

植生水制域周辺の流れ場に及ぼす設置角度と密集度の影響について

国際協力事業団

菅原景一

東北工業大学

正員

阿部至雄・相原昭洋

1. はじめに

水制群周辺の河川敷が多様な水辺空間を創出し、良好な河川生態系の保全に資していることから、環境に配慮した工法の一つとして、水制群が有する環境形成機能への関心が高まっている¹⁾。特に、透過型水制はその構造材料に河岸の樹木群を利用することが可能であり、河川生態系の創出と保全を考える上で有効である。そこで、本研究では透過型非越流水制としての植生水制を対象に、流れ場に影響を及ぼす植生水制の因子として、設置角度: α 、植生の空隙率(植生密集度): d に着目し、植生水制の水制機能とハビタット機能について、電磁流速計、LDA 点計測による水理実験及び修正 $k-\varepsilon$ 乱流モデルによる数値実験に基づき検討を行った。

2. 水理実験及び数値実験の概要

水理実験: Fig.1 に植生水制を含む流れ場の模式図と座標系を示した。実験は長さ 10m、幅 0.6m の勾配可変型水路を用い、その左岸に模擬植生水制 2 基を設置して行った。なお、座標系は流下方向に X 軸を、水路右岸方向に Z 軸を取った。模擬植生水制の長さ $l=12\text{cm}$ とし、幅を $b=5\text{cm}$ 、高さ $h=6\text{cm}$ とした。水制間隔は、植生水制の水制機能を水制間隔の観点から検討して得た最適アスペクト比 $s/l=2.5$ より定めた²⁾。その実験条件を Table 1 に示した。

数値実験: 研究対象の流れ場は平面せん断流れが卓越するので、次式を用いた 2 次元の数値計算を実施した³⁾。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(U_i \Phi - \Gamma \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right) = S \quad (1)$$

ここに、 Φ : 流体の水理量(U, W, k, ε)、 Γ : 拡散係数である。なお、計算に必要な条件は Table 1 に示した各実験ケースの条件と同じである。

3. 結果と考察

減速効果: Fig.2 に水制域内($z/l=0.5$)の主流方向の時間平均流速 U_x を流程と共に示した。図より、設置角度が水制域内の流速に及ぼす影響は、主に 1 基目水制工背後の流程 $x/s=-0.25$ に見られる。水制が上流向きの $\alpha=0^\circ \sim 10^\circ$ 場合では、設置角度による流速の減速割合に差異はないが、設置角度が大きい $\alpha=15^\circ$ で流速の減速割合が大きく約 20% まで低減している。下流向き水制 $\alpha=-5^\circ$ でも $\alpha=15^\circ$ と同様な傾向を示すが、主流域からの流れ込みが生じるため流速の再加速が生じている。また、2 基目の水制工背後($x/s=1.0$)では、設置角度に関わらず流速は約 50% に低減するが、水制工

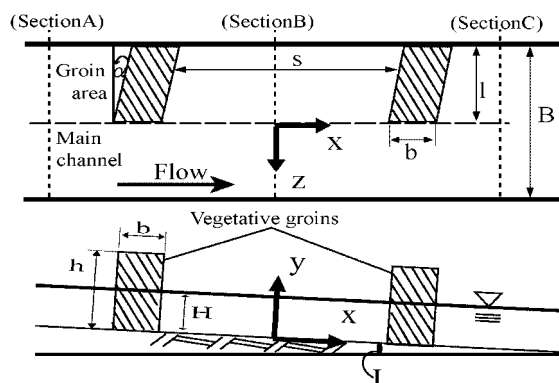


Fig. 1. The schematic view of open-channel with vegetative groins

Table 1. The experimental conditions

Case	S (cm)	s/l	d (%)	α ($^\circ$)	Q (cm^3/s)	Fr
A1	30	2.5	95	15	3980	0.65
A2	30	2.5	95	10	3880	0.73
A3	30	2.5	95	5	3920	0.60
A4	30	2.5	95	0	3960	0.57
A5	30	2.5	95	-5	4040	0.58
D1	30	2.5	95	0	4100	0.55
D2	30	2.5	88	0	3930	0.60
D3	30	2.5	84	0	4060	0.55
D4	30	2.5	80	0	3960	0.57

Fr= $U_0/(gH)^{1/2}$, $U_0=Q/BH$, $I=1/1000$, $h/H=2.0$, $H=3.0\text{cm}$
 I: bed slope, s: groin span, d: void of vegetation (vegetative compactness), α : angle of groin

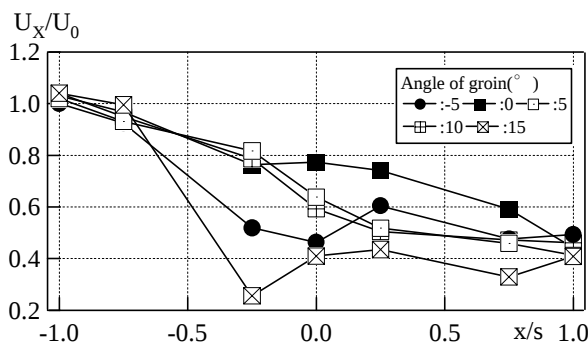


Fig.2 Variation of streamwise mean velocity of groin area.($z/l=0.5$)

キ - ワ - ド: 植生水制、透過性非越流水制、数値計算、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

の設置角度の影響は小さい。

Fig.3 に植生の空隙率(密集度) d をパラメーターに、主流方向の平均流速を示した。図によれば、水制域内の流速は空隙率が小さくなると減速の割合も大きくなることが分かる。しかし、1 基目の水制工背後では、最も空隙率が小さい場合の流速よりも、空隙率 $d=84\%$ の流速の減速割合が大きくなっている。また、2 基目水制背後でも流速の減速が確認され、減速割合は設置角度による場合のそれよりも大きい事が分かる。

水刴ね効果： Fig.4 に、水制域内($z/l=-0.5$)における横断方向の時間平均流速 W の流程による変化を示した。同図によれば、上流向き水制はその設置角度を大きくしても横断方向の流速は大きくなるとは限らず、角度が $\alpha=15^\circ$ になると水刴ね効果は小さくなる事がわかる。また、水制を下流向きに設置すると主流域から水制域への流れ込みが期待でき、水制域内の水循環には効果的ではあるが治水の観点からは検討を要する。

修正 $k-\varepsilon$ 乱流モデルによる流れ場の予測： Fig.5 は植生の空隙率(密集度) d と流速比 U_g/U_m の関係を示したものである。ここに、 U_g は水制域内の代表点($z/l=-0.5$)の平均流速、 U_m は主流域内の代表点($z/l=2.0$)の平均流速である。同図より、計算値は実験値をほぼ再現していること分かる。この結果は、水制域内の流速を植生の密集度によって制御し得ることを示している。即ち、流速比は空隙率が大きくなるにしたがって急速に増加し、逆に、植生の空隙率が小さくなると流速比の変化は僅かとなり、流速比に及ぼす空隙率の影響は殆ど見られなくなる事が分かる。これらの植生水制の性質を調べるために、水制構造物が河川横断面積に占める面積比を p として求め、Table 2 に示した⁴⁾。 $p>0.67$ の水制は不透過型水制の性質を示すとの報告から、植生の空隙率が80%程度になると不透過性水制の性質に近づくことが分かる。

4. おわりに

植生水制を有する流れ場を支配する影響因子として、水制の設置角度、植生密集度（空隙率）に着目し、植生水制周辺に生じる流れ場の水理特性について水理実験と数値実験に基づき検討した結果、河道に繁茂する植生を利用した植生水制であっても、水制本来の機能である水刴ね効果や、減速効果があること、また、植生水制のハビタット機能の観点から、水制の設置角度や植生の密集度を変えることによって、水制域内の流速を制御し予測する手法の妥当性を提示した。

参考文献

- 1) 福岡ら (1996) “樹木群の水制的利用に関する研究” 土木学会第 51 回年次講演会, pp. 226-227
- 2) 菅原ら (2001) “植生水制の水理特性に関する一考察”, 土木学会第 56 回年次講演会,
- 3) Zhu. Z. L. et al. (2000) “A study on the reproduction of embayment made of vegetation”, Proc., the 8th Int. Symp. Stochastic Hydr., pp.515-524.
- 4) Nikitin I. (1995) “水制の理論と計算”, 信山社・サイテック, p.66.

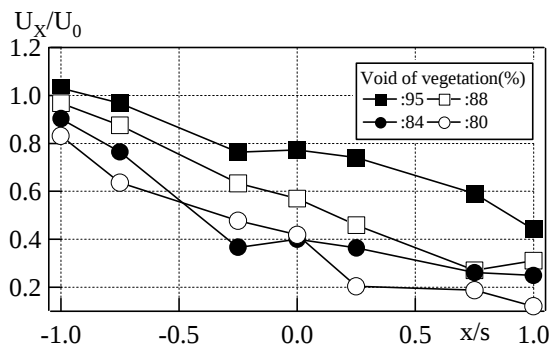


Fig.3 Variation of streamwise mean velocity of groin area.($z/l=-0.5$)

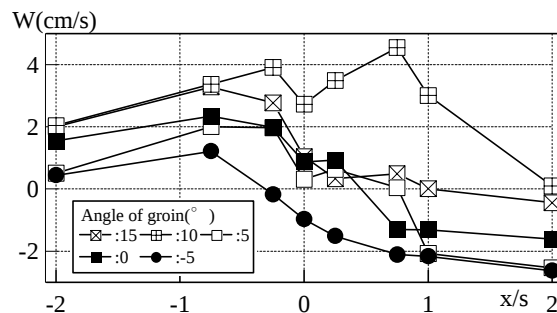


Fig.4 Variation of spanwise mean velocity of groin area.($z/l=-0.5$)

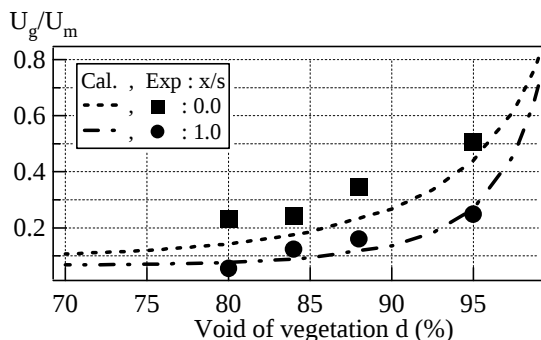


Fig.5. The effect of the void of vegetation d (the vegetative compactness) to the ratio of velocity inside the groin region to that of the mainstream region($s/l=2.5$)

Table 2. The area ratio indicating the occupation rate of the groin-work area to the river crossing area.

	CaseD1	CaseD2	CaseD3	CaseD4
d	95	88	84	80
p	0.28	0.46	0.59	0.62
$p=1-(U_2/U_1)$, U_1 : velocity of upstream of the 1 st groin, U_2 : velocity of downstream of the 1 st groin				