樹林帯における流れの濃度・速度分布に関する実験

九州大学工学部 学生員○中村 拓史 草場 浩平
九州大学工学部 正 員 平野 宗夫 橋本 晴行
九州大学大学院 学生員 王松 潤一郎

1.はじめに

樹林帯は土石流などの土砂災害に対して土砂流出制御の観点から注目され、その効果について研究が行われてきたが[1]、いまだ定量的な評価を得るまでには至っていない。著者らは、従来、実験水路内に樹林帯の模型を設置し、土砂・水混相流に対する樹林帯の抗力係数や、土砂堆積の特性について調べてきた[2]。本研究は、その延長としてさらに、樹林帯における流れの内部機構、特に濃度・速度分布について調べたものである。

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。清水流の流速分布実験では下流側10mは固定床とし、下流端から3 m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（図-1）。また、混相流の濃度分布実験では、上流側7 mは移動床、下流側5m は固定床とし、さらに下流端から3mの区間には全水路幅にわたって樹林帯を設置した（図-2）。なお、樹木の模型には直径D=5.0mm、4.0mm、2.0mmのステンレス丸棒を用い、樹木は中心間隔が6cm、3.3cmの2種類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（流体単位体積あたりの樹木の遮蔽面積）は表-1のようである。

流速分布実験では、上流端から単位幅流量 q_p の水を供給し、樹林帯の上流端から2.5m程下流で等流状態を確認し、直径3mmの小型プロペラ流速計を用いて、10Hzで、約240秒間計測した。実験条件を表-2に示す。計測は水路中心部で図-3に示すようにa～iの9点で行った。

濃度分布実験では、河床材料として、粒径d=0.17mm、密度 σ =2.61g/cm^{3}の均一な砂を用いた。まず、水路に河床材料を敷き、

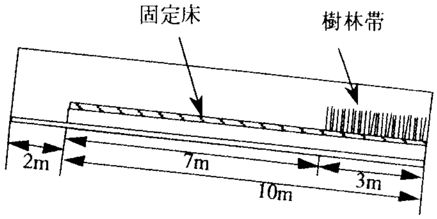

図-1 清水流の流速分布測定のための水路

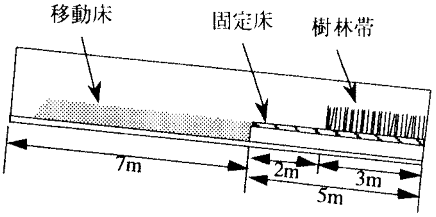

図-2 混相流の濃度分布測定のための水路

表-1 樹木の模型

種類	C	D	E	F
D(mm)	4.0	2.0	2.0	5.0
λ	7.0×10^{-3}	5.7×10^{-3}	1.7×10^{-3}	1.1×10^{-2}
a(1/cm)	0.0222	0.036	0.0111	0.028

表-2 流速分布測定のための実験条件

種類	q_p(cm^2/s)	θ_0(°)
C	200	3
	320	6
D	200	3
E	200	3
F	200	3

表-3 濃度分布測定のための実験条件

種類	d(mm)	q_p(cm^2/s)	θ_0(°)
C	0.17	200	6,8,10
E	0.17	200	6,8,10
F	0.17	200	6,8,10

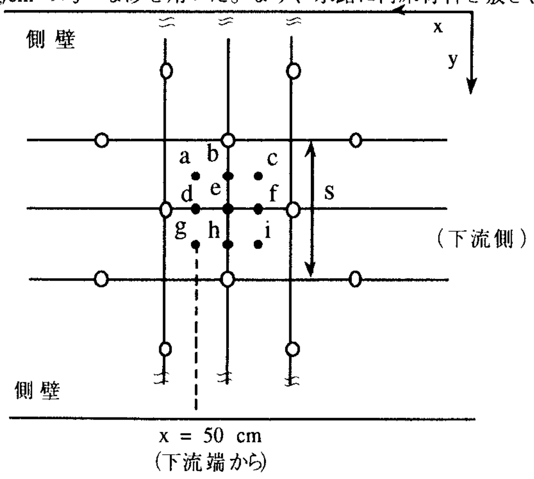

図-3 測定位置を示す平面図

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、樹林帯内に流入した。下流端から0.53m,0.515m,0.50mの位置には円管を設置してサイフォン方式で採水した。用いた円管は、内径4mm、外径5mmの銅製で、中心間隔1cmで垂直方向に4本配置した。計測は図-3に示すa, b, cの3点で行った。実験条件を表-3に示す。

3.実験結果と考察

(1) 清水流の流速分布

図-4は樹林帯Cの場合における各点での鉛直方向の流速分布を示したものである。樹木背後の測点d, e, fでは樹木間隙の測点a, b, c,g,h,iより遅い流速を示す。

樹林帯の密度が流速分布に与える影響をみるため、空間平均を施した流速分布が図-5である。樹林帯の密生度aが小さくなると流速は大きくなっている。樹林帯C, D, Fでは表面ほど若干早くなるが、ほぼ一様な分布を示している。樹林帯密度λ、密生度aがともに最も小さな樹林帯Eでは逆に表面ほど遅くなっている。

(2) 混相流の濃度分布

樹林帯Cにおいて、測点aでの濃度分布を用いて勾配毎に描いたのが図-6である。測定された濃度分布は測点a, b, cの違いによる差異はなかった。勾配が大きくなるにつれて濃度が高くなることを示している。

これを正規化した結果が図-7である。勾配が大きくなるにつれて一様化することが分かる。ここに基準点高さには粒子間力層の厚さを用いた。

4.おわりに

以上、樹林帯における濃度・速度分布の特性を実験により明らかにしたが、今後は濃度・速度分布の理論的検討を行う予定である。

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) 阿部和時・岩元賢・三森利昭、昭和62年度砂防学会研究発表会概要集、1987。

2) 平野宗夫・橋本晴行・多川博章・王松潤一郎、水工学論文集、第41巻、1997（掲載予定）。

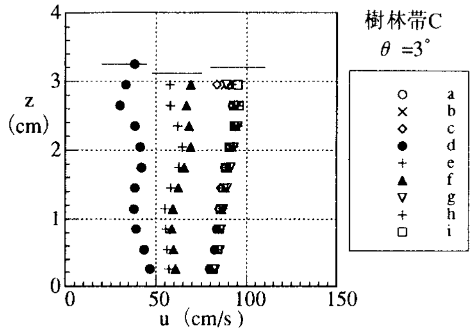

図-4 各測点における流速分布

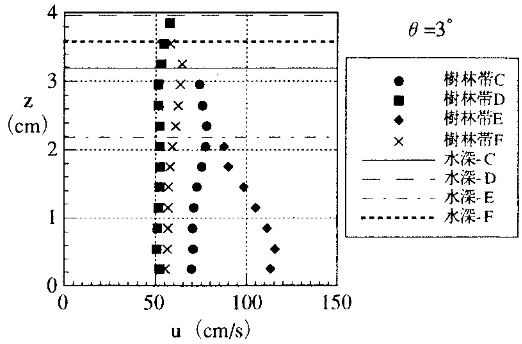

図-5 空間平均した流速分布

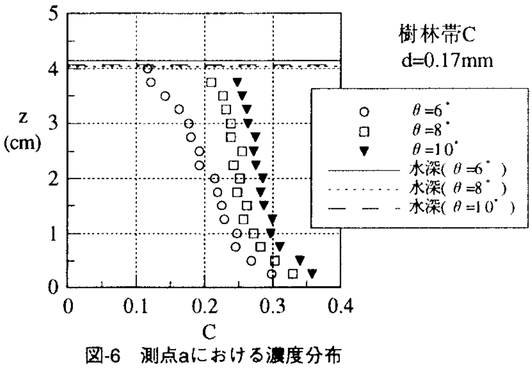

図-6 測点aにおける濃度分布

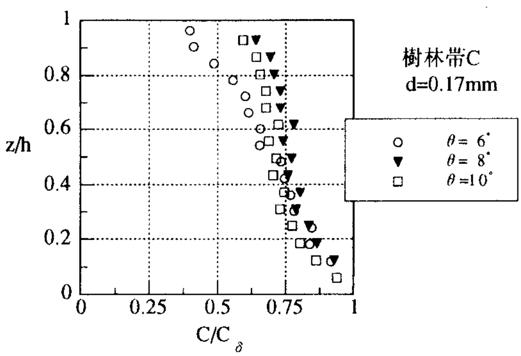

図-7 基準点高さとして粒子間力層厚を用いた場合の濃度分布