

風倒木の発生と河川流木に関する調査研究

西日本工業大学 正会員 岩元 賢
建設技術研究所 正会員 ○ 原田 民司郎
福岡県林業試験場 野田 亮

1. まえがき

1991年9月に九州北部を襲った台風17、19号は、筑後川や矢部川・山国川の上流域に広範囲にわたる風倒木災害をもたらした。災害後、2年を経過した現在でも、荒廃した山地に残存する40%の根返りや折損した風倒木の完全な撤去は、財政面や熟練技術者の不足等によって実施されていない。さらに、外見上は風倒木被害がない斜面でも、根振れ等により土層内に割れ目が存在するため、豪雨による山腹崩壊や土石流・流木等の二次災害が今後発生する危険性が高い。

本報では、筑後川・矢部川上流域の91年災害後の山地荒廃状況と山腹崩壊や流木の流出等について調査した結果を報告する。

2. 9119号台風災害の概要

九州北部は、9月14、27日に相次いで台風17号、同19号と大型で非常に強い「風台風」（最大瞬間風速：67m/s、甘木）が通過したため、福岡・大分県下では甚大な被害が発生した。暴風による森林被害は、とくにスギ・ヒノキの人工林（20～40年生、胸高直径 $d > 20\text{cm}$ ）に集中したが、広葉樹（カシ・シイ・クヌギ）は比較的被害が少なかった。被害形態は、根返り（転倒）、湾曲、折損（幹折れ）の3種類に大別され、これらの発生メカニズムは樹種、樹齢、地形、等の立地条件によって複雑である。このため、今後の流域全体の水土保全対策の面からも検討課題が数多く指摘されている（野田：1992）。

表-1 台風災害の概要

被害形態	被害程度
折損森林	59000ha
倒伏森林	1400ha
林地荒廃	3000箇所
林道荒廃	5300箇所
土木施設	3300箇所
家屋被害	56.1万棟
死者	29人

3. 風倒木の発生機構

風による樹木の倒伏や湾曲、折損等の発生機構は、樹冠部に作用する風圧力（ P_w ）と樹幹部の曲げ応力（ σ_x ）や根系部のせん断抵抗力（ P_r ）を考慮した立木型モデルの片持ち梁の関係式で説明できる（図-1）。

$$\text{根株での風荷重モーメント } M = P_w \cdot h \quad (\text{風圧力 } P_w = \rho C_d V^2 A / 2) \quad \dots (1)$$

$$\text{任意点の曲げ応力 } \sigma_x = Mx / Z = 16 \rho C_d V^2 A h d^3 / \pi \quad \dots (2)$$

$$\text{根系せん断抵抗力 } P_r = \sum p_i \quad (p_i : \text{根系各直径級 } d_i \text{ のせん断力}) \quad \dots (3)$$

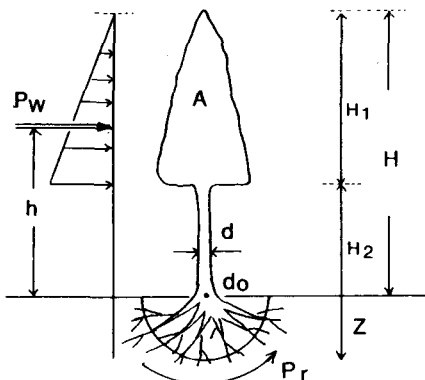


図-1 樹木の風倒抵抗モデル

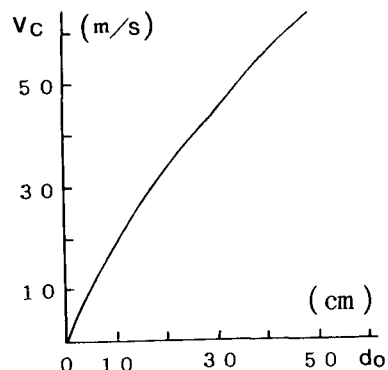


図-2 根株直径と倒伏限界風速の関係

風倒木の被害形態は、上記の各力の作用点がそれぞれ樹冠や樹幹・根株等に位置する条件によって異なる。倒伏木の場合には、作用点が根株周辺に位置するため根系部のせん断抵抗力(=拔根抵抗力)と風モーメントとの関係は、 $M > Pr \cdot R$ の条件で発生する。

例えば、被害が多発したスギ人工林(樹齢：20年、 $d=20\text{ cm}$ 、 $H=18\text{ m}$)の場合は、風速のみを未知数として、式(1)～(3)の各パラメーターを現地測定値等を代入して計算すると、風速が $V=33\text{ m/s}$ で倒伏が発生したことになる。この値は、現地調査結果とも近似している。以上より、スギの各直径に対応した倒伏限界風速の関係を図-2に示す。

4. 風倒木地帯の2次災害(流木災害)

風倒木地帯の山腹斜面は、樹木の枯死に伴う根系の腐朽や根振れ等による割れ目が地山に発生するため、雨水流の水みち形成と土質定数の低下に起因する2次災害として土砂災害(山腹崩壊、土石流)が発生する。その結果、河川には土砂の流入とともに大量の流木が流出するために河川構造物(堤防、橋梁、ダム等)に衝突して破堤や閉塞、越流等の河川災害の危険性が高くなる。一般に、風倒木が河川に流出して、流木化する過程は次のようである。

- ① 溪岸や山腹の崩壊によって風倒木や立木が直接、河川に流出して流木化する形態
 - ② 山腹斜面内に残留した風倒木が、その後の2次災害(崩壊)によって流木化する形態
 - ③ 上記の風倒木が渓流部に移動・堆積して、その後の出水によって流木化する形態
- 1993年6～8月に発生した筑後川の流木現象のなかで、上記①による災害の発生機構は図-3に示す 樹根を含む斜面の安定モデルで説明できる(岩元・阿部：1990)。

$$F_s = \frac{c + rs Z \cos^2 \Theta \tan \phi + ST}{rs Z \cos \Theta \sin \Theta} \dots\dots\dots (4)$$

(ST; 根系による土層せん断力の増強分)

例えば、Mダム周辺に発生した溪岸崩壊(スギ人工林)に関する調査結果は表-2のようである。表より、風倒木被害を受けた斜面は土層自体の土質定数の劣下とともに樹根による安定効果も経年的に減少する相乗作用でかなり崩壊の危険性が高くなっている($F_s < 1$)ことが検証された。その結果、筑後川支流の溪岸崩壊地 T1、Y1 に生育していた立木は、崩壊の発生と同時に流木化して河川に流出するに至った。一方、山腹に発生した小規模の崩壊($L1 > 50\text{ m}$)の場合は、崩壊土砂と立木が一次的に山腹斜面内に残留するために今回は流木化しなかったが、今後の出水によって流木化する可能性が高い。

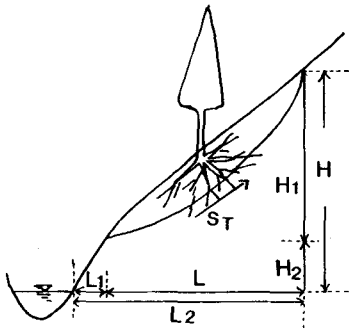


図-3 樹根を含む斜面の安定モデル

表-2 溪岸崩壊の危険度の変化

斜面の立地条件	T1	T2	Y1	Y2
風倒木の被害	有り	なし	有り	なし
立木本数(本)	0	56	0	44
風倒木数(本)	44	0	46	0
樹齢 (年)	40	35	40	30
斜面勾配(度)	23	30	45	45
崩壊の有無	崩壊	なし	崩壊	なし
安全率 F_s	0.86	2.72	0.40	1.65

(調査プロット：20m*20m, 1991-1993)

5. あとがき 1991年の台風災害後、筑後川上流域は水土保持の観点からみると荒廃がかなり進行しつつあることが検証された。 今後は、山国川・矢部川を含めた九州北部地域における風倒木斜面内の崩壊発生と流木災害に関する追跡調査を継続して下流域の防災対策の検討をしたい。

参考文献 (1)阿部・岩元：日林誌論文、72(5)、1990 (2)岩元・阿部：Proc.Internat. Sabo Symp. [JAPAN]、1985 (3)中尾 他：九大演習林報告、68、1992 (4)野田 他：福岡県林試報、1992