

高水敷に繁茂した樹木帯の水理的影響

名古屋工業大学 学生員○黒川 有一

名古屋工業大学 正 員 富永 晃宏

名古屋工業大学 学生員 鈴木 徹也

1, まえがき 高水敷上の樹木の存在は、洪水時の流れの疎通能や、低水路の流動へ大きな影響を及ぼす。その影響は、樹木群の配置や形状により異なると思われる。したがって、河川を管理する上で、樹木群の適切な配置を計画することが必要である。密生度の高い樹木群内の流れは著しい低速域となり、運動量交換により周辺部の速い流れを減速させる。この場合、樹木群と流れの境界面に生じるせん断応力を考慮して抵抗を評価するとともに、流れ構造に及ぼす影響を明きらかにする。

2, 実験装置および方法 実験水路は、長さ13m、幅60cmで水路両岸に幅20.6cmの高水敷を設置し水路勾配を0.001と固定した。枝葉の茂った樹木を模擬するために、直径3.5mmの釘に直径3.2cm、長さ6.5cmの円筒状のヘアーカーラーをかぶせたものを用いた。このヘアーカーラーは表面が網目状で、網目の透過率は0.45である。横断方向にこれを2個並べたものを1セットとし、流下方向に7.2cm間隔で、高水敷の外側（側壁側）2列、4列、6列（高水敷全幅）と内側（低水路側）2列、中央2列の5通りの樹木群模型とし、上流から4mから9mまで5m区間にわたって両高水敷に対称に設置した。また、密生度の違うケースとして上のカーラーの中に直径2cmのカーラーをいれ、透過度を低くした実験も行った。流量は10 l/sとし、上流より7mの位置で計測した。主流速はピトー静圧管と差圧トランデュサーを用いて計測し、特に運動量交換が激しいケースについては2成分電磁流速計を用いて横断方向流速と鉛直方向流速を計測した。

3, 実験結果と考察 流速計測位置における水位流量曲線を図-1に示す。内側2列の場合が最も水位が大きくなる点が注目すべきである。これは、高水敷全幅にわたる樹木群よりも大きくなり、平均的には、樹木列数に比例して水位が増大した釘だけのケース¹⁾とは大きく違っている。この原因は、後に述べるように内側2列の場合に発生する大規模渦による周期的な混合によるものと考えられる。外側2列と外側4列、6列と中2列は、ほとんど同じ水位である。また、カーラーを二重にした場合と一つの場合では水位に与える影響はほとんどなかった。

図-2に水深平均流速を示す。主流速は、鉛直変化は少なく、横断的变化が支配的であるため水深平均流速の横断分布特性を検討する。樹木群内の流速はかなり遅く、釘だけの場合に比べて横断方向の流速が著しく大きくなっている。外側2列、外側4列、6列を比較した場合では、この順に境界部の横断方

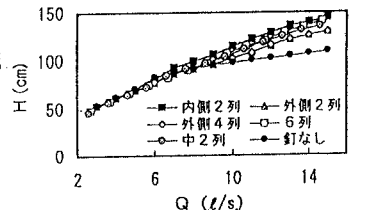


図-1 水位-流量曲線

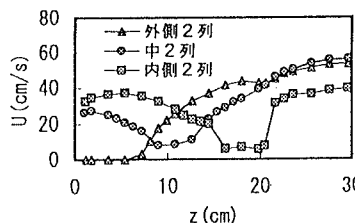
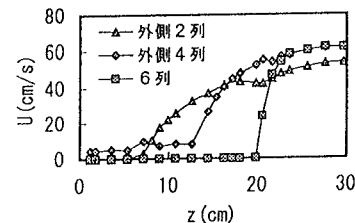


図-2 水深平均流速

向流速勾配が急になっている。同じ2列で比較すると、内側2列の両側での勾配が急であり釘のみの場合と同様に高水数流速が低水路流速と同様になる。

＊境界面せん断応力についての評価方法＊ 実験水路断面を高水数・低水路境界面、樹木群境界面により分割し、各境界面を通しての流れの運動量交換によるせん断応力を評価する。それその分割断面で次式によりせん断応力を求める。

$$\frac{n_i^2 u_i^2}{R_i^{1/3}} S_i + \sum \frac{\tau S_v}{\rho g} = A_i I_e \quad \text{ここに } n: \text{粗度係数（ここでは0.009を使用）} \quad u_i:$$

流速 R_i : 径深 S_i : 壁面摩擦の働く潤辺 S_v : 運動量交換が行われる潤辺 A_i : 断面積 I_e : エネルギー勾配

また、運動量交換によるせん断応力 τ は、 $\tau = \rho f (\Delta u)^2$ と表される。 Δu は境界に接する隣の面の断面との流速差、 f は境界混合係数と呼ばれ、境界部での流体混合の大きさを表すパラメーターである。図-3に分割断面および記号の説明を示す。

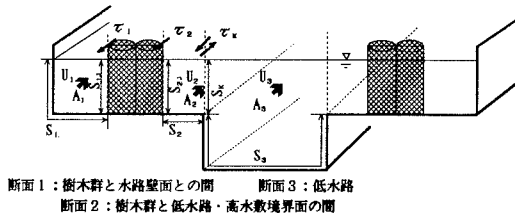


図-3 分割断面及び記号説明図

せん断応力は、内側2列と6列がほぼ同じで最も大きく、外側4列と中2列もほぼ同じで外2列が最も小さかった。 f の値は、福岡らの得た値²⁾よりも大きくなり、特に中2列および内側2列が他のケースよりもかなり大きな値となった。これは流速差に比べて大きなせん断応力が発生することを意味し、樹木群内と外部の間に大規模渦による周期的混合が起こるためと考えられる。この渦は、染料による可視化からも観測できた。また、乱れ強度については、内側2列、中2列は他の2～3倍の大きさになりこのことを裏付けている。

図-4は6列と内側2列の高水数・低水路境界面中央の変動流速 u のスペクトル分布図である。内側2列の場合に周波数0.5付近が突起しており周期2秒の渦の存在が明きらかである。

4. あとがき 高水数に存在する葉が繁茂した樹木群は、その内部の流れはほとんどなく流量の疎通能力は期待できず流水断面積を減少させ、主流との境界面では横断方向に大きな抵抗となる。特に、樹木帯が低水路側に存在する場合は大規模渦運動により著しく運動量交換が活発になり抵抗が増大し水位の予想外の増大を招くため注意が必要である。

<参考文献> 1) 富永ら：水工学論文集、第39巻、pp.477-482、1995

2) 福岡ら：土木学会論文集、No.447/II-19, pp.17-24, 1992

計算結果を表-1に示す。

表-1 せん断応力と境界混合係数

CASE名	τ_1	τ_2	τ_3	f_1	f_2	f_3
外2列一重	—	0.0470	0.0621	—	0.061	0.137
外2列二重	—	0.0624	0.0817	—	0.089	0.190
外4列一重	—	0.1021	0.0115	—	0.083	0.305
外4列二重	—	0.1314	0.1485	—	0.104	0.457
6列一重	—	0.2475	—	—	0.078	—
6列二重	—	0.2809	—	—	0.089	—
内2列一重	0.0784	0.2381	—	0.165	0.294	—
内2列二重	0.0829	0.2574	—	0.134	0.261	—
中2列一重	0.0168	0.1423	0.1594	0.15	0.407	0.407
中2列二重	0.0235	0.1544	0.1750	0.147	0.360	0.316

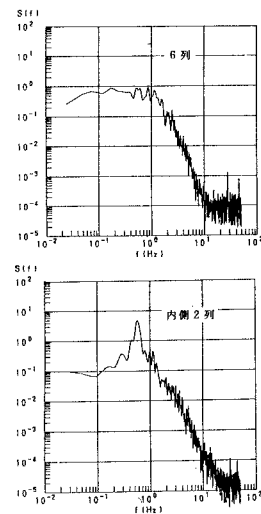


図-4 流動流速 u のスペクトル分布図