

転倒樹木の抵抗特性に関する実験的研究

埼玉大学大学院 正会員 ○小内 堯

埼玉大学大学院 正会員 八木澤順治

埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

ペラデニヤ大学 非会員 Weerakoon S.B.

ペラデニヤ大学 非会員 Jinadasa K.B.S.N.

1. 目的

河道内樹木による洪水時の水位のせきあげに及ぼす影響, 海岸林による津波氾濫流のエネルギー減衰に及ぼす影響を評価することは重要であるため, 植生の抵抗評価が盛んに行われている. 2011年の津波時には, 津波襲来時には海岸線周辺で多くの樹木が幹の倒伏・破断または根鉢ごと転倒した状態¹⁾であったことが確認されている. しかし, 多くの数値計算では, 樹木が直立した状態での抵抗特性を評価するか, 考慮している場合でも樹木の破壊モードの変化²⁾を考慮していない. すなわち, 樹木が転倒しているにもかかわらず, 直立もしくは幹の倒伏・破断状態での抗力係数を適用する 경우가多く, 遡上距離や樹林帯背後の流速・水深等に誤差が生じることが懸念される. そこで本研究では, 転倒した樹木と根鉢の抗力係数を把握することを目的とする.

2. 研究方法

(1) 実験装置および対象樹木

実験はペラデニヤ大学内の全長 30m, 幅 1m, 深さ 2m の曳航型水路において実施した. 水路上のレールをトロッキが走行可能となっている. このトロッキに図-1に示すように実験対象となる実樹木, 荷重計(定格容量 1KN, アイコーエンジニアリング社)を設置し, トロッキを走行させることで流水中の転倒樹木を模擬した. 実験では, トロッキの走行速度 $U(\text{m/s})$ を変化させ, 広範囲のレイノルズ数 $Re (= Ud/\nu : d$ は樹冠の直径(m), ν は水の動粘性係数) 条件下で実験を実施した. また, 転倒樹木の葉層, 根圏が抗力特性に及ぼす影響を把握するために, 実験対象樹木の葉, 根を取り除いた形で同様の実験を実施した.

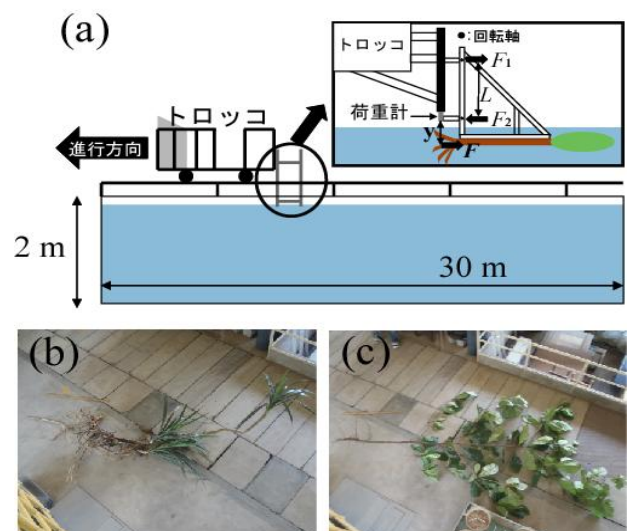


図-1 実験装置および対象樹木 (a) 抗力測定方法, (b) Pandanas, (c) Kottanba

(2) 抗力係数 C_d の算出方法

転倒樹木に作用する抗力 F は, 図-1に示すように荷重計で計測される力 F_2 と作用点までの距離 $L (= 1.04\text{m})$, 荷重計から抗力作用点までの距離 y を用いて式(1)より算出し, 得られた抗力より C_d を式(2)で算出した.

$$F = \frac{F_2 \times L}{L + y} \quad (1), \quad C_d = \frac{2F}{\rho U^2 A} \quad (2)$$

ここに, ρ は水の密度(kg/m^3), A は転倒樹木の投影面積(m^2)で, 実験前にトロッキ進行方向から撮影した画像をもとに算出した.

3. 結果および考察

図-2 に対象とした両種の流速による抗力の変化を示す. それぞれの図には, 葉, 根を除いて測定した結果も合わせて示す. Pandanas(図-1(b))は葉層, 根圏の面積割合が同等であることから, 葉, 根を除去するに従って, 抗力の減少割合がどの流速のケースでも同様の傾向を示している. 一方, 根の割合が顕著に少ない

Kottanba(図-1(c))は、葉のみを除去した場合に抗力が大きく減少しており、根が受け持つ抗力は小さい。これらの結果より、本実験の抗力測定方法は妥当であると判断し、得られた抗力を用いて抗力係数を算出した。図-3は両種のレイノルズ数による C_d の変化を示す。ここで、根があるケース(Case1,2)は転倒破壊に、根を除去したケース(Case3)は破断・倒伏破壊に相当する。この図より、転倒破壊の C_d の方が、破断・倒伏破壊の C_d に比べ1.2から2.5倍大きいことがわかる。しかし、Kottanbaのように根の割合が小さい樹木の場合、根のついているCase2でも C_d は0.2程度と、Case3と同程度の C_d となることがわかった。図-4にTanaka and Yagisawa²⁾が提案した樹木の破壊形態分類図を示す。この図は樹幹の材料特性で異なる破断・倒伏限界(実線)と地盤条件・根圏構造によって異なる転倒限界(破線)が存在し、樹木の胸高直径 d_{BH} によって破壊形態が決まることを示している。根茎量と破壊形態に応じて抗力係数が大きく異なることから、樹木群の破壊を伴う洪水流や津波の流速・水深を精度良く再現・評価するためには、根茎量(樹種や地下水位によって異なる)や樹木直径に応じた破壊形態の適切な評価が重要であることが示唆された。

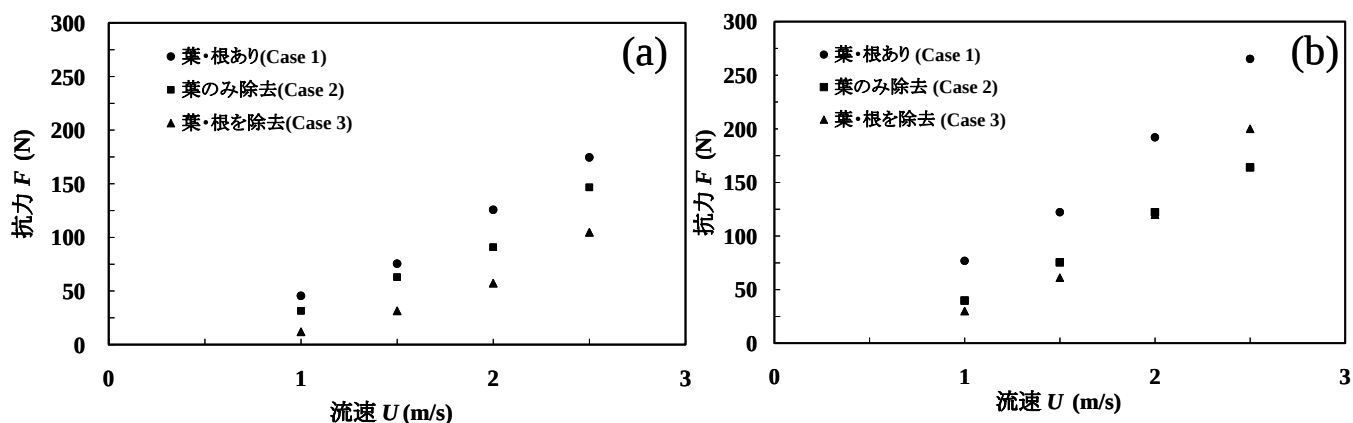


図-2 葉層と根圏が転倒樹木の抗力に及ぼす影響 (a) Pandanas, (b) Kottanba

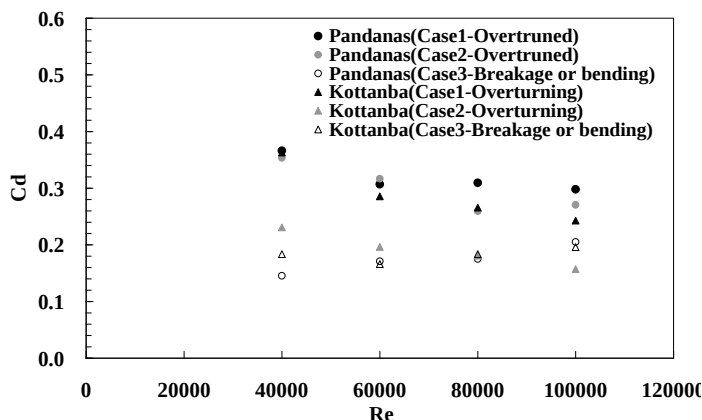


図-3 転倒、破断・倒伏を想定した両種の抗力係数

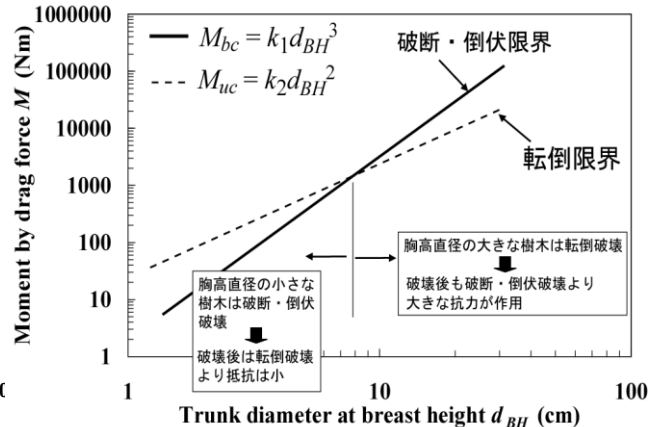


図-4 樹木の破壊形態分類図(引用文献²⁾の図を修正)

4. 結論

異なる破壊形態を想定した実樹木の抗力特性を把握することで、根がむき出しになる転倒破壊を想定した樹木の C_d は破断・倒伏破壊による C_d に比べ1.2から2.5倍程度大きくなる。樹木の破壊を伴う流れを精度良く解析するためには、根茎量や樹木直径に応じた破壊形態を適切に評価する必要があることが示唆された。

謝辞：本研究を実施するに際し、アジア・アフリカ学術基盤形成事業(コーディネーター：田中規夫)，科研費基盤B(No.24310127)(研究代表者：田中規夫)の一部を使用した。記して謝意を表わします

参考文献

- 1) 佐々木 寧・田中 規夫・坂本 知己、津波と海岸林—バイオシールドの減災効果—，共立出版，209p，2013。
- 2) Tanaka, N. and Yagisawa, J.: Effects of tree characteristics and substrate condition on critical breaking moment of trees due to heavy flooding, *Landscape Ecol. Eng.*, Vol.5, pp.59-70, 2009.