

II-179

局所的高水敷樹木群を有する複断面開水路流の水利特性

名古屋工業大学 学生会員 大沼 保仁

名古屋工業大学 正 会 員 富永 晃宏

名古屋工業大学 正 会 員 長尾 正志

1. まえがき 近年、自然豊かな川づくりに対する社会的要請は極めて強いものとなっており、水害がなく美しい景観を持つ多自然型川づくりの試みが全国的に展開されている。そこで本研究では、実河川における高水敷への植樹および区域伐採・間伐の指針となるものを確立することを目的とし、複断面開水路における高水敷樹木群の局所的配置形態と密度の違いが水位や流動に及ぼす影響を実験的に検討するとともに、数値計算による予測を試みた。

2. 実験条件 実験水路は長さ13m、幅60cmの勾配可変型開水路で水路両岸に幅20.6cm、高さ5.9cmの木製の高水敷を設置して対称複断面とし、勾配は0.001に固定した。樹木群模型として、幹部分のみの樹木群を対象とした直径3.5mmの釘と、葉の部分も含めた透過度の小さい樹木群を対象とした直径3.6cm、透過率0.50の円筒状のヘアカーラーの2種類を用いて、上流から4m～9mの5m区間と6.70m～7.30mの60cm区間の2通りの流下方向設置区間を基本として、流下方向に7.2cm間隔、横断方向に3.6cm間隔で設置した。流速計測は、ピトー静圧管で上流より7m地点のみ計測したケースと、電磁流速計で上流より6.40mから7.90mまでの間を30cm間隔で6断面計測したケースの2種類行い、サンプリング周波数100Hzで41秒間採取したデータについて解析した。また、水深はデジタルポイントゲージで計測した。

3. 実験結果 <水面形> 図-1にカーラーのケースの水面形を示す。樹木群の上流では堰上げられ、樹木群区間で急な減少が起こっている。さらに注目すべき点は、兩岸に樹木群があるケースで、上流の堰上げが著しく増大し、樹木群区間の水面勾配が5m区間にわたり設置したケース¹⁾よりも水位が大きくなることである。また、カーラー列区間の急激な水深の減少により下流水深までも減少している。釘のケースは、釘列区間上流部では堰上げられ水面勾配が小さくなり、釘列区間の水面勾配は5m区間に設置したケース²⁾よりも大きくなった。以上より樹木群区間が短い場合でも水位上昇に及ぼす影響は大きいことが明らかになった。

<主流速コンター> 図-2にCS2の主流速コンターを示す。樹木群区間より上流においては流速が横断方向に一樣で、樹木群によって貯留された状態を示している。樹木群区間では、高水敷低水路境界部において強い横断方向せん断力が形成され、樹木群の低速流が低水路内へ流れ込み、流下するにしたがってしだいに低水路中央まで減速し、低水路下部において最大流速が現れるようになる。この影響はかなり下流にまで及んでいる。このことは底面せん断応力の増大を意味し、低水路の安定上問題となる。

<2次流ベクトル図> 図-3にCS2の2次流ベクトル図を示す。樹木群上流端では、樹木群側からの流出が低水路側壁下部に巻き込む形で流れている。樹木群中間部では、低水路内で顕著な縦渦が形成されており、低水路側壁付近で大きな上昇流が見られる。樹木群区間下流では、低水路下部での2次流が顕著になり、樹木群背後の高水

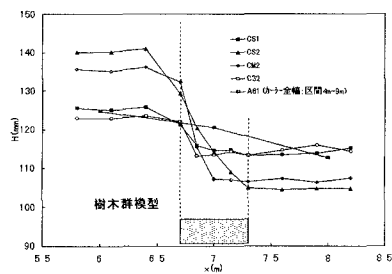
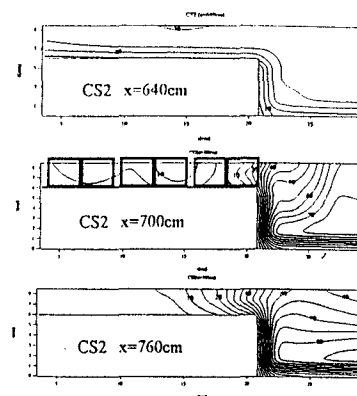


図-1 樹木群が一部区間の水面形

図-2 主流速 u のコンター図

敷きへの流れ込みがある。

4. 数値計算 x 軸方向(流下方向), y 軸方向(横断方向)の樹木群の形状抵抗と2次流の影響を考慮した運動方程式及び連続式は, 次式のように表される。

$$\begin{aligned}\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uM) + \frac{\partial}{\partial y}(vM) &= -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} - F_x h - h \frac{\partial}{\partial y} \overline{u'v'} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uN) + \frac{\partial}{\partial y}(vN) &= -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} - F_y h - h \frac{\partial}{\partial x} \overline{u'v'} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0\end{aligned}$$

ここに, $M = uh$, $N = vh$, $H = h + z$, u : 流下方向水深平均流速, v : 横断方向水深平均流速, z : 河床高, h : 水深, ρ : 水の密度, τ_{bx}, τ_{by} : x, y 方向底面せん断応力, $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: 水深平均されたレイノルズ応力, $F_x = \frac{1}{2} C_D \beta \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u$, $F_y = \frac{1}{2} C_D \beta \sqrt{u^2 + v^2} \cdot v$: 水深平均された樹木群の抗力, $\overline{u'v'}$: 2次流による横断方向運動量輸送である。これらをスタッガード格子を用いたコントロールボリューム法で離散化し, SIMPLE 法によって解く。複断面水路の場合, 2次流の運動量輸送効果が大きく, これについては富永³⁾の実験結果をモデル化して与えた。釘では $C_D \beta = 0.20$, カーラーでは $C_D \beta = 50.0$ とした。レイノルズ応力は渦動粘性モデルで与え, $\nu_t = \gamma_0 h u_*$ とし, $\gamma_0 = 0.14$ としている。

図-4にCS2の流下方向水面形の計算結果と実験値の比較を示す。全体的にやや過大評価されているが, 水面形の分布傾向はかなりよく再現され, 樹木群設置区間での水面勾配は実験値にほぼ一致し, 樹木群の形状抵抗の評価が妥当であったといえる。しかし, 下流端水深を固定した場合, 実験で見られた樹木群下流の水位の増加が再現できず, 結果的に上流側の水深も一致しなくなる。この点は, 複断面水路の水面形の問題とともに検討する必要がある。図-5にCS2の水深平均流速横断分布の計算値と実験値の比較を示す。樹木群下流側の低水路内で流速がやや遅くなるという傾向があり, 2次流の影響と考えられるが, 全体的にはかなり再現性が高く, 実河川スケールのシミュレーションにも十分対応できる。

5. おわりに 高水敷上に種々配置された樹木群が洪水流に及ぼす影響について, 水位及び流れ構造の面から比較・検討を行い, 配置の違いによる水理特性の変化が明らかになった。流下方向の樹木群区間が短い場合でも, 水位及びその流れ構造に与える影響が非常に大きくなった。また, このような複断面河道の数値シミュレーションがある程度可能となった。

<参考文献> 1) 黒川ら, 土木学会 年報, pp.564-565, 1995

2) 富永ら, 水工学論文集, pp.477-482, 1995

3) 富永ら, 土木学会論文集, vol.417, pp.287-296, 1990

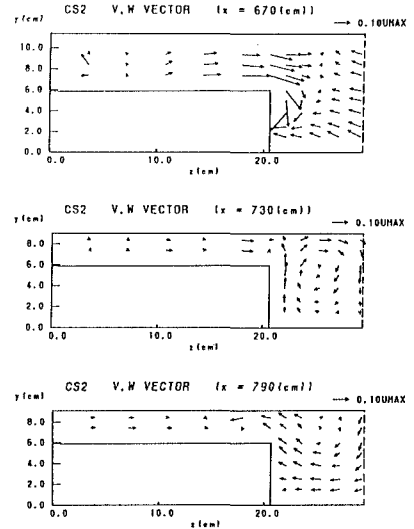


図-3 (v,w)流速ベクトル図

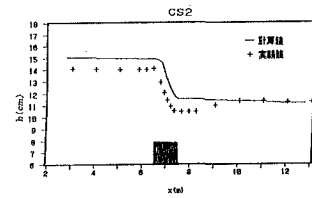


図-4 流下方向水面形の計算結果と実験値の比較図

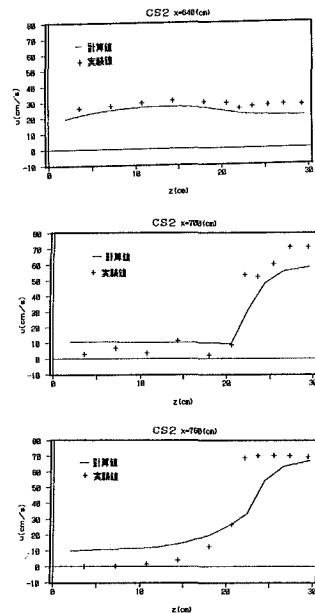


図-5 水深平均流速の横断分布図