

傾斜した植生が流れの抵抗と流速分布に及ぼす影響

徳島県庁 正会員 ○大塩 貴之
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 石原将太郎
 広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 河原 能久

1. 研究の背景と目的

近年、河川管理における植生管理の重要性が認識され、植生を有する流れに係わる多くの研究が進められ、植生と流れの相互作用に関する知見も蓄積されつつある。清水¹⁾らは、剛な植生モデル上の流れの特徴として、植生モデルの高さ付近で流速分布に変曲点が形成されることや乱流せん断応力が最大になることを明らかにした。また、辻本ら²⁾は、剛な植生よりも変形する植生モデルの方が小さい流体抵抗を与えることを報告している。それ以降も多くの研究が柔軟な植生モデルや実際の植生を用いた研究を行っているが、その植生の柔軟性の影響を水理学的に定量化するには至っていない。

そこで本研究では、直立及び傾斜した剛な植生モデルを水路内に設置し、植生の傾斜が流れの抵抗や流速分布に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。ここでは、流れが十分に発達した区間に着目して、植生モデルの傾斜が流れに及ぼす影響について報告する。

2. 実験方法

実験で使用した水路は、幅 80 cm、長さ 24 m、勾配 2.8/1000 の可変勾配直線水路である(図 1)。水路底に高さ 2 cm のスタイロフォームを全幅に敷きつめ、その上から模擬植生を正方格子状に、流れ方向に対して 90° と 60° の角度で設置し、9 m の植生区間を再現し流量と水深を変化させた。植生高さは角度が変化しても 4 cm で一定とした。実験条件を表 1 に示す。

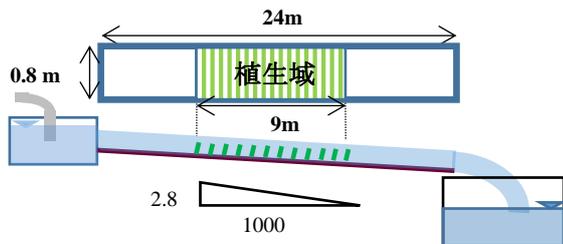


図 1 実験水路の概要

表 1 実験条件

Case	角度 (°)	流量 (l/s)	下流端
Case A	90	8.5	堰上げ
Case B		14.0	堰上げ
Case A'	60	8.5	堰上げ
Case B'		14.0	堰上げ

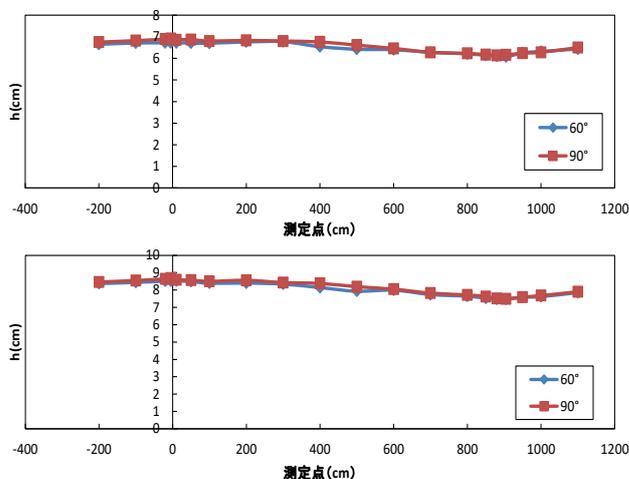


図 2 水深分布 (上: Case A, A', 下: Case B, B')

3. 実験結果

座標軸を流れ方向に x 軸、鉛直上方に y 軸を設定し、植生域の上流端を x=0、河床面を y=0 とした。

3.1 水深分布

図 2 に Case A, A', Case B, B' で得られた水深分布を示す。流量の大小に関係なく、植生が傾斜すると水深が減少すること、すなわち、流れの全抵抗が減少し、水は流れやすくなることが分かった。

3.2 流速分布

Case A, A' 及び Case B, B' における流れが発達した区間における主流速の鉛直分布を図 3 に示す。なお、流速は 2 成分電磁流速計で計測している。既往の研究と同様に、両ケースにおいて、植生境界付近に流速分布の変

キーワード 植生流れ, 流速分布, 流れの抵抗

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 水工学研究室

TEL : 082-424-7821

曲点が形成されていることが確認できる。また、植生が傾斜すると、植生層内において流速が増加すること、植生層内の流速はより一様化することが分かる。これは、植生密度が定義上では同一だが、植生が傾斜することにより植生による抵抗が減少することを示唆している。

3.3 流れの抵抗

流れの x 方向の力のつり合いを次式に示す。

$$\frac{\rho}{2} C_D \bar{U}^2 D h_v + \frac{\rho}{2} f' \bar{U}^2 s^2 = \rho s^2 h g I_f \quad (式 1)$$

ここで、 ρ : 水の密度、 C_D : 抵抗係数、 \bar{U} : 植生内の平均流速、 f' : 摩擦損失係数、 s : 植生間隔、 h : 水深、 g : 重力加速度、 I_f : エネルギー勾配である。式 1 は、流体塊が植生から受ける力と底面剪断力の和が流体塊の流れ方向の重力成分と等しくなることを表している。3.2 の流速分布の結果及び f' は 90° 、 60° とともに同じと考えると、底面せん断力は植生が傾斜したケースの方が大きくなる。さらに、3.1 の水深の結果を踏まえると、植生が傾斜すると、式 1 から、植生から受ける抗力は減少することが分かる。また、式 1 より、流速が大きくなるにもかかわらず植生による抗力が小さくなるのは、抗力係数が減少することに起因することが分かる。

3.4 レイノルズ応力

Case B, B'における流れが発達した区間における乱流せん断応力、流下方向及び鉛直方向の乱れの結果を図 4 及び図 5 に示す。既往の研究と同様に、乱流せん断応力及び流下方向、鉛直方向の乱れは植生層境界付近で最大となっている。また、乱流せん断応力は表面層（植生高さ以上）で概ね三角形分布を示している。また、植生が傾斜すると乱流せん断応力、流下方向の垂直応力は直立のケースよりも小さくなっている。これは、植生の傾斜によって主流速の鉛直方向の差が植生直立時のときよりも小さくなることにより、乱れの生成が抑制されたためと考えられる。鉛直方向の乱れは、底面付近において植生が傾斜したケースでは、植生直立時よりも大きくなっている。これは、底面付近では植生が傾斜した場合の方が、流速勾配が大きくなるからであると考えられる。

4. 結論

直立と傾斜した剛な植生モデル上の流れを十分に発達した区間で計測し、次の結果を得た。すなわち、同一の流量に対して植生が傾斜すると、水深が低下するこ

と、植生層内の平均流速が増加すること、全層においてレイノルズ応力が低下すること、植生に作用する流体力が低下することを示した。

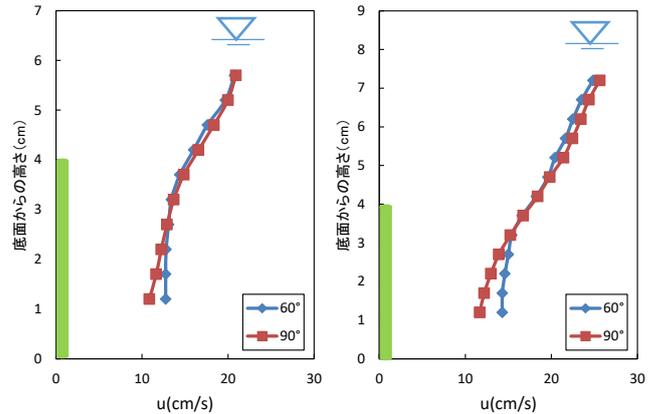


図 3 流速分布 (左:Case A, A', 右:Case B, B')

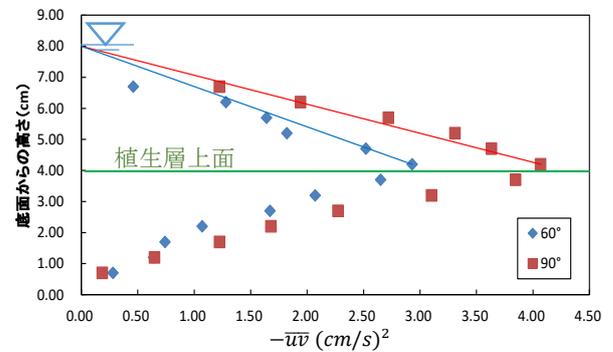


図 4 乱流せん断応力の分布

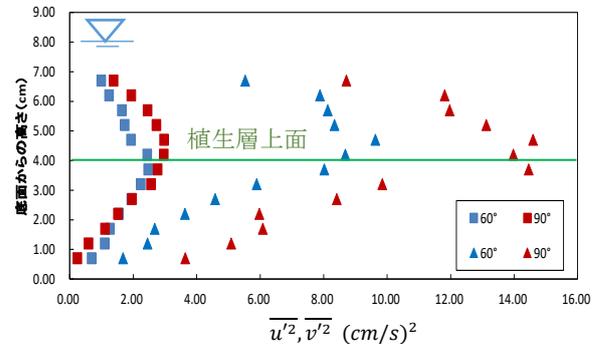


図 5 乱流垂直応力の分布

(□ : 鉛直方向成分, △ : 流下方向成分)

参考文献

- 1) 清水義彦 : 種々の河床粗度形態を有する開水路流れの構造に関する研究, 京都大学学位論文, 1992.
- 2) 辻本哲郎, 北村忠紀 : 柔軟な植生粗度を伴う流れに関する研究, 土木学会論文集, No. 607/II-45, 29-44, 1988.