

植生群内における河床波の特性と流砂量について

佐賀大学大学院 学生会員 田中 康浩 学生会員 大津 龍二
 佐賀大学理工学部 非会員 杉田 前 正会員 渡辺 訓甫

1. はじめに

著者らは、模擬植生を配置した移動床水路を用いて植生群内の流砂量に関する実験的な検討を行い、流砂量が非植生流れの流砂量式に適合することを示した¹⁾。しかし、植生密度が小さい場合には植生群内にも河床波が形成され、流水抵抗や流砂量、河床変動に影響を及ぼすため、流砂量式に適合しないことがある。

本文は、さらに広範囲な水理条件下で実験を行い、植生群内に形成される河床波の特性、有効掃流力の評価法について検討したものである。

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 $D=8.0\text{mm}$ の円柱を

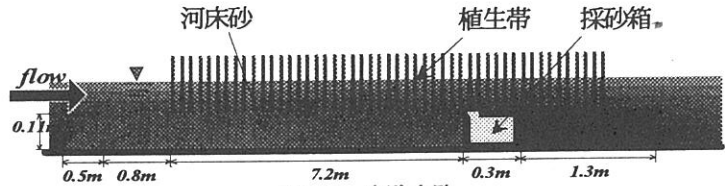


図-1 実験水路

正方形 (植生間隔 $S=4.9, 6.53, 9.8\text{cm}$ 、植生密度 $\lambda=0.0231, 0.0135, 0.0064$) に配置し、非水没型とした。河床砂には粒径 $d=0.987, 0.701\text{mm}$ の一様砂を用いた。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群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 $I_b=1/200\sim 1/60$ 、流量 $Q=9,989\sim 14,975\text{cm}^3/\text{sec}$ の範囲で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 河床波の形状特性

移動床流れにおける河床波の抵抗は、その形状によって大きく変動するため、発生した河床波の河床形態を知る必要がある。本研究では、波長 17~35cm、波高 0.5~1.5cm の二次元的な河床波が形成されていた。実験から得られた Stream-power $\tau_e U (\text{kg/m}^2/\text{sec})$ と粒径 $d(\text{mm})$ の関係²⁾を図-2 に示す。図中の実線は非植生流れにおける、領域区分線である。本研究における Dunes・Flat bed のデータは、共に Flat bed に区別されているが、非植生の場合と同様に Dunes の Stream-power が Flat bed のものより大きい値をとる傾向を示している。このことから、植生群内の河床波も、非植生と同様に Stream-power で整理できる可能性を示している。

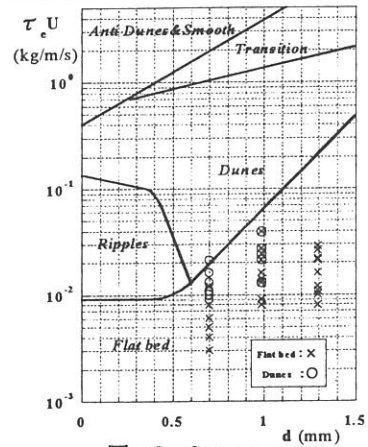


図-2 Stream-power

3.2 波高・波長

波高・水深比(H/h)と掃流力との関係を図-3 に示す。 τ_e は植生抵抗を減じた有効掃流力、 τ_c は植生群内での限界掃流力である。図中の実線は Yalin の提示式³⁾で、破線は従来の河床波データの散らばりの範囲を示している。実験値は、この散らばりの範囲内にあり有効掃流力に対して同程度の波高の河床波が形成されたことを示している。したがって、波高の特性は、非植生の場合と同様に、水深と τ_e/τ_c によって規定される。次に、水深・波長比(h/L)と砂粒レイノルズ数 $Re_* (=u_* d/\nu)$ との関係³⁾を図-4 に示す。図中の実線は $h/L=0.2$ を示している。

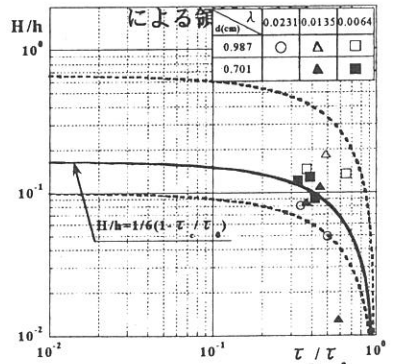


図-3 H/h と τ_e/τ_c との関係

砂粒レイノルズ数は、 $Re_s=30\sim 100$ であり、目視観測からも、形成された河床波は Dunes 近い特性を示すものと思われる。また、植生群内の河床波は、非植生流れの河床波より波長が短く、 $L=(1.6\sim 4.0)h$ である。図-5 は Dunes に対して提示されている(1)式⁴⁾を比較したものである。前述の様に、植生流れにおける波長のほうが、やや小さいことを示している。

$$\frac{L}{h} = \frac{2\pi}{0.45} \left[\frac{1}{F_r^2} - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (F_r = \frac{U}{\sqrt{gh}}) \quad (1)$$

3.3 全せん断に対する各抵抗の割合

植生群内に波高 H 、波長 L (背面波長 L')

$$\rho gh I_e = \rho u_{*c}'^2 \frac{L'}{L} + \frac{1}{2} \rho C_D^{-2} \frac{Dh}{S^2} + \frac{1}{2} \rho C_D' u_H^2 \frac{H}{L} \quad (2)$$

I_e : エネルギー勾配 u_{*c}' : 底面摩擦速度 C_D : 植生の抵抗係数
 \bar{u} : 植生前の流速 C_D' : 河床波の抵抗係数 u_H : 河床波抵抗の代表流速

実験より、植生抵抗($=\tau_v$)・形状抵抗($=\tau_s$)を求め、(2)式より、底面せん断応力($=\tau_c$)を求めた。なお、 u_H としては固有浸透流速を用いた。これらと全せん断応力($=\tau_0$)の比と λ との関係を図-6 に示す。底面せん断応力が 6 割~7 割、植生抵抗が 3 割、形状抵抗が 1 割程度となる。植生抵抗は、密度が減少すると減少する。河床波の形状抵抗は、植生密度が減少すると、波高の大きい河床波して増大するため、有効掃流力は減少する傾向にある。

3.4 流砂量

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) と、(2)式より、植生抵抗・形状抵抗を考慮した有効掃流力 $\Psi e' (=u_{*c}'^2/sgd)$ を求め、芦田・道上式と比較、検討を行ったが、有効掃流力に対し形状抵抗の割合が小さいため、植生密度が疎の場合を除き、有効掃流力に形状抵抗を考慮しない場合との顕著な差異が認められなかった。

4. おわりに

本文では、河床波の特性を従来の水理パラメータを用いて考察を試みたが、流れの水深 h や断面平均流速 U が植生群内の河床波を規定するパラメータとして適当であるかどうか疑問である。今後の検討課題である。

【参考文献】

- 1) 渡辺満・大津龍二・田中康浩・渡辺訓甫：植生層内における流砂量に関する実験的研究，土木学会西部支部研究発表会講演概要集(2002)，II-B-182/183
- 2) 河村三郎：土砂水理学 I，森北出版，1982.
- 3) 椿東一郎：水理学 II，森北出版，1974.
- 4) Watanabe, K., Hirano, M. and Nagy, H.(1992) : On the Dominant Length of Sand Waves in the Lower Flow Regime, Memoirs of the Faculty of Eng., Kyushu Univ., Vol.53, No.1.

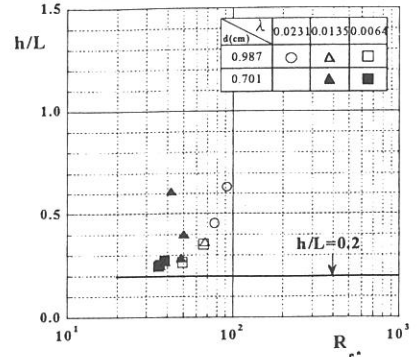


図-4 h/L と Re_s との関係

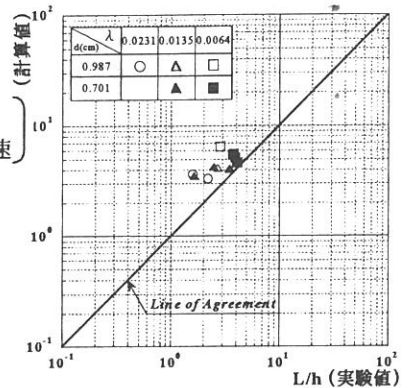


図-5 L/h の計算値と実験値との比較

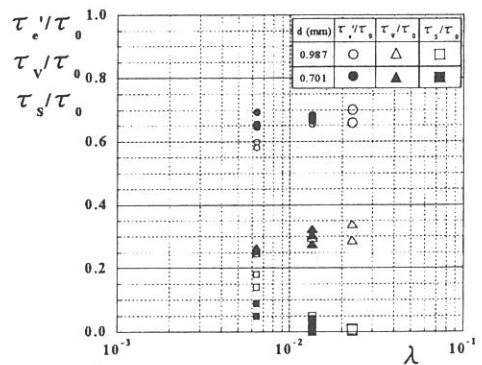


図-6 $\tau_c'/\tau_0, \tau_v'/\tau_0, \tau_s'/\tau_0$ と λ との関係