

II-343

ワンド型植生帯周辺に生じる流れ場と運動量輸送に関する考察

東北工業大学 学生員 ○ 朱 朝利・正 員 相原昭洋

東北工業大学 正 員 阿部至雄・正 員 沼田 淳

1. はじめに

河道側岸部に見られるワンドは良好なハビタットを提供していることから、生態環境を考慮した河川空間の在り方の指向と共に、その保全や創出が行われている。しかし、ワンドの持つ機能を維持するためには水質劣化や土砂堆積による埋没などの問題に対処する必要がある。本研究では、透過性のワンド型植生帯を高水敷上に局所的に設置し、且つ、それが水没する場合を対象に可視化実験を行い、ワンド開口部周辺に生じる平均流速場の特性と運動量輸送機構について考察を行う。また、標準 $k-\epsilon$ モデルによる平均流れ場の予測を試みた。

2. 実験の概要

水路勾配を1/1000に調整した水路に、粒径の異なる砂礫を用いて試作した粗度板を配置して模擬複断面河道部を作成した後、プラスチック製の多孔質体(空隙率95%)を用いたワンド型植生帯を水路中央部の左岸模擬高水敷上に設置した。植生帯の長さを $L=90\text{cm}$ 、ワンドの形状を $L_2:b_2=3:1$ とし、植生帯幅 b/B を3通りに変化させて実験を実施した。実験条件と流れ場の模式図及び座標系を表-1と図1に示した。流速の測定は、植生帯中央のワンド部と植生帯の上流端及び下流端の各断面において、 $40\text{cm}\times 40\text{cm}$ の水平面でPTV可視化計測により実施した。

3. 実験結果とその考察

図2に30秒間の平均流速の等値分布を示した。植生ワンドは透過性であるため、植生帯内を流下してワンド内に流出する流れが存在する。河道に占める植生帯の割合が多い $b/B=0.4$ の場合、植生帯からワンド内への流出量が多くなるため、ワンド内の流れ場は植生帯内から流出する流れに大きく影響を受ける。他方、植生帯幅が狭い $b/B=0.8$ の場合、ワンド内に流出する流れは少なく、 $b/B=0.4$ に比べ、静穏な流れ場となっている。また、ワンド内と主流域との流速差は $b/B=0.4$ より大きくなり、その結果、ワンド開口部に沿って強いせん断領域が形成される。植生帯からワンド内へ流出する流れの存在は、ワンド内の水質確保の観点からは望ましいが、ハビタットとしての適切な流速の大きさについては更に検討を要する。

図3にワンド内の平均流速の変化を示した。 U_f はワンド内の平均流速、 U_∞ は植生帯の影響が及ばない上流側模擬高水敷上の平均流速である。 $b/B=0.8$ の場合、ワンド内の流速は上流側模擬高水敷上の流速より減速するが、 $b/B=0.4$ と 0.6 では、透過性ワンドの特性が顕在化し、むしろ加速される。

図4はワンド開口部に生じるせん断流の混合幅 L_s を

表1 実験条件

Case	Q cm ³ /s	H cm	H/K	B/H	b/B	Re	Fr	b_1/L_1
C2	3760	3.3	2.2	18.2	0.4	5800	0.33	1/3
C4	3700	3.2	2.1	18.4	0.6	5710	0.34	1/3
C6	4840	3.3	2.2	18.2	0.8	7410	0.43	1/3

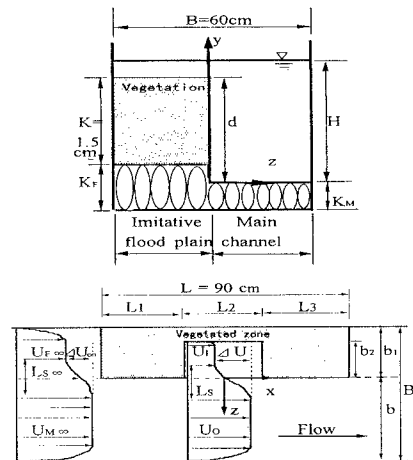


図1 流れの模式図と座標系

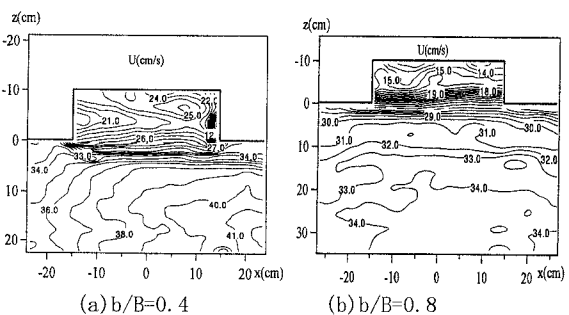
(a) $b/B=0.4$ (b) $b/B=0.8$

図2 主流流速の水平分布コンター図

キワンド：ワンド、植生、PTV可視化計測、 $k-\epsilon$ モデル

連絡先：☎982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1 Tel: (022) 229-1151 Fax: (022) 229-8393

示したものである。図より、植生帯幅が広いほど混合幅 L_s は長くなる傾向を示し、それに伴い、ワンドと主流域間に生じる横断混合の規模が大きくなると考えられる。

図5にワンド開口部に沿う $\overline{v|w|}$ 応力の縦断分布を示した。植生帯が河道に占める割合が少ない場合($b/B=0.8$)、応力はほぼ正の分布を示し、運動量の輸送が主流域からワンド内へ向かう領域が、特にワンド開口部の中央より下流側に認められる。しかし植生帯の割合が多くなると、 $\overline{v|w|}$ 応力は負の分布を示すようになり、且つ、大きな運動量輸送が生じる領域がワンド上流側へシフトする。

ワンド内と主流域との間で生じる運動量輸送の構造を知るために、瞬間 $\overline{v|w|}$ 応力の条件付き四象限区分を行った。図6は開口部に沿う縦断分布の一例である。ここに、縦軸はⅡ象限(Rs_2)とⅣ象限(Rs_4)の比である。植生帯の幅が広い場合、 $Rs_2/Rs_4 > 1$ 、即ち、運動量がワンド内から主流側へ向かう領域は、水深 $y/d=1$ のワンド開口部の上流端付近と水深 $y/d=0.5$ での上流端から中央にかけて認められるだけであり、主たる運動量の輸送は主流域からワンド内へ向かう。他方、植生帯の幅が狭い場合は、ワンド内から主流域へ向かう運動量輸送が支配的となり、 $Rs_2/Rs_4 < 1$ が認められるのは、水深 $y/d=1.0$ に対する開口部中央の下流側だけである。

4. $k-\varepsilon$ モデルの平均流速場への適用

今回はワンド型植生帯が水没する流れ場が対象であるので、植生の形状抵抗及び異なる底面摩擦からなる外力を考慮し、標準 $k-\varepsilon$ モデルに若干の修正を施して2次元計算を行った。計算を実施する際に、基礎式をコントロールボリュームで積分したのち、スタッガード格子を用いて離散化し、SIMPLE法より圧力場と流速場を求めた。計算対象領域は、ワンド型植生帯をほぼ中央に含む、植生帯の長さの約4倍の範囲とした。図7に、主流平均流速のワンド開口部付近における計算結果を実験結果と共に示した。なお、境界条件として、植生帯上流部($x/L=-0.45$)での実験値を用いた。また、計算では水面変動の影響は考慮していない。図によれば、計算値と実験値との対応は比較的良好である。しかし、植生帯ステップ背後や流下に伴う主流域での相違が認められるので、更に透過性ワンドの特性を局所的に考慮したモデルの修正が必要である。

5. あとがき

PTV 可視化計測結果から、河道に占める植生帯の割合が、主流域とワンド間に生じる流速変化と運動量輸送に及ぼす影響について示すことが出来た。また、ワンド型植生帯が透過性であるため、ワンド周辺の局所的流れ場の流況を予測するためには乱流モデルの改良が必要である。

【参考文献】1)相原, 阿部他(1998.3):ワンド型植生帯の運動量輸送機構に関する考察, 平成9年度東北支部, II, pp86-87.

2)清水, 辻本(1995.2):植生帯を伴う流れ場の平面二次元解析, 水工学論文集 第39巻, pp513-518.

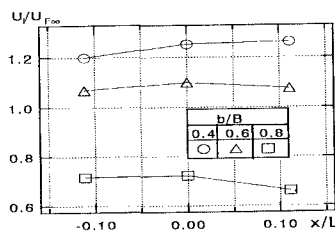


図3 ワンド内の流速変化

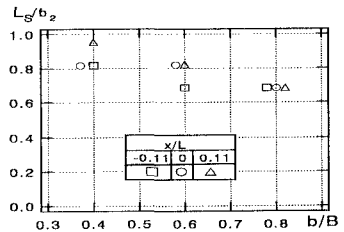


図4 L_s/b_2 vs b/B

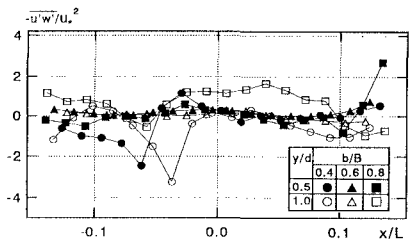


図5 $\overline{v|w|}$ 応力の縦断分布

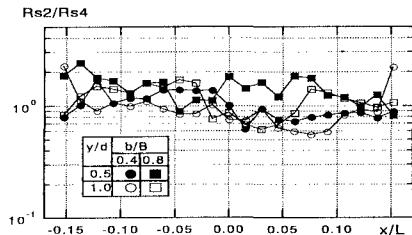


図6 瞬間 $\overline{v|w|}$ 応力の象限解析

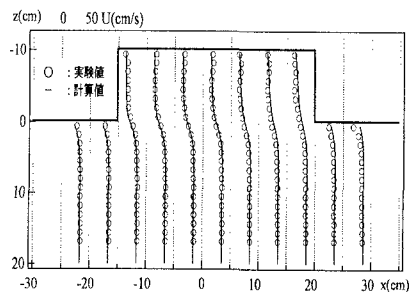


図7 平均流速場の予測($b/B=0.6$)