

東洋大学大学院 ○学生員 下村 充
 東洋大学大学院 学生員 鈴木 辰規
 東洋大学工学部 正会員 福井 吉孝

1.はじめに

環境保護の需要が高まり平成 9 年河川法が改正された。これによって、自然生態系の保全が考慮された再自然化が図られている。本研究は、開水路中に植生群を様々な形状で設置し、それらに作用する流体力の特性を数値解析し、実験値と比較する。植生が存在する開水路の流れ(植生流れ)の特徴は、植生内の遅い流れと植生外の速い流れ(主流)が互いに運動量を交換・混合することによって生み出される。植生は流れによって変形したり揺れたりするものだが、ここでは変形は無視できるものとする。

2.実験データ

実験データの概略を下に示す。実験水路は、流量 3.2(l/s)、勾配 1/1000、長さ 800cm×幅 B=10cm のアクリル製開水路で水路途中に直径 d=0.5cm の木製の円柱を用い植生群とした。実験水路概要を Fig.1 に、植生の配置型及び実験条件は Table-1 に示す。

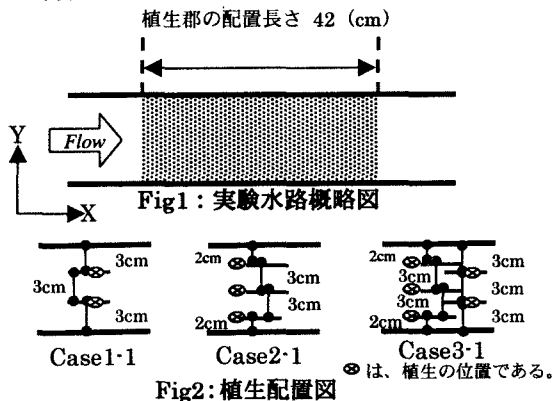


Fig2: 植生配置図

Case1-1, 2-1, 3-1 に加え、さらに下流 42cm の区間に植生を増やしていった植生群

流量 Q(l/s)	3.2
勾配 I	1/1000
円柱直径 d(cm)	0.5
フルード数	0.198

Table-1: 実験条件

Case1-2 (38 本)、2-2 (39 本)、3-2 (38 本) の計 6 ケースについての実験データを得た。Table-1 に示し

たフルード数は、植生を配置しない状態で算出した。

3. 植生に覆われた河床上の流れ解析

解析では清水等¹⁾によって行われた鉛直 2 次元流体解析の方法を改良し利用した。以下にその概略を記す。

数値計算上、植生の葉や枝は複雑な形状をしており各抵抗要素間など個別にこれらを扱うことは煩雑さを伴い難しい。そこで、植生を各抵抗要素よりも大きなスケールで空間平均化された抵抗源として扱うことが能率的である。

こうした考えから、もし植生があるならば、その植生は枝や葉を含めて一つの差分要素を占めていると考える。

平均化された植生群落の抗力は、

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D \lambda U^2 \dots (1)$$

(ρ : 水の密度, C_D : 抗力係数, U : 流速, λ : 植生要素の遮蔽面積(植生密度))

ここでは λ , C_D が植生要素のパラメータとなる。

水位が植生群落内にある一様な流れかつ底面の摩擦を無視するとき、抗力と重力(流れの駆動力)の釣り合い式から、以下の式が成り立つ。(Fig3 参照)

$$\frac{1}{2} \rho C_D \lambda U^2 = \rho g I_e \therefore U = \sqrt{\frac{2gI_e}{C_D \lambda}} = K_s \sqrt{I_e} \dots (2)$$

(I_e : エネルギー勾配, g : 重力加速度, K_s : 透過係数, また(2)を満たす U を固有浸透流速 U_s という。)

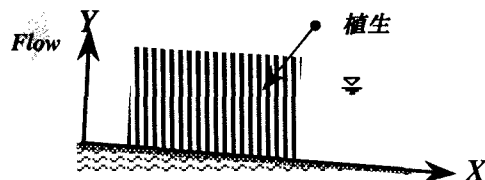


Fig3: 鉛直植生概略図

(2)式の K_s は植生の固有な値であり、水力実験や現地調査などによって評価される。

また、基礎式として2次元のナビエ・ストークスの式を採用し $k-\epsilon$ 法で解析している。底面境界では対数則が成立するものとし、初期流速は実験時の流速を利用する。Fig4 にアルゴリズムを記す。

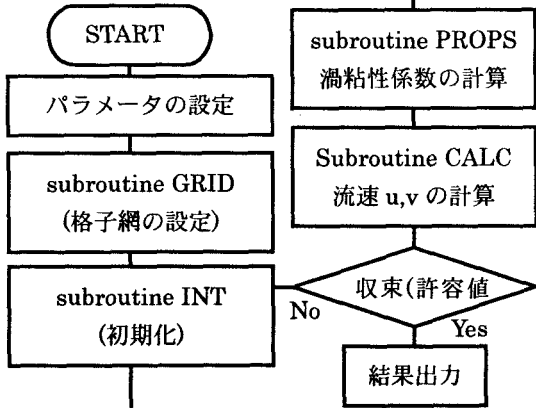


Fig4：数値解析のアルゴリズム

4.実験値の検討

Fig5 は水路中央の植生群から下流 5cm のところで測定し、実験データをグラフ化したものである。Fig2 の配置で本数を増やしていったものを色付きとし、プロットした。植生数を多くすることで抗力が上がり流速が落ちることが確認できる。

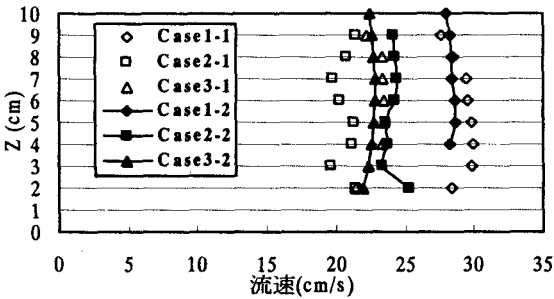


Fig5：鉛直流速分布図

5.実験値と解析値の比較

実験によって得たケース別の透過係数、流入流速、水深、植生の高さなどを入力し、数値解析をおこなった。Table-2 に解析条件を示す。そしてFig6~7 に実験値とともに、数値解析で求めた植生群直下での流速分布を示す。Fig6~7 を見て見ると、ほぼ実験値と等しい値を示していることが確認できる。

Table-2：解析条件

	Case1-1	Case1-2	Case3-1	Case3-2
植生本数	2	38	5	38
抗力係数	0.433	2.17	0.21	1.24
植生密生度	0.0785	0.0177	0.0654	0.0177
透過係数	0.7593	0.7322	1.1945	0.9435
流入流速 (cm/s)	30.597	28.001	24.650	23.017
水深(cm)	11.34	12.72	13.46	12.91

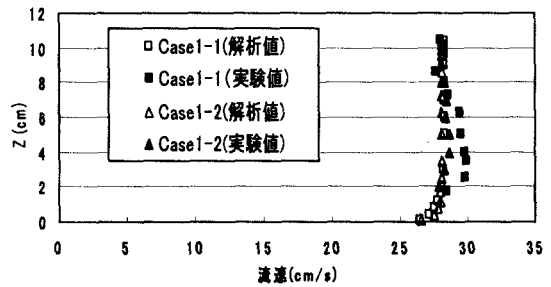


Fig6：実験値と解析値の比較(1)

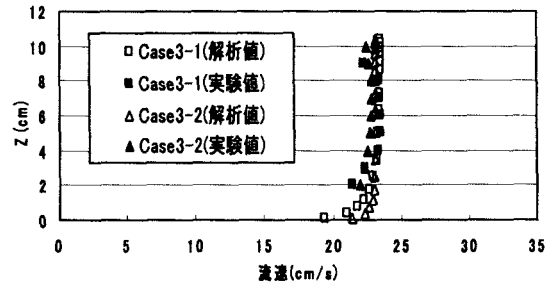


Fig7：実験値と解析値の比較(3)

6.おわりに

現象は3次元的であり、水平方向にも変化するもので平面2次元(X-Y方向)についての検討も必要である。鉛直2次元解析プログラムを発展させ3次元まで解析できるようにしたい。

参考文献

- 1) 清水義彦・辻本哲郎・中川博次:直立性生層を伴う流れ場の数値解析に関する研究土木学会論文集, No438/II-17, pp31~40
- 2) 鈴木辰規:開水路中に樹木群を有する流体力について土木学会 55 回年次学術講演会概要第2部 pp307~308