

非水没植生水制周辺の水位変化および局所洗掘に関する一考察

東北工業大学大学院 学生員 ○向山貴史
 東北工業大学 正 員 相原昭洋
 東北工業大学 正 員 阿部至雄

1. はじめに

河道内に繁茂する植生は、水生生物の生息場の創出や河川景観の保護などの役割を担っている。しかし、植生による流れの減速は洪水時における水位上昇など治水上の問題を派生させている。また、植生周辺に生じる局所流によって河床の洗掘や堆積が生じ、特に、植生近傍の局所的な河床材の流出は流草木の発生原因にもなり得るため、洗掘の規模を把握する必要がある。これまで植生水制を対象にし、その水制機能やハビタット機能について検討を進めてきているが¹⁾、本研究では、河岸に対する植生水制の角度 α と植生の空隙率（密集度） d が非水没植生水制周辺の水位変化に及ぼす影響について、水面勾配と水制域内に生じる流量の観点から検討を行い、次いで、移動床実験に基づき、植生水制周辺に生じる局所洗掘の形状や最大洗掘深の発達過程を把握する。

2. 水理実験の概要

図1に、流れ場の模式図と座標系を示した。実験には、長さ10m、幅 $B=0.6\text{m}$ の勾配可変型開水路を使用した。プラスチック製の多孔質体で作成した模擬植生水制（長さ $l=12\text{cm}$ 、幅 $b=5\text{cm}$ 、高さ $K=9\text{cm}$ ）を勾配 $i=1/1000$ に設定した左岸側水路床の上に2基設置した。座標系は下流方向を x 軸、水路横断方向を z 軸とし、座標原点は水制域と主流域の境界に沿う水制域中央の水路床上とした。

固定床時の実験条件を表1に示した。河床は固定床で、流れの状態は常流($Fr<1$)、水制は非水没($K/H>1$)である。なお、水制の間隔は $s=30\text{cm}$ とした。水位の測定にはポイントゲージを使用し、流下方向に、水制域($z/l=-0.5$)、開口部($z/l=0.0$)、主流域($z/l=0.5$)に沿って計測した。また、横断方向の水位計測は、上流側水制の前面($x/s=-8.3$)とその背後($x/s=-3.3$)、下流側水制の前面($x/s=3.3$)とその背後($x/s=8.3$)及び水制域の中央($x/s=0.0$)で実施した。

移動床時の実験条件を表2に示した。砂の浮遊限界速度 u_s と、沈降速度 w_f で表される移動形式の判断指標²⁾にれば、本実験では、 $u_s/w_f<1.08$ であるので、掃流による砂移動が卓越する局所洗掘を対象としている。河床材に使用した珪砂の平均粒径 $\phi=0.058\text{cm}$ であり、移動床厚は 0.1m とし、上流側水制頭部に生じる、最大洗掘深の経時変化を測定した。

3. 結果と考察

水制周辺に生じる水位変化：図2に、上流側水制前面($x/s=-8.3$)と水制域中央部($x/s=0$)の横断方向の水面勾配 I_z と空隙率 d との関係を示した。水面勾配は、水位の横断分布を最小二乗法により回帰係数を算出して求めたもので、主流域の水位が水制域より大きい場合に、水面勾配を正値としている。同図から、上流側水制前面の横断方向の水面勾配は負の値を示し、水制域の水位が主流域より高く、植生の空隙率が小さく密集度が密になるほど水面勾配は大

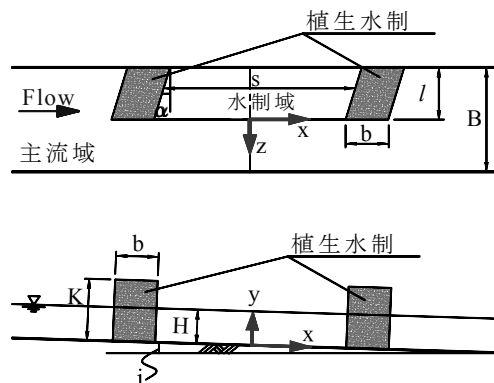


図1 流れ場の模式図

表1 固定床の実験条件

Case	α (°)	d (%)	Q (cm^3/s)	H (cm)	K/H	Fr
A1D1	15	95	6700	4.78	1.9	0.34
A1D2		88	7000	4.89	1.8	0.34
A1D3		84	6800	4.67	1.9	0.36
A4D1	0	95	6700	4.82	1.9	0.34
A4D2		88	7000	4.67	1.9	0.37
A4D3		84	6700	4.75	1.9	0.35
A5D1	-5	95	6800	4.80	1.9	0.34
A5D2		88	7100	4.81	1.9	0.36
A5D3		84	6900	4.77	1.9	0.35

表2 移動床の実験条件

Case	Q (cm^3/s)	H (cm)	K/H	Fr	Re	u_* (cm/s)	u_s/w_f
A4S1	3000	2.2	4.1	0.49	4800	1.4	0.2
A4S2	5000	3.7	2.4	0.38	7500	1.8	0.2
A4S3	6900	4.8	1.9	0.35	9500	2.0	0.3
A4S4	8000	5.6	1.6	0.32	10500	2.2	0.3
$Re=(U_0 R)/\nu$, $Fr=U_0/\sqrt{gH}$, $U_0=Q/(HB)$ $u_*=\sqrt{gRi}$, $u_{*c}=\sqrt{55.0d}$, $u_s=0.93u_*$ $w_f=\sqrt{sgd}\left(\sqrt{2/3+36v^2/sgd^3}-\sqrt{36v^2/sgd^3}\right)$							

キーワード：植生水制、河川環境、河川改修

連絡先：〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 TEL：022-229-1151 FAX：022-229-8393

きくなることが知れる。他方、水制域中央部での横断方向の水面勾配はほぼ正の値である。しかし、密集度が疎な場合、水制域内と主流域に水位差は殆ど生じておらず、植生空隙率の減少に伴う水面勾配の増加も僅かである。この様に、植生密集度が密になると上流側水制の前面とその背後の水位差が増すことが分かる。次に、主流域 ($z/l=0.5$) と水制域内 ($z/l=-0.5$) の流下方向の水面勾配 I_x を図3に示した。なお、下流側の水位が大きい場合に、水面勾配を正值とした。同図から、主流域では低下背水の水面勾配が生じ、その低下割合は植生の空隙率が減少し、植生密集度が密になるほど大きくなっている。逆に、水制域内では、堰上げ背水と同様の水面勾配が生じており、その水面上昇の度合いは、植生の密集度が疎になるほど大きくなる傾向を示している。

流量比と植生空隙率： 図4は、上流側水制背後の流量 Q_{gb} と、上流側水制前面の流量 Q_{ga} の比を空隙率 d との関係で示した。流量は $Q = \sum A_i V_i$ から求めた。また、区分流積 A_i の流速 V_i は一点法による計測値を用いた。同図より、水制前面から水制内を透過し水制域に流入する流量は植生空隙率が小さく、密集度が密になるほど減少していることがわかる。空隙率 $d = 84\%$ はほぼ不透過性水制の機能を有する¹⁾が、その場合でも、水制域内の流量は上流側水制前面の流量 Q_{ga} の3割程度確保されており、水質が悪化しやすい死水域の発生を防ぐことが期待でき、ハビタット創出の観点からも、植生は有効であると考えられる。

水制周辺の局所洗掘： 図5に、上流側水制頭部に生じる最大洗掘深の経時変化を示した。図の縦軸は、最大洗掘深 Sc_{max} と水深 H の無次元量で示してある。図によれば、水深の小さい A4S1 の場合、洗掘深の進行は早く生じ、最大洗掘深は水深の約24%に達する。他のケースでは最大洗掘深は水深の約8~12%である。何れのケースにおいても、最大洗掘深の変化は経過時間と共に少なくなり、この点、Elawady らによる越流型不透過水制の移動床実験結果³⁾と類似する。次に、図6は、経過時間240分の河床形状を示したものである。図によれば、上流側水制頭部前面の主流域では河床の低下が見られ、更に、その水制背後の開口部付近に洗掘域が形成される。他方、上流側水制頭部の背後に堆砂の形成が認められる。

4. おわりに

非水没植生水制周辺に生じる水深変化と局所洗掘に及ぼす植生の密集度や設置角度の影響について検討した。その結果、水位変化や透過流量は植生密集度と相関が高いこと、また、最大洗掘深は水深の8~24%程度まで進行することが示された。

最後に、本実験に際して、本学学生、相澤洋平君、菊地拓君、箱崎信一君、渡邊央君の協力を得た。ここに記し感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) Sugawara K., Abe T., Aihara A. and Takahashi T. (2002): A study on hydraulic characteristics of vegetative groins. *Proc. of the 13th IAHR-APD Congr.*, S'pore, Vol. 1, pp 109-114.
- 2) 荒井信行, 清水康行 (1988): 「現場のための水理学」, 北海道開発局土木試験所 河川研究室 pp. 35-53.
- 3) Elawady, E., Michiue, M. and Hinokidani, O. (2001): Movable bed scour around submerged spur-dikes, *Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol. 45, pp. 373-378.

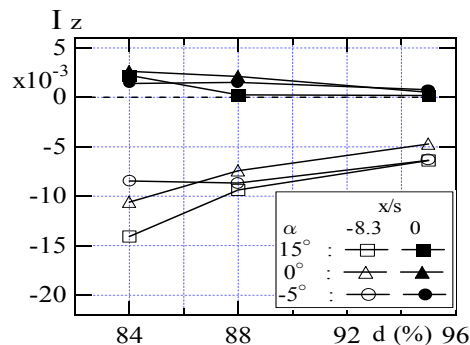


図2 横断方向の水面勾配

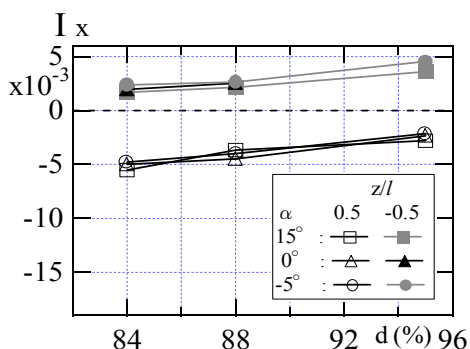


図3 流下方向の水面勾配

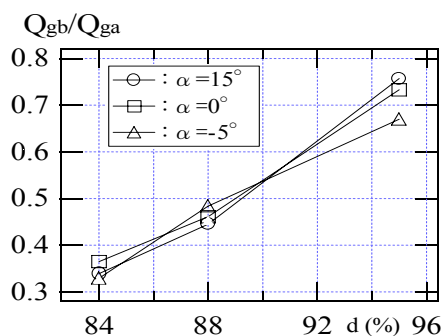


図4 流量比と植生空隙率との関係

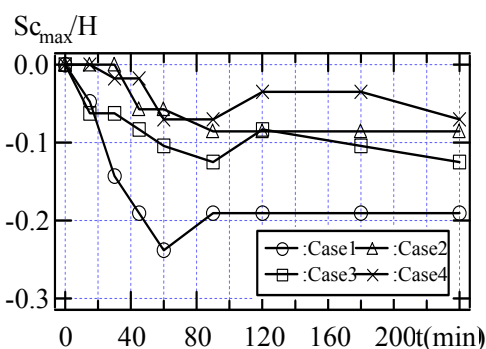


図5 最大洗掘深の経時変化

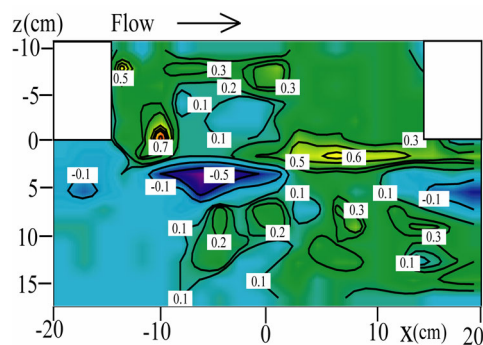


図6 河床形状 (+: 堆積, -: 洗掘)