

II-153 水路横断面内に植生群落を伴う流れの構造について

愛媛大学 正員 清水義彦
京都大学 正員 中川博次
建設省 正員 岩田美幸

1. はじめに

実河川に見る多くの河川敷には植生群落が繁茂し、洪水時における疎通能力阻害の他に植生による土砂の堆積・河岸の高水敷化など多くの問題と関連している。とくに、近年、積極的に行なわれている親しみやすい水辺環境の醸成に対しても、植生が河道に与える役割を十分把握する必要がある。本研究ではこうした観点から、水路横断面に植生群を伴う流れの構造について水理実験から検討したものである。

2. 実験方法

長さ12m, 幅0.5mの直線水路の半断面に模擬植生モデル(径1mm, 植生高さ4.2cm, 模擬植生は水流に対し変形しないrigidなものとした)を1cm間隔の格子点に1本ずつ配置し、これを縦断方向に6m設けた。水位を植生高さ以下におさえて等流状態のもとにホットフィルム流速計を用い、エネルギー勾配 $I=(1.5\sim 3.0)\times 10^{-3}$, 水深 $h=3.8$ cm, Froude数 $=0.3\sim 0.5$ のもとに流速測定を行なった。

3. 実験結果の概要

図-1に示される平均流速分布より、水路中央の植生層境界面において主流の横断方向流速差に起因した強いせん断層が形成され、主流と植生層内流れの間で活発な運動量混合が行なわれていることが理解される。観察によると、いづれのケースも横断方向に同位相の水面変動が認められ、トレーサーを境界面近傍に注入して可視化すると、この混合過程はかなり周期的に起こることが認めれた。FFT法によって流速変動と水面変動のスペクトルを調べると、ともに0.3~0.5Hzの卓越周波数が得られた(図2)。せん断層に形成される組織的な渦構造とそれによる混合過程が現象の本質ではあるが、ここでは時間平均され、しかも水深方向に平均化した構造を検討することにより流れ場の概略を知ることとする。図3に水深方向に平均化された流下方向流速の横断分布及びレイノルズ応力 $(-\rho \bar{u}'w')$ の横断分布を示す。植生境界面のせん断層の存在によってレイノルズ応力は植生境界面で最大値をとり植生層内で急激に減衰しゼロに近づく。また、流下方向流速の横断分布はレイノルズ応力の変化と対応していることも理解される。

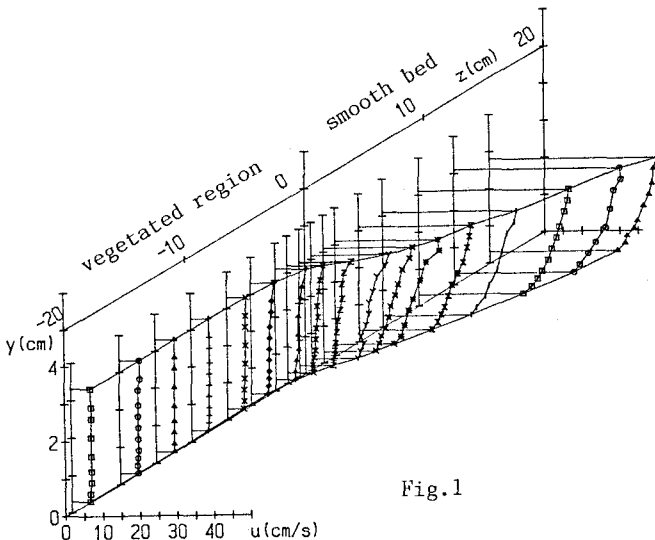


Fig.1

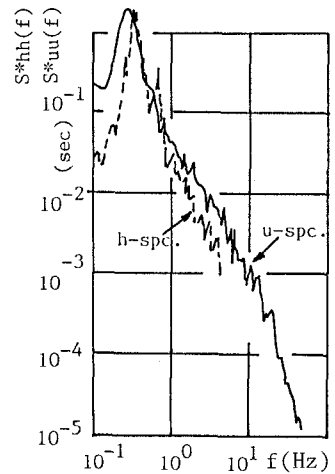


Fig.2

4. 流れ場の平面2次元解析

水柱のcontrol-volumeに働く力の釣り合いを考え、その側面に働くせん断応力 τ_{zx} は図3に示すレイノルズ応力に相当することを考慮すると、

$$\rho g h i_0 - \rho C_f \bar{u}^2 + \partial(-\rho \overline{u'w'})/\partial z = 0 \quad (1)$$

ここに、 ρ は水の密度、 g 、 i_0 は重力加速度と水路床勾配であり、また C_f は抵抗係数で主流（滑面）域で C_{fs} 、植生域で C_{fv} とする。レイノルズ応力をBoussinesq型渦動粘性係数 ε を用いて表現できるものとし（式(2)）、 $\bar{u}$ のスプライン関数近似からその微分形を評価して ε の分布を求めると図4を得る。ここで ε を局所平均流速 $\bar{u}$ と水深 h で無次元化すれば図5を得、式(3)のように設定できる。

$$-\rho \overline{u'w'} = \rho \varepsilon \cdot \partial \bar{u} / \partial z \quad (2) \quad \varepsilon = \gamma \cdot \bar{u} h \quad (\gamma = \text{const.}) \quad (3)$$

図4を考慮して流速場を図6のように定義すると、式(1)～(3)から流速解が次のように求められる。

$$(\text{主流域}) \quad \bar{u} = \{u_0^2 - (u_0^2 - u_{slip}^2) \cdot \exp(-Az)\}^{1/2} \quad (4)$$

$$(\text{植生層内}) \quad \bar{u} = \{u_s^2 + (u_{slip}^2 - u_s^2) \cdot \exp(Bz)\}^{1/2} \quad (5)$$

ここに、 $A = 2C_{fs}/(\gamma_s h^2)$ 、 $B = 2C_{fv}/(\gamma_v h^2)$ 、 γ_s 、 γ_v は式(3)の係数であり、これらは流速勾配の連続性から次のように関連づけられる。

$$\gamma_v/\gamma_s = (C_{fv}/C_{fs}) \cdot (u_{slip}^2 - u_s^2)/(u_0^2 - u_{slip}^2)^2 \quad (6)$$

図7に実測値との比較を示す。図1に見るよう主流域では流れの3次元性が強いが、平均的な構造は平面2次元的な扱いから再現できている。

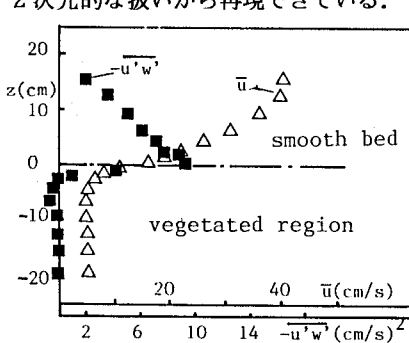


Fig.3

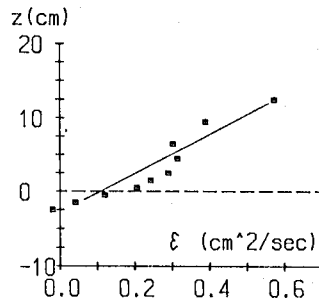


Fig.4

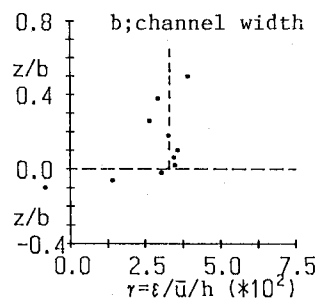


Fig.5

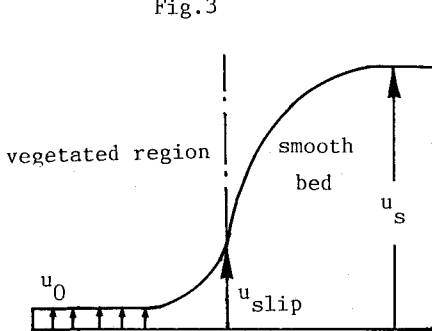


Fig.6

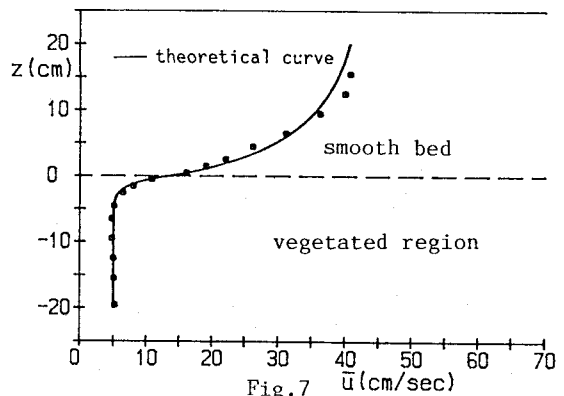


Fig.7

5. あとがき

多孔質体（植生層）内外で生じる水面変動と周期的運動量混合について福岡ら¹⁾によって検討され、多孔質体を挟んで水面変動が逆位相になることから横断方向の水面勾配に起因した流出入流速が生じるものとして説明されている。本実験では水面波は水路横断方向に同位相となり、現象そのものが異なっているが、今後、比較しながら混合機構を中心に検討を進めたいと考えている。

参考文献 福岡・藤田：洪水流の横断方向流速差がもたらす付加的抵抗の評価，第33回水講演文集，1988。