

II-185

洪水流に及ぼす高水敷樹木群配置の影響とその数値計算

名古屋工業大学	学生員	○鈴木	徹也
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
静岡県		村松	晴美

1. はじめに 河川空間の有効利用と生態系の保全に際して、河道内、特に高水敷の樹木の取り扱いが問題となる。福岡、藤田¹⁾は樹木群の抵抗の見地から、富永²⁾は複断面の高水敷粗度の見地から、それぞれ研究を行っているが、本研究では、複断面開水路における高水敷樹木群の配置が洪水流の水利特性に及ぼす影響を実験的に検討すると共に、高水敷樹木群を含めた横断方向のせん断を伴う開水路流の数値計算を試みたものである。

2. 実験方法及び条件 実験水路は、長さ13m、幅60cmで水路両側に幅20.5cm、高さ5.9cmの木製の高水敷を設置し対称複断面とし、勾配は0.001に固定した。樹木群模型として、直径3.5mmの釘を、横断方向に3.6cm間隔、流下方向に7.2cm間隔で図-1のように配列した。釘列は上流から4m～9mまでの5m区間にわたり両高水敷に対称に設置し、計測位置は上流より7mの位置に設けた。また、流量は10.4l/sと18.7l/sの2通り流した。

3. 実験結果 図-2に水位流量曲線の一部を示す。釘2列のケースで比較すると、外側、中央、内側の順に水位が大きくなることが分かる。図-3に主流速コンター図を示す。釘列内はいずれも25～30cm/sの流速まで減速され、KT10では、低水路水面付近が減速される。これとMT10では側壁と釘列の間に高速な流れが存在し、釘列の両側にせん断層が形成される。OT10では、低水路内はほとんど変化せず、高水敷肩部分で若干高速になる。

4. 数値計算法 定常な等流の流れ方向のレイノルズ方程式を水面から河床まで積分すると、次の横断方向河床高さや粗度に変化する開水路等流の基礎方程式が得られる。

$$\frac{d}{dz} \left(E_{xz} h \frac{d\bar{U}}{dz} \right) + g h I_e - U_* - D - A_w = 0 \dots \dots (1)$$

ここに、 E_{xz} は水深平均横断方向渦動粘性係数、 $\bar{U}$ は水深平均流速、 h は水深、 I_e はエネルギー勾配、 U_* は摩擦速度、 A_w は二次流による移流輸送項、 D は樹木形状抵抗である。また摩擦速度は、マニング式から次式で表される。

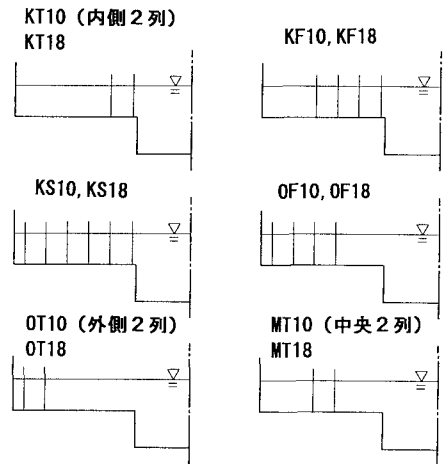


図-1 釘配列図

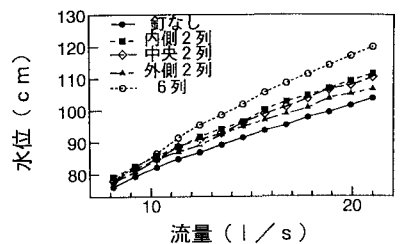


図-2 水位流量曲線

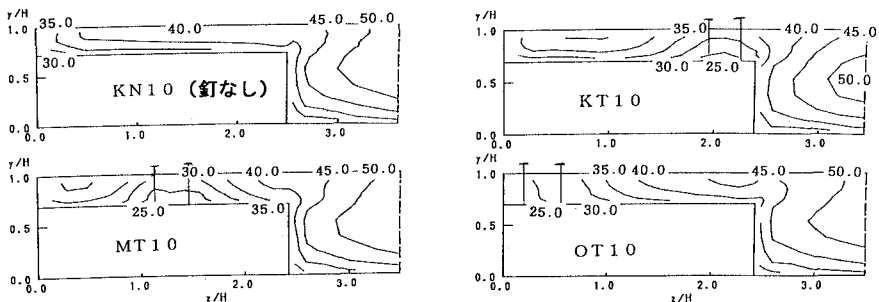


図-3 主流速コンター図

$$U_*^2 = gn^2 \bar{U}^2 / h^{1/3} \dots \dots \dots (2)$$

これらを $\bar{U}$ について、コントロールボリューム法によって離散化する。側壁の境界条件として、水深平均流速の対数則の成立を仮定した。 E_{xz} は、摩擦速度及び水深に依存する部分に加えて、パラメータの中に横断流速勾配の影響を取り入れ、次のように表した。

$$E_{xz} = \lambda_0 U_* h + \lambda_1 h^2 (d\bar{U}/dz) \dots \dots \dots (3)$$

また、側壁近傍では放物線によって減衰させた。樹木群の形状抵抗については、樹木群と見立てた釘一本あたりの効力Dを次式で与える。

$$D = (1/2) \rho C_D \beta dh \bar{U}^2 \dots \dots \dots (4)$$

ここに、 ρ は流体の密度、 d は釘の直径、 C_D は効力係数、 β は密度パラメータである。この効力Dを含めたコントロールボリュームに働く力のつり合いから、樹木群の形状抵抗を評価した。マンニングの粗度係数については、全ケースに平均的にもっとも一致するように定めた。 A_w については、高水敷粗面の場合は無視できることが示されており²⁾、ここでは高水敷粗度及び樹木群を有する複断面水路を対象とするため無視することとした。 E_{xz} における定数は、従来の研究成果を考慮しながら実験値に一致するように、 $\lambda_0 = 0.40$ 、 $\lambda_1 = 0.01$ の一定値を与えた。

5. 計算値と実験値との比較 【水深平均流速分布】図-4～6にKT10、MT10、OT10の水深平均流速の計算結果を示す。樹木群内部の流速は大部分のケースにおいて一致しており、形状抵抗の評価は妥当であったといえる。また、樹木群の位置の変化による全体の流速分布の変化よく再現されている。しかし、低水路及び高水敷肩付近にかけての計算値が過大となり、高水敷側壁側が過小となる傾向が認められた。これらの原因としては、低水路における上層部の急な減速効果や、混合形態の変化に対する渦動粘性係数の増加が考えられる。【底面せん断応力分布】図-7～8にKN10とKT10の底面せん断応力分布を示す。接合部や横断分布の傾向はうまく再現されている。特にこのケースでは、樹木群の堤防側のせん断応力が、低水路中央の値と同程度まで大きくなるという注目すべき特徴を予測している。

6. おわりに 本研究の実験において、高水敷樹木群を有する複断面開水路の水利特性が明らかになり、数値計算において、樹木群内部の影響を妥当に再現することができた。しかし、数値計算での渦動粘性係数は、樹木群が存在する場合に大規模な水平混合が起こることが指摘されており、今後検討の余地があろう。なお本研究は、河川環境管理財団の補助を受けて行われた。記して謝意を表します。

《参考文献》

- 1) 福岡, 藤田『洪水流に及ぼす河道内樹木群の水利的影響』土木研究所報告書, 180の3 1990.5
- 2) 富永『複断面開水路の乱流構造に及ぼす高水敷粗度の効果』水工学論文集, 第37巻 1993.2

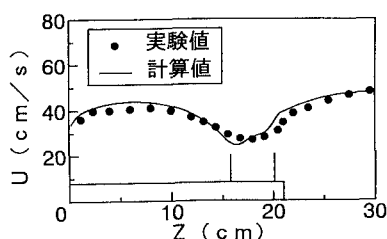


図-4 水深平均流速横断分布(KT10)

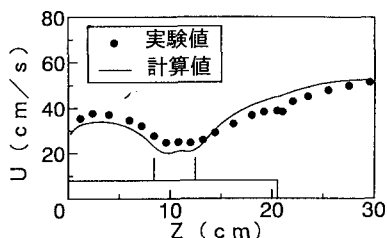


図-5 水深平均流速横断分布(MT10)

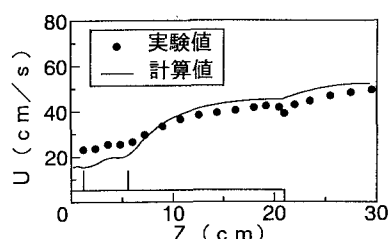


図-6 水深平均流速横断分布(OT10)

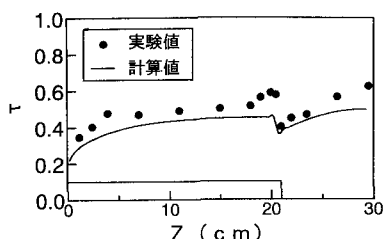


図-7 底面せん断応力(KN10)

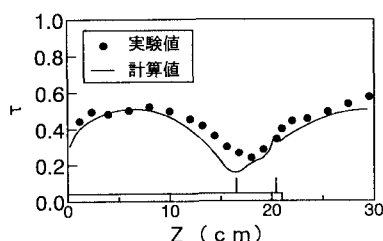


図-8 底面せん断応力(KT10)