

(株)荒谷建設コンサルタント ○山下祐一 多賀谷宏 吉田隆千代

1. はじめに

平成 16 年は 10 個の台風が上陸し、全国各地に大きな被害をもたらした。台風 23 号も大きな土砂災害を発生させたが、岡山県北部を中心とした地域では風倒木も顕著にみられた。ここでは、岡山県奈義町周辺で発生した風倒木の状況を取りまとめるとともに、風倒木発生メカニズムについても検討したので報告する。

2. 岡山県奈義町等の風倒木

台風 23 号は 10 月 18 日に超大型で強い勢力となり、20 日 13 時ごろ高知県土佐清水市付近に上陸した後、18 時前大阪市泉佐野市付近に再上陸した。台風 23 号の強風により、岡山県北部の木材山地は深刻な倒木被害を受けた。長年育ててきた杉、ヒノキがいたるところで倒れ、中には尾根が丸ごと被害にあった箇所もある。土砂崩れなど 2 次災害の恐れも指摘されている。

岡山県奈義町では局地的強風で壊滅状態となった。那岐山の登山道入り口付近では、1 年前に間伐したばかりの 3000 本の杉、ヒノキがなぎ倒された。那岐山のふもとにある岡山県奈義観測所では北の風、最大風速は 34m/s が観測されている。この地域は広戸風と呼ばれる那岐山を超えて吹きおろすおろし風の影響が強くあらわれる。被災場所は浅い谷になっており、おろし風が水平収束して局所的に増幅されたことが考えられる。

今回、那岐山登山道入り口で、倒木の状況を調査した(写真-1、表-1)。この地区は地表が平坦なため倒木の形状等比較的容易に測定できた。樹木はヒノキで、数箇所のコドラード調査によると、10m 四方で約 9 本の樹木がある密度であった。樹木の高さは、15m から 20m であり、樹木の大きさは地上から 1m のところで直径 20~26cm であった。また、倒れた木根の形状は 1.2~2.0m の幅(写真-2)で、木根の深さも 0.5~0.7m と浅いため、樹木の根の抵抗力はあまり大きいものではないことが推定される。

また、岡山県久世町樫西地区では米子道沿いの急峻な斜面一体に風倒木が発生した(写真-3)。これも山から吹き降ろす風が局部的に増幅され、強風を発生させたと考えられる。

表-1 倒木の形状

| 高さ(m) | 樹径 | 根鉢 | |
|-------|-------|----------|----------|
| | | 根幅(m) | 根深(m) |
| 15~20 | 21~27 | 1.2~2.0m | 0.5~0.7m |



写真-1 那岐山登山道入り口付近の倒木の状況



写真-2 倒木の根の様子

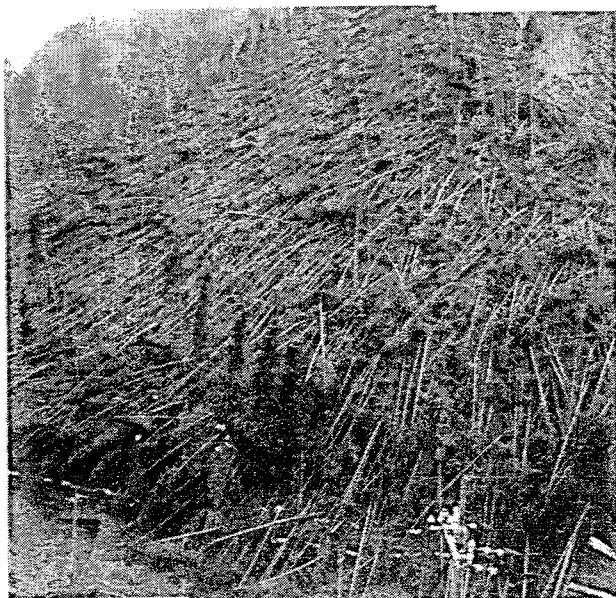


写真-3 久世町樫西地区の風倒木

3. 倒伏のメカニズムについて

奈義町では風向と同じ方向に倒れていたものの、同様な風倒木が発生した久世町では風向と直角方向に倒れていた。この結果、倒伏は風向に関係なく斜面の最急勾配の方向に発生している。このことは、樹木を倒伏させた外力は揚力が主因であることを示唆している。

以下では、倒伏の原因を揚力の作用と仮定し、倒伏時の風速を算出する。

地表面付近の風圧を P_0 とし、樹木直上の風圧を P とすると、Bernouille の定理から圧力差 ΔP は次式になる。

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_0 - P \\ &= \frac{1}{2} \rho V^2 \left\{ 1 - \left(\frac{V_0}{V} \right)^2 \right\} \quad \dots\dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

また、樹木 1 本当りの水平力 H は、右図から次式になる。

$$H = \Delta P A_e \sin \theta \quad \dots\dots \textcircled{2}$$

倒伏条件は次式のように表される。

$$H \cdot h_f \geq M_c \quad \dots\dots \textcircled{3}$$

②③を①に代入して整理すると倒伏限界風速 V_{cr} が下式のように得られる。

$$V \geq V_{cr} = \frac{3.4035 D^{1.037}}{\sqrt{\rho A_e h_f \sin \theta}} \quad \dots\dots \textcircled{4}$$

ここに、

ρ : 空気密度 ($\rho=0.125\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$)

V : 樹木直上の風速 (m/s)

V_0 : 地表面付近の風速 ($V_0=0.0\text{m}/\text{s}$ と仮定する)

θ : 斜面傾斜角

A_e : 樹冠部の受圧面積 (m^2)

h_f : 風圧力作用高さ (調査結果から $h_f=0.9h$, h : 樹高 (m))

M_c : 樹木の抵抗モーメント ¹⁾ ($M_c = 5.792D^{2.074}$ ($\text{kg}\cdot\text{m}$))

D : 樹木の胸高直径 (地盤から 1.2m の高さの幹の直径 (cm))

調査結果をもとに諸元を次のように設定した。

$D=25 \text{ cm}$

$A_e=3.0^2 \times \pi / 4 = 7.07 \text{ m}^2$ (那岐山登山道入口付近)

$=2.5^2 \times \pi / 4 = 4.91 \text{ m}^2$ (久世町檜西地区)

受圧面積は樹木間隔を直径とする円の断面積とした。

$h_f=0.9 \times 15 = 13.5 \text{ m}$, $h = 15.0\text{m}$, $\theta = 10^\circ$ (那岐山登山道入口付近), 40° (久世町檜西地区)

これらを④式に代入すると、倒伏限界風速が以下のように算出される。

| | 那岐山登山道入口付近 | 久世町檜西地区 |
|----------------|------------|---------|
| V_{cr} (m/s) | 67 | 42 |

4. まとめ

岡山県北部の奈義町をはじめその周辺では台風 23 号の影響により多量の風倒木が発生した。これはおろし風が水平に収束して局所的に増幅されたことが考えられる。ここでは、樹木に作用した風圧力のうち揚力が支配的であるとして、倒伏時の限界風速を推算した。

本計算は、概略計算であって、精度向上を図るには、動的応答特性、地盤の振動による緩み、降雨の影響、ドミノ倒しのような効果などを明確にすることが必要である。

【参考文献】: 1)河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン (案), 建設省河川局治水課監修, 山海堂, 1994

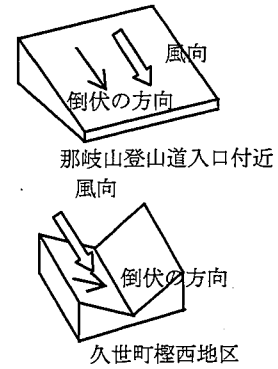


図-1 風向と倒伏関係図

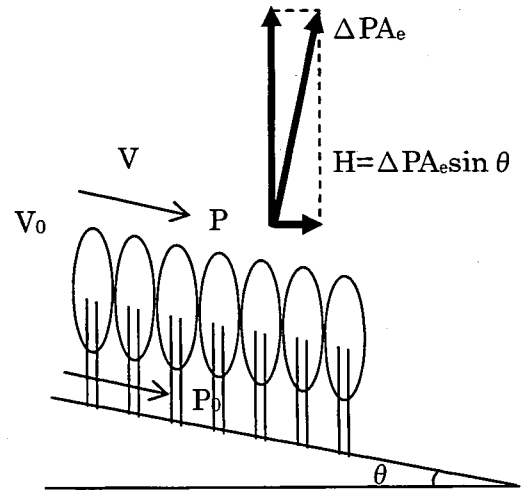


図-2 風圧力図

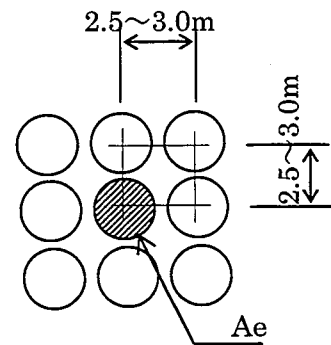


図-3 樹冠部の受圧面積