

河道内樹木の鉛直構造の違いを考慮した合成抗力作用高さの変化

埼玉大学 学生会員 ○八木澤 順治
 埼玉大学 正会員 田中 規夫
 中央大学 フェロー会員 福岡 捷二

1. はじめに

従来、河道内樹木の抜根を評価する際には、樹木の引き倒し試験結果¹⁾から得られた抜根限界モーメントが用いられている。しかし、上記引き倒し試験は樹木特性(樹高や樹形)を考慮せずに、荷重をかける高さ(地上1.0m)を固定した状態で実施している。樹木の破壊には主幹に働く曲げ応力、根鉢に働く転倒モーメント、根と地盤との間に働く力のつりあい等を考慮する必要がある。本研究では樹木特性を考慮し、従来の抜根限界モーメントと算出した抗力モーメントからそれぞれ得られる抗力を比較する。さらに樹齢による合成抗力の作用高さの変化を把握することを目的とする。

2. 対象樹種(タチヤナギ・ハリエンジュ)の鉛直構造調査および抗力・抗力モーメント算出方法

樹木に作用する抗力 $F(N)$ は田中ら²⁾と同様に、

$$F = \int_0^H \frac{1}{2} \rho u(z)^2 C_d(z) dA \quad (1)$$

とした。ここに、 H :水深(m)、 ρ :流体の密度(kg/m^3)、 $u(z)$:接近流速(本研究では断面平均流速 U を仮定)(m/s)、 $C_d(z)$:高さ z における抗力係数、 dA :流れ方向に垂直な投影面積(m^2)である。式(1)において、水深方向の微小面積 $dA=d(z)dz$ とし、河床からの鉛直方向高さ z における主幹と枝の幅の和(m)を $d(z)$ とする。さらに、 C_{d-ref} :胸高(河床から1.2m高さ)の主幹の抗力係数(円柱を仮定して1とした)、 d_{BH} :主幹の胸高直径(m)とし、 $d(z)$ と d_{BH} の割合を $\alpha(z)$ (樹形の相違を表す付加係数)、 $C_d(z)$ と C_{d-ref} の割合を $\beta(z)$ (葉層による付加抗力を表した係数)とすると、樹木に作用する抗力 F 及び抗力モーメント M は

$$F = \frac{1}{2} \rho C_{d-ref} d_{BH} U^2 \int_0^H \alpha(z) \beta(z) dz \quad (2)$$

$$M = \frac{1}{2} \rho C_{d-ref} d_{BH} U^2 \int_0^H \alpha(z) \beta(z) z dz \quad (3)$$

と表される。樹木特性調査では、式(1)~(3)で定義される d_{BH} を直接計測し、 $\alpha(z)$ に関しては樹木の画像解析によって鉛直分布を算出した。画像解析にはタチヤナ

ギ・ハリエンジュともに樹齢1~10年程度の範囲で、それぞれ12本、14本に対して実施した。また、樹木に作用する合成抗力の作用高さ h_e は式(4)より算出した。

$$h_e = M/F \quad (4)$$

また、従来¹⁾の抜根限界モーメント $M_{uc}(\text{Nm})$ 、その際に作用する抗力 $F_{uc}(N)$ はそれぞれ以下の式で表される。

$$M_{uc} = 24.5 d_{BH}^2 \quad (5), \quad F_{uc} = \frac{M_{uc}}{1.0} \quad (6)$$

なお、式(5)の d_{BH} はcm単位を用いる。

3. 結果および考察

図-1は、各樹種の樹齢による $\alpha(z)$ の変化を示している。図中に示す α_1 、 α_2 はそれぞれ樹冠の境界を表す枝下高さ h_b 以下の $\alpha(z)$ の平均値、 h_b 以上の $\alpha(z)$ の平均値である。タチヤナギは樹齢の範囲によらず $\alpha_1 > \alpha_2$ であるが、ハリエンジュの場合、樹齢5年以上になると $\alpha_1 < \alpha_2$

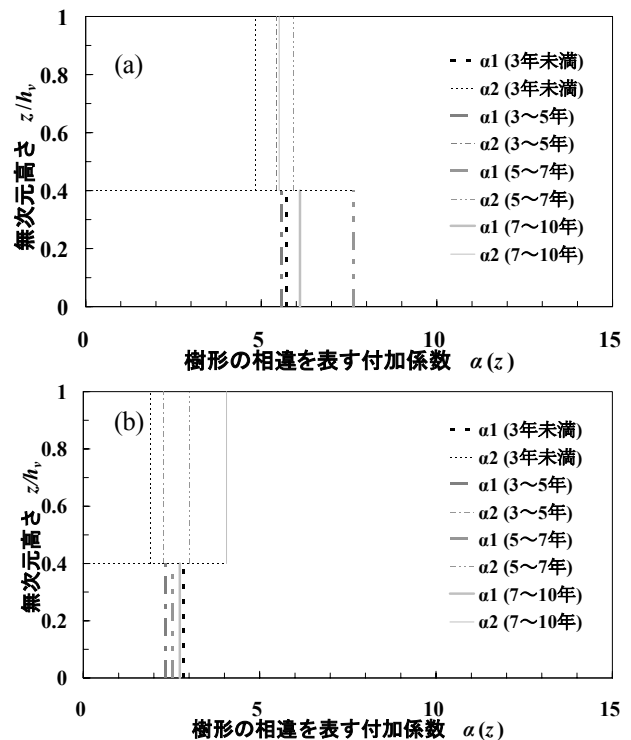


図-1 樹齢による樹形の相違を表す付加係数 $\alpha(z)$ の変化

(a) タチヤナギ, (b) ハリエンジュ

キーワード 河道内樹木、鉛直構造、合成抗力の作用高さ、タチヤナギ、ハリエンジュ

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 埼玉大学大学院理工学研究科

となり、重心が上側に移動することがわかる。タチヤナギは若樹齢時に地際から多数の枝を出し、株状のまま生長し続けるのに対し、ハリエンジュは若樹齢時に地際付近に枝を出すものの、洪水攪乱による萌芽再生をしていない場合には、生長とともに枝下高さ h_b が大きくなるのが原因と考えられる。

抜根限界モーメント M_{uc} (式(5))から、樹齢1~15年の樹木に作用する抜根時の力 F_{uc} (式(6))を求め、式(2)より得られた合成抗力 F と比較した結果を図-2に示す。樹齢6年以下のタチヤナギは F_{uc}/F が1以下であり、抜根時に樹木に作用する力 F_{uc} は、実際の洪水時に作用する合成抗力 F よりも小さく見積もられている。しかし、樹齢6年以上では F_{uc}/F が1以上となり、若樹齢の場合と逆の傾向になる。また、ハリエンジュに関しても同様に、若樹齢(樹齢2年以下)には F_{uc}/F が1以下、樹齢が大きくなるにつれて F_{uc} と F との誤差が大きくなる。

図-2より、抜根時に樹木に作用する力 F_{uc} と、抜根時のモーメントと等価な抗力モーメントが作用する時の水深 H から算出した合成抗力 F には大きな誤差があることがわかる。そのため樹木のどの位置に力を加えて引張試験を実施すれば、抜根と破断を同時に考慮できるかについて、両種に対して検討を行った。図-3は水深 H と無次元合成抗力作用高さ h_e/h_v の関係を示している。ここに、 h_v は樹高(m)、 h_e は合成抗力の作用高さ(m)であり、抗力モーメント M と合成抗力 F が同時に表現できるように($M = h_e \times F$)算出した。また、各樹齢において水深が増加しても h_e/h_v が一定となる領域があるが、これは水深が各樹齢に対応した樹高を越えるためである。 h_e/h_v が一定となる時の値を両種で比較すると、タチヤナギに関しては樹齢の変化によらず h_e/h_v が0.5を若干下回る程度で一定値となる。それに対してハリエンジュは樹齢が大きくなるにつれて h_e/h_v が一定となる時の値が大きくなることがわかる。この理由として、図-1で示したように、タチヤナギは重心がやや下がる樹形であり、ハリエンジュは樹齢が大きくなるにつれて重心が上がる樹形であることが考えられる。

4. おわりに

本研究によって得られた結果を以下に示す。

- ①抜根限界モーメント M_{uc} より得られる抜根時の樹木に作用する力 F_c と合成抗力 F とを比較すると大きな誤差があり、樹木の抜根・破断という破壊形態を同時に評価する際には問題があることがわかった。

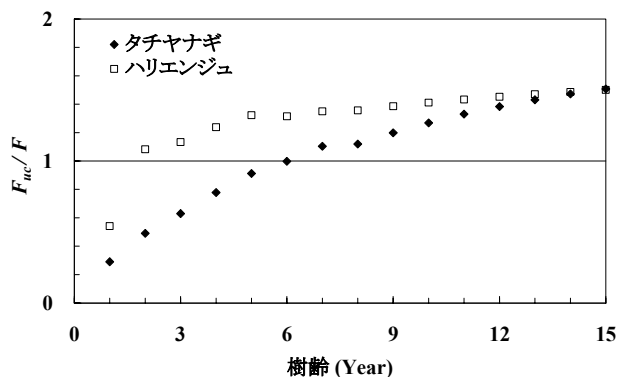


図-2 樹齢による抜根時の抗力(式(5),(6))と合成抗力(式(2))の比 F_{uc}/F の変化

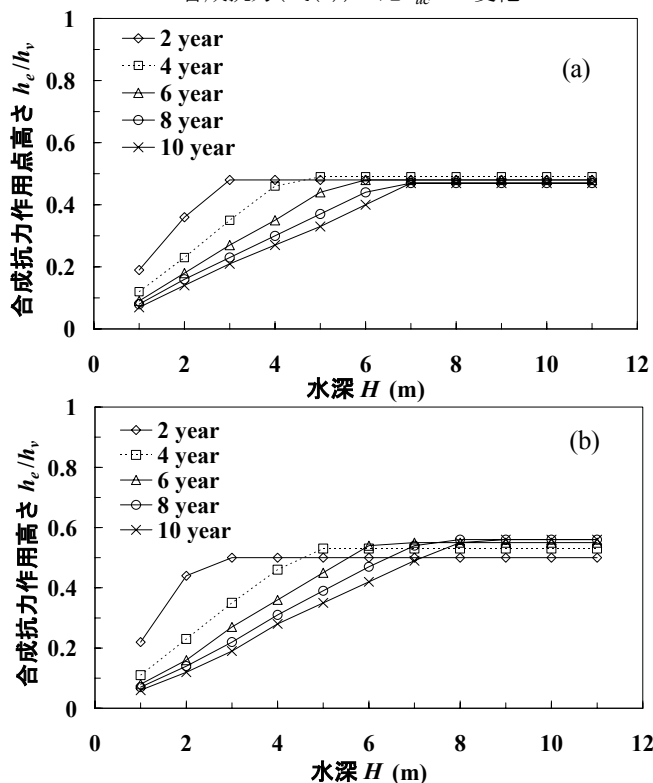


図-3 水深 H と無次元合成抗力作用高さ h_e/h_v の関係

(a) タチヤナギ, (b)ハリエンジュ (h_e :合成抗力の作用高さ(m), h_v :樹高(m))

- ②樹齢が大きくなるに従って、樹木の鉛直構造に変化が生じることを考慮して、樹木に作用する合成抗力の作用高さが変化することを把握した。

謝辞: 本研究の実施にあたり、河川環境管理財団河川美化・緑化調査研究助成(助成番号: 2005-1(ロ) 代表者田中規夫)の一部を使用した。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) (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.147-171, 1994.
- 2) 田中規夫・佐々木寧: 2006年ジャワ津波災害において海岸林が果たした役割とその破断・なぎ倒し限界, 水工学論文集, 第51巻, pp.1445-1450, 2007.