

II-279

高水数植生の配置が浮遊砂輸送に及ぼす影響について

京都大学大学院 学生員○島村亜紀子 京都大学工学部 正 員 中川博次
京都大学工学部 正 員 村上正吾 京都大学大学院 学生員 堀孝成

1. はじめに 近年、都市部で河川の高水数が憩いの場として注目を集めている。高水数をそのような目的で利用するとき、種々の施設が高水数上に設けられ、植樹も行われる。洪水時に高水数上に水位が及ぶとき、流砂及び流れの挙動を知ることは治水上重要なことであり、高水数を親水空間としての利用の維持管理上不可欠である。また、植生帯の環境面における親水機能のみならず浄化機能も評価されるようになり、植生帯が存在する複断面流れと流砂への影響の検討は必須と考えられる。本研究では、高水数上に植生帯を有し、その分布形状を変化させ、浮遊砂輸送及び流れの構造を比較検討するものである。

2. 実験方法 全長12m、幅50cmの直線可変勾配水路(勾配 $I_b=1/500$)の右岸壁面から幅18cmを高さ4cmの高水数とし、図-1に示すような6つの植生分布(流下方向には一様)について実験を行った。植生モデルは、直径1.8mm、長さ9cmの竹製円柱を配置間隔1.5cmの正方形格子状に配置し、水路上流端から2mの地点から8mにわたって設置した。低水路・高水数路床面を粒径 $d=0.197\sim0.236\text{mm}$ 、比重 $\alpha/p=2.65$ の砂をニス付けし、粗面とした。実験に用いた水理条件は表-1に示す。浮遊砂実験では低水路側は移動床(粗度付けした砂と同じもの)とし、光学式濁度計で移動床の開始断面から6.5mで断面内の濃度分布を測定した。流れの実験では固定床とし、ホットフィルム流速計で流れを測定した。測点は、高水数と低水路の接合部及び植生帯の境界部付近で密に設定した。流量は植生分布形状による抵抗の比較を行うため全ケースで同一とした。

3. 高水数植生が浮遊砂輸送に及ぼす影響 図-2に水深平均された浮遊砂相対濃度の横断方向変化を示す。接合部付近で変化が激しく、植生帯を伴うものはそれか特に顕著で、接合部付近での流れの水平せん断の影響が大きいものと推測される。特に、高水数端に植生帯を伴うST04では、高水数上全面植生ST01に比べ植生帯の幅が小さいにも関わらず同程度の横断方向の変化率を示していることから、植生帯が高水数端に存在することが浮遊砂の横断方向の輸送に強い影響を与えることがわかる。さらに幅が狭い場合、高水数上壁面側の非植生域での流れとの干渉効果もあり、横断方向の輸送量が増加・堆積する割合はかなり大きくなると予測できる。相対濃度の水深方向分布は、Rouseの濃度分布式によれば、 $C/C_a = \left\{ (H-y)/y \cdot a/(H-a) \right\}^{w_0/\beta u_{*m}} \dots (1)$ で表される。ここで、 C :測点の濃度、 C_a :基準面(底面)濃度、 H :水深、 y :測点の高さ、 a :基準面の高さ、 w_0 :沈降速度(2.798cm/s)、 κ :カルマン定数、 u_* :摩擦速度である。計測された相対濃度分布形に便宜的に式(1)を当てはめ、その分布形状を表す β を求め、最も低水路壁面側の測点での値 β_0 で割ったものを図-3に示す。 β/β_0 は、接合部方向に増加し、接合部に近づくにつれて濃度分布が鉛直方向に一様化することがわかる。図-4に高水数上の浮遊砂の堆積状況の横断方向変化を通水時間を併記して示す。植生帯を持たないST03、高水数上壁面側に植生帯を持つST06では、堆積は認められなかった。ST02の

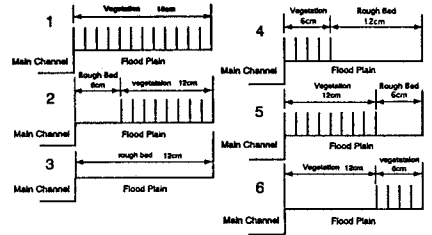


図-1 植生分布パターン

表-1 実験条件

CASE	植生モデル	路床勾配 I_b	水路幅 B (mm)	高水数幅 B_f (mm)	高水数高さ D (mm)	低水路水深 H (mm)	高水数水深 H_f (mm)	D/H	流量 Q (l/s)
F01	1	1/500	500	180	40.0	70.0	30.0	0.57	13.004
F02	2				43.2	69.0	27.3	0.63	
F03	3				41.8	61.0	21.2	0.69	
F04	4				41.7	72.9	32.3	0.57	
F05	5				42.4	76.9	36.0	0.55	
F06	6				42.5	63.6	21.5	0.67	

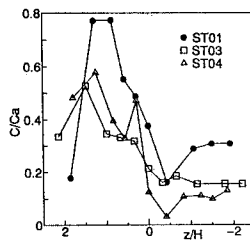


図-2 相対濃度

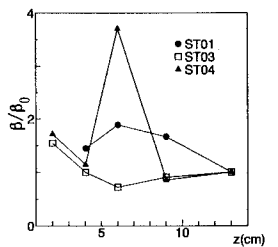


図-3 形状係数

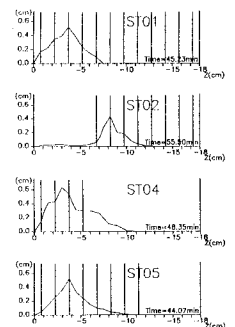


図-4 浮遊砂の堆積

堆積が少ないこと及びST06での堆積が認められなかったのは、接合部から植生帯の間で運動量の輸送強度（レイノルズ応力）、摩擦速度が速減するためである。高水数端に植生帯を持つケース

ST01・ST04・ST05では、堆積のピークとその接合部からの位置はほぼ同じであり、ST04程度の幅であれば高水数に幅の狭い植生帯を持つものの横断方向の輸送の強度は同じであることがわかる。ST04・ST05の2ケースでは、高水数上非植生域に輸送された浮遊砂が再び低水路方向へ輸送されようとして、植生帯に堆積するものもあった。ST04では流下方向に約7.5cmおきに植生帯から高水数壁面側へ流下方向に向かう堆積の筋ができた。このことから、高水数壁面側の植生帯境界からの摩擦速度と流速の増加により、水深方向に軸を持つ渦が繰り返して流下方向に存在することが予測される。

4. 植生帯を伴う複断面流れ

図-5は、主流の等流線図を示したものであり、従来の研究¹⁾で指摘されているような等流線の高水数端部で水面へ突き出し、その両側で壁に向かって突き出すような分布は、植生帯の存在しないF03で認められるのみであり、植生帯の存在によって高水数端部の2次流の強さは減少しているようであり、浮遊砂輸送は、主に境界面付近での横断混合の影響が強いものと思われる。最大流速の横断方向位置が植生帯の存在するものでは低水路壁面側に移動しており、特に高水数端に幅の狭い植生帯が存在するF03でその傾向が顕著で、高水数端植生の接合部での運動量交換が大きいため、低水路内流速の低減の効果があることがわかる。植生帯内では流速の一樣化がみられ、単断面内にある側岸植生帯内の主流速が水深方向にも鉛直方向にも一樣化すること²⁾に一致している。図-6はレイノルズ応力の等値線図を示したものであり、植生帯がその境界で乱れを増加させ、その内部では乱れを減少させる効果の大きいことがわかる。図-7は、底面近傍流速に壁法則を適用して求められた摩擦速度 u_* を砂粒子の沈降速度 w_0 で割ったもので、浮遊砂の存在を示すパラメータである。 u_*/w_0 が0.3~0.4程度が掃流砂から浮遊砂への遷移が始まる強度であり、図に示すように、ST01とST04の堆積のピークの位置はほぼ同じであるのは、 u_*/w_0 の速減傾向が似ているためであると思われる。

5. おわりに 植生帯の横断方向分布の効果は、高水数端に幅の狭い植生帯を伴うもので特徴的な結果を示しており、高水数上の植生帯幅が広がるにつれて単断面側岸植生の傾向を帯びてくる。今後、数値計算を行う上で、植生帯の配置状況が質量拡散係数と運動量拡散係数の比 β に及ぼす影響を明らかにすることが必要であろう。また、境界面付近に存在する低周波変動が濃度分布に及ぼす影響を検討が必要である。

<参考文献> 1) 富永ら：第33回水理講演会論文集，pp.523-528，1989。

2) 清水ら：水工学論文集，第36巻，pp.265-272，1991。

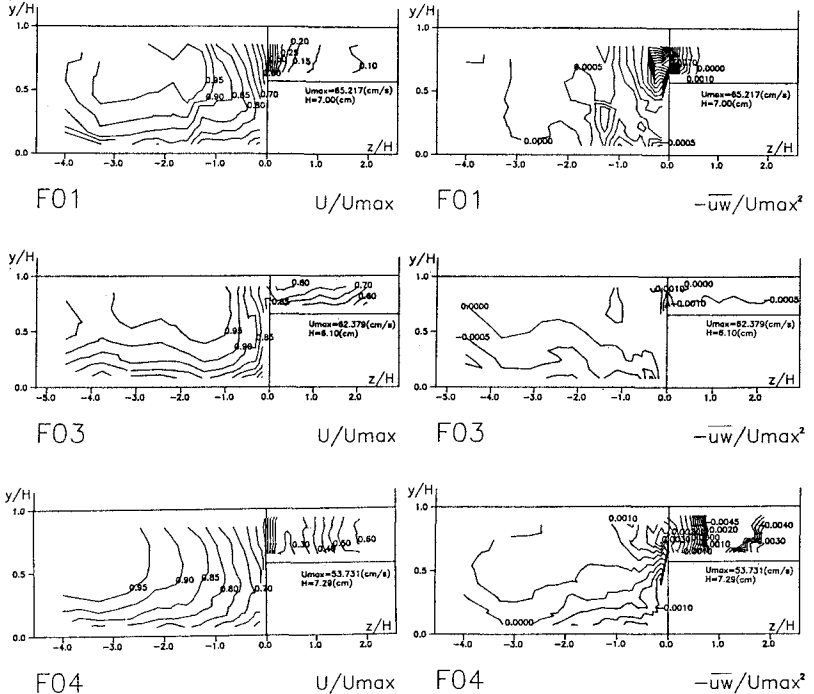


図-5 平均主流速

図-6 レイノルズ応力

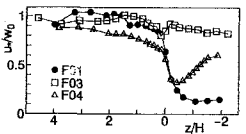


図-7 摩擦速度