

第Ⅱ部門

水理解析に基づく河道内樹木倒伏の確率的評価

神戸大学大学院 正会員 ○道奥康治 神戸大学大学院 学生員 森岡直樹  
 神戸大学大学院 正会員 宮本仁志 明石高専 正会員 神田佳一

1. はじめに

近年、全国の河川で進む河道の陸地化と樹林繁茂は、環境面において水際の植生遷移帯の喪失をもたらし、治水面においては大規模出水時に流れを阻害するなど河道の流下能力を低下させる要因となる。また出水時に、流れによって破壊された樹木が流木となり、下流部に存在する橋脚などの河川構造物に被害をもたらすなど、河道内樹木は河川管理を行う上で問題となっている。本研究では、兵庫県南部を流れる一級河川 加古川を対象として水理解析を行い、河道内樹木倒伏に関する確率的な評価を行った。



写真-1 加古川における樹木繁茂状況<sup>1)</sup>

2. 水理解析概要

二次元二層流モデル<sup>2)</sup>により、樹林が繁茂した河道内の流れを解析する。図-1に示すように計算領域を樹林を含む領域(B領域)と含まない領域(A領域)に分け、さらにそれぞれを、樹林キャノピーを結ぶように計算領域を上下2層に分割する。そのため、樹林内の透過流(下層流)と樹林上を越流する流れ(上層流)を区別することが可能となる。B領域下層における樹林の抵抗は次式のように定式化される。

$$F_x = (1/2) \rho C_d \lambda_{veg} h_v u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (1)$$

$$F_y = (1/2) \rho C_d \lambda_{veg} h_v v \sqrt{u^2 + v^2}$$

ここで、 $C_d$ : 樹林の抵抗係数、 $\lambda_{veg}$ : 樹林密度(単位体積あたりの遮断面積)、 $h_v$ : 樹林の浸水高さ。また、樹林の抗力係数は  $Nepf^3)$  に従い与えた。流体力が樹木に与える河道内樹木の倒伏モーメント  $M_V(Nm)$  を算出し、樹木特性に依存する倒伏限界モーメント  $M_C(Nm)$  と比較して  $M_V/M_C > 1$  の時樹木が倒伏すると考える。樹木1本に作用する倒伏モーメント  $M_V(Nm)$  は次式で算出される。

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

ここで、 $N$ : 樹木繁茂密度(本/ $m^2$ )である。樹木固有の倒伏限界モーメント  $M_C(Nm)$  は過去の樹木引き倒し試験結果<sup>4)</sup> に従った。

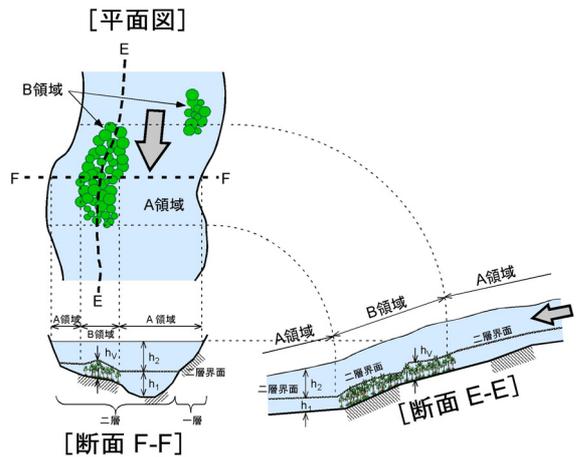


図-1 平面二次元二層流モデル

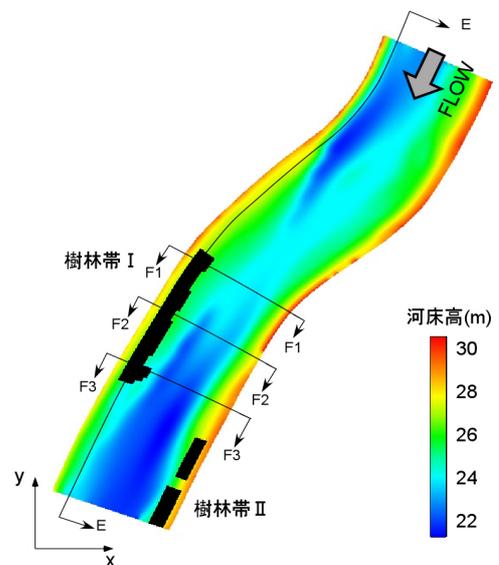


図-2 対象区間河道地形

### 3. 樹木倒伏可能性

河道内樹木の消長特性を知ることは、河川管理上必要であり、その消長メカニズムを解明することが求められる。そこで樹木の成長度に応じて水理解析を行い、樹木倒伏の確率を評価する。対象区間において様々な再現期間  $T$ (年)の確率流量  $Q(T)$ に対し、河川流を解析する。現地の河道内樹種とは異なるが、経年的な生長特性が知られ河道内にも生育する代表的樹木であるアカマツを想定して<sup>4),5)</sup>、樹齢と成長度との関係を与える。水理解析対象区間を図-2に示す。図中の■で示された箇所は樹林帯であると仮定する。

本研究では、河道内樹林の消長度合を現す指標として、次式によって算出される樹木倒伏率(%)を定義する。

$$D(t, T) = \frac{A_V^D(t, T)}{A_V(t)} \times 100 \quad (3)$$

ここで、 $D(t, T)$ ：樹齢  $t$  年の樹林が繁茂する河道で、再現期間  $T$  に対応する流量が生じたときの樹木倒伏率。  $A_V(t)$ ：樹齢  $t$  年の樹林面積。  $A_V^D(t, T)$ ：再現期間  $T$  に対応する流量が生じたときの樹齢  $t$  年の樹林倒伏面積である。解析条件を表-1に示す。ここで、例えば Case A1では図-2中■に樹齢15年のアカマツ林が繁茂することを想定し、再現期間15年に対応する流量  $\{Q(15)\}$  を用いて水理解析を行い、算出された倒伏モーメントとその限界値から樹木倒伏を判定する。

表-1 解析条件

$\begin{matrix} T \\ t \end{matrix}$	15	30	50	70	100
15	Case A1	Case A2	Case A3	Case A4	Case A5
30	Case B1	Case B2	Case B3	Case B4	Case B5
50	Case C1	Case C2	Case C3	Case C4	Case C5
70	Case D1	Case D2	Case D3	Case D4	Case D5
100	Case E1	Case E2	Case E3	Case E4	Case E5

### 4. 結果・考察

図-3に表-1で示した各ケースにおける樹林帯Iの樹木倒伏率を示す。項目軸は樹齢( $t$ )を、系列軸は流量  $Q(T)$ 、値軸は樹木倒伏率  $D(t, T)$ を示す。各  $t$  について、 $Q(T)$ の増大とともに樹木倒伏率が増加している。また、各  $Q(T)$ について  $15 \leq t < 50$  においては樹木倒伏率が減少しているが、 $50 \leq t < 100$  では増加する傾向にある。これにより樹齢50年程度の樹林が最も倒伏しにくいことが分かる。以上のような結果は樹種固有の生長特性(例えば、樹木繁茂密度や胸高直径の経年変化)に依存すると考えられ、樹種毎に同様の解析を行う必要がある。

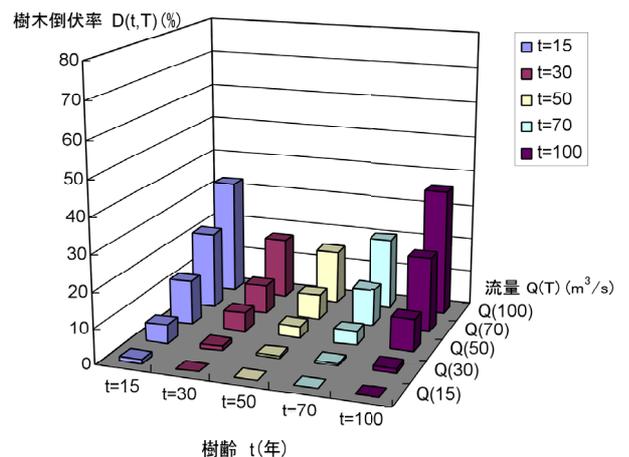


図-3 樹木倒伏率

### 5. 結論

樹林内の透過流を考慮した平面二次元モデルを用いて、河川流による河道内樹木の倒伏確率を評価した。今後、他の対象区間等についても、図-3を作成することが可能となれば、各樹種及び成長段階について、その定量的な倒伏率評価を行うことが可能となり、河川管理を行う上で有用となる。本研究を行うにあたり、国土交通省姫路河川国道事務所関係各位には多大なご協力を賜った。

### 参考文献

1)犬丸潤:加古川における河道内樹木管理ガイドラインの検討,平成 18 年度国土交通省国土技術研究会調査報告書. 2)道奥康治,南條雅志,石垣泰輔,前野詞朗:捨石水制が冠水した開水路流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 年. 3)Nepf, H.M. 1999. Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation, Water Resources Research, Vol.35-2, pp.479-489, February.1999. 4) (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 年. 5)林一六:植物生態学,古今書院, pp.90-91, 2003 年.