

II - 214

樹林帯における土砂・水混相流の抵抗則と土砂堆積

(株) 東京建設コンサルタント 正 員 ○島廻 健司
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

1. はじめに

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もつものとして古くから利用されてきた。最近、環境的な側面からも樹木が見直され、その機能について定量的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、土砂の堆積を促進して下流域への土砂流出を防ぐものとして、注目され、検討が行われているが^{1), 2)}、樹林帯における土砂・水の混相流の抵抗則や土砂堆積の定量的な評価などについてはまだ十分には明らかになっていない。本研究は、その手始めとして、実験水路内に樹林帯の模型を設置し、土砂・水の混相流を発生・流下させて、樹林帯内に流入させ、その内外の水深、平均流速や水面形および土砂の堆積状況などを調べたものである。

表-1 樹木の模型

種類	A	B
D(mm)	4.2	2.0
λ	1.1×10^{-2}	2.5×10^{-3}
a(1/cm)	0.0336	0.016

2. 実験方法

実験に使用した水路は、全長12m、幅12.5cmで両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、さらに下流端から192.5cm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。樹木の模型には直径D=4.2mmの釘と2.0mmのステンレス丸棒の2種類を用いた。樹木は5cm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面積）、密度a（流体単位体積あたりの樹木の遮蔽面積）は表-1のようになる。

河床材料は、粒径 $d=0.17\text{mm}$ 、密度 $\sigma=2.61\text{g/cm}^3$ および粒径 $d=1.9\text{mm}$ 、密度 $\sigma=2.61\text{g/cm}^3$ の均一な2種類の砂をそれぞれ用いた。

予備実験によると、細砂を用いた急勾配の実験では、樹林帯内に堆砂が発生しないが、緩勾配の実験や粗粒砂を用いた場合には堆砂が発生したりする。そこで実験は大別して2種類行った。ひとつは堆積が発生しない場合における樹林帯の抵抗則の実験（表-2）であり、ふたつめは樹林帯内における流れの表面・堆積形状を調べる実験である（表-3）。

表-2 樹林帯における抵抗則の実験

種類	d (mm)	$q_b(\text{cm}^2/\text{s})$	$q_p(\text{cm}^2/\text{s})$	$\theta_0(\text{度})$
A	0.17	100	0	10
A	0.17	200	0	6,8,10
A	0.17	100	50, 100	6,10
B	0.17	200	0	6,8,10

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_b の水を供給した。その結果、土砂・水の混相流が発生・流下し、樹林帯の中に流入した。さらに、堆積を防ぐため、水路途中から清水 q_p を注ぎ、土砂濃度を減少させて樹林帯に流入させる実験も行った。下流端では、流れを採取して、土砂と水を合わせた全流量、流砂量をそれぞれ測定した。また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。比較のため、さらに、混相流と同じ流量の清水のみを固定床上に流下させ、樹林帯に流入させて上記と同様な計測を行った。

表-3 樹林帯における表面・堆積形状の実験

種類	d (mm)	$q_b(\text{cm}^2/\text{s})$	$q_p(\text{cm}^2/\text{s})$	$\theta_0(\text{度})$
A	0.17	100	0	3
A	0.17	200	0	3,6,10
A	1.9	100	0	10
A	1.9	200	0	3,6

3. 実験結果と考察

(1) 水面形の特徴

図-1は、清水のみを流した時の樹林帯内の水面形を表わしている。約1m～1.5mの間に等流水深に遷移し

ていることがわかる。樹林帯Aの場合、水路傾斜角 $\theta_0=3^\circ$ において限界水深が等流水深と最小水深との間にあり、ジャンプを介して等流水深に移移している。その他の実験では等流水深が限界水深以下となっており、樹林帯内でも射流の水面形となり、下流で等流水深に漸近している。一方、樹林帯Bではいづれも等流水深は限界水深以下となっており、射流の水面形を示している。さらに、混相流の場合の水面形は清水流の水面形に比較して水深が大きくなっている。これは、後述するが清水流よりも混相流の方が抗力係数が大きく、流速係数は小さくなっているためである。

(2) 樹林帯の抵抗則

樹林帯内外の断面における連続式、運動方程式はそれぞれ

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

$$\rho_t g h_0 B \sin \theta_0 = \rho_t \frac{V_0^2}{\phi_0^2} (B + 2h_0)$$

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

ここに、 h 、 B 、 ϕ 、 C_D はそれぞれ水深、水路幅、流速係数および抗力係数である。また添字0は樹林帯の外の断面を表わす。上式において、 $\phi = \phi_0$ として、樹林帯の抗力係数 C_D を求めると、図-2となる。同図には比較のため単独の円柱の抗力係数も示している³⁾。データにバラツキがあるが、抗力係数 C_D は、輸送濃度 C_T や樹林帯密度 λ が大きくなると、大きくなるが分かる。

(3) 樹林帯における土砂堆積

図-3は河床材料 $d=0.17\text{mm}$ 、 1.9mm を用いた時の土砂の堆積形状の時間的な変化を表わしたものである。細砂の場合、 $\theta_0=3^\circ$ などの緩勾配で堆積傾向にあり、比較的下流の $x_t=50\sim 150\text{cm}$ の区間で多く堆積している。一方、粗粒砂の場合、い

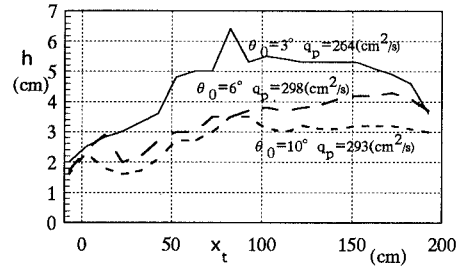


図-1 清水流の水面形

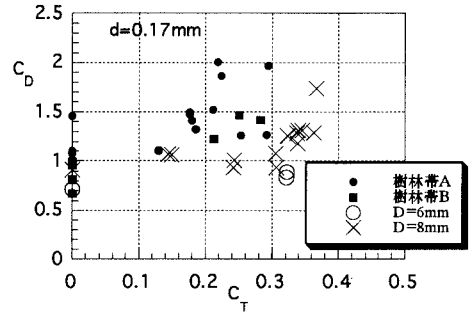


図-2 樹林帯の抗力係数と輸送濃度との関係

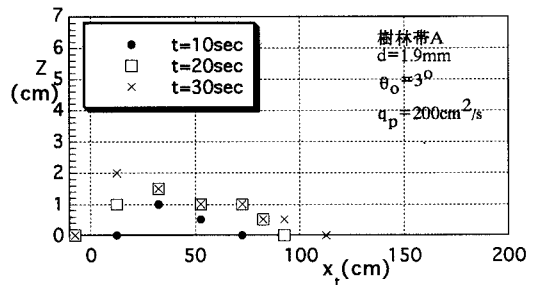
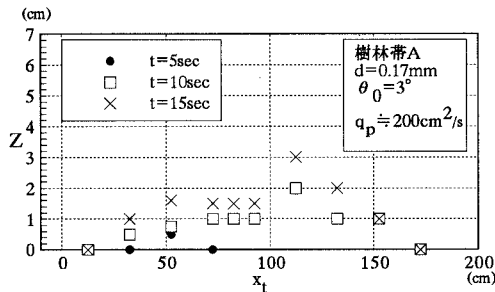


図-3 堆積形状の時間的な変化

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、樹林帯における抗力係数は、土砂濃度や樹林帯密度が大きくなると、大きくなる。また、土砂が粗粒な場合、堆積傾向にあり、特に、樹林帯の上流の区間で堆積することなどが分かった。今後、堆積形状について定量的な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 阿部・岩元・三森、昭和62年度砂防研究発表会概要集、1987。
- 2) 水山・天田・栗原・小林、新砂防、vol. 42, No. 4, 1989。
- 3) 平野・橋本・福富・田熊・パルー、水工学論文集、第36巻、1992。