

樹林化した河道における樹林帯の生長段階が流況に及ぼす影響

神戸大学大学院 学生員 大地洋平・阿河一穂・盛岡淳二・檜達也・木村諒  
 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥康治, 正会員 宮本仁志  
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一, 学生員 魚谷拓矢

1. はじめに

高水敷上の陸地化と樹林繁茂の進行が全国で顕在化し、河道の治水・環境機能を低下させている。そこで近年、河川流の自然攪乱によって樹林化の抑制するような河川整備と樹木管理が必要である。本研究では、加古川河口距離 23.0-24.4km の樹林繁茂区間を対象として、経年的な樹木の生長程度を考慮し、樹木の生長段階に応じた条件の下で流れの解析を行い、樹林帯の生長段階に応じた流況の違いを明らかにする。

2. 数値解析モデルの概要

解析に用いたモデルは、水位・樹高が空間的に変化する河川流を想定した二次元二層流モデル<sup>1)</sup>である。樹冠をつなぐ二層界面で河川空間を上下層に分割する。この界面では流速差が大きく内部せん断層を有するために、内部界面での質量・運動量交換を考慮した二層流の取り扱いが有効に機能する。樹林層内では、流速・水位に加えて樹木に作用する流体力の解が得られる。樹木の流体力は次式で定義させる。

$$(F_x, F_y) = \frac{\rho C_D \lambda_{veg} h_V \sqrt{u^2 + v^2}}{2} (u, v) \quad (1)$$

ここで、 $(F_x, F_y)$ :流体力の x,y 方向成分、 $(u, v)$ :層平均流速の x,y 方向成分、 $h_V$ :樹林の浸水高さ、 $\lambda_{veg}$ :密生度、 $C_D$ :樹木の抗力係数(樹形と密生度の関数)である。流体力が樹木に与える河道内樹木の倒伏モーメント  $M_V$  を算出し、樹木特性に依存する倒伏限界モーメント  $M_C$  と比較して  $M_V/M_C > 1$  の時を樹木の倒伏条件と考える。ここで、樹木 1 本あたりに作用する倒伏モーメント  $M_V$ (Nm)は次式で定義される。

$$M_V = (1/2N)h_V \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (2)$$

ここで、 $N$ : 樹木繁茂密度(本/m<sup>2</sup>)である。また倒伏限界モーメント  $M_C$  は樹木引き倒し試験結果<sup>2)</sup>を参照し、樹径の関数として与える。本研究では、河道内樹林の消長度合を現す指標として、樹林が繁茂する面積に対する樹木が倒伏する面積によって算出される樹木倒伏率を定義する。

3. 樹林帯の生長段階が流況に及ぼす影響

表-1 に、対象とする流量や樹林特性の諸元を示す。密生度は、 $\lambda_{veg}=0.02(m^{-1}) \cdot 0.01(m^{-1}) \cdot 0.005(m^{-1})$ の 3 種類を考える。樹高として、2(m)、4(m)、6(m)、8(m)の 4 種類の生長段階を考える。

図-2 に樹林帯周辺の全層平均流速を示す。黒枠は樹林帯部を、白線は流向を示している。主流側の流速が大きく、堤防側に近いほど樹林帯による流速低減が顕著である。主流部の流速は 6(m)の方が大きく、護岸側の竹林周辺における流速は低減している。これは樹高が大きくなることで樹林帯を迂回する流れが顕著となり、主流部に流れが集中するためである。一方、樹林帯内の流れは樹高 2(m)の方が大きく、樹高が大きくなると低減している。これは、樹高が増加すると樹林帯が流水をより阻害しているためである。

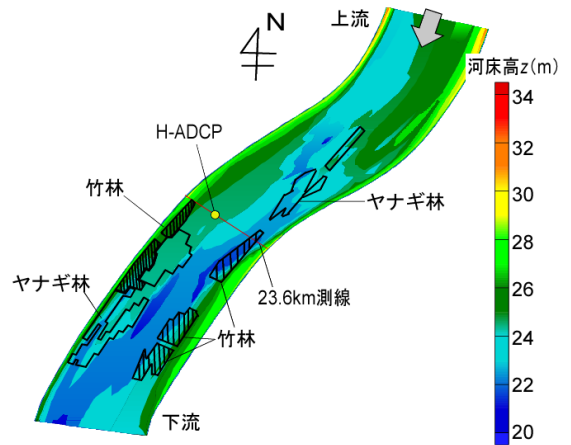


図-1 解析および調査対象区間

表-1 解析条件

流量	4500 (m <sup>3</sup> /s) (20年確率相当)			
下流端水位	30.6(m)			
粗度係数	低水路: 0.028 (m <sup>-1/3</sup> ·s)		高水敷: 0.055 (m <sup>-1/3</sup> ·s)	
樹高	2.0 (m)	4.0 (m)	6.0 (m)	8.0 (m)
密生度	ヤナギ林: 0.02 (m <sup>-1</sup> ) 竹林: 0.21 (m <sup>-1</sup> )	ヤナギ林: 0.01 (m <sup>-1</sup> ) 竹林: 0.21 (m <sup>-1</sup> )	ヤナギ林: 0.005 (m <sup>-1</sup> ) 竹林: 0.21 (m <sup>-1</sup> )	

キーワード: 河道内樹木, 二次元二層流モデル, 樹木伐採, 倒伏率

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL078-803-6056

図-3～図-4に  $M_V/M_C$  によって判定される樹木の倒伏状況を示す。いずれの樹高においても密生度を小さくすると（間伐）， $M_V/M_C > 1$  の領域が拡大し，流れによる樹木の倒伏が発生しやすいことが確認される。樹高 2(m)の場合，上流部で  $M_V/M_C < 1$  となる領域が多く，ほとんどの樹木が倒伏しないと判定される。一方，下流端では  $M_V/M_C > 1$  となり，この領域での樹木倒伏が顕著になると考えられる。加古川対象区間では，樹林帯の下流端で倒伏した樹木の大部分が樹高 1～5(m)程度の低木であった。樹高 6(m)の場合には，水衝部に相当する樹林帯上流部や主流の影響を受けやすい低水路側で  $M_V/M_C > 1$  となる部分が多く，この領域で樹木が倒伏しやすいと考えられる。このことより樹高が小さい時には，樹林帯の下流部で倒伏しやすく，樹高が大きくなると上流部での樹木倒伏が発生しやすいと推察される。これは，前述したように，樹林帯下流側の樹高が小さい領域で流速が大きく，主流側から高水敷へ遡上する流れが発生しやすいためであり，数値解析結果や出水時の実績とも一致する。

図-5に樹木倒伏率を示す。樹高増大とともに樹木倒伏率は増加することが確認される。また，密生度  $\lambda_{veg} = 0.02(m^{-1})$ ， $0.01(m^{-1})$ ， $0.005(m^{-1})$ と樹木伐採によって樹林を疎にするほど倒伏率は増加する。以上のように，樹木の生長は樹木 1 本当たりに作用する流体力を増加するため，倒伏を促進する効果がある。また倒伏率だけに着目した場合，樹木伐採は樹林化抑制の効果が高いと考えられる。河道内に存在する樹木が幼木で樹高が小さいほど倒伏しにくく，樹高とともに倒伏率が増加する。このため，河川管理に際しては，幼木の段階で間伐などの対策を行い，密生度を小さくすることで，樹高の成長とともに自然の河川流による倒伏を促すことが効果的であると考えられる。しかし，局所的に樹高が小さい低木の方が倒伏しやすい箇所も存在するため留意する必要がある。

4. おわりに

本研究では，経年的な樹木の生長程度を考慮して，樹木の生長段階に応じた条件の下で流れの解析を行い，樹林帯の生長段階による流況の違いについて検討した。その結果，倒伏率だけに着目した場合，河道内に存在する樹木が幼木で樹高が小さいほど倒伏しにくく，樹高とともに倒伏率が増加することが明らかとなった。本研究を進めるにあたり国土交通省姫路河川国道事務所の関係各位には多大なご協力を賜った。

参考文献

- 1) 道奥康治, 南条雅志 他: 捨石水制が冠水した開水路の二次元二層流モデル, 土木学会論文集, No.782/II-70, pp.31-50, 2005.
- 2) (財)リバーフロント整備センター編: 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, pp.157, 1999.

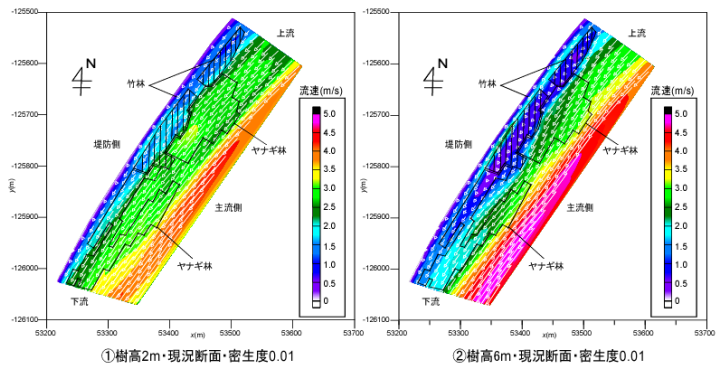


図-2 樹高が樹林帯周辺の全層流速におよぼす影響

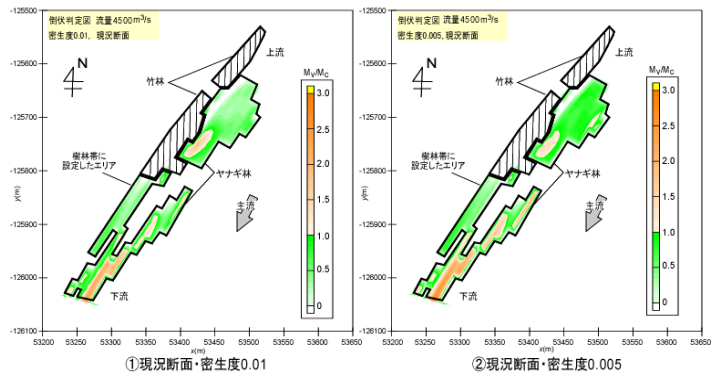


図-3 樹高 2m における樹木の倒伏判定

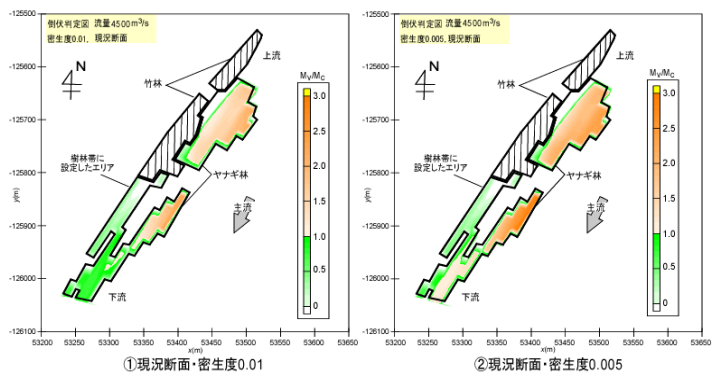


図-4 樹高 6m における樹木の倒伏判定

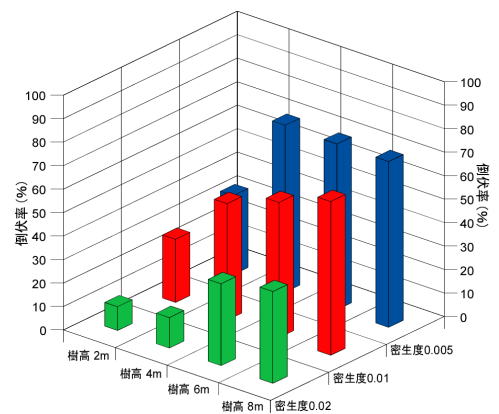


図-5 樹木倒伏率