

透過係数に及ぼす樹木群配置と水理量の影響に関する実験的検討

日本大学大学院 学生会員 ○高柳 則人
日大工学部 正会員 長林 久夫

1. 背景・目的

河道内の草木類が河川環境に果たす役割は大きくなっている。しかし、治水上からは樹木の計画的な管理が求められ、平面二次元解析が多く行われている。この解析は、二次元浅水モデルを基本とし、式(1)に示すように、樹木の抗力を取り込んで運動方程式を構成している。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial s} + v \frac{\partial u}{\partial n} + \frac{uv}{r} = -g \frac{\partial H}{\partial s} - \frac{\tau_s}{\rho h} + 2 \frac{\partial}{\partial s} \left(\varepsilon \frac{\partial u}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial n} \left(\varepsilon \frac{\partial u}{\partial n} \right) - \frac{g}{\kappa_s^2} u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (1)$$

$$\kappa_s = \sqrt{\frac{2g}{\lambda C_D}} \quad (2) \quad C_D = \frac{2g}{\lambda K_s^2} \quad (3)$$

$$\lambda = Na / (Ah) \quad (4)$$

ここで、s, n: 縦横断方向にとった座標軸、u, v: s, n方向の流速、h: 水深、H: 水位、γ: 曲率半径、τ: 河床せん断力である。C_D: 樹木群抗力係数、N: 樹木数、a: 樹木一本の投影面積、A: 繁茂面積、h: 樹木水深(樹木が水没しないときは水深、水没するときは樹高)である。

透過係数の決定には式(2)~(4)を用いる。しかし河道内は多種多様な草木類の分布が存在するため、植生の透過係数の決定には、解析の結果からの推算によることが多い。本研究は下草を有する樹木の透過係数の評価の検討を行うことを目的として、透過係数と抗力係数に及ぼす樹木配置と水理量の影響について検討を行った。

2. 実験概要

実験には、全面木製の水路を使用し、水路下流端には等流調整用の堰上げ板が設置した。図-1のように実験水路の上流から6.9mの地点より2.7mを下草区間とし、下草を換算直径d=0.00171m、幅l=0.025m、高さh=0.05mになるように水路床全幅にわたって設置した。その下草設置区上流から1m地点より0.4mを樹木区間とし、直径D=0.01mの木製の円柱を図-3に示すように正三角形の千鳥状に配置した。下草内、樹木群内流速分布の測定には、ケネック社製電磁流速計(VM-801H)を用いて計測した。円柱の抗力の測定には、三計エンジニアリング社製の二分力計(LB25-100、定格1N荷重)を用いて測定を行った。実験は表-1に示す11ケースとした。

3. 下草を有する樹木群の流速特性の検討

各地点の流速に対する植生前面の流速比を図-4に示す。

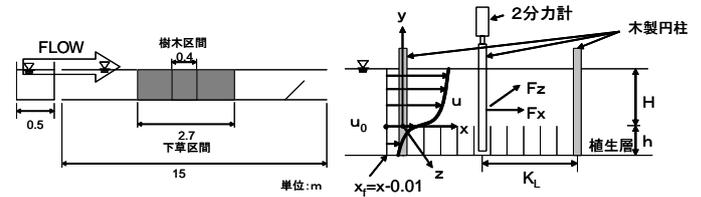


図-1 実験水路の概要 図-2 円柱群配置間隔

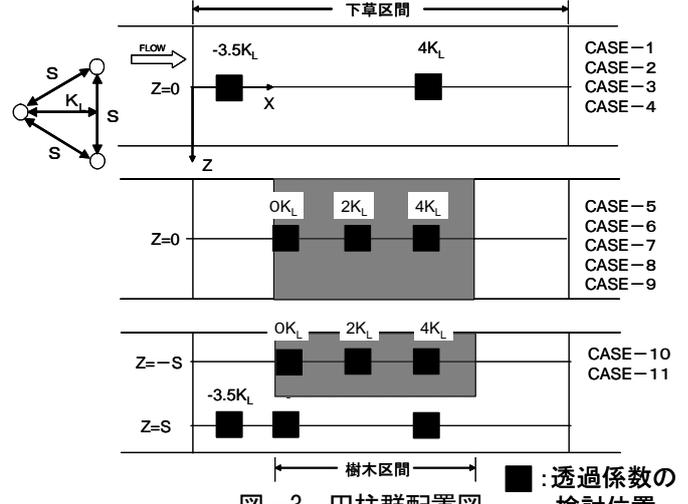


図-3 円柱群配置図

表-1 測定水理量一覧

実験条件	水路勾配	B(m)	H+h(m)	H(m)	Q(m ³ /s)	v(m ² /s)	Re数	Fr数	備考
CASE-1	i400	0.5	0.099	0.049	0.0159	0.322	31700	0.327	下草のみ
CASE-2	i400	0.5	0.151	0.101	0.0341	0.453	68200	0.373	下草のみ
CASE-3	i1000	0.5	0.100	0.050	0.0114	0.227	19900	0.228	下草のみ
CASE-4	i1000	0.5	0.150	0.100	0.0250	0.334	43900	0.276	下草のみ
CASE-5	i400	0.5	0.054	0.054	0.0044	0.163	6875	0.225	下草+樹木
CASE-6	i400	0.5	0.098	0.048	0.0153	0.313	30600	0.319	下草+樹木
CASE-7	i400	0.5	0.150	0.100	0.0303	0.406	60600	0.335	下草+樹木
CASE-8	i1000	0.5	0.100	0.050	0.0081	0.182	13800	0.164	下草+樹木
CASE-9	i1000	0.5	0.150	0.100	0.0188	0.250	31200	0.207	下草+樹木
CASE-10	i400	0.5	0.098	0.048	0.0149	0.303	27600	0.309	下草+樹木(半)
CASE-11	i400	0.5	0.149	0.099	0.0303	0.406	60100	0.336	下草+樹木(半)

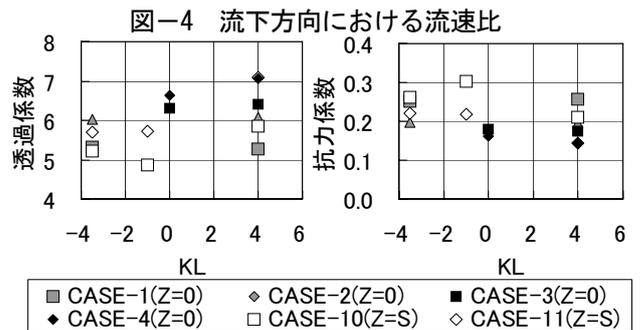
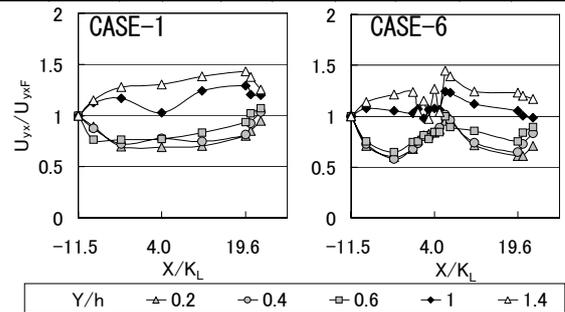


図-5 下草領域における透過係数および

換算抗力係数の変化

CASE-1 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。CASE-6 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ため流れの均一化が生じる。

4. 植生層を有する透過係数の検討

式(2)~(4)を用い透過係数を算出した。下草領域における面積密度には、下草の高さを用いた。樹木領域では樹木と下草が混合して存在しているため、両方を合わせた仮想円柱を算出し、面積密度とした。

下草層の透過係数および換算抗力係数を図-5 に示す。透過係数は、CASE-3、4 が他に比べて大きい値であり、流速係数 U/U_* に依存している。また透過係数より評価された換算抗力係数はかなり小さい値でした。

樹木領域における透過係数および換算抗力係数を図-6 に示す。樹木群内の透過係数は、CASE-7、11 と CASE-5 を比較してみると水深の違いが、そのまま透過係数や抗力係数の違いとなっている。換算抗力係数は水深5cmの場合には単円柱に近い値をとっている。しかし他の場合は低い値を示し、全水深を用いた評価は妥当とはいえず、下草層内と層上を分離して評価する必要がある。

5. 樹木群の抗力係数の検討

力計より求めた樹木群の抗力係数とRe数との関係を図-7 に、Fr数との関係を図-8 に示す。これよりCASE-10 ののぞき、Re数の増加に伴った減少傾向を示す。Fr数の場合も同様な傾向を示す。CASE-10 (Z=0. -5) の流速分布を図-9 に、CASE-10 と同様な実験条件であるCASE-6 を加えた抗力係数の流下方向の変化を図-10 に示す。CASE-10 は C_D が1.1~2.1程度に変化し、変動の幅が非常に大きい結果となった。CASE-10 の1KLの流速分布は前方の樹木によって排除された加速効果により、水面付近で最も早い事から、抗力係数は小さな値を示す。

また抗力係数がもっとも大きい値を示した3KLや5KLにおいて、流速分布は前方にある円柱の影響により一様化しているが、下草の影響により平均流速が低下するため、抗力係数が増加した物と考えられる。

5. まとめ

本研究において透過係数は下草層内のみで評価を行う。

下草層を有する樹木群の抗力係数は下草層の影響により平均流速が低下するため一様流体中の抗力係数により大きい値をとることがわかった。

下草層を有する樹木の透過係数は上下をわけて評価すべきである。

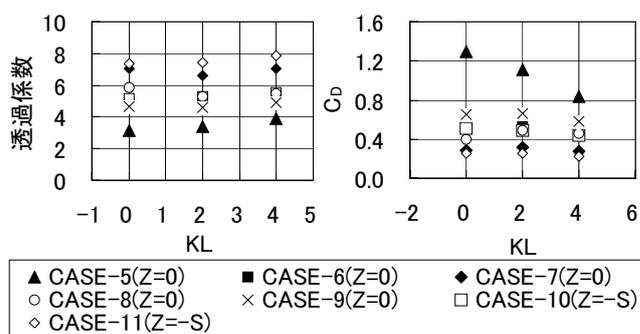


図-6 樹木領域における仮想円柱の透過係数および換算抗力係数の変化

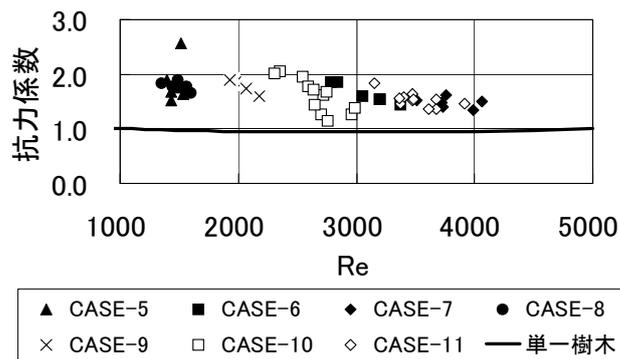


図-7 樹木領域の抗力係数と Re 数の関係

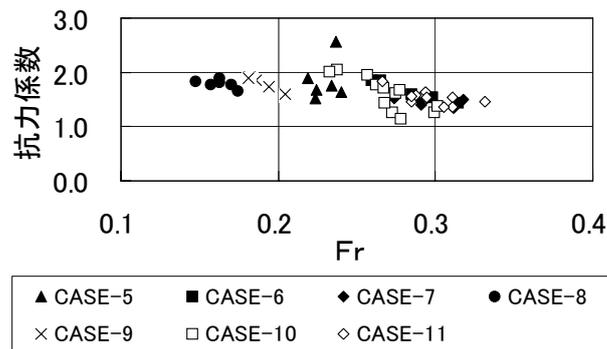


図-8 樹木領域の抗力係数と Fr 数の関係

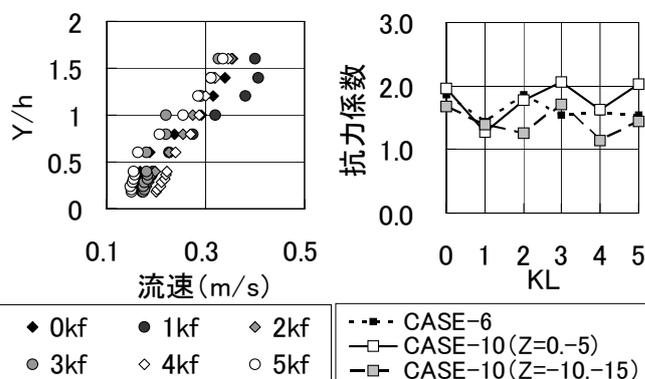


図-9 CASE-10 (Z=0. -5) における流速分布 図-10 抗力係数の流下方向の変化

参考文献

1)財団法人リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き、山海堂出版