

植生層内における流砂量に関する実験的研究

佐賀大学大学院 学生会員 渡邊 満 学生会員 大津 龍二
 佐賀大学理工学部 学生会員 田中 康浩 正会員 渡辺 訓甫
 非会員 野口 剛志

1. はじめに

河床変動に対する植生の影響を明らかにするためには、植生層内の流砂量を正確に評価する必要がある。著者らは模擬植生を配置した移動床水路を用いて植生層内の流砂量に関する実験的な検討を行い、流砂量は非植生流れの流砂量式に適合しないことを示した¹⁾。本文は、さらに広範な水理条件下で実験を行い、有効掃流力の算定法を検討し、植生層内の限界掃流力及び掃流力と流砂量との関係について、植生密度 λ 、植生直径 D 、粒径 d をパラメーターとして考察を行ったものである。

2. 実験

実験は、図-1 に示すような有効長 20m、幅 0.4m、高さ 0.4m の可変勾配水路で行った。模擬植生として、直径 $D_1=3.1\text{mm}$ の竹製円柱を千鳥状(植生間隔 $S=2.12, 3.11, 4.24\text{cm}$ 、植生密度 $\lambda=\pi D^2/4S^2=0.0168, 0.0078, 0.0042$) に、直径 $D_2=8.0\text{mm}$ の木製円柱を正方形 ($S=4.9, 6.53, 9.8\text{cm}$ 、 $\lambda=0.0231, 0.0135, 0.0064$) に配置し、非水没型とした。河床砂は粒径 $d=0.987, 0.701, 0.335\text{mm}$ の一様砂を用いた。限界掃流力の実験は不等流状態で行い、河床砂の移動開始地点を探しこれを限界地点とし水深を測定した。流砂量実験は等流状態で行い、移動床末端に設置した採砂箱で採砂した。なお、採砂する箇所を植生層内とするため採砂箱上にも植生を配置した。実験は河床勾配 $I_b=1/1,000\sim 1/72$ 、流量 $Q=3,300\sim 14,975\text{cm}^3/\text{sec}$ の範囲で行った。

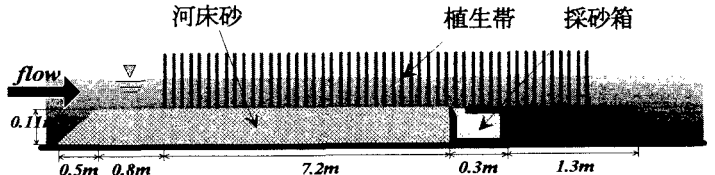


図-1 実験水路

実験は、図-1 に示すような有効長 20m、幅 0.4m、高さ 0.4m の可変勾配水路で行った。模擬植生として、直径 $D_1=3.1\text{mm}$ の竹製円柱を千鳥状(植生間隔 $S=2.12, 3.11, 4.24\text{cm}$ 、植生密度 $\lambda=\pi D^2/4S^2=0.0168, 0.0078, 0.0042$) に、直径 $D_2=8.0\text{mm}$ の木製円柱を正方形 ($S=4.9, 6.53, 9.8\text{cm}$ 、 $\lambda=0.0231, 0.0135, 0.0064$) に配置し、非水没型とした。河床砂は粒径 $d=0.987, 0.701, 0.335\text{mm}$ の一様砂を用いた。限界掃流力の実験は不等流状態で行い、河床砂の移動開始地点を探しこれを限界地点とし水深を測定した。流砂量実験は等流状態で行い、移動床末端に設置した採砂箱で採砂した。なお、採砂する箇所を植生層内とするため採砂箱上にも植生を配置した。実験は河床勾配 $I_b=1/1,000\sim 1/72$ 、流量 $Q=3,300\sim 14,975\text{cm}^3/\text{sec}$ の範囲で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 有効掃流力の算定法

1 次元の力のつり合い式 (1) を用いて全剪断応力から植生抵抗を減じることにより底面剪断応力を算出した。著者らは植生抵抗の代表流速として断面平均流速 U を用いていたが、植生抵抗に関する代表流速としては植生前面の流速を用いるほうが合理的であると考え、本研究では植生前面における平均流速 \bar{u} を植生抵抗の評価に用いた。固定床での予備実験によると \bar{u}/U は植生密度で若干変化するが、平均的に 3.1mm 植生で $\bar{u}/U=0.8$ 、8.0mm 植生で $\bar{u}/U=0.6$ であった。

$$\rho g h I_c = \rho u_{*c}^2 + \frac{1}{2} \rho C_D u^2 \frac{Dh}{S^2} \quad (1)$$

$\left[\begin{array}{l} u_{*c} : \text{底面摩擦速度} \quad I_c : \text{エネルギー勾配} \\ C_D : \text{抵抗係数} \quad h : \text{水深} \end{array} \right]$

3.2 限界掃流力

図-2 は実験から得られた限界掃流力 $\Psi_c = u_{*c}^2 / sgd$ (u_{*c} : 限界摩擦速度) をシールズダイアグラム上にプロットしたものである。同図には以前の実験結果¹⁾から上述の算定法に

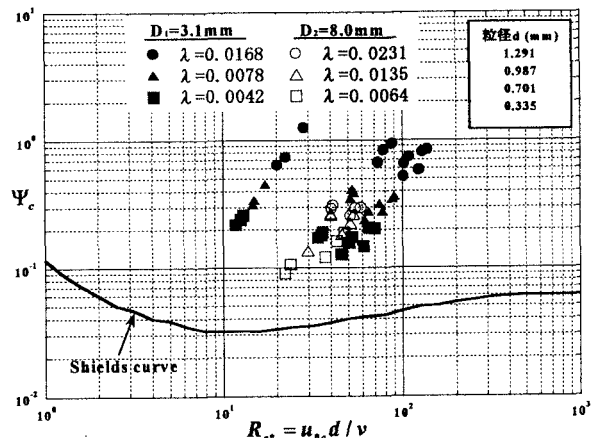


図-2 植生流れにおけるシールズダイアグラム

より算出したものもプロットした。植生流れにおける限界掃流力は非植生流れにおけるそれより大きく、植生密度 λ の増加と共に増大していくことがわかる。また、植生直径 D によって限界掃流力が異なり、植生直径が小さいほど限界掃流力は大きい値となる。これは植生直径が大きいほど植生後流の影響を強く受け、小さい掃流力で砂が動き始めるからだと考えられる。

3.3 流砂量

図-3 ($D_1=3.1\text{mm}$)、図-4 ($D_2=8.0\text{mm}$)は実験から得られた流砂量 $\Phi=q_b/\sqrt{sgd^3}$ (q_b :単位幅流砂量)を芦田・道上式³⁾と比較したもので、以前の結果^{1), 2)}もプロットした。図中の実線は芦田・道上式に限界掃流力の値として粒径、植生密度毎に平均した実験値を用いた場合であり、同時に非植生流れの限界掃流力(岩垣の式³⁾)を用いた場合も破線で示した。植生流れの流砂量は、限界掃流力の大きさが植生密度 λ 、植生直径 D の影響を大きく受けるため、有効掃流力を用いても芦田・道上式よりかなり過少となる。非植生流れの限界掃流力に対して各植生配置における実験値を用いると、ある程度芦田・道上式への適合性が認められ、植生流れにおける流砂量の推定は限界掃流力の評価に大きく規定されることがわかる。8.0mm 植生(図-4)の一部資料では、波高0.5cm~1.4cm、波長20~30cmのduneが形成されており、ここではこのduneの抵抗は考慮されていない。また、植生周りの洗掘孔、その洗掘により生じる植生後方の堆砂などの影響が有効掃流力に評価されていないことも原因でばらついてはいるが、植生流れの流砂量をかなり説明できた。

4. おわりに

植生層内の流砂量の算定に、植生層内における限界掃流力を用いることで、従来の流砂量式の適用の可能性を示した。今後は、植生周りの洗掘孔や砂堆の抵抗について検討を加える予定である。

【参考文献】

- 1) 毛利知広・渡辺満・H.M.Nagy・渡辺訓甫：植生流れにおける掃流力と掃流砂量に関する実験的研究，土木学会第55回年次学術講演会講演概要集(2000)，II-38/305。
- 2) 大津龍二・渡辺満・渡辺訓甫・野口剛志・毛利知広：植生流れにおける流砂の輸送形態と流砂量について，土木学会第56回年次学術講演会講演概要集(2001)，II-128/256。
- 3) 椿 東一郎：水理学II，森北出版，1974。

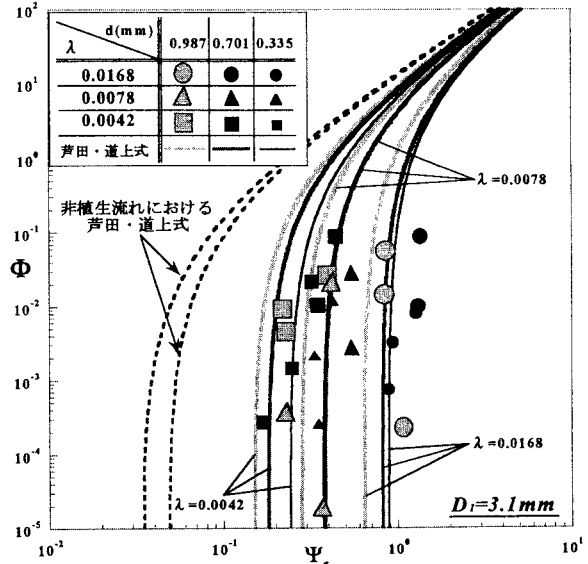


図-3 植生層内の流砂量 ($D_1=3.1\text{mm}$)

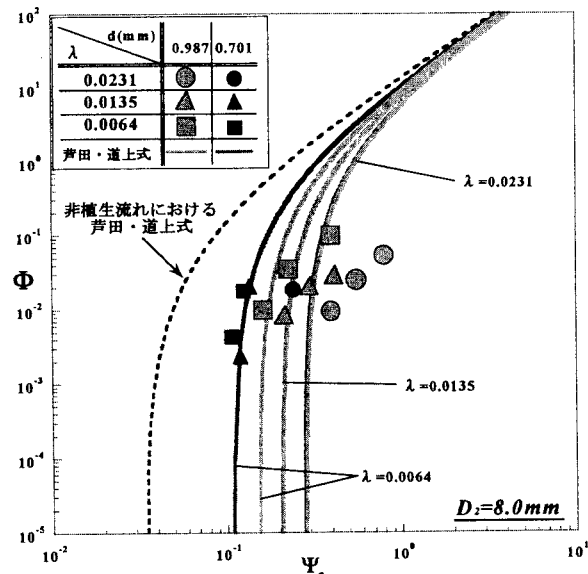


図-4 植生層内の流砂量 ($D_2=8.0\text{mm}$)