

平成 16 年台風 23 号による岡山県北部の風倒木災害

株式会社 荒谷建設コンサルタント フェロー 山下 祐一
 株式会社 荒谷建設コンサルタント 正会員 多賀谷 宏
 株式会社 荒谷建設コンサルタント 正会員 ○吉田隆千代

1. はじめに

平成 16 年 10 月 13 日に発生した台風 23 号は、大型で強い勢力を保ったまま 20 日 13 時ごろ高知県土佐清水市に上陸し、18 時前、大阪市泉佐野市付近に再上陸した。その後、近畿・東海・関東甲信地方を横断し、各地に大きな被害をもたらした。岡山県では県北を中心にスギやヒノキなどに大規模な倒伏が発生した。

著者等は、倒木被害が特に著しかった地区を選び調査を行った。本稿では、調査結果を報告するとともに、強風発生原因および倒伏メカニズムを考察し、倒伏時における風速の推算を行うものである。

2. 風倒木の調査

調査地は、奈義町那岐山登山道入口(写真 1)、および久世町榎西地区(写真 2)である。那岐山登山道入口では、1 年前に間伐されたばかりの 3000 本のスギ・ヒノキが倒伏した。この地区は地表が比較的平坦なため、倒木の形状等は容易に測定できた(表 1)。数箇所のコドロード調査によると、10m 四方に約 9 本の樹木がある密度であった。樹木の高さは 15~20m であり、樹木の大きさは地上から 1.0m の高さで直径 20~26cm であった。根系については、直径は 1.2~2.0m と小さく、根の深さは 0.5~0.7m と樹高にくらべ浅いため、根系の転倒に対する抵抗はあまり大きくないことが推察された。

久世町榎西地区(写真 2)では、米子自動車道沿いの急峻な斜面に 10ha にわたる大規模な倒伏が発生した。樹種はスギ・ヒノキで、樹齢は 30~40 年であった。

表 1 樹木の形状

樹高(m)	樹径(cm)	根系	
		根幅(m)	根深(m)
15~20	20~26	1.2~2.0	0.5~0.7

3. 強風発生原因の推定

津山市、奈義町、勝央町の一帯は、広戸風と呼ばれる局地風が吹くことで知られている。広戸風とは、台風や発達した低気圧が四国沖を東進するとき、那岐山(標高 1255m)山系を越えて吹き降ろす暴風のことをいう(以下、吹き降ろす風を「おろし風」とよぶ)。調査した 2 地区は、背後に大きな山があることから「おろし風」の影響を強く受けたと考えられる。

那岐山登山道入口付近は、浅い谷になっており、日本海から鳥取県の千代川に沿って吹走した風が那岐山を越えて谷を下り、水平収束して強風を発生させたと思われる。また、久世町榎西地区(図 1)は、背後に摺鉢山(標高 879m)と三坂山(標高 902m)があり、これらの山を越えて吹き降ろした風が急峻な V 字谷にきわめて局所的に水平収束し、強風を発生させたと推測される。



写真 1 那岐山登山道入口の風倒木



写真 2 久世町榎西地区の風倒木

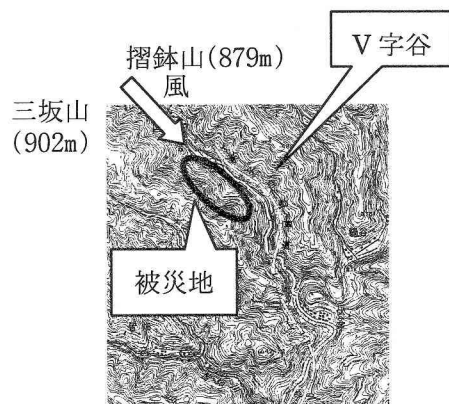


図 1 久世町榎西地区の地形

4. 倒伏のメカニズムと倒伏時風速の推算

倒伏の方向に着目すると、いずれの調査地においても、樹木は風向に無関係に斜面の最急勾配方向に倒れている。このことは、樹木を倒伏させた外力は揚力が支配的であることを示唆している。そこで、以下では、倒伏の主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。

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

また、樹木 1 本当りの水平力 H は、図 3 から次式になる。

$$H = \Delta P A_e \sin \theta \quad \cdots \cdots \text{②}$$

倒伏条件は次式のように表される。

$$H \cdot h_f \geq M_c \quad \cdots \cdots \text{③}$$

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

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

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 $h_f = 0.9 h$, h : 樹高 (m))

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

D : 樹木の胸高直径 (地盤から 1.2 m の高さの幹の直径 (cm))

諸元は、調査結果をもとに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)

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

樹冠部の受圧面積は樹木間隔を直径とする円の面積とした。

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

これらを④式に代入すると、倒伏時風速が以下のように算出される。

表 2 倒伏時風速

	那岐山登山道入口	久世町檜西地区
$V_{cr} (\text{m/s})$	67	42

5. 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」が水平収束して局所的に増幅されたことが原因と考えられる。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風速を推算した。本計算は概略計算であり、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, p22, 1994

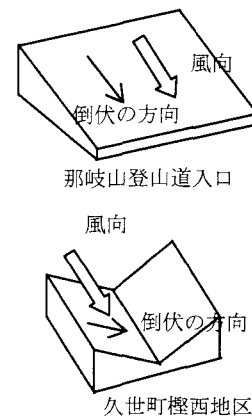


図 2 風向と倒伏の関係

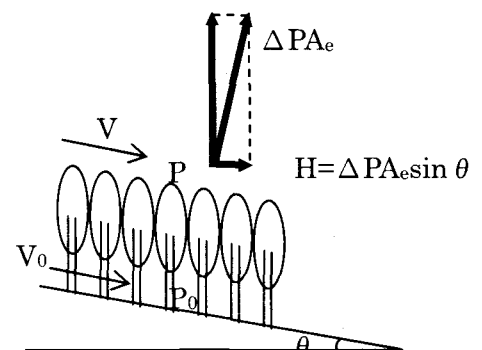


図 3 風圧の概念図

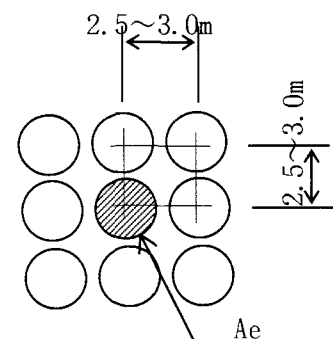


図 4 樹冠部の受圧面積