

高水敷上に植生モデルが散在する流れの実験と数値解析

金沢大学工学部 正員 辻本 哲郎
金沢大学工学部 ○辻 亜紀子

1. まえがき

近年、水流、流砂、河道形態、植生の相互作用系として河川をとらえるための基礎的研究が進みつつある。とくに高水敷を伴う流れ、植生帯を伴う流れの研究が進み、両者の共存する状態での流れの研究も活発になっている^{1)~4)}。いずれも、円柱群を想定した均質な植生帯を想定した研究である。しかしながら、河原の植生は写真1のように散在する例も多く、本報では、こうした散在型灌木に対する著者らの先のアプローチ（代数応力モデルの適用）の適用性を検討した。



写真1 徳島県・那賀川、1994年9月撮影

2. 水路実験と実験の方法

実験は長さ12m、幅0.4mの可変勾配水路に幅15cm、高さ3cmの高水敷模型を設置して行なった。散在する灌木（あるいは植生群落）のモデルとしては図1に示すような形状のポリプロピレン製テラレットパッキング（吸収塔などに使用される充填材）を組み合わせて用いた（写真2）。実験に先立ち、所定の密度で植生モデルを水路全幅にわたって配置し、非水没状態での流速測定により平均的な透過係数 K_s を求めた。その結果、 $K_s=102\text{cm/s}$ であった。この値により平均植生密度と抗力係数の積（ $\lambda C_D=2g/K_s^2$ ）を推定できる。

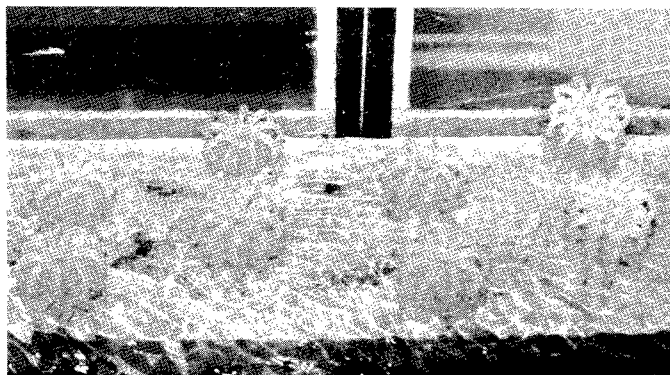


写真2 散在する植物のモデル

実験は、(A) 植生のない場合、(B) 植生が河川敷全体にわたって散在する場合、(C) 植生が側岸に沿った河川敷の半幅域に散在する場合、(D) 植生が低水路に沿った河川敷の半幅域に散在する場合の4通りの場合について、植生が水没しない条件（水深一定、低水路での水深が約7cm）で勾配を2通り（2/1000、4/1000）に変化させて行なった。十分に発達した区間で小型プロベラ流速計による断面内主流流速分布の測定及び小型電磁流速計による主流・横断方向流速（同時計測）の横断方向分布の測定（低水路では路床から1.7cmと5.1cmの高さで、高水敷上では後者のレベルで測定）を行なった。

3. 高水敷と植生帯を伴う流れの数値解析

数値解析は放物型近似を施した運動量式と乱れエネルギー、乱れの散逸率についての式に抗力（水の単位体積当たり $F_s=C_D \lambda U^2/2$ ）に対応した運動量の吸い込み、抗力のなす仕事（ $F_s U$ ）に見合う乱れエネルギーの生成と散逸をそれぞれ付加項として取り込んだ基礎式に、代数応力モデル（Launder-Ying⁵⁾モデル）を組み込んで行なう^{2), 4)}。計算は基礎式をスタッガード格子について離散化し、SIMPLEアルゴリズムによった。なお、路床・側岸には壁法則を適用、水面には対象条件を課し、また上・下流端では周期境界条件を課し、疑似等流流れの解を得た。モデル定数について、植生による付加的な乱れエネルギーの生成・散逸にかかわるパラメータ C_{fk} 、 C_{fe} 以外については、2次流にかかわるパラメータも含めて、標準推奨値を用いた。 C_{fk} 、 C_{fe} については植生層上の流れの計算と水路実験の比較⁶⁾から決めた。

4. 数値解析と実験結果の比較

図1、2は主流速、Reynolds応力の横断方向分布 $\overline{U}(z)$ 、 $-\overline{uw}(z)$ の実験結果を計算結果とをそれぞれについて併示比

較したものである(2/1000のケースのみ各4枚)。
これらの図より、低水路での干渉領域が計算値より小さいことが伺える。Reynolds応力分布は境界値はあっても実験値はすぐに低減する(とくに低水路部、Case Cの高水敷部でも)。これは植生域で低減された流速の流体が低水路の速いそれと直接隣り合わず混合しないためである。低水路寄りの植生帯内で植生部と非植生部で混合するためReynolds応力が大きい(Case D)といえる。以上の点が散在植生を均質植生帯モデルで表したときの齟齬となる。

図3には実験で得られた主流の等流速線を示した。また図4に計算された主流等流速線と2次流のベクトル表示した。(A)の高水敷で植生のない場合は複断面河道で指摘されているような斜め上昇流が現われ、等流速線の高水敷角からの持ち上げが認められる。ところが(B)のように高水敷が植生に覆われると高水敷角に向かう斜め下降流が現われ、一部は低水路高水敷沿い隅から流路中心へ向かう横断流となり隅部の洗掘が示唆される。植生は高水敷のない場合2次流の発生を抑制するが、計算結果ではむしろ助長されている。実験結果ではむしろ2次流による混合は認

められず、計算において2次流強度にかかわる数値定数は変更する必要があるかも知れない。植生帯が(C)のように側岸沿いのみとなつて高水敷角があらわになるとこの角からの斜め上昇流は顕著であ

る。植生帯が(D)のように一部であっても高水敷の低水路沿いに存在すると高水敷角部へ向かう斜め下降流が現われることになり、高水敷角が植生に覆われるか否かで流れの様相は一変する。実験で得られた等流速線は計算結果と同様の傾向を示しており、計算結果が示唆する上述の流れの特性変化は実験によって確認されたといえる。

5. あとがき

本報告では高水敷上に散在する植生をモデル化した実験を行なうと共に、これらを平均化した植生帯モデルとして扱う数値計算と比較、また高水敷上の植生の流れの様相に及ぼす影響を検討した。

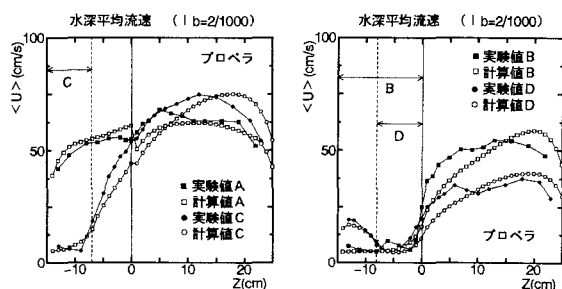


図1 主流速の横断方向分布

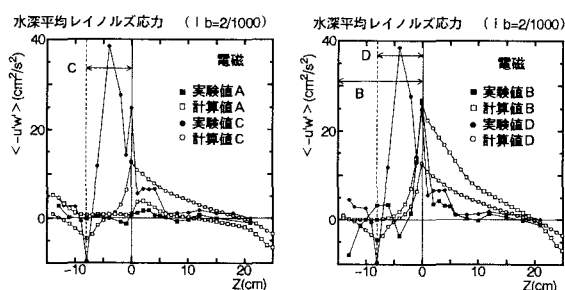


図2 Reynolds応力の横断方向分布

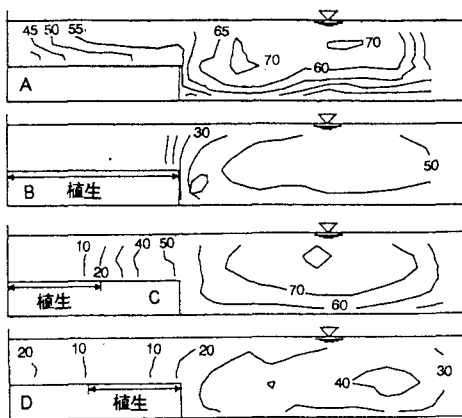


図3 主流速等流速線(実験)

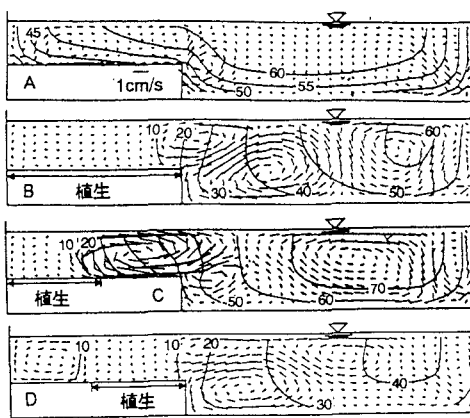


図4 主流速等流速線と2次流(計算)

参考文献：1) 鈴木・村松・富永・長尾：土木学会中部支部年次研究発表会，1994，2) 辻本・泉：土木学会中部支部年次研究発表会，1994，3) Naot, Nezu & Nakagawa : *Proc. Hydraul. Eng.*, Vol.38, 1994，4) Tsujimoto & Shimizu : *Proc. 1st Int. Sym. Habitat Hydraul.*, Trondheim, Norway, 1994，5) Launder & Ying : *Proc. Inst. Mech. Eng.*, Vol.187, 1973，6) 清水・辻本・中川：土木学会論文集，No.477/II-19, 1992。