

出水時における河道内樹木の破壊条件に関する基礎的研究

Basic Study on the Conditions of Destructions of Tree in River by Flood

山梨大学工学部 学生会員○田中 総介
山梨大学工学部 正会員 砂田 憲吾
国土交通省関東技術事務所 河野 逸朗

1. はじめに

河川植生は様々な生物に生息の場を提供しており、河川環境において重要な役割を果たしている。一方で洪水時において、河川植生は流水に抵抗作用を及ぼし流況に大きな影響を与えると共に植生の破壊・逸脱は重大な状況をもたらすことになる。こうした災害を予測するためには植生の特特に樹木の破壊条件を調べる必要がある。本研究では、出水時の河道内樹木の破壊条件について、河道内において出水時に想定される樹木の破壊形態を分類・定義し、実河床横断面の形状を考慮して仮想樹木の破壊断面率を検討した。加えて、複断面水路における横断方向の運動量の輸送、縦断方向に樹木が存在することを考慮して理論的な数値計算を行い検討考察した。

2. 樹木の破壊に関する概要

樹木破壊には折損、倒伏、抜根、周辺洗掘、侵食流去、土砂堆積の形態が考えられるが、本研究ではこのうち基本的な倒伏と抜根について検討する。2つの破壊の定義を表-1に、破壊の作用値・推定限界値の算定式を表-2に示す。破壊の作用値は流水の作用によって樹木が破壊されるとき値である。破壊の推定限界値は流水の作用によって樹木が耐えることのできる限界の値である。対象とした河川は富士川水系笛吹川である。出水時の平均流速 (v [m/s])、水深 (h [m]) は流量 (Q [m³/s]) を用いて等流条件から与えた。

3. 実河床横断面の形状を考慮した検討

次の諸条件を基に倒伏、抜根による破壊の作用値の算定を行う。(a) 樹木は樹齢4歳のカワヤナギが平面的に平均的に存在するとする。(b) 等流で、ある流量を流したときに隣り合う断面の周辺境界で生じる渦などによるエネルギー損失は無視する。笛吹川の地点

(F0, F10, ..., F260) の河床横断面をモデル化し、計画高水流量のときの破壊の作用値を算定する。総断面数を m 、計画高水流量のときに破壊した断面数を m_B として、地点と破壊断面率 ($\alpha = m_B/m$) の関係を図-1に示す。なお、計画高水流量は F0~F20 が 5800 m³/s, F30~F90 が 4700 m³/s, F100~F180 が 3600 m³/s, F190~F200 が 3200 m³/s, F210~F260 が 1600 m³/s である。図-2 は地点と水路断面幅 (B [m])、水路床勾配 (I) の関係を示している。図-2より、笛吹川は下流域に比べ上流域の方が水路断面幅が狭く、水路床勾配が急勾配になる傾向にある。破壊の作用値の算定式から、倒伏は流速、水深に依存しているため、倒伏の α は図-1のように各地点においてあまりばらつきが見られない。一方、抜根は流速のみに依存している。そのため、上流域で流速は速くなり、 α も大きくなったと考えられる。

4. 横断方向運動量輸送・樹木群が存在する場合の理論的考察

4.1 複断面水路における横断方向運動量輸送の数値計算

これまでの検討では、複断面水路の隣り合う断面の周辺境界で生じる渦などによるエネルギー損失は無視している。ここでは、複断面水路の隣り合う断面の周辺境界のせん断力、樹木群の存在によって抵抗が生じる場合の樹木の破壊断面率を検討する。複断面水路の小断面内は定常な等流の流れとして、河床高さ、粗度、樹木による形状抵抗が横断方向に変化する流れの基礎方程式を表-3で表す⁴⁾。計画高水流量のときの流速を式(1)より求

Keywords: 河川植生, 樹木破壊, 破壊の作用値, 樹木群の密度変化, 木本類面積率

〒400-8511 甲府市武田4-3-11 TEL055-220-8522 FAX 055-220-8773

表-1 樹木破壊の定義

倒伏	出前の立木の根から水に浸り流の作用によって根の折れ曲がった破壊
抜根	樹木倒伏して流れに浸り流の作用で樹木根が抜けてしまう破壊

表-2 破壊の作用値・推定限界値の算定式

破壊	破壊の作用値	破壊の推定限界値
倒伏	$M = \frac{1}{2} \eta \rho C_D \int_0^h v(y)^2 y dA$	$M_C = 2.5 D'^{2.0}$ 建設省河川局治水課 ¹⁾
抜根	$P = 0.00149 u^{1.5} (1.24Y - 0.35)^{1.8}$ 石川 ²⁾	$P_C = 0.016 D^{1.65}$ 菊住 ³⁾

η : 遮蔽率 ρ : 水の密度 C_D : 樹木の抗力係数 $v(y)$: 流速分布 [m/s], dA : 微小投影面積 [m²], D' : 胸高直径 [cm], Y : 樹齢 [歳], D : 根元直径 [cm]

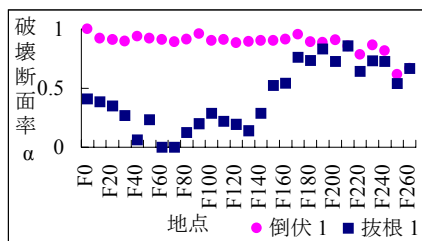


図-1 地点と α の関係

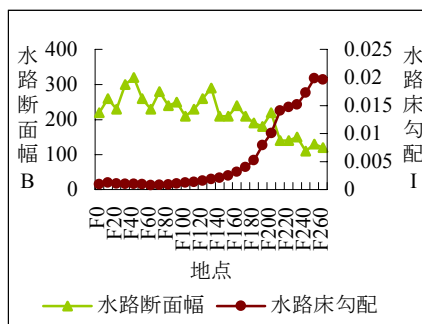


図-2 地点と水路断面幅・水路床勾配の関係

め、流速とそのときの h から倒伏、抜根における破壊の作用値を算定して α を求める。

4.2 樹木群による抵抗を考慮した場合の検討

樹木群が縦断方向に存在しない場合と存在する場合、つまり樹木群による抵抗を考慮した場合について α を検討する。樹木群の密度については、複断面水路の小断面内 ($10 \times 10 \text{ m}^2$) に樹木が 3 本平均的に存在するとした。図-3 に計画高水流量における地点と α の関係を示す。倒伏 1、抜根 1 は 3 節と同様で、倒伏 2、抜根 2 は樹木群による抵抗を考慮した場合である。図-3 から α を各破壊について見ると、ほとんどの地点で同値、あるいは倒伏 1 より倒伏 2 のほうが大きく、抜根 1 より抜根 2 のほうが小さい。これは、複断面水路の隣り合う断面の周辺境界のせん断力、縦断方向の樹木の存在を考慮したことによって、流速が低下し、水深が深くなったためであると考えられる。その結果、流速、水深に依存している倒伏は、流水が樹木の投影面積 ($A [\text{m}^2]$) に占める割合が大きくなり、倒伏 2 の α が大きくなる。また、流速のみに依存している抜根は、抜根 2 の α が小さくなる。

4.3 樹木群の密度変化による検討

樹木群の密度に関係している樹木の本数を変化させて、そのときの α について検討する。樹木の本数は疎のときがこれまでの検討で用いた 3 本、密のときが 25 本とした。図-4 に樹木群の密度を変化させた場合の計画高水流量における地点と α の関係を示す。倒伏 2、抜根 2 は樹木群の密度が疎のときで、倒伏 3、抜根 3 は樹木群の密度が密のときである。図-4 から、倒伏の α は、樹木群の密度が密になったことにより、小断面内の流速は遅く、水深は深くなるが、流速と水深との相互の影響のため、ほとんどの地点でほぼ同一であった。また、抜根の α は、樹木群の密度が密になった影響を受けて流速が遅くなり、抜根 2 と抜根 3 の間で差が笛吹川の上流域で見られた。

4.4 航空写真による観測値との間接的比較

出水前後の航空写真を用いて、 α と実河川の本木類面積率の変化量 (γ , 以降簡単に「変化量」と呼ぶ) を比較する。ここで検証する α は、河床横断面の形状で低水路と高水敷が明確でなく、起伏の小さい上流域の抜根 2 である。また、航空写真は '97, '98 年に撮影されたものである。変化量については航空写真の判読によるもので、単位河道当たりの河道面積に対する本木類面積の割合の 1 年間における変化量である⁵⁾。

図-5 に地点と α 、変化量の関係を示す。図-5 から α と変化量の関係について、 α が高い地点では変化量が負の値を、 α が低い地点では変化量が正の値をとっている。また、 α と変化量の変動がほぼ対称となっている。したがって、河床横断面の形状にもよるが、 α の高い地点では出水が起こると本木類が破壊されて面積率が減少し、 α と変化量の相関性がある。

5. まとめ

河道内樹木の破壊条件のうち倒伏、抜根の場合についていくつか検討を行った結果、破壊断面率は河道特性、樹木群の密度によって変化し、特に、抜根による破壊はこれらの影響を大きく反映して、上流域では破壊が生じやすいことがわかった。また、笛吹川上流域で、抜根による破壊断面率が高い地点では本木類面積率の変化量が負の値をとるように、河床横断面の形状にもよるが破壊断面率と本木類面積率の変化量は相関性がある。

参考文献

- 1) 建設省河川局治水課：河道内樹木の伐採・植樹のためのガイドライン（案），山海堂，pp.20-35，1994。
- 2) 石川忠晴：水制と灌木が一体となった半自然的河川構造物に関する基礎的研究，平成 4 年度科学研究費補助金研究成果報告書，pp.5-61，1994。
- 3) 荻住 昇：樹木根系図説，誠文堂新光社，pp.101-114，1991。
- 4) 富永晃宏・長尾正志・劉 健・鈴木徹也：洪水流の抵抗と流れ構造に及ぼす高水敷樹木群の配置の影響，水工学論文集，Vol.39，pp.477-482，1995。
- 5) 飯田祥二・砂田憲吾・西木卓司：河川植生域の経年変化の予測手法について，土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集，II-141，2000。

表-3 流れの基礎方程式

$$\rho g h I + \rho \varepsilon_{yz} h \frac{d^2 u}{dz^2} - \rho u_*^2 - \rho C_D \lambda h \frac{u^2}{2} = 0 \quad (1)$$

g : 重力加速度 $[\text{m/s}^2]$, ε_{yz} : 水深平均横断方向渦動粘性係数 $[\text{m}^3/\text{s}]$, u : 抵抗を考慮した水深平均流速 $[\text{m/s}]$, u_* : 摩擦速度 $[\text{m/s}]$, λ : 樹木の面積密度 $[\text{m}^{-1}]$, dz : 横断方向位置

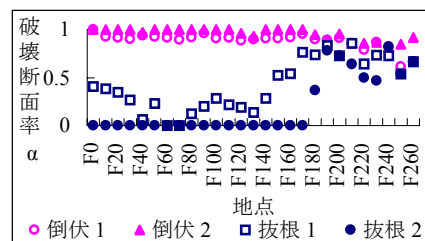


図-3 樹木群の存在により抵抗が生じる場合

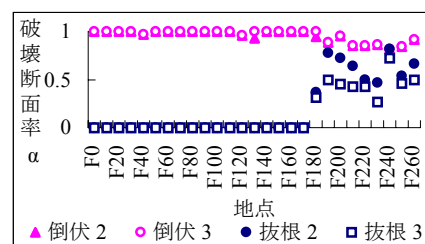


図-4 樹木の密度を変化させた場合

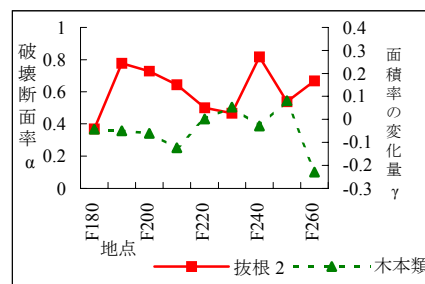


図-5 地点と α ・変化量の関係