

山梨大学大学院 学生会員○河野 逸朗
山梨大学工学部 正会員 砂田 憲吾
建設省甲府工事事務所 米山 実

1. はじめに

河川管理の立場から河川植生についての実態把握や変化を明らかにすることは重要である。著者らはこれまでに、植生分布と河道特性及びそれらの長期傾向に関する基礎的調査解析を行ってきている¹⁾。ここでは、洪水時の河道内樹木の破壊条件について、樹木の破壊を分類・定義し、1次元流れの仮定を等流、長方形幅広断面として水位の各段階に応じて樹木に作用する流体力、破壊の推定限界値、破壊限界を与える流量を検討した。さらに、破壊の作用値を長方形幅広断面の場合と実河床横断面を考慮した場合とで比較した。

2. 河道内樹木の破壊条件に関する概要

2.1 樹木破壊の分類・定義

植生は出水時には河道内の繁茂位置、出水の程度などにより様々な形態破壊が起こり得る。単木として河道内における樹木の破壊を図-1のように6に分類・定義した。

2.2 破壊の作用値・推定限界値・破壊限界を与える流量

対象としたのは河川が富士川水系笛吹川で、樹種がカワヤナギである。ここでは、分類した6の破壊モデルのうち大規模な土砂の変動に関係する浸食流去と土砂堆積による破壊以外について、流量(Q [m^3/s]), 樹齢(Y [歳])をパラメータとし、様々な値に変化させて検討を行った。

1) 破壊の作用値： 破壊の作用値は出水時に流水の作用によって樹木が破壊されるとき値である。出水時の平均流速(u_m [m/s]), 水深(h [m])は Q を用いて等流条件から与えた。折損と倒伏による破壊では図-2のように樹木をモデル化し、固定片持ばりとして根元でのモーメント(M [$\text{kgf}\cdot\text{m}$])を式(1)で求める。抜根破壊では流水により樹木一本の受ける流水抵抗抗力(P [kgf])を、石川²⁾によるカワヤナギの流水抵抗特性、生長特性から式(2)で算定する。周辺洗掘破壊では動的洗掘とし、樹木の幹の断面を円とみなすと、その最大洗掘深(Z_{sd} [cm])は中川・鈴木の推定式³⁾に断面前頭部の形状に関する補正係数(K_s)を乗じて式(3)で算定する。

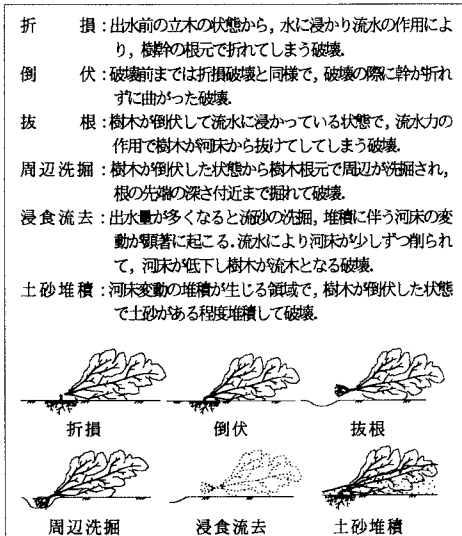


図-1 樹木の破壊の分類・定義

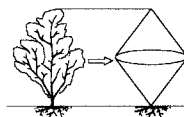


図-2 樹木のモデル化



図-3 根鉢のモデル化

$$M = \frac{1}{2} \rho C_D \int_0^h u(y)^2 y dA \quad (1)$$

$$P = 0.00149 u_m^{1.5} (1.24 Y - 0.35)^{1.2} \quad (2)$$

$$Z_{sd} = K_s D \left(3.4 - 0.9 \log_{10} \frac{D}{d} \right) \quad (3)$$

$$\sigma_c = \frac{M_c D}{I} \quad (4)$$

$$M_D = 2.5 D'^{2.0} \quad (5)$$

$$N_c = 2 p_0 \int_0^R R \cos \theta dz = \frac{2 \gamma R^3}{3} \quad (6)$$

ρ : 水の密度, C_D : 樹木の抗力係数, $u(y)$: 流速分布 [m/s], dA : 微小投影面積 [m^2], D : 根元直径 [cm], d : 砂礫の粒径 [cm], σ_c : 終局強度 [kgf/cm^2], I : 樹幹の断面二次モーメント [m^4], p_0 : 水平方向の圧力 [kgf/cm^2], z : 河床からの任意深さ [cm], γ : 砂礫の単位体積重量 [kgf/cm^3]

Keywords: 河川計画, 河川植生, 洪水, 樹木破壊

〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8524 FAX 055-220-8773

2) 破壊の推定限界値： 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。折損破壊ではカワヤナギの幹の強度特性²⁾から、折損限界モーメント (M_c [kgf・m]) を式 (4) で求める。倒伏破壊では建設省河川局治水課⁴⁾による樹木の引き倒し試験から、倒伏限界モーメント (M_D [kgf・m]) を胸高直径 (D' [cm]) から式 (5) で算定する。抜根破壊では根の耐力で求める。図-3 のように根鉢を半球体にモデル化し、半球体の表面に働く土圧により抜根限界力 (N_c [kgf]) を式 (6) から求める。周辺洗掘破壊における推定限界値は根鉢の最大深さ (R [cm]) である。

3) 破壊限界を与える流量： 2 の破壊モデルの破壊作用値及び推定限界値から、破壊限界を与える最小流量 (Q_{min} [m³/s]) を笛吹川万年橋付近で破壊が起こると想定してそれぞれ推定した。 Q , h などに依存しない周辺洗掘による破壊以外の場合について、 Y と Q_{min} の関係を図-4 に示した。また、図-4 の一点鎖線は'98 年の台風 5 号による石和流量観測所のピーク流量である。図-4 から折損と倒伏による破壊が起こることになる。しかし、その後の樹木の状況を調査した結果、そこでは他の破壊も起こっていた。 Q_{min} について、樹木をモデル化し単木でゴミの付着などを考慮していないことから、今後はこれらも考慮する必要がある。

3. 河床横断面を考慮した破壊の作用値の算定

3.1 河床横断面

図-5 のように、長方形幅広断面では全ての箇所に流れるため、平均的な破壊条件が全断面で算定される。これに対して、実河床横断面を考慮する。図-6 は河床横断面を 10m ずつに区切り、各区内で河床高の平均をとり階段状にモデル化したものである。図-6 で出水が起こったとき、河床横断面では集中して流れる箇所や全く流れない箇所があり、それらの箇所に棲息している樹木は破壊されたり、破壊されなかったりする。

3.2 河床横断面を考慮した破壊の作用値の算定

次の仮定を基に破壊の作用値の算定を行う。①樹木は樹齢 4 歳のカワヤナギが平面的に平均に存在するとする。②等流で、ある流量を流したときに各断面の境界で生じる渦によるエネルギー損失は無視する。万年橋地点の河床横断面をモデル化し、 Q が 100, 200, ..., 1000 [m³/s] と流れたときの破壊の作用値を算定し、総断面数を N 、ある Q のときに破壊した断面数を N_B として、 Q と N_B/N の関係を図-7 に示した。図-7 の倒伏限界は長方形幅広断面における Q_{min} である。これ以上の Q が流れると $N_B/N=1$ となり、破壊することを表している。なお、抜根破壊は $Q_{min}=2614$ [m³/s] であった。それぞれの破壊において、河床横断面を考慮した場合、全ての箇所で破壊は起こらずより現実的である。

4. おわりに

洪水時の河道内樹木の破壊条件について、樹木の破壊を分類・定義し、折損破壊・倒伏破壊・抜根破壊・周辺洗掘破壊において、破壊限界を与える流量を求めることを目指した。長方形幅広断面より河床横断面を考慮して破壊の作用値を算定したほうが合理的であるが、代表的な横断面形状と植生分布の設定に課題が残されている。さらに検討を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 砂田憲吾・岩本 尚・渡辺勝彦：出水履歴と河道特性が植生域の長期変動に及ぼす影響に関する基礎的研究，水工学論文集，Vol.42，pp.451-456，1998。
- 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) 土木学会：水理公式集，pp.272-276，1980。
- 4) 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.20-33，1993。

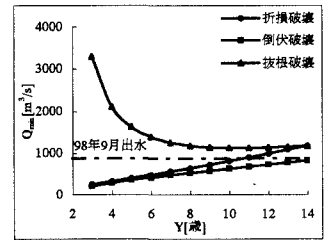


図-4 樹齢と最小流量の関係



図-5 長方形幅広断面



図-6 モデル化した実河床横断面

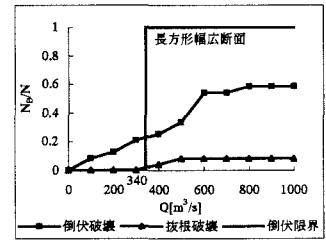


図-7 流量と N_B/N の関係