

II-204

植生内部の水位変化および圧力勾配に関する一考察

筑波大学大学院 学生員 芹川至史
 筑波大学大学院 学生員 福島雅紀
 筑波大学構造工学系 正員 京藤敏達

1.はじめに,

近年積極的に行われている親水空間づくりに対して, 植生群が存在する河川の水理学的な特性を明らかにする試みが数多くなされている. その一つとして, 本研究では植生群模型を水路片側および水路床全断面に配置して実験を行い, 多孔体内部にせん断流が存在することによる水位変化および圧力勾配について考察した.

2. 植生内部の水位変化(水路片側に植生がある場合)

(1) 実験

実験は幅20cm, 長さ6mの循環式矩形断面水路(アクリル樹脂板製でありマンニングの粗度係数は0.0125)の水路片側に水路全長にわたって植生群模型を6cmの一定幅に敷き詰めて行った. このとき, 水路勾配は0.00757に固定した. 植生群模型は福岡・藤田¹⁾が使用したもの一つであり, 空隙率は91%で, プラスチックの糸が絡み合ったものである. 水路上流端から4mの点で水路横断方向の水位および水路下流方向流速の測定を行い, 各々の時間平均値を求めた. 図1および図2に, 流速および水位の水路横断方向分布を示す. なお, 測定には容量式波高計およびプロベラ式流速計を用いた. 本論文では, 植生内部の水位上昇を説明するために, 以下の理論を提示する.

(2) 理論

多孔体中に一樣なせん断流が存在するときの構成方程式について考察する. 多孔体内の流れが空間局所的に周期的とみなせるとき力の釣り合い式は, 単位セル境界の上下左右で運動量の出入りが等しくキャンセルすることから力として圧力のみを考えれば良い(図3). このとき, 多孔体内の平均流の構成方程式は, 多孔体にかかる揚力の反力が $(U \partial U / \partial z)$ に比例するとすれば, 次のようになる²⁾.

$$\begin{aligned} A \frac{\partial P}{\partial z} &= -A \rho g, \quad P|_{z=\eta} = 0 \\ A \frac{\partial P}{\partial y} &= -\kappa \rho S U \frac{\partial U}{\partial y} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで, P は圧力, ρ は流体の密度, g は重力加速度, A はセルの面積, S は1つのセル内の多孔体の断面積, κ は無次元パラメータで多孔体外では0, y は水路横断方向座標, z は鉛直上向きを正とする. また, κ は U の関数であると考えられるが, 以下では一定値として扱う. ここで, $P = \rho g (\eta - z)$ を第2式に代入するとせん断流による水位上昇が得られる;

$$\eta(y_2) - \eta(y_1) = \frac{\kappa(1-\lambda)}{2g} [U(y_1)^2 - U(y_2)^2] \quad (2)$$

ただし, y_1, y_2 は植生内の適当な座標, λ は多孔体の空隙率である.

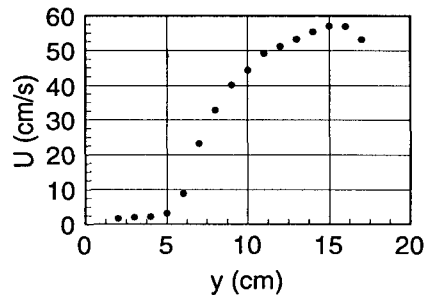


図1 平均流速横断分布

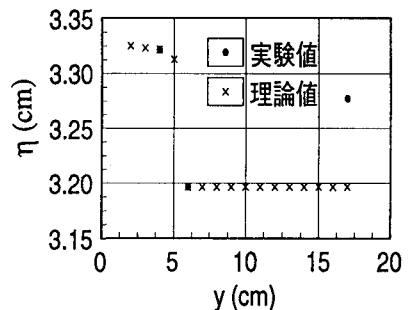


図2 平均水位横断分布

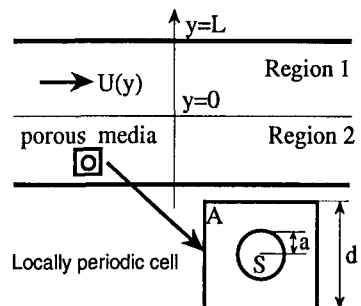


図3 局所的周期的な流れとセル

3. 植生内部の圧力勾配の変化(水路底面全断面に植生がある場合)

(1) 実験

2節と同様にし、厚さ6cmの多孔体を水路床全断面に敷き詰め、水路上流端から3.7mの点で鉛直方向の圧力分布および水路下流方向流速を測定した。なお、流速はプロベラ流速計を用いて水路中央部で、圧力は間隙水圧計を水路側壁に固定して測定した。実験条件の概要を表1に、流速分布を図4、圧力分布を図5および図6に示す。

表1 実験条件

	流量 (ℓ/s)	平均水位 η (cm)
実験1	6.48	9.5
実験2	3.58	8.5

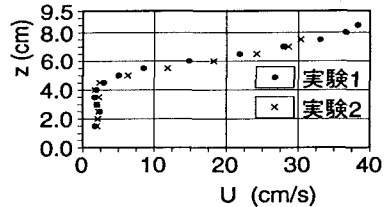


図4 流速分布 (実験1,2)

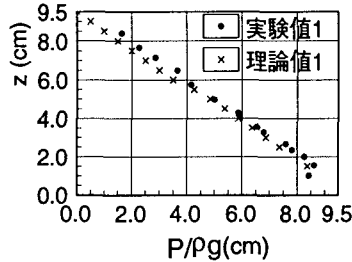


図5 圧力分布 (実験1)

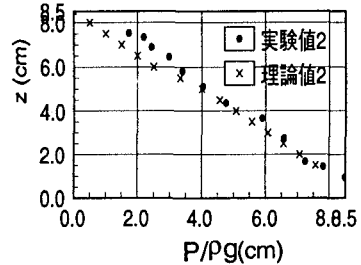


図6 圧力分布 (実験2)

(2) 理論

前節と同様に水路床全面に多孔体を敷き詰めた場合の構成方程式は次のようになる(図5)。

$$A \frac{\partial P}{\partial z} = -Apg - \kappa p S U \frac{\partial U}{\partial z} \quad (3)$$

また、各領域の解は次式で与えられる。

$$\text{Region 1} \quad P = pg(\eta - z)$$

$$\text{Region 2} \quad P = pg(\eta - z) - \frac{\kappa(1-\lambda)}{2g} [U(z)^2 - U(d)^2] \quad (4)$$

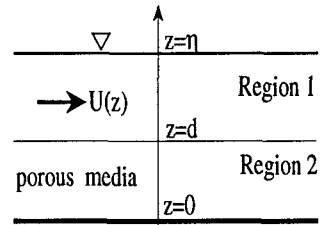


図5 水路片側に置かれた多孔体

4. 理論と実験の比較

2節の実験で測定した水位および平均流速を使って式(2)の無次元パラメータ κ を求めると、 $\kappa = 37.8$ となる。 κ の値は、ベルヌーイの定理に基づく $\kappa(1-\lambda)$ が $O(1)$ の量になると考えられるが、今後より精密な実験を通して検討する必要がある。図2および図5,6に、この κ を使って計算した平均水位および圧力分布を実験値と共にプロットしてある。理論では植生境界で圧力が静水圧分布からずれるが、実験では植生外でも静水圧分布を得ることはできなかった(図5,6)。したがって、植生内で圧力勾配が誘起されることを確認することができなかった。これらの結果は、間隙水圧計を用いた圧力測定法に問題があると考えられるため、圧力の測定方法を工夫する必要がある。

5. あとがき

本研究では、せん断流によって誘起される圧力勾配について検討したが、実験では著しい圧力勾配の変化を確認することはできなかった。今後は、実験ケースを増やし、さらなる検討を深めるとともに、せん断流もしくは渦が存在する場の水面波について研究を行っていきたい。

参考文献

- 1) 藤田・福岡：洪水流における水平乱流混合, 土木学会論文集, 第429号/II-15, pp.27-36, 1991.
- 2) 京藤・佐藤・西村・椎貝：多孔質防波堤の水面波の構成方程式とその問題点, 土木学会論文集, 第483号/II-26, pp.95-103, 1994.