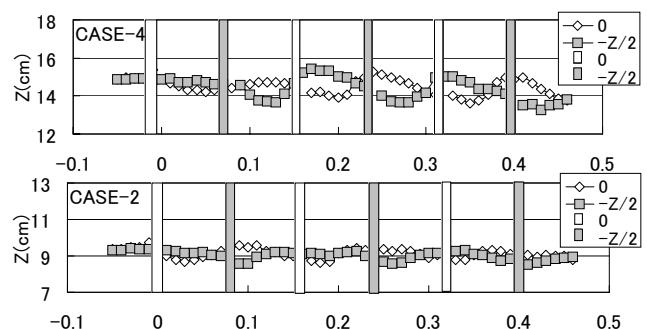


図-7 流下方向の水位の変化