

第II部門

レーザー流速計による柔軟植生開水路流れの乱流計測

京都大学工学部地球工学科	学生員	O 中村元太
京都大学大学院工学研究科	フェロー	禰津家久
京都大学大学院工学研究科	正会員	山上路生
京都大学工学部工学研究科	学生員	岡本隆明

1. 緒言

河川などに存在する植生は、水中の生態系を構成する重要な要素の一つである。河川環境と水防災という相反するものをバランスよく考えるためには植生流れの特性を詳しく知る必要がある。そこで、本研究では柔軟性を有する植生の開水路流れの乱流特性に注目し、特に藻波現象と組織乱流構造の関係をレーザー流速計(LDA)で高精度に計測し、その結果を考察する。

2. 実験概要

本実験の水路は、全長9m、幅40cmおよび高さ40cmの可変勾配型直線水路である。計測部は水路上流端より8m下流で行われた。計測部をまたいで8mの区間にわたって、植生模型を水路底面にレゴ用ベース板を敷き詰めて、その上に正方格子状に配置した。植生模型は、葉状部として高さ70mm、幅8mm、厚さ0.1mmのOHPフィルムから作成した。これは、沈水性の柔軟性のある有茎植物(ミクリなど)をモデルとした。

流速の計測には、300mW アルゴン2成分レーザー流速計(LDA, Dantec 社製)を用いた。図-1は実験装置図である。この図のようにレーザー光を水路側方から植生間に照射してキャノピー内部も含めた全水深領域において点計測を行った。ここで、 H は全水深、 h は植生直立高さ、 $\bar{h}_d$ は抗力による折れ曲がり平均植生高さである。表-1は、実験条件である。植生密度 a は、植生の遮蔽面積を植生の直立高さまでの全体積で割ったものである。本研究では、かぶり水深($H-h$)と植生密度 a を系統変化させて計8ケースの水理条件を表-1のように設定した。表中のSおよびMは、それぞれ個別の「揺動状態」および群体的な「藻波状態」を示す。

表-1 実験条件

$a(1/m)$	$H(\text{cm})$	H/h	$U_m(\text{cm/s}^2)$	Re	Fr	植生状態
7.6	8.75	1.25	20.0	17500	0.22	S
	14.0	2.0		28000	0.17	M
	21.0	3.0		42000	0.14	M
	28.0	4.0		56000	0.12	M
3.8	8.75	1.25		17500	0.22	S
	14.0	2.0		28000	0.17	M
	21.0	3.0		42000	0.14	M
	28.0	4.0		56000	0.12	M

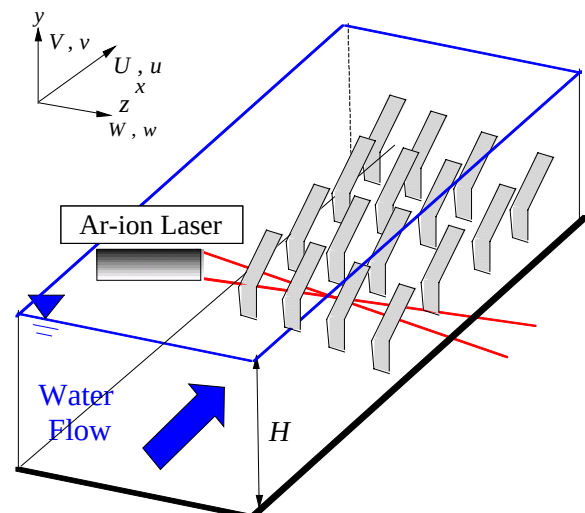


図-1 実験装置図

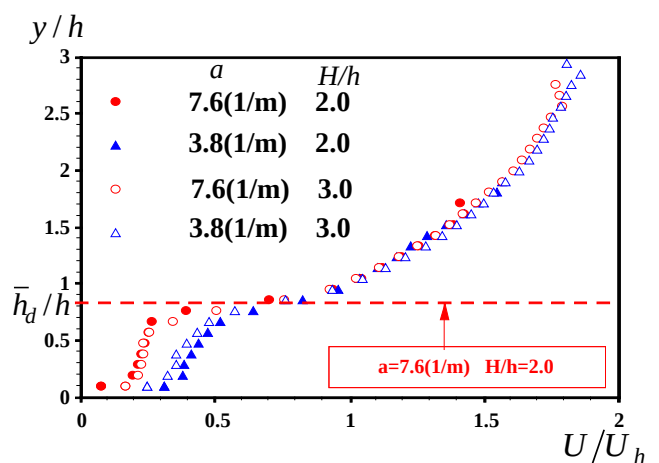


図-2 主流速の鉛直分布の比較

3. 実験結果と考察

図-2は、時間平均した主流速の鉛直分布を示している。

同一水深で比べると植生密度が大きい方が、植生内部で流速が小さくなっている。これは、植生の遮蔽効果が大きいためであり植生先端での流速シアが大きくなっている。図-3は、レイノルズ応力分布を示している。レイノルズ応力のピークの位置は、全ケースで折れ曲がり植生平均高さ $\bar{h}_d$ より若干上方にみられた。植生密度の小さいケースの方が植生内部で大きく、運動量が河床近くまで浸透していることがわかる。このような運動量の輸送を定量評価するために、図-4はレイノルズ応力の浸透厚さを比較したものである。既往研究の結果¹⁾もプロットした。ここで h_p は、レイノルズ応力のピーク値の10%高さで定義した。水深が増加するにつれて h_p は減少する傾向がみられる。 h_p はかぶり水深が大きくなるとほぼ一定になるが、これは十分に流れ場が発達し、かぶり水深の影響が小さくなることを意味している。また、植生密度が大きい方が h_p が大きく、運動量が浸透しにくいことがわかる。

次に、藻波現象と組織乱流構造について考察する。まず、4象限区分解析を行い、sweepの寄与率 RS_4 とejectionの寄与率 RS_2 の比を次式で定義する²⁾。

$$R_{S/E} = \frac{1}{\bar{h}_d - h_p} \int_{h_p}^{\bar{h}_d} (RS_4 / RS_2) dz \quad (1)$$

図-5は、 $R_{S/E}$ と水深の関係を示す。かぶり水深が大きくなると $R_{S/E}$ が大きくなりsweepの寄与が大きくなるのがみられた。また、植生密度の大きい方が $R_{S/E}$ が大きく、sweepがejectionより発達していることが示唆される。かぶり水深が小さいケース($H/h=1.25$)では、1.0に近い値を取っており、これはsweepがejectionと同程度の寄与であることがわかる。

4. おわりに

本研究では、レーザー流速計(LDA)を用いて柔軟植生流れ場を乱流計測し、柔軟植生の乱流構造について考察した。かぶり水深が増加するにしたがって、流れ場が発達し、植生密度が大きい方が運動量が河床に浸透しにくいことがわかり植生が、洗掘防止にあるものと推測される。また、藻波が発生するとsweepの寄与が大きくなることがわかった。

参考文献

- 1) Nepf, H.M. and Vivoni, E. R. (2000) : Flow Structure in Depth-limited, Vegetated Flow, J. of Geophysical

Res., Vol.105, pp.25847-28557

- 2) Ghisalberti, M., and Nepf, H. (2006) : The Structure of the shear layer in flows over rigid and flexible canopies, Environmental Fluid Mechanics, pp.277-301

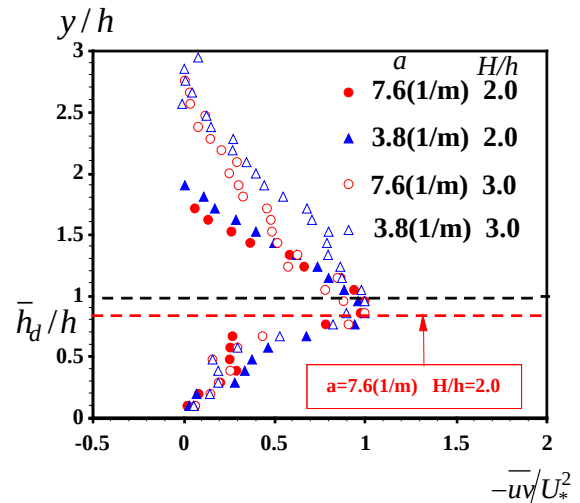


図-3 レイノルズ応力分布の比較

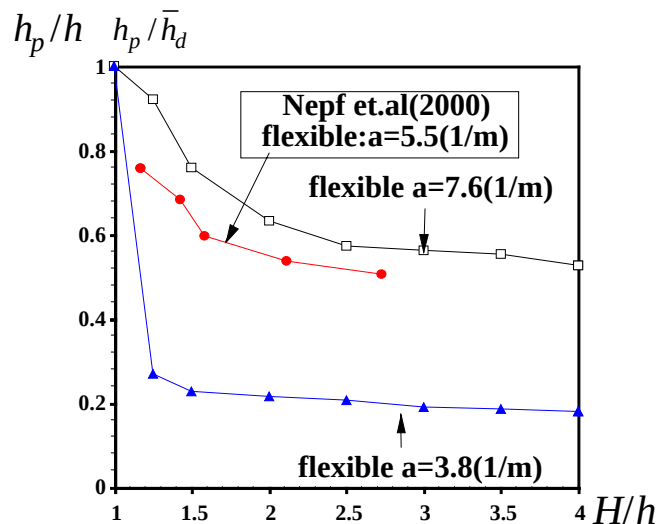


図-4 運動量の浸透厚さの比較

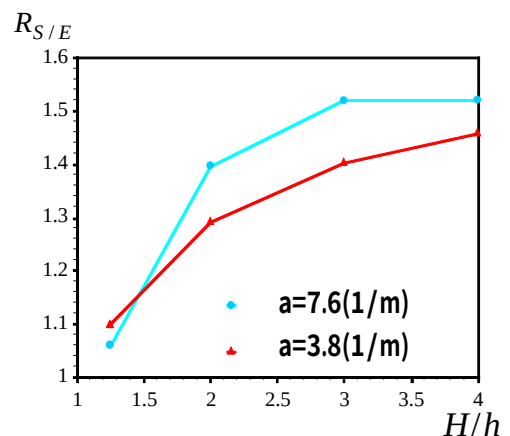


図-5 $R_{S/E}$ とかぶり水深の関係