

第II部門 側岸植生帯を伴う流れの遷移過程に関する研究

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
京都大学工学部 正 員 北村 忠紀 中央復建コンサルタンツ 正 員 阪本 幹己

1. はじめに 河道内植生は河川の疎通能力を低下させるため、除去するのが望ましいとされてきたが、近年の環境に対する意識の高まりや河川の親水空間としての認識にともない、河道内の植生を必ずしも全て伐採するのではなく、その一部を保存しようという考えが出てきている。この時、その水理学的影響を評価するためには河道内植生の内外での流れと流砂挙動を知る必要がある。本研究では、特に植生帯長が有限である点に注目、側岸部に一樣な植生を有する流れの特性量の遷移過程の実験的に検討した。

2. 実験的検討 実験は長さ12m、幅0.50mの勾配可変水路で、hot-film流速計を用い、表-1の条件で行われた。ここに、D、s:模擬植生の直径、間隔、h₀:植生流入口より十分下流での水深である。流れが遷移部から平衡部に至る過程の特徴を容易に把握するため、計測された水理量は水深方向に平均化した形で整理した。

Run	材質	D(cm)	s(cm)	路床	勾配	h ₀ (cm)	Q(l/s)
A1	ナイロン	0.10	1.0	滑面	1/400	3.80	3.80
A2	竹	0.26	2.0	粗面	1/100	4.10	8.00
A3	竹	0.26	4.0	粗面	1/100	4.10	8.50

表-1 水理実験条件表

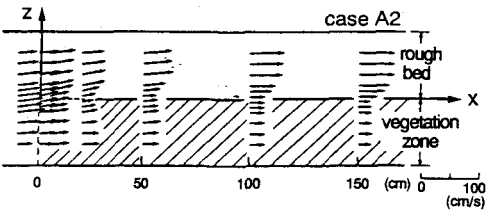


図-1 流入部流速ベクトル図

図-1は流速ベクトル図、図-2はその流下、水平方向成分のU、Wを示している。図から、ほぼ一樣な流速U₀で流入してきた流れは植生側から非植生側への流量の移動により徐々にせん断流れが形成され、150~200cm流下後、Wがほぼ0な平衡な水平方向のせん断流れに至ることがわかる。

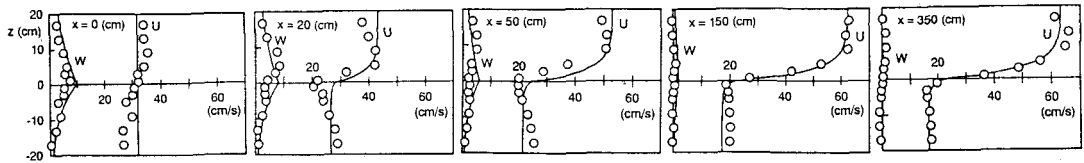


図-2 流下方向速度分布U、横断方向速度分布Wの流下方向変化

図-3は両領域での流量の流下方向変化を示したものである。遷移流れを特徴付ける量としての水平せん断の影響を受けない非擾乱域での流下方向流速U₁₀、U₂₀と植生境界面での流速U_sが、その平衡値U_{10s}、U_{20s}、U_{ss}に至る過程を示したものが図-4である。図から、流れの平均流特性が平衡に至る距離L_Eはほぼ同一の値と見なせ、その遷移過程は指数関数的であることがわかる。それぞれを次のように、

$$U_{10}(x) = U_{10s} + (U_{10} - U_{10s}) \exp(-x/L_x) \tag{1}$$

$$U_s(x) = U_{ss} + (U_s - U_{ss}) \exp(-x/L_x) \tag{2}$$

と表示した結果は図-4に示すように良好である。ここに、下付け添え字iは1が非植生側、2が植生側である。L_xは緩和の距離スケールで、図-5に両領域の抵抗特性比γ (=√C_f/(C_f+Ω))、C_f:非植生側摩擦抵抗係数、Ω:植生密度を表すパラメータに対する関係を示した。指数関数的緩和を考えているからL_E=(3~4)L_xである。さらに、流れの遷移過程においてもその流速分布は平衡部におけるそれと相似とみなすと、山崎ら¹⁾の解と式(1)、(2)と横断方向の混合層の長さスケールL_{2i}を用いて次式が仮定できる。

$$U_i(x, z) = U_{i0}(x) + \{U_s(x) - U_{i0}(x)\} \exp\{(-1)^i z/L_{zi}\} \quad (3)$$

横断方向の流速分布についても同様の考えより、

$$W_i(x, z) = W_i(0, 0) \exp\{(-1)^i z/L_{zi}\} \exp(-x/L_x) \quad (4)$$

と表示される。図-2に式(3)、(4)と実験結果とが比較され、ほぼ妥当な表示であることがわかる。

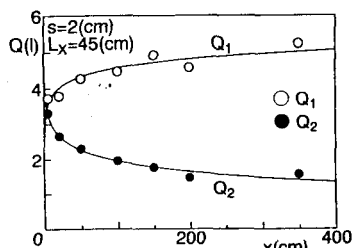


図-3 流量の流下方向変化

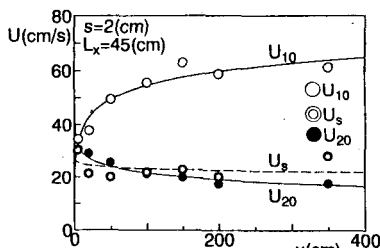


図-4 U_{10} , U_{20} , U_s の流下方向変化

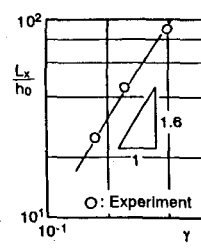


図-5 L_x と γ の関係

U , W の水深方向に平均化された乱れ強度 U' , W' の流下方向変化を示したものが図-6, 7である。流れの平均量とほぼ同一の緩和距離を経て、平衡な乱れ強度分布が形成される。 W' については、流入端から40cm上流側より認められ、植生帯の存在による横断勾配の形成がかなり上流にまで及ぶことによるものと考えられる。

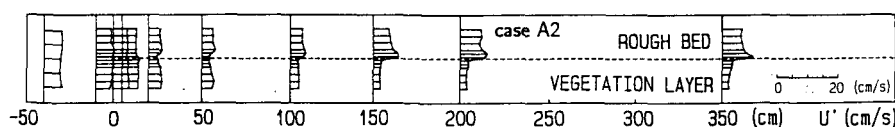


図-6 U の乱れ強度 U' の流下方向変化

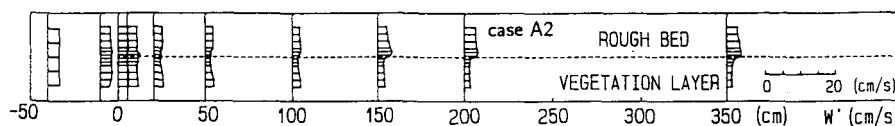


図-7 W の乱れ強度 W' の流下方向変化

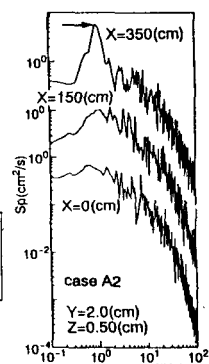


図-8 w' のスペクトルの流下方向変化

図-8, 9は、 w' のスペクトル密度関数及びReynolds応力の流下方向変化を示したもので、平衡部の流れを特徴づける低周波の横断方向混合²⁾の形成は平均流がかなり平衡状態に近づいた時点から始まることが両図より理解される。

3. 結論 植生流入部における流れの計測から、このような流れ場は次のような三つの領域に分割するのが適当と思われる。

- ①流入直後の流量シフトが卓越する領域：平均流の分布が著しく変化する。流下方向の流速は、流量が植生域から非植生域へと移動するのに伴って、水平せん断流れが形成される。
- ②流量移動が終了しつつ、低周波の横断混合が発達する領域：平均流の変化がほぼ平衡に至り、流速変動も徐々に高周波から低周波へと移行する。
- ③低周波の横断混合が完全に発達した平衡領域：平均流に時間的な変化はなくなる。横断方向には、低周波の乱れ強度が発達し、大規模な流体運動がみられる。今後は乱流モデルに基づく数値計算手法を併用し、より一般的な流れの表示法の検討が必要と考えられる。

1)山崎ら：開水路せん断流に関する実験的研究，土木学会第46回年講，II-237，1984。

2)北村ら：横断面内に植生帯のある開水路流れの水理学的検討，土木学会第46回年講，II-372，1992。

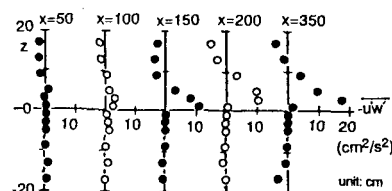


図-9 Reynolds応力 $-u'w'$ の流下方向変化