

平成 16 年の台風における倒木に伴う表層崩壊

九州大学大学院 農学研究院森林保全学研究室 ○久保田 哲也、大村 寛、山本梨加、武石久佳

1. はじめに

平成 16 年は太平洋高気圧が北へ偏ったため、台風の発生数は 29 個と平年並みにもかかわらず、日本への上陸台風数 10 個(九州地方接近上陸数も 10 個)と平年の 1.2 個の 10 倍近くに上った。九州地方においても、台風 18 号の強風では大分県日田地方に倒木の被害が目立ったが、福岡県篠栗町の演習林では 10 月の大型台風 23 号の風倒木への影響が大きく、相当の倒木とそれに伴う崩壊があった。ここでは、これら倒木に伴う表層崩壊の発生機構の分析を行ったので報告する。



写真1 風倒木と表層崩壊の例 (福岡県篠栗町)

2. 研究対象地と方法

対象地は、福岡市の東方約 15 km に位置する福岡県篠栗町九州大学福岡演習林内の新谷川および新建川流域森林斜面である。台風 23 号では、スギ人工林の風倒木崩壊 2 箇所、同じくスギ林の風倒木のための斜面 1 箇所、広葉樹の急斜面崩壊 1 箇所などが生じたが、おもな被災斜面を対象として現地での林相調査、地質・土質調査、測量を行い、簡便ヤンプ法による安定解析を行った他、近接流域の風速・雨量など気象観測データの解析、地震加速度データの分析を実行した。また、崩壊斜面・倒木斜面はすべて北向き斜面であった。

3. 結果と考察

3. 1 気象条件

2004 年 10 月 20 日の台風 23 号接近時では、対象近接流域での気象条件(風速、雨量)は図 1 のようになる。降水量は最大でも 4mm 程度と少なく、10 分間平均風速も 14 時頃に最大北風 10.3m/s 程度であった。この最大風速が生じた時には小雨となっている。また、福岡管区气象台ではほぼ同時刻に発生した最大 10 分間平均風速は北風 15.6m/s であり、瞬間最大風速は北風 33.1m/s が観測されている。一般に台風時のガストファクター G は 1.5 から 3.0 程度であるが(朝倉ほか 1995、塩谷正雄 1979)、今回、福岡では上記のように $G=2.12$ となっている。

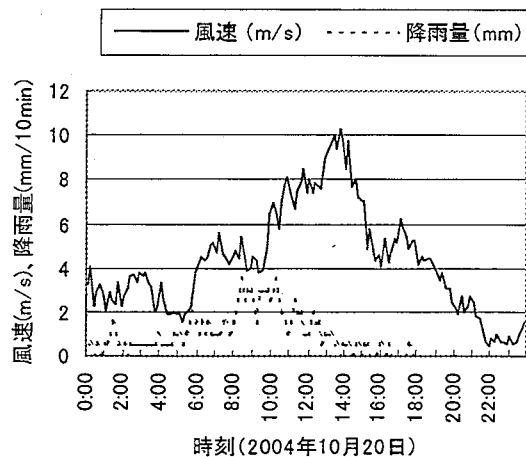
2004年台風20号接近時における流域の風速・降雨
(日雨量110.5mm/day)

図1 2004年台風23号の対象付近での雨と風

3. 2 森林の樹木群による斜面への風荷重

風が森林の立木群に与える荷重 F_w を算定し、それが直接斜面の土塊に印加されるものと考え、かつ、最も危険側に働くものとして斜面向下きの等分布風荷重を加えた安定解析を行った。実際には、樹木と土塊は一

体ではないので、種々のエネルギー逸散があるが、ここでは風荷重が最も効果的に崩壊に寄与する場合を想定している。抗力係数 C_d については、高レイノルズ数・乱流剥離時の円柱の値 0.5 とされることが多いが

(加藤ら 1998、宮本ら 1992.)、樹木群として見ると、次のように考えられる。運動量方程式を用いて、

$$F_w = \int_{A_1} \rho U_1^2 dA - \int_{A_2} \rho U_2^2 dA \quad \dots \quad (1)$$

$$F_w = C_d \cdot \rho U_1^2 A_1 / 2 \quad \dots \quad (2)$$

A: 風向き方向の森林の投影面積(添え字 1: 風上、2: 風下で、 $A_1 = A_2$ とする)、U: 風速(添え字 1: 風上、2: 風下)、 ρ : 空気の密度。U に断面平均を取れば、上式から、 $C_d = 2 \cdot \{1 - (U_2/U_1)^2\} \quad \dots \quad (3)$

既往の研究(田中一夫ら 1985、竹内清秀 1997)では、 $U_2/U_1 = 0.75$ 程度であることを勘案すると、 $C_d = 0.875$ となる($C_d = 0.5$ では $U_2/U_1 = 0.866$)。

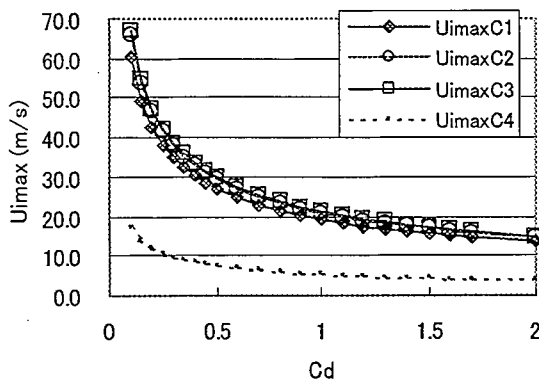


図 2 Cd と崩壊発生限界瞬間最大風速 U_{imaxC}

3. 3 安定解析と福岡西方沖地震との比較など考察

粘着力 C と内部摩擦角 ϕ は、対象斜面周辺で採取した崩壊すべり面付近の土質サンプルの飽和一面せん断試験で得た。また、現地調査と測量から得た地表の崩壊前地形、すべり面深さ・形状、土の単位体積重量 γ を用いた。また、強風荷重は前述のように入力する。

強風の荷重が作用した場合、安全率 F_s がおおよそ 1.0 となる瞬間最大風速 U_{imaxC} と C_d との関係は図 2 のようになる。ここで、 U_{imaxC1} : 新建流域倒木崩壊、

U_{imaxC2} : 新谷流域倒木崩壊、 U_{imaxC3} : 新建流域倒木のみ斜面、 U_{imaxC4} : 新建流域岩盤崩壊斜面(倒木 1 本)。風による荷重を加えない場合の F_s は、上記の順に、1.88、1.61、3.48、1.05 となる。この図から、倒木 1 本の U_{imaxC4} を除いて、 C_d が 0.5~0.875 の間では、 U_{imaxC} が観測値である $U_{imax} = 10.3 \times G = 21.8$ m/s を超えない限り、ほぼ崩壊は生じないことになる。ただし、風向は北で、北向きの対象斜面へは向い風、つまり、斜面上方へ荷重を与えることになるので、風荷重による崩壊は考えにくい。一方、1993 年の宮崎県の事例では、風による林木の振動で土層が攪乱され、土の強度が深さ 40cm で 50% も減少すると報告されている(谷口ほか 1998)。従って、飽和状態での安全率が 1.0 をかなり上回ることを考えれば、対象の崩壊は林木の振動で土層が攪乱され生じた強度低下により発生したと考えるのが妥当と思われる。また、2005 年 3 月 20 日発生の福岡西方沖地震の最大地震加速度 403gal を入力すると崩壊斜面の安全率は 40% 程度減少することから、風による攪乱はこの程度の強い地震加速度が加えられた場合に匹敵する可能性がある。調査地(近い観測所で約 265gal)では震後の崩壊は見られなかった。

最後に、有用な気象データを提供いただいた九州大学演習林・大槻調査室長に記して感謝いたします。

参考文献: 1) 朝倉ほか: 気象ハンドブック、朝倉書店、524-525、1995、2) 加藤ほか: 斜面上の樹木の形状比を用いた転倒安定度解析、H10 年砂防学会研究発表会概要集、砂防学会、82-83、1998、3) 宮本ほか: 1991 年台風 19 号による風倒木に関する調査、砂防学会誌(新砂防) 45-3、18-23、1992、4) 気象学会: 気象科学辞典、東京書籍、398、1998、5) 塩谷: 強風の性質、開発社、102-117、1979、6) 竹内: 風の気象学、東京大学出版会、60-67、1997、7) 田中ほか: 海岸の砂防、石崎書店、46-47、1985、8) 谷口ほか: 1993 年宮崎県南郷村に発生した風倒木に関する地形的・土質力学的考察、砂防学会誌 50-5、34-42、1998