

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

佐賀大学大学院

学生会員 毛利 知広

佐賀大学大学院

学生会員 渡辺 満

アレクサンドリア大学工学部

非会員 H. M. Nagy

佐賀大学理工学部

正会員 渡辺 訓甫

1. はじめに

河川と植生の共存のためには流れにおける植生の影響を明らかにしておくことが重要である。なかでも植生の河床砂に対する影響については、まだ明確な評価が得られていない。著者らは、模擬植生を用いた移動床水路実験により、植生流れの掃流力、限界掃流力、流砂量に関する実験を行ってきた¹⁾。ここでは、より広範囲の実験条件下での全剪断応力と底面剪断応力の関係、植生流れでの限界掃流力に関するシールズダイアグラム、また掃流力と掃流砂量の関係を調べた結果について述べる。

2. 実験

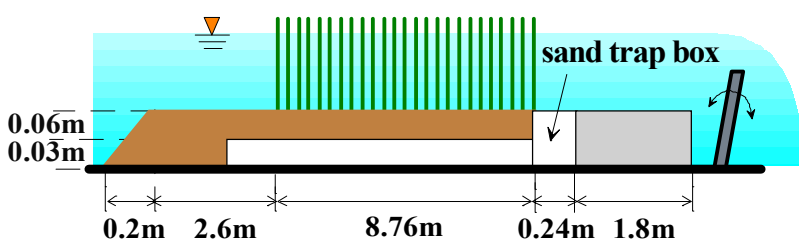


図 - 1 実験水路

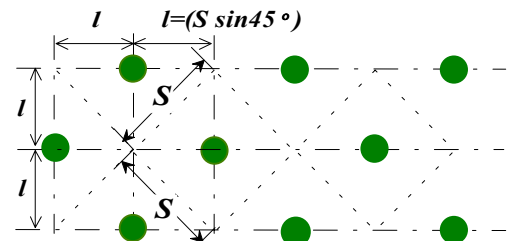


図 - 2 植生配置

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。河床砂として粒径 $d=0.987, 0.701\text{mm}$ の一樣砂を用い、6cm の敷高とした。植生模型として直径 $D=0.31\text{cm}$ の竹製円柱を用い水路全幅に配置した。植生は図 - 2 に示すような千鳥状配置で、中心間隔 $S=2.12, 3.11, 4.24\text{cm}$ 、植生密度 $\lambda = \pi D/4S^2 (=0.0168, 0.0078, 0.0042)$ とした。勾配 $I_0 = 1/400 \sim 1/32$ 、流量 $Q = 3,855 \sim 15,851 \text{ cm}^3/\text{sec}$ の範囲である。限界掃流力の実験は等流及び不等流状態でいき、等流実験では流れ方向に一樣な限界状態となったことを確認した後水深を測定した。不等流実験では河床砂の移動始点を確認すると同時に水路のガラス壁面で水深を測定した。掃流砂量の実験は等流状態でいき、河床砂は移動床末端の採砂箱で採砂し、停水後回収した。

3. 実験結果と考察

3.1 掃流力

次に示す植生流れにおける力のつり合い式

$$\rho u_*^2 = \rho u_{*e}^2 + \frac{1}{2} \rho U^2 C_D D h \frac{1}{S^2} \quad (1)$$

($u_* = \sqrt{ghI_e}$: 摩擦速度 I_e : エネルギー勾配 u_{*e} : 底面摩擦速度

U : 平均流速 C_D : 抵抗係数)

において全断剪断力と植生抵抗を実験結果により与えて底面剪断応力を算出した。植生の抵抗係数 C_D として単一円柱のそれを用いレイノルズ数 $Re = UD/\nu$ より求めた。植生流れにおける底面剪断応力を支配す

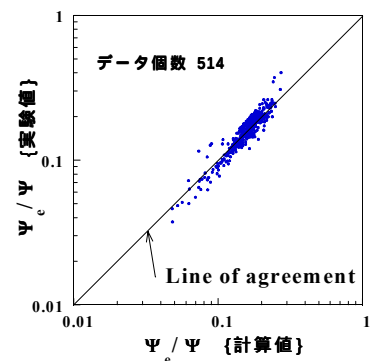


図 - 3 Ψ_e/Ψ の実験値と計算値の比較

キーワード：植生流れ、掃流力、限界掃流力、掃流砂量

連絡先：〒840-8502 佐賀市本庄町 1 Tel. 0952-28-8685, Fax : 0952-28-8699

るパラメーターとして砂粒レイノルズ数 R_{e*} 、植生直径・粒径比 D/d 、水深・粒径比 h/d 、植生密度 λ を用いると次のような式が得られる。

$$\frac{\Psi_e}{\Psi} = \ln \left[0.66 \frac{R_{e*}^{0.15} (D/d)^{0.31}}{(h/d)^{0.11} \lambda^{0.043}} \right] \quad (2)$$

ここに、 $\Psi = u_*^2 / \text{sgd}$ 、 $\Psi_e = u_{*c}^2 / \text{sgd}$ である。図 - 3 は式(2)の適合度を示したものである。

3.2 限界掃流力

植生流れにおける限界掃流力 $\Psi_e = u_{*c}^2 / \text{sgd}$ (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が図 - 4 である。同図には昨年度の実験結果($d=1.291\text{mm}$)¹⁾もプロットした。明らかに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、植生密度の増加と共に増大していくことがわかる。シールズダイアグラムを植生密度の影響を考慮して修正すると式(3)が得られる。係数 C は 30~50 の範囲で平均は 42 である。

$$\Psi_e = e^{C\lambda^{0.75}} \left[\frac{0.106}{R_{e*}} + 0.055 \left(1 - e^{-0.16\sqrt{R_{e*}}} \right) \right] \quad (3)$$

上式は実験の範囲で得られたものであり、特に R_{e*} の小さい領域での検討が今後必要である。

3.3 掃流砂量

図 - 5 は、実験で得られた無次元掃流砂量 $\Phi = q_b / \sqrt{\text{sgd}^3}$ (q_b : 単位幅流砂量) をスイス公式と比較してみたものである。植生密度が大きくなるにつれて掃流砂量は小さくなる傾向が見受けられる。実験から求めた掃流力、限界掃流力を用いているにもかかわらず、掃流砂量はスイス公式で与えられたものより小さい。このことは植生近傍の局所的な洗掘、有効掃流幅、河床形態などの影響が評価されていないことを示すものと思われる。

4. おわりに

植生流れにおける底面剪断応力の全剪断応力に対する比に関する表示式を求めた。限界掃流力は非植生流れのそれと比べて大きく、シールズダイアグラム上に限界掃流力に及ぼす植生密度の影響を示した。植生流れの掃流砂量は実験から得られた掃流力(底面剪断応力)・限界掃流力を用いても非植生流れのそれと比べて小さく、植生密度が大きい程その傾向は顕著である。本実験で得られた底面剪断応力は植生層内の平均的なものであり、流砂量を合理的に評価するには底面近傍の流れや砂粒の移動現象をより詳細に検討する必要がある。

参考文献

- 1) K.Watanabe, H.M.Nagy, T.Mouri ; Incipient Sediment Motion and Bed Load Transport in Streams with Rigid Vegetation, Proc.54th Annual Cont., JSCE, pp.228-229, 1999.

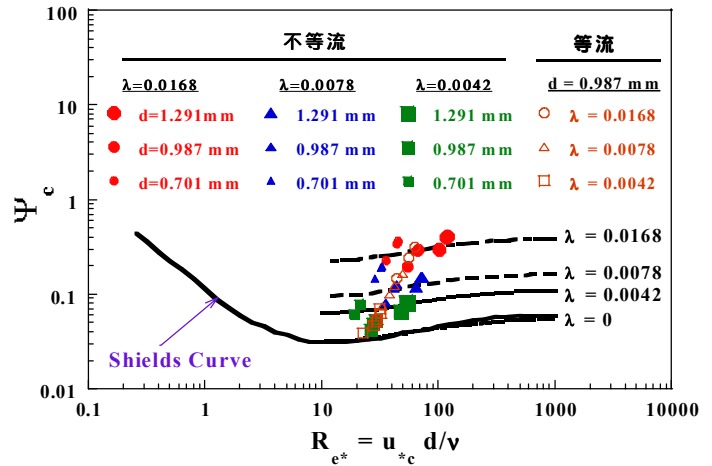


図 - 4 植生流れにおけるシールズダイアグラム

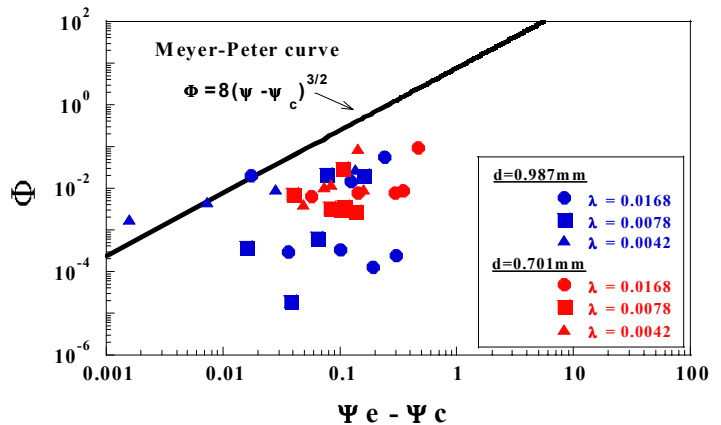


図 - 5 掃流砂量