

II-11 気流計測に基づく樹林帯の水流抵抗評価法

徳島大学大学院 学生員 ○山口 義人 徳島大学工学部 正会員 岡部 健士
(株) 大本組 正会員 吉村 毅 徳島大学工学部 正会員 梅岡 秀博

1. はじめに 近年、植生を伴う河床上的流れに関する実験的研究が数多く行われているが、実河川での現象に関しては、洪水発生時における詳細な水理観測の困難さのために比較資料が皆無の状態であり、信頼性の裏付けが全くされないという問題がある。そこで、本研究では樹木群落を通過する気流（自然風）の計測はさほど困難ではないことに注目し、その計測資料から水流である洪水流に対する樹木群落の抵抗特性量を推定する手法を検討した。

2. 実験内容 本実験では、長さ約7m、幅0.42m、高さ0.32cmの風洞に図-1のような直立した樹幹部と流れによって撓んだ枝の樹冠部を持つ樹木を模した植生モデルを配置した。植生モデルは、直径0.4cmのアルミ管に外径0.16cmのゴムチューブを先端に着けた直径0.09cmの銅線を5本差し込んだのち、下流に60°折り曲げている。このような植生モデルを図-2の疎、密2種の千鳥状に配列した。

実験では、風洞下流端近くの等流区間および乱流境界層の数点において2成分熱線風速計を用い主流および鉛直方向の乱流計測を行った。気流条件は、配列メッシュでの植生モデル高さにおける流速値と樹冠部材の直径に基づく Reynolds 数が湯城・岡部ら¹⁾の水流実験のものとほぼ一致するように設定した。

3. 実験結果 図-3～6に、それぞれ気流実験および水流実験の結果より、Reynolds 応力・dispersive fluxの鉛直分布ならびに空間平均された主流方向流速の鉛直分布を示している。

各配列における応力分担と流速分布を示す。ここで、図中の曲線は見かけの河床せん断応力で無次元化されたレイノルズ応力であり、描点群はレイノルズ応力に dispersive flux を加えたものである。形状抵抗力および Reynolds 応力はそれぞれ $g \delta I_A$ および $gh \sin \theta$ で除して無次元化したものである。ここに、 δ =最大流速発生点の高さ； I_A =気体柱に換算された圧力水頭の勾配； h =開水路等流の水深。

まず、空間平均された主流方向流速の分布形についてみると、疎・密配列とも非常に良く

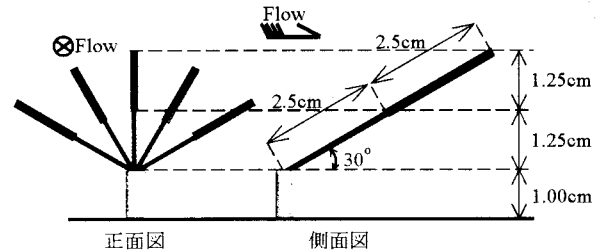


図-1 植生モデルの概要図

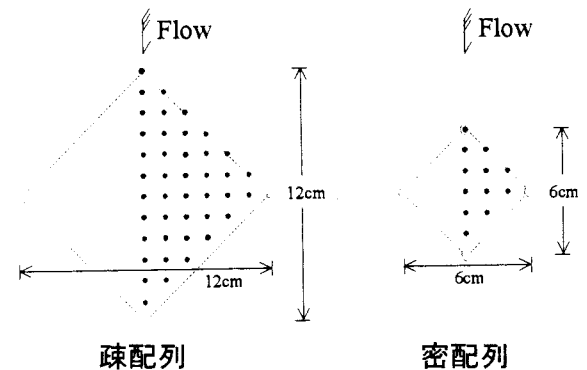


図-2 側線の配置様式

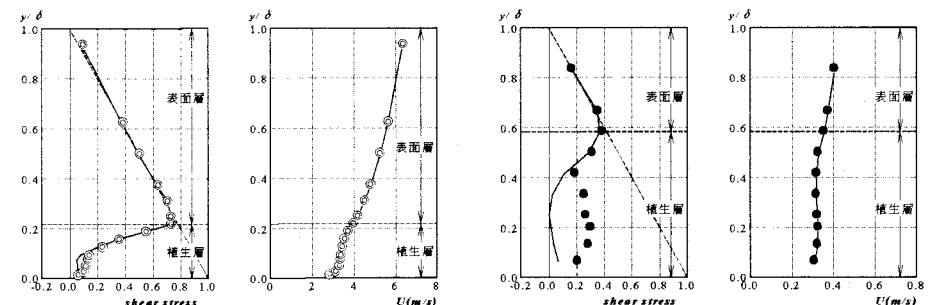


図-3 気流での応力分担と流速分布（疎配列） 図-4 水流での応力分担と流速分布（疎配列）

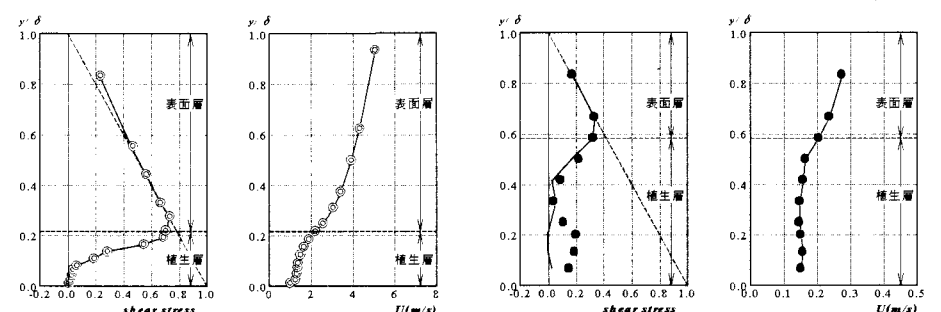


図-5 気流での応力分担と流速分布（密配列） 図-6 水流での応力分担と流速分布（密配列）

類似したものとなっている。すなわち、植生層の低位領域では底面の直上を除いて流速がほぼ一様で、植生層と表面層の境界付近ではtangent-hyperbolic型の変化傾向を呈したのち、表面層上位の流速に接続している。

つぎに、内部応力の構造について述べる。図より樹木模型の頂点より低い領域（植生層）では、いずれの実験においても応力分担の状況が高さによって複雑に変化している。Reynolds 応力は、樹木模型頂点から下位に至るにつれて急激に減少し、 $y/k=0.3$ (k ；樹木模型の高さ) のレベルになると気流、水流の区別なく、ほとんどゼロになっており、上述した主流流速の示す傾向（一様性）と符合する。一方、dispersive flux に関しては、気流と水流の場合での相違が明瞭である。すなわち、気流の場合には、植生層の全域において実質上ゼロになっているのに対して、水流の場合には、植生層の下半領域で10～30%程度の分担率を有している。このことから、もともと非常に困難な dispersive flux のモデル化を省略し、Reynolds 応力の中に入れてしまうという近似的な取り扱いも可能となるため数値計算を行う上では利点になる。

4. 数値計算の結果 数値計算は、清水ら²⁾が提案した標準 k - ε 乱流モデルの拡張型に基づく数値計算法を参考に、気流の境界層について行った。計算は2次元で行い、差分法を用いて基礎方程式を離散化した。計算格子は不等間隔直交格子を用い、変数配置は、圧力振動を抑えることができるスタッガード配置を用いた。ただし、流速・圧力以外(乱流エネルギーやReynolds応力など)は格子点上で変数を定義した。圧力解法にはHSMAC法を採用し、非線形項には3次精度風上差分(UTOPIAスキーム)、その他の空間微分項には2次中心差分を用いた。時間進行には2次精度Adams-Bashforth法を採用した。また、 C_{Dx} には実測値を、 k - ε モデルのモデル定数については岡部ら³⁾の設定を用いた。

以上のように得られた計算値と実測値を比較すると図-7のようである。図より、流速分布傾向をある程度良好にすることができた。今後、再現精度を高めるためにはdispersive fluxについて考慮する必要がある。

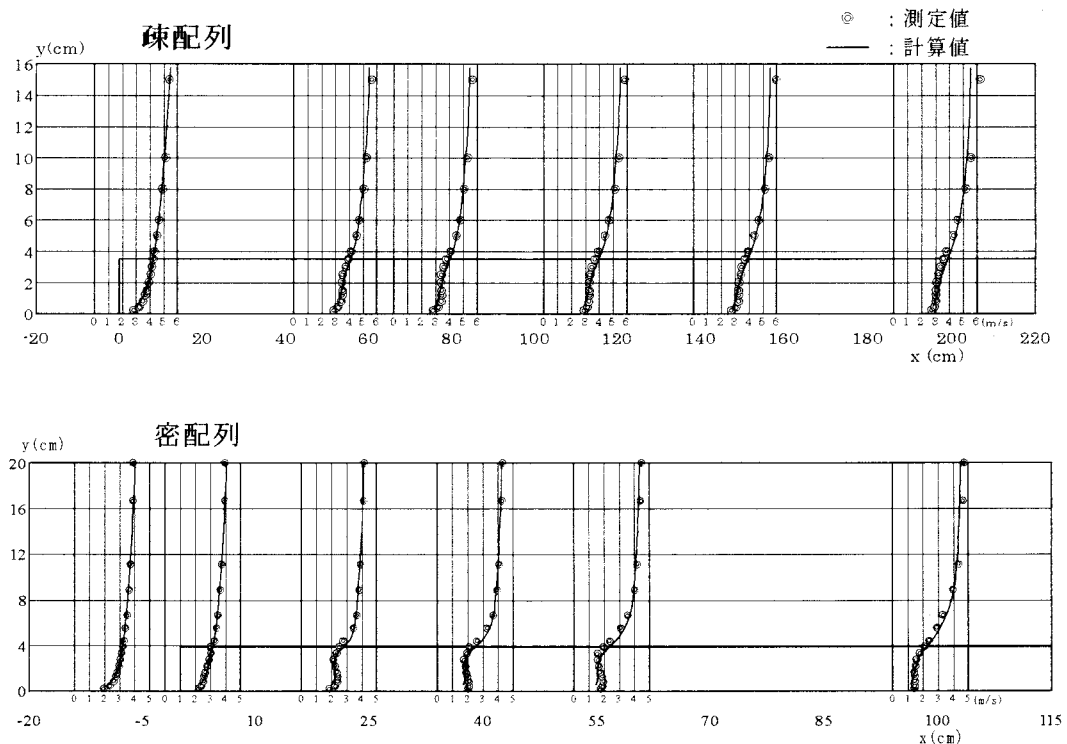


図-7 気流の計測結果と計算結果の比較

参考文献 1)湯城豊勝・岡部健士・濱井宣明：樹木状植生を持つ河床上の流れの乱流構造とその数値解析法，水工学論文集，第45巻，pp. 847-852，2001。 2)清水・辻本・中川：直立性植生層を伴う流れ場の数値計算に関する研究，土論集，No. 447/II 19，pp. 35-44，1992。 3)岡部健士・吉村毅・湯城豊勝・竹林洋史：樹木群落を伴う河床上の水流と気流の相似性と数値解法について，水工学論文集，第47巻，pp. 847-852，2003。