

マイセルフ・マイグループスキルアッププログラム
樹木の耐風メカニズムの解明と適切な管理手法の検討

平成 15 年度 (県単)

野々田 稔郎

森林の気象災害、特に強風や冠雪にともなう「幹折れ」、「根返り」は、森林に多大な被害を与えるとともに、森林土壌の荒廃や森林の消失による環境変化など長期的で広い範囲に影響を与える。台風の常襲地帯である三重県では、特に、強風によるこれらの被害が発生し、森林造成・管理上の問題となっている。これら、森林の気象被害の防除は、力学的視点から樹木に作用する外力を整理し、その被害発生メカニズムを明確にした上で、樹木あるいは森林管理上の問題点を検討する必要がある。このことから、強風による森林被害を想定した簡易な力学モデルを用い、幹折れ発生について、森林施業との関係を考察した。

1. 曲げ応力計算のための樹体モデル

図 - 1 は、風圧力 F が作用するときの樹木模式図である。同図において、強風下で樹体に作用する風圧力 F は、樹冠投影形の重心 G (風心) の 1 点に代表して作用するとみなすことができる。風圧力 F が風心 G に作用したときの任意の高さ x における樹幹曲げモーメント M_{bx} は、次の(1)式によって表される。

$$M_{bx} = (L - x) F + e P \quad (1)$$

$$L = Hc + (H - Hc) / 3$$

高さ x における樹幹曲げ応力 b_x は、 x における幹直径を dx とすると、円断面形の断面係数 W_x が、 $(dx^3) / 32$ であるから、次の(2)により求められる。

$$b_x = M_{bx} / W_x \quad (2)$$

$$= \{ 32 (L - x) F \} / (dx^3)$$

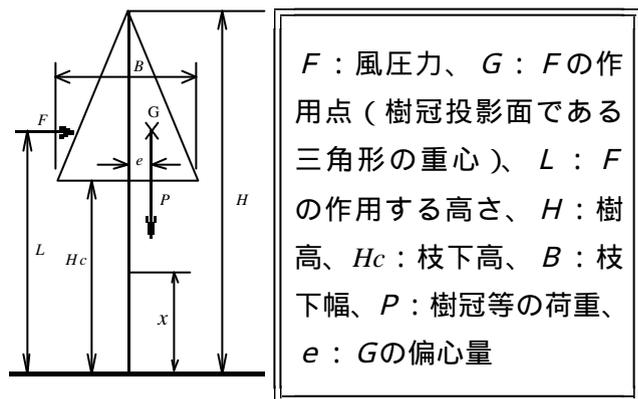


図-1 風圧力 F が作用する樹木模式図

また、風圧力 F は、樹冠投影面積 A を以下の(3)式により求め、(4)式によって求められる。

$$A = B (H - Hc) / 2 \quad (3)$$

$$F = A C_t (0.5 \rho V^2) / g \quad (4)$$

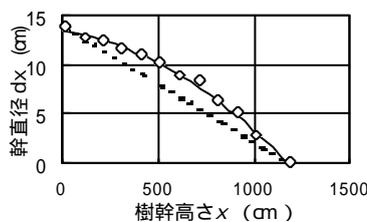
ここに、 C_t : 風圧係数、 ρ : 空気密度、 V : 風速、 g : 重力加速度である。

2. 結果と考察

1) 樹幹高さ x と直径 dx の関係

(2)式による曲げ応力 b_x の計算には、高さ x と幹直径 dx の関係を明らかにする必要がある。このため、ヒノキ 34 年生樹木をモデル木とし、地上高さ 0.2 から梢端方向へ 1 m ごとに幹直径を測定した。

図 - 2 は、樹幹高さ x と幹直径 dx の関係を示している。



モデル木諸量

胸高直径 $d_{bb} = 12.7 \text{ cm}$
 樹 高 $H = 1193 \text{ cm}$
 枝 下 高 $Hc = 670 \text{ cm}$
 枝 下 幅 $B = 223 \text{ cm}$

図-2 樹幹高さ x と直径 dx の関係

白丸は 1 m ごとの幹直径実測値であり、破線は(5)式により、実線は(6)式により求めた推定線である。

$$dx = a - b \cdot x \quad (5)$$

$$dx = a - b \cdot x^2 - c \cdot x \quad (6)$$

以下の bx の計算では(2)、(5)式による計算を case1、(2)、(6)式による計算を case2 として行った。

2) 樹幹高さ別の曲げ応力 bx

図-3 は、前述のモデル木を用い、 bx の計算を case1 ((2)、(5)式)、case2 ((2)、(6)式) によって行った結果と実測値を用いた計算値 (白丸) を併せて示している。case1 の bx (破線)は、case2(実線)に比べ、大きな値を示し、ある高さ x で極大値を持つ。case1 の値が大きいのは、図-2 に示すように、直線で dx を推定し、 dx が過小評価となっているためである。case1 の直線で dx を求めた時の最大応力は、 $bx / x=0$ より、 $x=Hc$ が得られ、常に枝下高で最大となることが指摘されている(森岡ら 1991、林 1995)。case2 の bx は、実測値とよく対応するが、明瞭な極大値を示さず、枝下高より下の bx がほぼ一定値となっている。強風による幹折れ発生点は、この枝下高より低い位置のいずれかで発生すると考えられる。

3) 樹幹サイズの変化に伴う曲げ応力 bx の変化

枝打ち等の施業によって樹幹サイズが変化した場合の最大曲げ応力 mbx 変化を計算した。枝打ち直後の樹冠面積 $Ac1$ は、枝下高からの枝打ち高さを Ht とすると以下の(7)式によって考慮した。

$$Ac1 = Bc1 (H - Hc - Ht) / 2 \quad (7)$$

$$Bc1 = B (H - Hc - Ht) / (H - Hc)$$

また、枝打ち後ある程度の時間が経過し、枝下幅が枝打ち前と同程度になったときの樹冠面積 $Ac2$ を以下の(8)式で考慮した。

$$Ac2 = B (H - Hc - Ht) / 2 \quad (8)$$

図-4 は、モデル立木の樹冠面積の変化に対する最大曲げ応力の変化を case2 及び実測値を用いて計算した結果である。(7)式によって枝打ちの影響を考慮すると、枝打ちにより枝下高が高くなるに伴って mbx も低下する傾向を示す。一方、(8)式を用いると、枝下高が高くなるに伴って mbx も大きい値を示した。よって、今回の計算では、枝打ち直後の樹木より、枝打ち後徐々に枝を広げ始めた時期に幹折れが発生しやすい結果となった。

引用文献

森岡昇ほか：立木の樹幹と根株の力学的バランスを表す指標 LT 比．日林誌 73：380～383，1991

林拙郎ほか：台風による森林被害の発生要因と山地荒廃過程について平成 6 年度科研報告書：1～

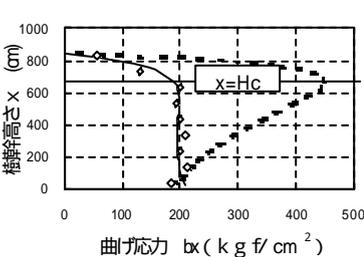


図-3 樹幹高さ x と曲げ応力 bx の関係

7,1995

：実測値による計算値

----- : case1

———— : case2

算諸量

$Ct : 0.75$

$\rho : 1.2 \text{kgw} / \text{m}^3$

$V : 15 \text{m} / \text{sec}$

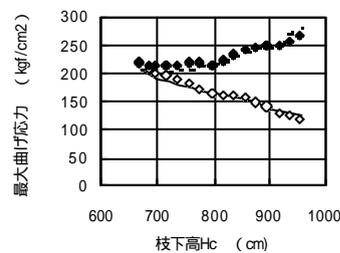


図-4 枝打ちによる枝下高の変化と最大曲げ応力の関係

：(7)式による計算

：(8)式による計算

算諸量

$Ct : 0.75$

$\rho : 1.2 \text{kgw} / \text{m}^3$

$V : 15 \text{m} / \text{sec}$