

樹木を模した小型模型の風力係数とその推定法

東海大学大学院 学生会員 ○福田 耕司

東海大学工学部 学生会員 大川 良輔

東海大学 正会員 杉山 太宏・平岡 克己

1. まえがき

屋上緑化やのり面の樹林化など緑化事業が注目される中、強風に対する樹木の転倒危険度を予測することは、設計・施工・維持管理上重要な要素である。しかし、樹木の風力係数を調べた例はほんの数例である。本研究は、樹木を模した小型模型によって風洞実験を行い、風力係数 C_D に及ぼす樹形・樹高の影響を調べるとともに、 C_D の簡便な推定方法について検討した。

2. 実験方法

実験装置の模式図が図-1 である。塩ビの角材(10mm×12mm)を樹木幹部として土槽の蓋に樹木模型の根元を固定し、根元から 9cm の位置にひずみゲージを貼り付けた。表-1 は樹木の枝葉部を見立てた枝葉部模型の形状である。厚さ 5mm のベニヤ板を 4 種類の面積 A に対して、縦横比 h/b を変化させたものを各 5 種類、全部で 20 枚((a)~(t))用意した。また、枝葉部模型はベニヤ板より軟らかいプラスチック板((f')~(j'))も用意して、縦横比 h/b ならびに面積 A による C_D への影響を調べた。

2.1 静的曲げ試験

枝葉部の重心点に釣糸でつり下げたビニール袋を結び、鉛球 500g を載荷し幹部のひずみを計測した。重心点は形状(h)の位置にすべて統一した。

2.2 風洞実験

静的曲げ試験と同様に設置した樹木模型に風洞装置によって段階的に定常風を与え、風力による幹部のひずみ ε と風速 v を測定した。ひずみと風速ならびに静的曲げ試験から求めたひずみと質量の関係から、式(1)によって風力係数 C_D を求めた。また、風を乱して樹木模型を揺らし、風心点に設置した加速度計で加速度を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 静的曲げ試験と風洞実験による風力係数 C_D の推定

図-2 は、各面積の縦横比 $h/b=1.00$ で得られた定常風による風洞実験のひずみと風速の関係である。当然ながら面積が大きいほどひずみも増加し、ひずみは速度の二次式で表される。また、重心点を一致させた静的曲げ試験でのひずみ ε と質量 m の関係は $\varepsilon=10040m$ となった。両実験結果から式(1)によって風力係数 C_D を計算し、風速

表-1 試験に使用した枝葉部模型の形状

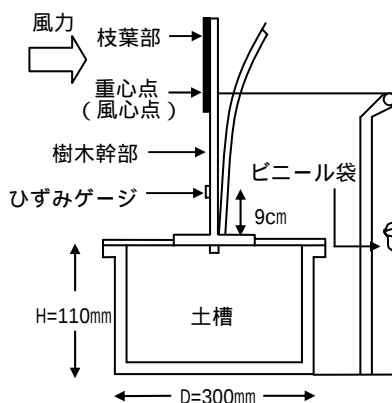
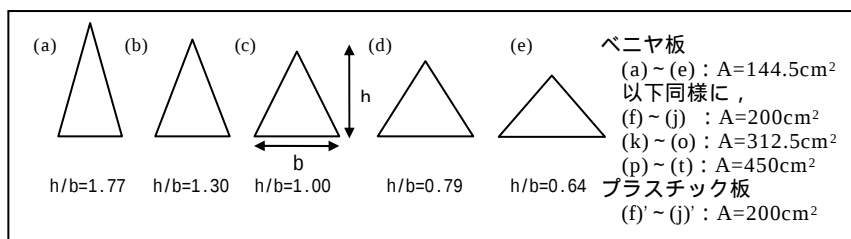


図-1 実験装置の模式図

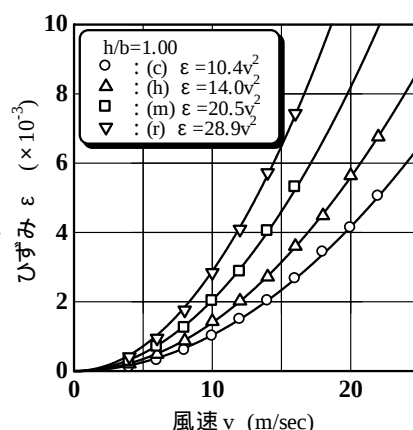


図-2 ひずみと風速の関係

$$w = C_D \left(\rho_s \times \frac{v^2}{2} \right) \times A \cdots (1)$$

W : 鉛球の質量(kgf)

C_D : 風力係数

ρ_s : 空気密度 $0.1205(\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4)$

v : 風速(m/sec)

A : 風を受ける面積(m^2)

との関係を調べたのが図-3 である。図のように、ベニヤ板の場合、 C_D は風速には依存しないことがわかる。面積が小さいほど C_D は大きくなるが、縦横比の影響は明確には現れなかった。風を乱して得られた各樹木模型の卓越周波数 ω と縦横比の関係について調べたのが図-4 である。ばらつきはあるが面積ごとに $\omega = \alpha(h/b) + \beta$ として直線で近似し、その結果を図中に記した。係数 α と β は、図-5 のように面積の増加によって減少する傾向を示したので、同じく直線近似した。図-4 と図-5 から樹木模型の卓越周波数 ω は面積 A と縦横比 h/b により、

$$\omega = (0.12 - 13.7A)(h/b) - 65.5A + 8.62 \dots \dots \dots (2)$$

と表すことができる。図-6 はすべての卓越周波数 ω と C_D の関係をプロットしたものである。面積が小さいほど卓越周波数ならびに C_D は増加している。そこで、 $C_D = \xi \cdot \omega + \eta$ として係数 ξ 、 η を求め、式(2)を代入すると、式(3)のように C_D を面積 A と縦横比 h/b の関数として表すことができる。

$$C_D = (0.0049 - 0.56A)(h/b) - 2.69A + 1.19 \dots \dots \dots (3)$$

3.2 プラスチック板の実験結果

実樹木は風を受けると枝葉部面積が減少する。この影響を調べるために軟らかいプラスチック板を使って実験を行った。図-7 は、ベニヤ板と同様にして求めた C_D と風速の関係である。プラスチック板では、風速の増加とともに面積が減少するため C_D が増加している。また、縦横比の影響がベニヤ板よりもより顕著に現れている。ベニヤ板の結果と同様に、枝葉部の縦横比は C_D や卓越周波数を推定する指標となる可能性が示唆される。

4. まとめ

三角形ベニヤ板を樹木の枝葉部に見立てた風洞実験を行って、面積と縦横比から風力係数 C_D が推定可能なことを示した。実樹木では樹種や樹齢、枝葉部の形状など、より多くのパラメータが必要であるが、簡便な方法で C_D を推定できる方法を模索していきたい。

参考文献

- 1) 大塚泰洋, 杉山太宏, 赤石 勝: 風洞による風荷重が樹木モデルの振動と地盤応答に及ぼす影響, 第 28 回関東支部技術研究発表会(), pp816 ~ 817, 2001.
- 2) 大塚泰洋, 上杉聡, 杉山太宏, 赤石 勝: 風による模型樹木, 実樹木の振動と地盤振動特性に関する研究, 第 29 回関東支部技術研究発表会(), pp1040 ~ 1041, 2002.
- 3) 福田耕司, 大塚泰洋, 杉山太宏, 赤石勝: 樹木模型の樹形形状と風荷重の関係, 第 30 回関東支部技術研究発表会(), [00086.pdf], 2003

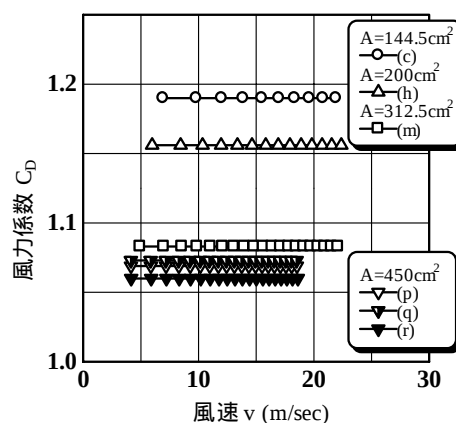


図-3 風力係数と風速の関係

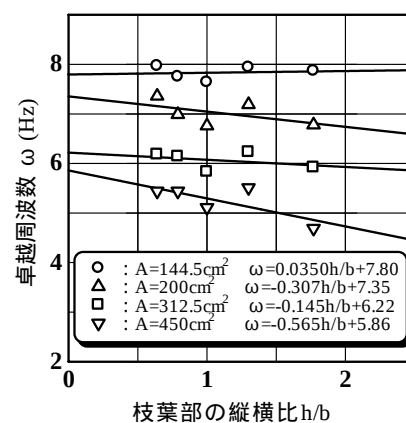


図-4 卓越周波数と縦横比の関係

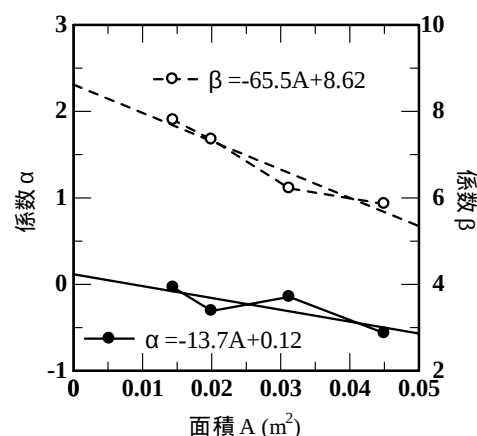


図-5 係数 α 、 β と面積の関係

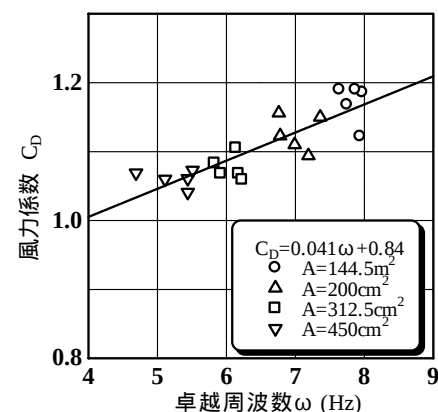


図-6 風力係数と卓越周波数の関係

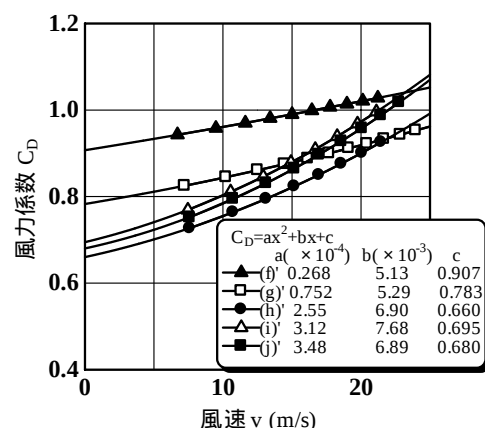


図-7 プラスチック板での風力係数と風速の関係