

II-281 樹林帯における土砂・水混相流の特性に関する実験的研究

九州大学大学院 学生員 玉松 潤一郎 九州大学工学部 正 員 平野 宗夫
九州大学工学部 正 員 橋本 晴行 九州大学大学院 学生員 多川 博章

1. はじめに

近年、樹林帯は水害防備林、飛砂防備林、防雪林など防災的機能を持つものとしてだけでなく、自然環境的な側面からもクローズアップされ、その機能について様々な研究が行われるようになってきた。土石流などの土砂災害に対しても、樹林帯は水理学的に大きな粗度と見なすことができ、流出土砂を堆積させる効果のあるものとして注目され、検討されている。しかしながら、その機能についての定量的な評価は十分ではない。著者らは前報¹⁾において、水路に樹林帯の模型を設置し、土砂・水の混相流を発生・流下させ、樹林帯の抗力係数や樹林帯内の土砂の堆積状況について調べたが、本研究ではさらに樹林帯密度を変えて実験を行い、抗力係数や堆砂特性について詳細な検討を行ったものである。

2. 実験方法

実験に使用した水路は、全長12m、幅15cmで片側アクリルライト製の可変勾配水路である。上流側7mは移動床、下流側5mは固定床とし、下流端から3mの区間には全水路幅にわたって樹木の模型を設置して樹林帯とした。水路図を図-1に示す。また、樹木の模型には直径 $D=4.0\text{mm}$ と $D=2.0\text{mm}$ のステンレス丸棒を用い、樹木は6cmと3.34cmの2種類の間隔で千鳥状に配置した。樹林帯密度 λ （河床単位面積に占める樹木の断面積）、密生度 a （単位体積あたりの樹木の遮蔽面積）は表-1ようになる。なお、種類A、Bは前報の実験¹⁾を参照した。

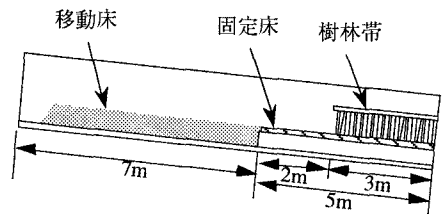


図-1 水路の模式図

種類	A ^a	B ^b	C	D	E
D(mm)	4.2	2.0	4.0	2.0	2.0
λ	1.1×10^{-2}	2.5×10^{-3}	7.0×10^{-3}	5.7×10^{-3}	1.7×10^{-3}
a(1/cm)	0.0336	0.016	0.0222	0.036	0.0111

表-1 樹木の模型

河床材料には、粒径 $d=0.17\text{mm}$ 、密度 $\sigma=2.61\text{g/cm}^3$ の均一な細砂および粒径 $d=0.87$ 、密度 $\sigma=2.62\text{g/cm}^3$ の均一な粗砂を用いた。

実験ではまず、水路に河床材料を敷き、所定の勾配 θ_0 に設定した後、上流端から単位幅流量 q_p の水を供給した。その結果、土砂・水の混相流が発生し、樹林帯の中に流下した。下流端においては、流れを採取して、土砂と水を合わせた全流量および流砂量をそれぞれ測定し、側方からはビデオカメラを用いて樹林帯内外の水深および流れの状況を撮影した。また、比較のために、混相流の全流量と同じ流量の清水を固定床上に流下させ、樹林帯に流入させて上記と同じ計測を行った。

3. 実験結果と考察

実験によると、樹林帯内に堆砂が発生する場合と発生しない場合があった。したがって、堆砂が発生しない場合は樹林帯の抗力係数を、堆砂が発生する場合は堆砂形状をそれぞれ調べた。

(1) 樹林帯の抗力係数

樹林帯内外の断面における連続の式、運動方程式はそれぞれ

$$q_t = v_0 h_0 = (1-\lambda) v h$$

$$\rho_i g h_0 B \sin \theta_0 = \rho_i \frac{v_0^2}{\phi^2} (B + 2h_0)$$

$$\rho_i (1-\lambda) g h B \sin \theta_0 = \rho_i \frac{v^2}{\phi^2} \{B(1-\lambda) + 2h\} + \frac{\rho_i}{2} v^2 C_{Dh} B$$

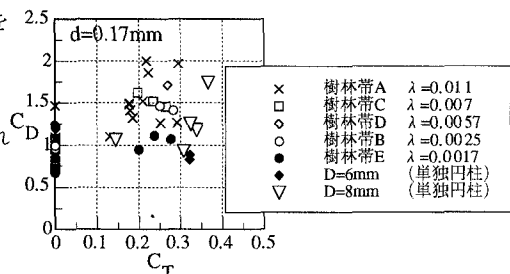


図-2 樹林帯の抗力係数と輸送濃度の関係

ここに、 v 、 h 、 B 、 ϕ 、 C_D 、 ρ_t はそれぞれ平均流速、水深、水路幅、流速係数、抗力係数、流れの密度である。また、添え字0は樹林帯の外の断面を表す。上式において、 $\phi=\phi_0$ として樹林帯の抗力係数 C_D を求め、輸送

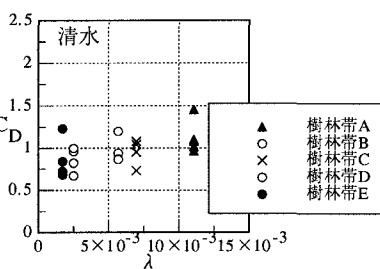


図-3 樹林帯の抗力係数と樹林帯密度との関係（清水）

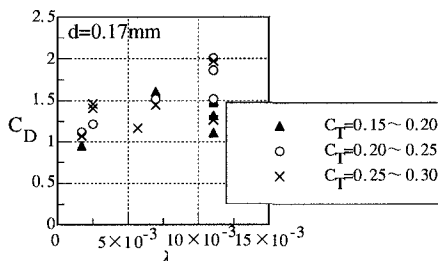


図-4 樹林帯の抗力係数と樹林帯密度との関係（混相流）

濃度 C_T との関係を表したものが図-2である。同図には比較のため単独円柱の抗力係数も示している²⁾。データにはバラツキが見られるが、単独円柱の場合と同様に、樹林帯においても輸送濃度 C_T が大きくなると、抗力係数 C_D が大きくなることが分かる。また、単独円柱の抗力係数よりも樹林帯の抗力係数のほうが大きいことも分かる。図-3、4は抗力係数 C_D と樹林帯密度 λ との関係を示している。清水流の場合も混相流の場合も、樹林帯密度が大きくなると、抗力係数は増加する傾向にある。

(2) 樹林帯における堆砂形状

図-5(a)は、樹林帯C、粒径 $d=0.17\text{mm}$ 、水路勾配 $\theta_0=3.0^\circ$ 、供給水量 $q_p=200\text{cm}^2/\text{s}$ の場合における堆砂形状の時間的な変化を表したものである。ここで、 $t=0$ は樹林帯の上流端に流れが流入を開始した時間である。図-5(b)は、樹林帯E、 $d=0.17\text{mm}$ 、 $\theta_0=3.0^\circ$ 、 $q_p=200\text{cm}^2/\text{s}$ の場合における堆砂形状の時間的な変化を表したものである。図-5(a)、図-5(b)より樹林帯密度が小さくなると、堆砂の発生域が下流側へと移動するのが分かる。図-5(c)は、樹林帯C、 $d=0.87\text{mm}$ 、 $\theta_0=3.0^\circ$ 、 $q_p=200\text{cm}^2/\text{s}$ における堆砂形状の時間的な変化を表したものである。図-5(a)では樹林帯内で堆砂が発生しているのに対し、図-5(c)では樹林帯外にも堆砂が発生している。粒径が大きくなると堆砂の発生域が上流側へと移動することが分かる。

4. おわりに

以上、樹林帯における土砂・水混相流の流動状況を調べた。その結果、樹林帯の抗力係数は清水流よりも混相流の方が大きく、土砂濃度や樹林帯密度が増加するにつれ増加する。また、樹林帯内の堆砂は時間の経過とともに下流側から上流側へと進行し、堆砂の発生域は樹林帯密度が大きくなるにつれ下流側から上流側へと移動することが分かった。しかし、抗力係数と輸送濃度との関係や堆砂形状においては実験結果が十分とはいえないので、さらに実験を重ねていく予定である。最後に、九州大学工学部の池松伸也技官には、樹林帯の製作などにおいて多くの助力を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 島廻・平野・橋本、土木学会第50回年次学術公演会講演概要集、第2部（A）、1995
- 2) 平野・橋本・田熊・パルー、水工学論文集、第36巻、1992

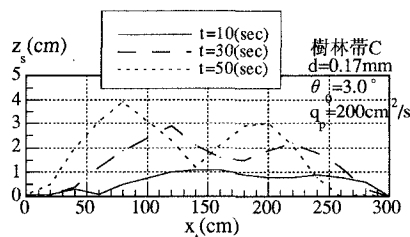


図-5(a) 堆砂形状の時間的な変化（樹林帯C、細砂）

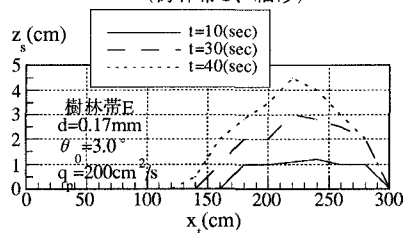


図-5(b) 堆砂形状の時間的な変化（樹林帯E、細砂）

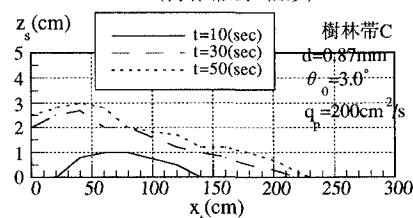


図-5(c) 堆砂形状の時間的な変化（樹林帯C、粗砂）