

Ⅱ-22 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

1. はじめに 近年、植生を伴う河床上の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. 計測概要 本計測では、吉野川・20.2km断面の下流側に広がるアカメヤナギ群落を対象地域とし、これらの樹木群落が抵抗して形成される新たな境界層の状況を、126.6mの範囲において4本の鉄製支柱に取り付けた多数のプロペラ式風速計で計測した。

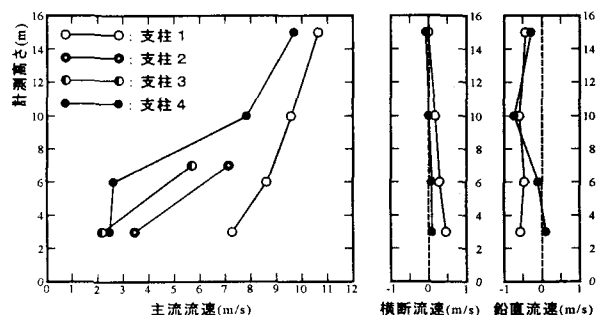
支柱1は、20.2km断面の左岸距離標を基点として、右岸距離標に向かって415.8m、断面直交方向・下流側に13.8m移動した位置に設定し、その下流に支柱2、3および4を42.2m間隔で配置した。それぞれの支柱の詳細を表一1に示す。

表一1 支柱の詳細

	支柱1, 4	支柱2, 3
支柱長さ(m)	15	7
計測高さ(m)	3,6,10,15	3,7
計測方向成分	主流, 横断, 鉛直	主流

3. 計測結果 現場で収録されたデータを以下の3段階の手順で有効データを抽出した。①支柱1の上から第1および4番目の測点の流速データのみ着目し、全てのデータセットの10分間について流速時系列線から、目視により2点双方で横断、鉛直方向流速が0.5m/s～1.0m/s以下程度であり、主流方向流速も安定しているデータセットを抽出。②①で抽出したデータセット（10分間）を2分の継続時間で見ても、支柱1および支柱4の上から第1番目の測点での鉛直方向流速成分 V_{11} 、 V_{41} の平均値が0.5m/s程度以下の時系列データセットを抽出。③②で抽出したデータセットについて支柱1および支柱4の上から第1番目の測点での主流方向流速成分 U_{11} 、 U_{41} および V_{11} 、 V_{41} の変動の相関関数曲線を描き、これらの流速ができるだけ顕著な長周期変動を含まないことや、2方向の流速変動の相互相関が類似した周期性を有することなどを基準にして抽出。

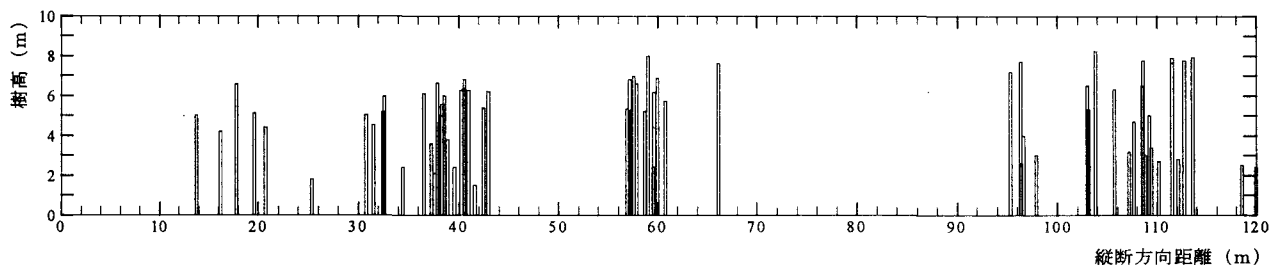
以上のようにして抽出されたデータ（2004年1月13日10:45）を図一1に示す。



図一1 時間平均流速の鉛直方向分布

4. 数値計算による抵抗特性の逆推定 計測でのデータをもとに、樹木群落の抵抗特性量である $C_D\lambda$ （植生密度 λ と樹木構成要素（幹、枝、葉）の形状抵抗係数 C_D の積）を逆推定することを試みた。

数値計算では、清水ら¹⁾が提案した標準 $k-\varepsilon$ 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、計算格子は不等間隔の直交格子とし、変数定義点の配置は、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。基礎式の離散化では、まず、運動方程式の時間進行を、2次精度のAdams-Bashforth法で行った。このとき、運動方程式の空間微分項の差分近似においては、非線形の移流項に3次精度風上差分であるUTOPIAスキームを適応し、その他の空間微分項には2次精度の中心差分を用いた。そして、圧力解法にはHSMAC法を採用した。

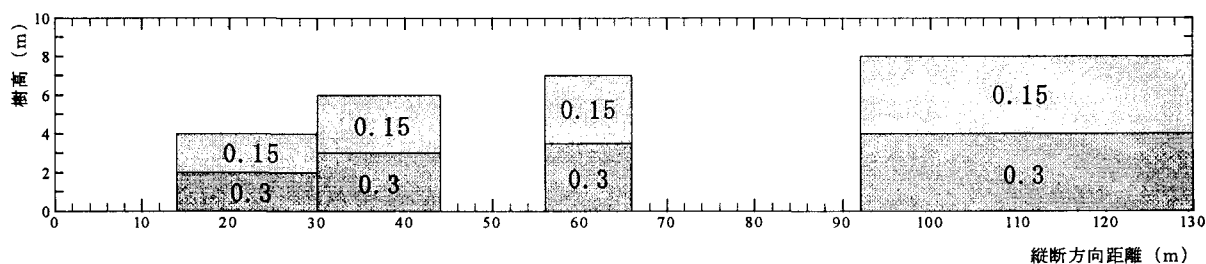


図一2 樹高分布状況

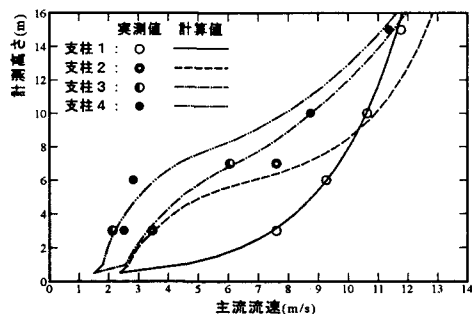
また、図一2は気流計測用支柱の配置線の左右5m以内に立地する樹木について樹高と支柱1からの縦断距離の関係を描いたものである。樹木の本数は場所によって著しく相違している。そこで、計算ではメッシュ構成に合わせて、0～14m、45m～55mおよび65～92mの区間には樹木が無いものとした。また樹木が存在すると考えられる14～30m、30～44m、55～66mおよび92m以上の区間については、それぞれ4、6、7および8mと設定した。

$k-\varepsilon$ モデルの標準型モデル定数 C_μ 、 C_1 、 C_2 、 C_k および C_ε は従来からの推奨値、それぞれ0.09、1.44、1.92、1.0および1.3を用いた。一方、 C_{fk} 、 $C_{f\varepsilon}$ については直立性の植生モデルのものより若干小さい値に設定するのが適当のようで、それぞれ0.06、0.15を与えた。

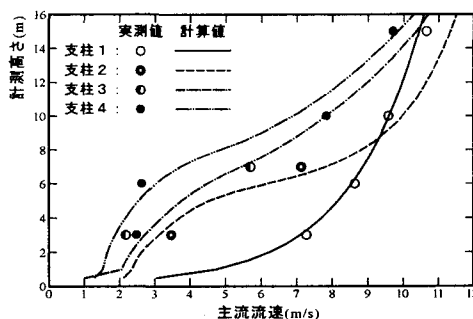
今回の逆推定の作業では、 $C_D\lambda$ は縦断的には先述した樹木の分布区間ごとに、鉛直方向には樹高を二分する領域程度で変化するものと割り切って、それを試行錯誤的な方法で推定した。最終的な結果は図一3に示す。また、図一4（2004年1月13日10:34）、図一5（2004年1月13日10:45）で主流方向流速の計算値と実測値を比較している。図より、流速分布傾向をある程度良好にすることができた。しかし、0.1オーダーの $C_D\lambda$ 値は、現地の樹木の密生度、主幹の数と平均径、樹帯要素について想定される C_D の値（1～2程度）などからみて過大な印象があり、ここで推定された $C_D\lambda$ 値は十分に信頼できるものとは言いがたい面がある。この原因の一つとして、今回の支柱設置点（とくに支柱2および4）が期せずして樹木密度が大きい場所の直下流に位置していたことを指摘しておきたい。今後は支柱の配置や計測高さの設定をどのような基準のもとに行うか、十分に検討しなければいけない。



図一3 樹木群落の流体抵抗特性の逆推定結果



図一4 流速の比較 その1



図一5 流速の比較 その2

参考文献 1) 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，土木学会論文集，No. 447/II-19，pp35-44，1992.