

水没する植生が河床材料の移動限界に及ぼす影響に関する実験的研究

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○地曳 海渡
 広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 河原 能久

1. 研究の背景と目的

現在の川づくりは多自然川づくりが基本であり、河川環境の保全のために植生が利用されている。しかし、植生は、氾濫リスクを増大させるだけでなく、土砂を捕捉することで河床形状を固定化するなど、治水面に対する問題も引き起こす。総合的な河川管理のためには、植生の影響を明らかにしておくことは重要である。そこで本研究では研究事例の少ない植生域内部での土砂移動に注目した。

植生を有する流れ場（以下、植生流れとよぶ）における河床材料の移動限界について研究され始めている。大津ら¹⁾は幅 40cm の実験水路に非水没で円柱形の剛な植生モデルを一定間隔で設置し、植生密度 λ と河床材料である土砂の粒径を変化させて移動限界を観察した。ここで、植生密度 ($\lambda \equiv \pi D^2 / (4S^2)$)、 D : 植生の直径、 S : 植生の設置間隔) とは平面的に植生の合計面積が底面積に占める割合である。彼らは限界掃流力を流下方向の力のつり合いから求めた有効せん断応力を用いて算出している。成果として、植生流れでは限界掃流力が著しく増加し、植生が密になるほど移動しづらくなると報告している。

このように水没しない植生流れでの河床材料の移動限界についての研究はされているが、水没する植生を扱ったものはない。そこで本研究では水没する植生流れでの河床材料の移動限界を明らかにすることを目的とする。そのために実験水路において植生の水没の程度と植生密度と河床材料を変化させ、移動限界を観察する。得られた結果を既往の研究成果と比較し、植生が河床材料の移動限界に及ぼす機構と限界条件を考察する。

2. 実験方法

実験は幅 10 cm、長さ 480 cm の直線水路で行う。円柱形で剛な植生モデルとして直径 3 mm、高さ 8.5 cm の竹ひごを用いた。河床材料は砂（水中比重 1.65、平均粒径 0.8 mm）とシャモット（水中比重 0.44、平均粒径 1.3 mm）を用いた。植生が存在しない流れと植生流れにおいて、河床材料の移動限界を観察した。植生密度は砂を 3 ケース、シャモットは 1 ケースとした。水没の程度の変化は、水没しない植生流れでの移動限界時の水深 h_s と基準として、水没する植生の高さ h_v を h_s の 2/3、1/3 とした。このとき河床勾配は一定とした。水路の上流から 100～400 cm の範囲を植生域とし、等流となった 200～300 cm の範囲で水深と水面勾配を計測した。移動限界は上流端から 250 cm 下流の地点で判断した。横断方向に糸を張り、そこを通過する土砂が 3 粒/秒となったときを移動限界とした。また、下流端での流量を計測した。

3. 実験結果および考察

3.1. 植生流れの流速分布と底面剪断応力

安瀬地ら²⁾は水没する植生流れを植生層と表面層の 2 層の平均流速に分けてモデル化した。

$$\text{植生層 } u_1 = \frac{u_*}{\alpha^2 h_v^2 \kappa} (1 - \exp(-\alpha h_v)) \cdots (1) \quad \text{表面層 } u_2 = \frac{u_*}{\kappa} \left[\frac{h}{h-h_v} \ln \left(\frac{h}{h_v} \right) - 1 \right] + \frac{u_*}{\alpha \kappa h_v} \cdots (2)$$

($\alpha = (\lambda C_D / 4 \kappa^2 h_v^2)^{\frac{1}{3}}$ u_* : 境界面の摩擦速度 C_D : 抵抗係数)

また、植生密度は十分に小さいので、底面に作用する有効せん断応力は次式より求められる。

$$\rho g h I_e = \tau_e + \frac{1}{2} \rho \beta u_1^2 C_D D h_v \frac{1}{S^2} \quad (3)$$

キーワード 植生流れ、移動限界、限界掃流力、水没植生

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会基盤環境工学専攻 TEL: 082-424-7821

(u_1 : 植生層の平均流速 τ_e : 有効せん断応力, β : 運動量補正係数 h_v : 植生高さ)

3.2. 非水没の植生の影響

図1に砂の実験結果をシールズ曲線と併記している。植生が存在しない流れでの無次元限界掃流力はシールズ曲線に重なった。また、丸印で示した水没しない植生流れでは、無次元限界掃流力がシールズ曲線より上方に位置しており、大津らの結果と一致している。しかし、本実験で得られた限界掃流力と粒子レイノルズ数はともに、大津らの結果を下回っている。これは、今回の実験では、水深が1.5 cm程度と大津らの実験の水深5 cmに比較して小さく、移動限界時の摩擦速度が小さいためと推測される。

3.3. 水没する植生との比較

水没する植生流れにおける有効な底面せん断応力（摩擦速度）を式(3)より算出した。運動量補正係数 β は水没植生が低くなれば植生層の流速分布が一様分布から離れると予想し、 $h_v/h_s=2/3$ のときは $\beta=1.0$ に、 $h_v/h_s=1/3$ のときは $\beta=1.1$ とした。また抵抗係数 C_D はすべてのケースで1.0とした。水没植生の高さの変化に応じた限界掃流力を図2に示す。 $h_v/h_s=1$ の無次元限界掃流力は非水没時のもので、 $h_v/h_s=0$ の値は植生が存在しない流れでの値を示している。 $\lambda=0.0177$, 0.0044 については、 $h_v/h_s=1/3$ のときに植生なしの場合より無次元限界掃流力が減少している。また、植生密度が疎であるほど減少している。これは水没植生の植生密度が一定の値より小さくなれば、河床材料の移動限界を減少させる可能性があることを示している。図3はシャモットにおける $\lambda=0.0079$ の水没植生の高さの変化に応じた無次元限界掃流力である。この結果も砂と同様に、水没植生が無次元限界掃流力を減少させる傾向を示した。

4. 結論と課題

水没していない植生は河床材料の限界掃流力を増加させることを改めて確認した。しかし、水没する植生は、植生密度と植生高さによっては河床材料によらず無次元限界掃流力を減少させることが判明した。しかし今回はいくつかの係数を仮定的に与えているため、算出結果の信頼性が低い。今後は広幅水路において、移動限界時の水深を増加させ、流速分布や植生に作用する流体力を直接測定しながら、信頼性の高い実験結果を求めていくつもりである。また、多くの河床材料の粒径や比重、植生配置で実験を行い、適用性の広い移動限界条件式を導出するつもりである。

参考文献

- 1) 大津ら：植生流れにおける限界掃流力と流砂量について，土木学会第57回次学術講演会，II-189，2002.
- 2) 安瀬地ら：水没した植生群を有する流れの抵抗則に関する研究，農業土木学会全国大会講演要旨集，2005.

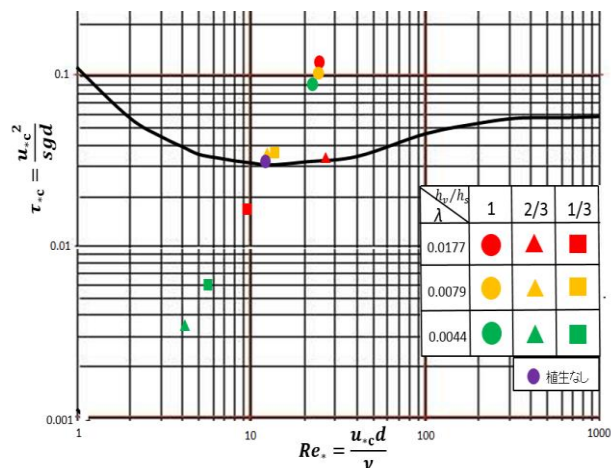


図1 移動限界に関する結果

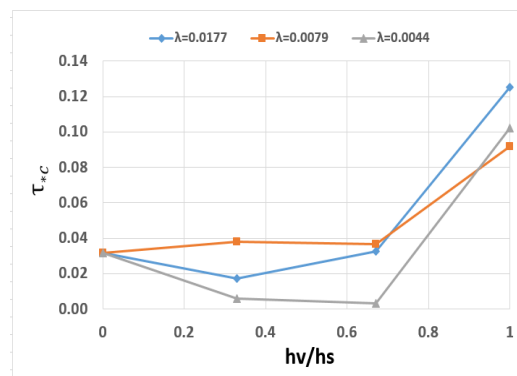


図2 植生密度と植生高さの変化
に対する無次元限界掃流力（砂）

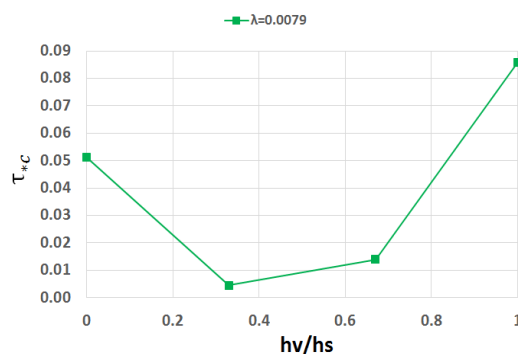


図3 植生高さの変化に対する
無次元限界掃流力（シャモット）