

変形揺動可能な円柱群モデルによる植生層上流れの研究

金沢大学工学部 正 員 辻本 哲郎
 金沢大学大学院 学生員 岡田 敏治
 金沢大学工学部 ○紺谷 一英

1. まえがき

近年、「地球に優しい」という環境を配慮した言葉をよく耳にするが、河川についても同様で、河道内の植生をなるべく残して水辺環境を整備していこうという試みが各地で行われている。こうした背景からまた治水面からも河道内の植生の水理を明らかにすることは意義のあることである。河道内の植生分布形態はいくつかに分類できるが、本研究はそのうちの基本的現象の1つである柔軟な直立性植生層に覆われた河床上の2次元等流場を対象とする。すなわち流れに対して変形、揺動の可能な円柱群で模擬された直立性植生層を水路床配置した水理実験を行ない、植生の変形、揺動が流れ場に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

疑似植生層は直径 $D=0.062\text{cm}$ 、長さ $k_0=6.5\text{cm}$ のテグスの先端に直径 3mm 、質量 0.0047g のビーズ（穂の部分のモデル）をとりつけたものを中心間隔 $s=1\text{cm}$ の正方形格子の上に1本ずつ植え付けたもの（単位体積あたりの植生の遮蔽面積 $\lambda=D/s^2=0.062\text{cm}^{-1}$ ）を用い（図1）、これを幅 40cm 、長さ 12m の可変勾配鋼製水路の水路上流端より 6.5m から 8.5m の地点に水路幅全面にわたって設置した。疑似植生層の前後には粗度調整のための粗度を設置し、疑似植生層を設置した区間で疑似等流となるよう下流端の堰を調節した後、植生層内流及び表面流について直径 3mm の小型プロベラ流速計（篠塚製作所）と小型電磁流速計（KENEK）を用いて流速測定を行った。流速計からの出力はA/D変換し1測点につき 20Hz 、 1024 個のサンプリングから必要な統計処理を施した。水理条件は路床勾配 $i_b=0.5/1000\sim 11/1000$ 、相対水深（ H/K 、 H ：全水深、 K ：変形後の植生高）が $1\sim 2$ の範囲とした。疑似植生層の性質は(1)透水性、(2)変形性、(3)振動性の3つが挙げられる。水位を植生高さ以下におさえた透水試験から疑似植生の抗力係数 C_D が図2のように得られ、これと λ の積 $C_D\lambda$ を透水性の指標とする。変形性、振動性についてはそれぞれ植生先端部の速度 u_k に対する平均変形高さ K 、鉛直振動振幅 dk を測定して図3に示した。

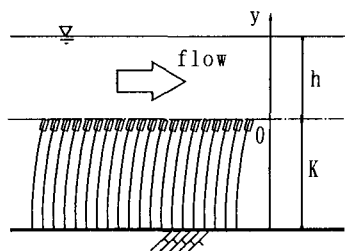


図1 植生モデルとその配置

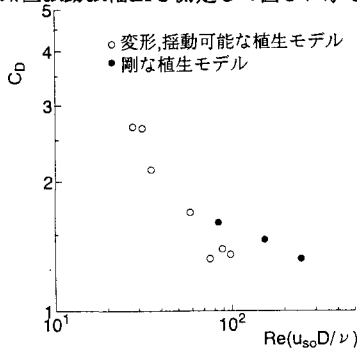


図2 植生モデルの抗力係数

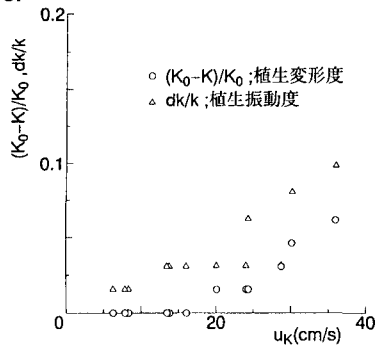


図3 植生モデルの変形・動揺程度

図4に平均流速 u 、乱れ強度 u'_{rms} 、Reynolds応力 $-\overline{u'v'}$ の鉛直方向分布の測定例を示す。平均流速は植生層の境界近傍で変曲点を持つ分布となっており、変形・揺動しない剛な直立性植生層を伴う場合¹⁾と同様に表面流と植生層の境界でのせん断で特徴づけられる場であることがわかる。しかしながら、Reynolds応力分布には植生の振動が原因と思われる植生層上部付近での欠損が認められる。

3. 流れ構造に関する考察

流れ場が表面流と植生層の境界でのせん断で特徴づけられることから、変形・揺動しない剛な植生層を伴う場合における乱流クエット流的なイメージと同様に植生層内での流速分布、Reynolds応力分布を次式のように近似する。

$$\frac{[u(y)-u_s]}{(u_k-u_s)} = \exp(\beta y) \quad (y < 0) \quad (1); \quad \frac{-\overline{u'v'}}{-\overline{u'v'}|_0} = \exp(\alpha y) \quad (y < 0) \quad (2)$$

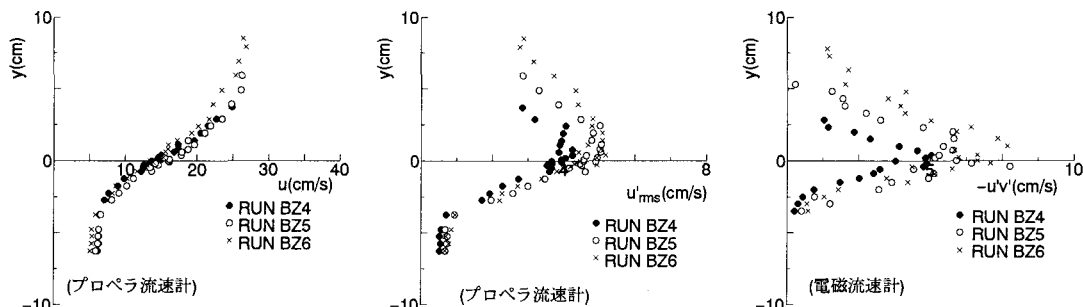


図4 平均流速、乱れ強度及びReynolds応力の鉛直方向分布の例

ここに α , β は、運動量、流速のしみこみ易さを示すパラメータである。図5, 6より本実験においても上式が成立することが確認できる。これらの図より評価されたパラメータ α , β について剛な植生モデルでの実験¹⁾の結果を比較して示したのが、図7, 8で、 α についてはほぼ同様な傾向と見做せても、 β については柔軟な植生で植生の変形・揺動が活発になるにつれて減少傾向が顕著になる(図中の δ : 最大流速点高さ)。

抵抗係数、誘導流速についても傾向に違いが生じており、柔軟な植生では全体的に剛な植生層より流れやすい傾向にある。

剛な植生では三角形分布する全せん断応力が表面流ではすべて Reynolds 応力に、植生層内ではそれと形状抵抗で受け持たれていることが確認されているが¹⁾、柔軟

な植生では図9に示すように Reynolds 応力と形状抵抗の和と全せん断応力は等しくなく、これが植生の揺動による運動量輸送分と考えられる。図9の植生層内の Reynolds 応力と形状抵抗の和は前者の実測値に層内流速実測結果を指数近似して形状抵抗を計算して加えることで得たものである。植生の揺動による運動量混合分担は植生境界で最大値となり、植生層内外で指数関数的に減少している。

4. あとがき

本報では柔軟な植生モデルを配した路床上の等流状態の流れの構造の検討から、柔軟な植生の揺動が運動量混合にどのように寄与しているかを抽出したもので、今後この混合機構を明らかにしたい。

参考文献: 1) 清水・辻本・中川・北村: 直立性植生層を伴う流れ場の構造に関する実験的研究, 土木学会論文集, 43B/II-17, pp.31-40, 1991.

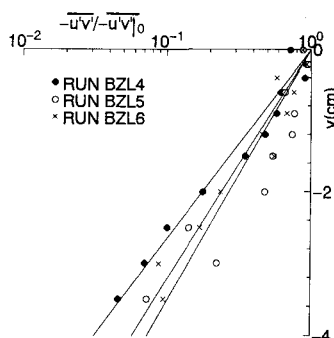


図5 植生層内Reynolds応力分布

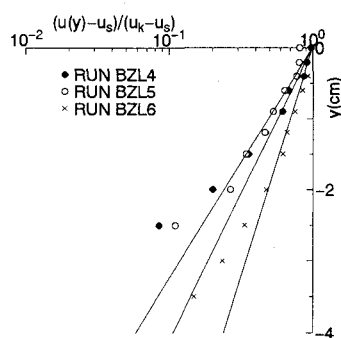


図6 植生層内流速分布

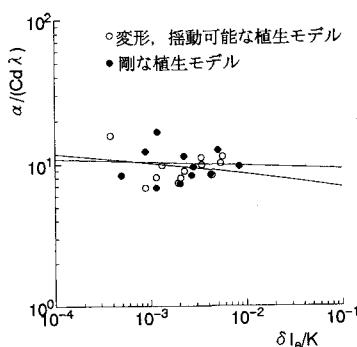


図7 パラメータ α の値

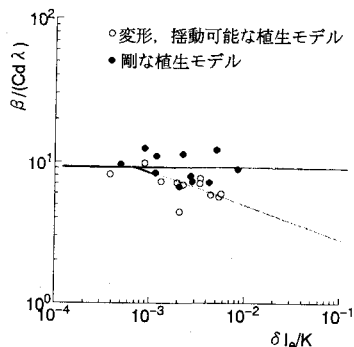


図8 パラメータ β の値

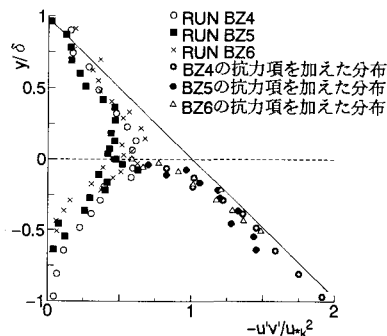


図9 せん断応力分布への各成分の寄与