

樹林帯における掃流砂量に関する実験的研究

九州大学工学部 学生員 碓 正敬
九州大学大学院 正 員 橋本 晴行
九州大学大学院 学生員 Kichan Park

九州大学大学院 フェロー 平野 宗夫
九州大学大学院 学生員 火箱 貴文

1.はじめに

樹林帯は土砂流や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、また自然環境的な側面からも注目されるようになり、その効果について研究が行われてきた。しかし、土砂流などの急勾配における流砂現象と樹林帯との関係については定量的な評価を得るまでには至っていない。著者ら¹⁾は従来より掃流砂量を調べる実験をおこなってきたが本研究では、さらに追加してより急勾配な水路において樹林帯模型を設置し、その樹林帯内に移動床を設けて掃流砂量や底面剪断力について調べたものである。

2.実験方法

樹林帯内での掃流砂量 q_s を調べるために実験を行った。実験に用いた水路は、全長12m、幅15cmの片側アクリルライト製可変勾配水路である。実験では、図-1のように下流端から9mの区間に全水路幅にわたって樹木の模型を設置し、粒径が $d=0.84, 1.9\text{mm}$ の場合は、下流端から8mまで敷厚5cm、 $d=0.55\text{mm}$ の場合は下流端から9mまで敷厚3cmの移動床とした。用いた河床材料は表-1に示すように3種類の砂である。

樹木の模型には直径 D のステンレス丸棒を用い、樹木の中心間隔は6cmで千鳥状に配置した。ここに樹林帯密度 λ （河床単位面積にしめる樹木の断面積の割合）、密度 a （流体単位体積あたりの樹木遮蔽面積）は表-2のようになる。

実験では、所定の水路傾斜角に設定した後、水路に河床材料を敷き、樹林帯をさして上流端から単位幅流量 $q_p=200\text{ (cm}^2/\text{s)}$ の水を供給した。樹林帯に流入した流れが等流状態になったことを確認した後、下流端において流れを採取し、流量及び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での流動深及び流れの状況を撮影した。

3.実験結果と考察

図-2は、流砂量の測定値を樹林帯のタイプごとに表し、図-3は粒径別にプロットしたものである。ここに s は粒子の水中比重である。また h を水深として見かけの摩擦速度は $u_{*0}=\sqrt{ghs\sin\theta}$ である。同図中には比較のため、平野・橋本²⁾によって提案されている急勾配河道におけ

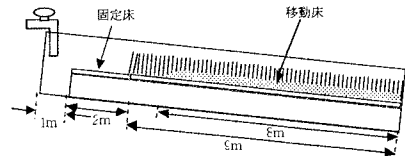


図-1 射流時の使用水路1

表-1 河床材料の特性

種類	砂A	砂B	砂C
$d(\text{mm})$	0.55	0.84	1.9
σ/ρ	2.65	2.62	2.61

表-2 樹林帯の種類とその特性

種類	C	E	F
$D(\text{mm})$	4.0	2.0	5.0
λ	7.0×10^{-3}	1.7×10^{-3}	11×10^{-3}
$a(1/\text{cm})$	0.0222	0.0111	0.028

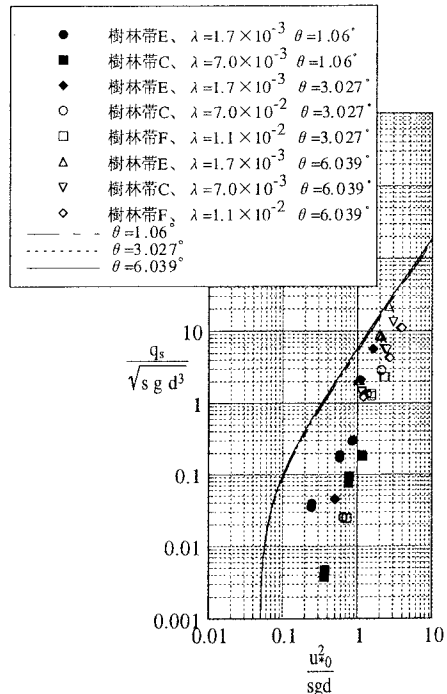


図-2 樹林帯における掃流砂量（樹林帯の密度別）

る等流条件下での掃流砂量式

$$\frac{q_s}{\sqrt{s}gd^3} = 4.7 \tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_*}{\tau_{*c}}\right) \frac{1}{(\alpha - \tan \theta) \cos \theta} \quad (1)$$

の計算結果も無次元掃流力 τ_* を横軸にして示している。ここに、 τ_* は無次元掃流力、 α は粒子間応力に関する係数で河床砂の比重を $\sigma/\rho=2.65$ とおくと $\alpha=0.875$ となる。また無次元限界掃流力 $\tau_{*c}=0.05$ とした。

実験値はいずれも式(1)の計算値より小さくなり、勾配が大きくなり、また粒径が小さくなるにつれてより計算式の値に近付くことが分かる。樹林帯密度 λ が大きくなるほど流砂量は小さくなり、また有効摩擦速度 u_* は見かけの摩擦速度 $u_{*0}=\sqrt{gh\sin\theta}$ より小さくなっていることが分かる。

図-4は、式(1)に流砂量 q_s の実験値を代入して τ_* より有効摩擦速度 u_* を逆算し、 u_{*0} との比を求めたものである。樹林帯密度 λ が大きくなると、 u_*/u_{*0} の値は小さくなることが分かる。

図-5は、式(1)より逆算した有効摩擦速度 u_* を用いて流速係数 $\phi=\bar{u}/u_*$ ($\bar{u}$:断面平均流速)を求め、樹林帯密度 λ との関係を示したものである。流速係数 ϕ は、通常知られている樹林帯のない清水流の場合と、樹林帯のある急勾配における流砂を伴う流れのものとは同程度の値となっている。

4. 結論

樹林帯内に移動床を設け、一定流量を流し、その流れが射流の場合について、樹林帯内の掃流砂量を測定した。この測定結果と掃流砂量式を用いて有効摩擦速度と流速係数を求めた。その結果、掃流砂量式の精度には若干問題が残るが、急勾配水路においても有効摩擦速度・見かけの摩擦速度比は樹林帯密度 λ が大きくなると減少する。流速係数は樹林帯がない場合と同程度の値をとることが分かった。

最後に実験装置の製作において九州大学工学部池松伸也技官に多くの助力を受けた。ここに記して感謝の意を表したいと思います。

<参考文献>

- 1) 平野・橋本・玉松・神岡: 樹林帯における掃流砂量と河床変動に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会, 1998
- 2) 橋本晴行・平野宗夫: 掃流状集合流動の抵抗則と流砂量, 土木学会論文集, No.545/II-36, 1996

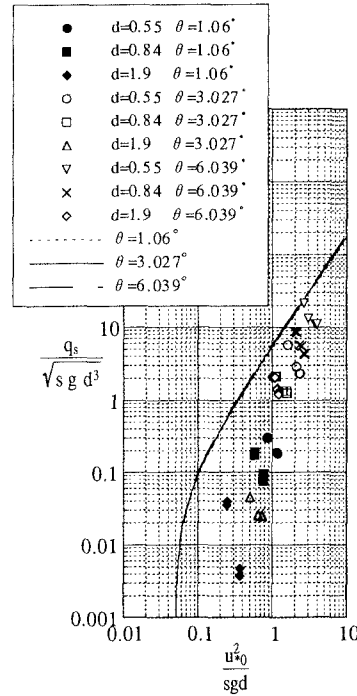


図-3 樹林帯における掃流砂量 (粒径別)

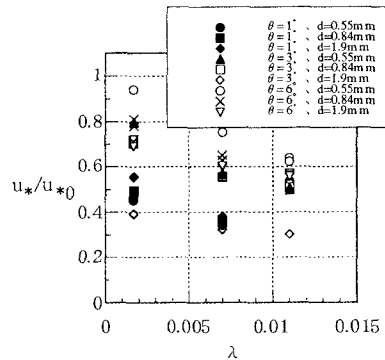


図-4 有効摩擦速度と樹林帯密度との関係

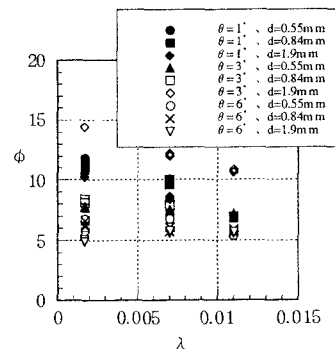


図-5 流速係数と樹林帯密度との関係