

II-312

複断面水路と植生水路の流れの構造の比較

パシフィックコンサルタンツ（株） 正 員 荒川 記行
 群馬大学工学部 正 員 清水 義彦
 群馬大学大学院 学生員 稲葉 修一

1. はじめに

河岸に繁茂する植生群落によって流速低減が引き起こされ、場合によっては植生による土砂の捕捉から、河岸の高水敷化も生じている。本研究は、河岸に植生域がある場合とそれが土砂によって埋められて高水敷化した場合を想定して、水路横断面に高水敷がある場合（図1(a)）とそれと同一規模の植生域がある場合の流れ（図1(b)）を水理実験から比較し、流れの構造の違いについて検討したものである。

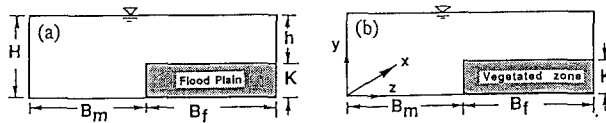


図1 概念図

表1 水理条件

RUN	Depth of flow H (cm)	Discharge Q (cm ³ /s)	Bed slope I
SQ1	12.8	11278	1/2000
HQ1	9.73	11007	1/2000
HQ2	13.1	9726	1/2000

2. 実験方法

縦断長さ12.5m、水路幅0.4mの直線水路内の水路半断面に、幅0.2m ($=B_f$)、高さ6.0cm ($=K$)の高水敷を設置し、一方、植生水路も水路半断面 ($B_f=0.2m$)に高さ6.0cm ($=K$)、直径0.18cm ($=D$)の竹ひご製の模擬植生粗度を2cm格子配列で縦断方向に10m植えつけて作成した。このとき、植生粗度の密生度 λ は $\lambda=D/s^2$ で0.045 (1/cm)である。複断面水路、植生水路ともに疑似等流区間を作り、十分流れが発達した地点での水路横断面を2成分ファイバー型レーザー Doppler 流速計 (KANOMAX-TSI) を用いて3次元乱流計測を行なった。水理条件を表1に示す。ここで、Run SQ1は植生水路、Run HQ1、Run HQ2は複断面水路における実験である。SQ1とHQ1は同一流量、同一水路床勾配での実験であり、SQ1とHQ2は同一水深、同一水路床勾配での実験で、条件を合わせて流れの構造を比較しようとしたものである。

3. 水深-流量曲線 (H-Q Relation)

はじめに、抵抗の観点から複断面水路と植生水路の比較を検討した。図2は複断面水路と植生水路の水深-流量曲線をそれぞれ水路床勾配をパラメーターとして記述したものであり、図3は水路床勾配ごとに複断面水路と植生水路の水深-流量曲線を比較したものである。図3より、同一流量・水路床勾配における水深は植生水路の方が大きく、複断面水路に比べて抵抗がかなり増大することが認められる。ここで、植生域の空隙率 n ($= (s^2 K - K \pi D^2 / 4) / (s^2 K)$)は0.9936であり、植生粗度によって排除される流体の体積は1%にも満たない。一方、高水敷は100%流体を排除するにもかかわらず、植生水路の方が流れにくいのは、植生域の透過性のために存在する植生域内の遅い流体が植生域外の流体と混合し、運動量交換を生じることにある。混合を許す植生粗度では水深がK以下でも水路横断方向の運動量交換の強度によって抵抗が異なるが、複断面水路では水深が高水敷を乗り越えた状況から抵抗特性が異なっている（図2）。

4. 流れの構造に関する考察

次に、図3に現われるような抵抗特性の違いが流れの構造にどのように反映されているかを計測結果から検討した。図4は時間平均された主流速 (U) の等値線（ただし、断面最大流速 U_{max} で無次元化）である。複断面水路では接合部付近における等値線の張り出しから斜昇流の存在が認められる。一方、植生水路ではこうした特徴が等値線図から抽出されず、乱流構造、ひいては横断面内での運動量混合の形態自身が異なることを示唆している。植生水路では植生域境界付近で無次元化された主流速値は0.5程度であり、複断面水路では高水敷付近で0.7-0.8程度で、流速の低減が植生水路の方が著しい。

図5は、路床および植生境界（頂部）付近のレイノルズ応力 ($-\overline{uv}$) の計測値を横断方向にプロットしたものである。すなわち複断面水路の場合 (HQ1, HQ2) では路床付近でのレイノルズ応力 ($-\overline{uv}$) の計測値を、また、植生水路 (SQ1) では (a) として路床付近と、(b) として植生境界（頂部）付近のレイノルズ応力 ($-\overline{uv}$)

の計測値を示している。路床・境界付近でのレイノルズ応力（ $-\overline{uv}$ ）の計測値をBoundary shear stressの近似値と見れば、植生路床では形状抵抗の作用によってshear stressが低下し、路床保護の効果が期待される。一方、高水敷上と植生境界（頂部）でのshear stressを比べると、植生水路の著しく大きく、植生層上の流れ（表面流）の抵抗増大の要因に成っていることがわかる。

図6、7は水深平均された主流速、レイノルズ応力（ $-\overline{uw}$ ）の横断分布を示したもので、植生水路のように透過性粗度をもつ流れでは、非透過性粗度（高水敷）をもつ流れよりも大きな横断せん断乱流場が形成され、運動量の横断方向の交換が活発であることが示唆される。

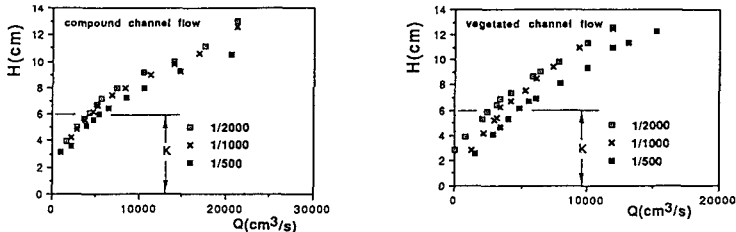


図2 水深－流量曲線

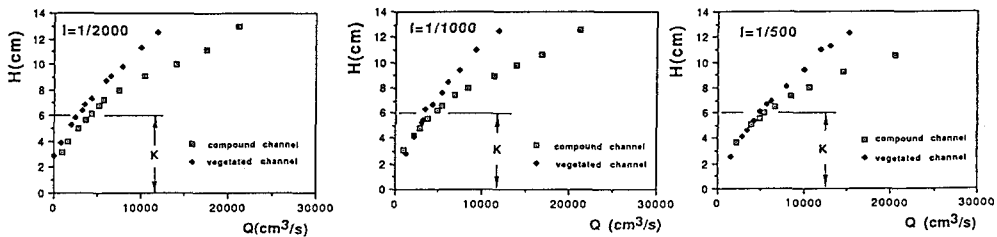


図3 植生水路と複断面水路の水深－流量曲線の比較

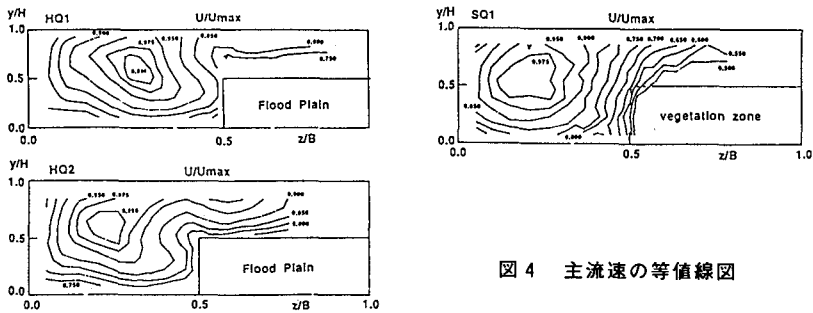


図4 主流速の等値線図

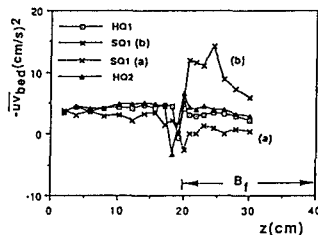


図5 Bed shear stressの見積り

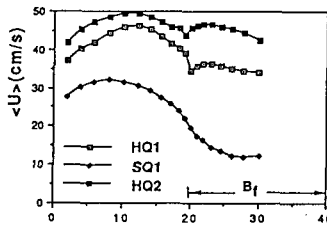


図6 水深平均の主流速横断分布

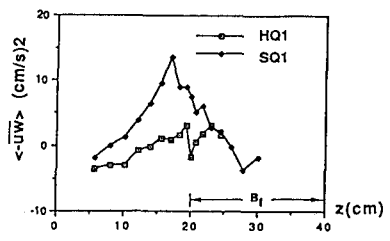


図7 水深平均の $-\overline{uw}$ の横断分布

5. あとがき

本研究は、植生粗度と複断面水路の流れの特性を知る手始めとして、水理実験から検討したものである。今後は、高水敷上に植生粗度がある場合を含めて横断面内に種々の分布形態で植生があるときに、流れの特性がどのようになるかについて水理実験から調べて行きたい。