

台風による森林被害における風害モデル

北海道立林業試験場 鳥田宏行

1. はじめに

近年、北海道では台風（2002年台風21号、2003年台風10号、2004年台風18号など）による森林被害が頻発した。暴風による森林被害を軽減するには、適切な森林の保育管理を実施して、被害を受けにくい森林を育てておく必要がある。立木に被害が発生する場合、その被害形態は主に幹の破壊によるもの（幹折れ、幹曲）と根系が浮き上がって立木が倒伏する根返りの二つに分類できる。立木の荷重中心に作用する外部荷重（風荷重、雪氷荷重）は、立木の倒伏を促す回転モーメント T を生じさせるが、この値が根系による根返り抵抗力モーメント R より小さければ、立木は倒伏することはい。一方、外部荷重によって幹に生じた曲げ応力 σ_x が、MOR（曲げ強さ：modulus of rupture）以下ならば幹は破壊されない。つまり、倒伏に関しては T と R 、幹の破壊（幹曲、幹折れを含み、以後幹折れと呼ぶ）に関しては、 σ_x と MOR の相対関係によって、立木の被害形態は決定される。そこで本研究では、主にカラマツ林を対象に台風時の暴風による風荷重に対して、これらの力学的な物理量を用いた風害モデルを構築し、樹形と被害を発生させる限界の風速および被害形態との関係、応力分布と幹折れ位置について考察した。

2. モデルの概要

樹幹形状は円錐台（澤田，1983）とみなし、風による荷重 W と樹冠重 P が樹幹に作用すると仮定する（図1）。

2.1 回転モーメント T と樹幹断面の応力（圧縮応力） σ_x

回転モーメント T は(1)式で示され、樹幹の撓み δ を曲げモーメント M_x の基礎方程式 (2) 式から求めることで得られる (W : 風による水平荷重, P : 樹冠重, I_x : 断面二次モーメント, e : 偏心量)。

$$T = WL + P(\delta + e) \quad \text{----- (1)}$$

$$M_x = -(L-x)W - (\delta + e - y)P = -EI_x \frac{d^2y}{dx^2} \quad \text{----- (2)}$$

樹幹断面の応力 σ_x には、圧縮応力と引張応力があるが、ここでは圧縮応力を用いた (A_x : 断面積, Z_x : 断面係数)。

$$\sigma_{xc} = \frac{P}{A_x} + \frac{M_x}{Z_x} \quad \text{---- (3)}$$

2.2 根系による抵抗モーメント R

根系による抵抗モーメント R (kNm) は、カラマツ林における引き倒し試験から得た胸高直径 D (cm) との関係式を用いた。

$$R = 0.0117D^{2.58} \quad (r=0.73) \quad \text{---- (4)}$$

2.3 樹幹に作用する荷重 W および樹冠重 P

風による水平荷重は、(5)式より求めた (ρ : 空気密度(1.225kg/m³), A : クローネ投影面積, C_d : 抵抗係数, U : 風速)。

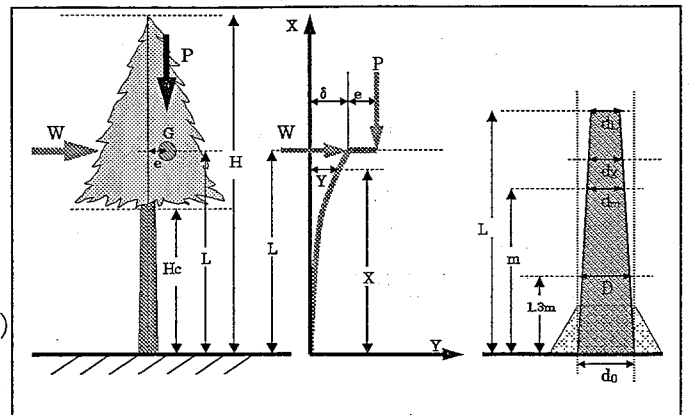


図1. 風荷重が作用した立木のモデル

$$W = \frac{1}{2} \rho U^2 AC_d \quad \text{----- (5)}$$

森林キャノピー層における風速は、Oliver と Mayhead(1974)による暴風時の林内風速の鉛直分布式を用いた (a:定数 2.5, H:キャノピー層の最大高さ(樹高), U_H :高さHでの風速)。

$$U_x = U_H \exp(-a(1-x/H)) \quad \text{----- (6)}$$

樹冠重Pは、森林の生産力に関する研究第2報(四大学および信大合同調査班, 1964)のデータを用いて解析し、(7)式より求めた(d_m (cm):枝下直径, W_{BL} (g):枝葉量)。

$$W_{BL} = 242.19d_m^{1.98} \quad (r=0.87) \quad \text{----- (7)}$$

立木の樹形は、主にサイズ(樹高 H), 形状比(樹高/胸高直径), 枝下高の3つに着目した。計算は、樹高を 6 区分(5, 10, 15, 20, 25, 30m)し、樹高階毎に形状比を5区分(65, 75, 85, 100, 125)と枝下高を 3 区分(0.3H, 0.5H, 0.7H)について、合計 90 パターンについておこなった。全計算パターンにおいて、テーパ率 ψ は一定(6mm/m)とし、偏心量eは0とした。

3. 結果

今回の計算結果では、ほとんどのパターンで根返りとなり、幹折れとなったのは、形状比 125, 枝下高 0.7H, 樹高5~25mの5パターンであった。圧縮応力の最大値は樹冠下にあり、生枝下から 0.4Hc の間で幹折れなどの破壊現象が発生すると予測される。限界風速 U_c は、各パターンとも樹高が高くなるほど低くなる傾向があり、同一な形状比と枝下高ならば、立木サイズ(樹高)が大きくなるほど被害を受けやすい傾向にあった(図2)。

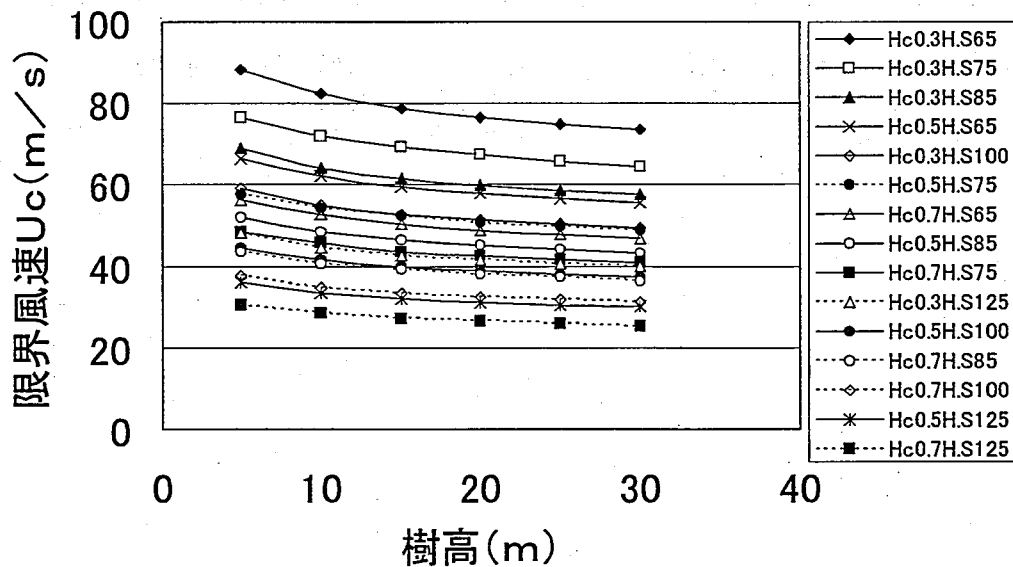


図2. 限界風速と樹高との関係

限界風速 U_c :キャノピートップ(樹高)における風速 U_H , Hc:枝下高, S:形状比

4. 引用文献

澤田 稔 1983:風および冠雪による針葉樹幹の変形.林試北支場研究資料,128:1-18.

Oliver,H.R.and Mayhead,G.J.,1974:wind measurements in a pine forest during a destructive gale.Forestry,47:185-195.