

119 風倒木地域における土石流発生支配降雨

福岡県土木部砂防課

鹿毛 眞

熊本県土木部砂防課

木村 和臣

大分県土木建築部砂防課

北崎 顕孝

(財)砂防地すべり技術センター 松村 和樹、高濱 淳一郎

アジア航測(株)

○前田 禎、小林 富士香

1. はじめに

風倒木の発生や地震により斜面が著しく擾乱を受け崩壊に対する斜面強度が低下した場合、その後の比較的少量の降雨によって崩壊、崖くずれ、土石流が発生することが考えられる。平成3年の台風19号の強風により、九州の福岡県、熊本県、大分県を中心に広範囲に風倒木地が発生した。風倒木により擾乱を受けた斜面は非常に不安定になり、土石流災害や流木災害の発生が風倒木発生直後から懸念された¹⁾。平成5年6月には梅雨前線、同年9月には台風13号の降雨により風倒木地域の一部において崩壊と土石流が多発した。この2回の災害を発生させた降雨と崩壊・土石流の発生実績および土石流を発生させなかった風倒木発生時以降の降雨を用いて土石流発生支配降雨を検討した。

2. 土石流発生支配降雨の検討

2. 1 検討の基本的な考え方

風倒木地の中でも斜面勾配が33度以上の急勾配な風倒木地斜面は非常に不安定であり、わずかな降雨によっても崩壊が生じることが風倒木発生直後から推定されていた。平成5年6月災害の実態調査^{2) 3) 4)}によれば、少ない降雨量の範囲において、単位面積あたりの崩壊発生頻度を風倒木地斜面と非風倒木地斜面と比較すると、風倒木地は非風倒木地の約10倍の値を示している。このことは風倒木地が非常に不安定であることを示している。一方、多い降雨量の範囲ではその比は数倍程度に縮小している。非風倒木地斜面は風倒木地の約20倍の面積を有しており、総崩壊数では非風倒木地の方が風倒木地の数倍の値を示している。非風倒木地に崩壊を発生させた降雨はそれほど大きな降雨ではなく(約30年間に5~6回発生した降雨⁵⁾)、非風倒木地も擾乱を受けていることが推定されている⁵⁾。

6月、9月の両災害の土石流発生形態の特徴は、いずれの土石流においてもその源頭部に崩壊地が存在することから、崩壊の発生が土石流の発生の引き金になっていることである。また崩壊地はそのほとんどが表層崩壊であることが特徴である。

風倒木地域におけるこれらの崩壊・土石流発生等の特徴から、土石流発生支配降雨を検討方針を次の通りとした。

- ①非常に不安定な急勾配風倒木斜面のような場所から崩壊・土石流が発生し始める降雨量と②風倒木地と非風倒木地から多くの崩壊・土石流が発生するような降雨の二通りの土石流発生支配降雨とする(便宜上これ以降は前者を土石流発生開始降雨、後者を土石流頻発降雨と呼ぶ)。
- ②土石流発生支配降雨として、表層崩壊の発生を支配している降雨を解析する。このことは、崩壊が直接土石流化する場合の支配降雨を知ることになる。
- ③風倒木地と非風倒木地ではそれぞれの土石流発生支配降雨が異なることが考えられるため、別々に検討する。

平野は山腹における飽和側方浸透流の水深がある値になった時に崩壊・土石流が始まると考えて発生条件式を導いている⁶⁾。これによれば、ある斜面において崩壊が発生するためには、有限な斜面長に規制されるある有限な時間（ T ）以内に地下水深が崩壊が発生する限界値（ h_c ）を越えなければならないため、表層土層の崩壊を支配している降雨は斜面に特有な有限な時間（ T ）と、地下水深（ h ）を規定しているその時間内の総雨量（ ΣR ）によって特徴づけられるとしている。宮本らはこの考え方に加え、斜面長や斜面勾配などが一定の分布を持つ場合は、特徴的な土石流発生降雨が得られると考え、平成5年6月災害土石流（崩壊）発生実績と降雨の時間・空間分布を用いて検討している⁷⁾。本検討では、宮本らの考え方を用いて、9月災害について、風倒木地、非風倒木地ごとに土石流発生支配降雨を検討し、6月災害の解析結果と比較評価し、風倒木地域の土石流発生支配降雨を検討した。

なお、（ T ）は二つの支配降雨ごとにそれぞれ次の通りとした。①非常に不安定な急勾配風倒木斜面のような場所から崩壊・土石流が発生し始める降雨量については、その崩壊・土石流発生時刻が不明なため、一定時間以内の降雨が最大となるような時間の取り方とした。②非風倒木地からも多くの崩壊・土石流が発生するような降雨の検討については、集中して崩壊・土石流が発生したことが現地聞き込み調査結果として報告されているので、土石流発生時刻から遡った時間とし、6月災害時は6月18日午前11時、9月災害時は9月3日午後9時とした^{8) 9) 10)}。

また、平成5年6月災害と9月災害の崩壊は、風倒木地、非風倒木地に関わらずその大半が斜面勾配が27度以上の斜面から発生しており、このことから解析対象の崩壊地は斜面勾配が27度以上の崩壊地とした。

2.2 検討結果

9月災害時の風倒木地における時間ごと、雨量階ごと、単位面積あたりの累加崩壊個数と崩壊発生位置の関係を、例として図-1⁷⁾に示す。この図と同様なものを6月災害時と9月災害時のそれぞれについて、風倒木地と非風倒木地について作成し、それらのグラフから読みとれる土石流発生開始降雨を図-2に、土石流頻発降雨を図-3に示した。

（1）風倒木地域における土石流が発生開始降雨

6月災害時の解析からのみ得られ崩壊発生に至るまでの時間（ T ）が1時間から9時間であり、その時間内の総雨量（ ΣR ）が30mmから90mmであった。9月災害時はほぼ全ての時間において、最小雨量階でも崩壊の発生が見られ、土石流発生開始降雨量は得られなかった。

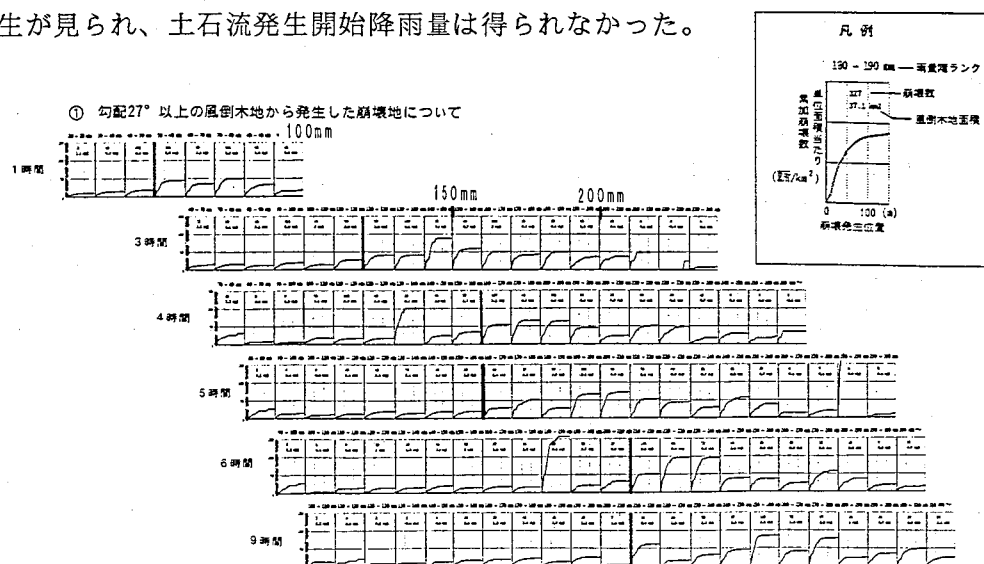
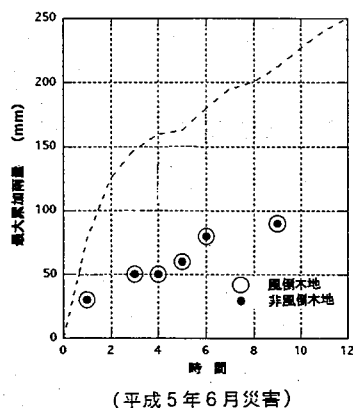
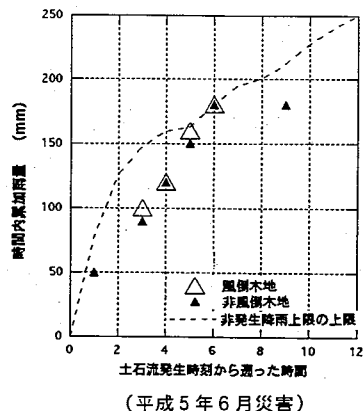


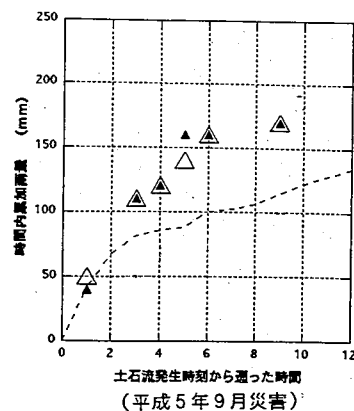
図-1 9月災害時雨量階ごとの崩壊発生位置と単位面積あたりの累加崩壊数の関係



図－2 土石流発生開始降雨



図－3 土石流頻発降雨



(2) 風倒木地域における土石流頻発降雨

6月災害時はいずれの時間においてもある雨量階を境界に崩壊の発生数が急増する傾向が明瞭に見られ、時間が1時間から9時間であり、その時間内の降雨量が50mmから180mm程度であった。9月災害時の場合は6月災害時ほど崩壊が急増する降雨は明瞭ではなかったが、時間が1時間から9時間であり、その時間内の降雨量が40mmから170mm程度であった。理想的な場合、斜面の表層崩壊に関わる諸特性値が一樣な場に、様々な時間(T)とその時間内の降雨量(ΣR)が発生した場合は、その場において特徴的な時間とその時間内降雨量が決まることが期待できる。しかし、6月災害時の土石流が頻発する境界である例えば150mm/5時間と180mm/6時間のコンターはほとんど一致していることから、この範囲の特徴的な時間とその時間内降雨量は一義的には決まらないという結果を得た。

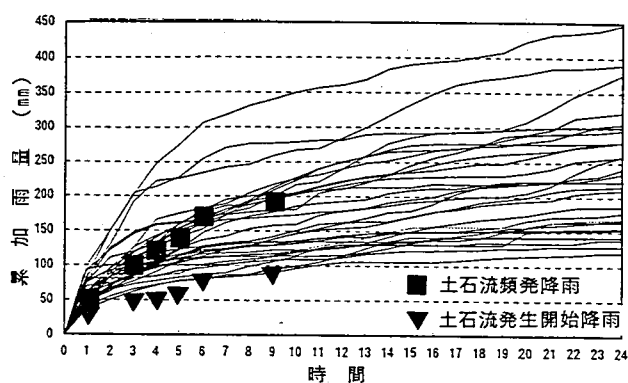
風倒木地と非風倒木地とでは両災害時とも明瞭な違いは見られず、各時間毎にほぼ同じ値となった。このことは非風倒木地であっても、風倒木地と同じように擾乱を受けている場所があることを示唆している。風倒木地と非風倒木地の崩壊発生頻度の相違は、風倒木地がほぼ一様に擾乱されていると考えられるのに対し、非風倒木地は擾乱の度合いが場所によって異なることによるものと推定される。

3. 土石流非発生降雨から見た風倒木地域の支配降雨

土石流発生支配降雨は土石流を発生させなかった降雨(以下土石流非発生降雨とする)によって、その妥当性を検討する必要がある。風倒木発生時以降の災害発生事例と雨量資料を用いて、土石流非発生降雨と土石流発生支配降雨を比較することによって、土石流発生支配降雨の妥当性を検討することを試みた。

図－4は6月災害時の土石流発生支配降雨と風倒木地域全域の土石流非発生降雨の上限の包絡線を示したものである。非発生降雨の上限とはある一定範囲内のいかなる場所においても土砂災害が発生しなかった降雨の全てをプロットし各時間ごとの最大値を包絡線で結んだものである。なおこの包絡線は各県の土石流警戒避難基準雨量の運用ブロックごと示してある。

図－4より、全ての非発生降雨の上限が土石流発生開始降雨を上回っていることがわかる。また約10



図－4 非発生降雨の上限と土石流発生支配降雨

箇所のブロックで、非発生降雨の上限が土石流頻発降雨を上回っていることがわかる。

この主な原因として、非発生降雨の上限を災害が発生しなかった降雨の上限とし、崩壊・土石流が発生しなかった降雨の上限としていないためである。すなわち、発生と同じレベルで非発生が捉えられていないことにその原因がある。ただし崩壊・土石流が非発生であることを把握するためには、降雨発生ごとに非発生であることを航空写真などにより確認する必要があるが、そのような調査結果はなく、今後調査することも困難である。

また平成5年6月災害時も9月災害時も、その発生以前に相当量の降雨があり、表層土層が飽和かそれに近い状況にあったため、降雨の発生と同時に容易に飽和側方流が発生しうる状況にあったことが推定される。その意味では先に得られた土石流発生支配降雨は、本解析の前提条件に理想的に合致した結果であると解釈でき、崩壊・土石流発生の下限と考えられよう。

4. まとめと今後の課題

風倒木地域における土石流発生支配降雨を、平成5年6月災害と9月災害の解析により、崩壊・土石流が発生し始める場合と崩壊・土石流が急増する場合について検討した。その結果、(1)風倒木地域においては、場所によってはごく少量の降雨によって崩壊・土石流が発生する可能性があること、(2)崩壊・土石流が頻発する降雨量は、両災害時ともに時間毎の降雨量がほぼ同じ値であること、(3)両災害とも特徴的な、地下水水深が崩壊に必要な水深(h_c)になるまでの時間(T)と、その時間内の総雨量(ΣR)を見い出すには至らなかったこと、などを得た。今後、両災害地域が異なる降雨(異なる T と ΣR)を経験することによって、特徴的な土石流発生支配降雨を見い出せる可能性がある。よって今後も同地域において、同様の解析を実施する必要がある。

非発生降雨から見た土石流発生支配降雨の検討では、崩壊・土石流の非発生データが、発生データと等質のものが得られなかったため検討できなかった。崩壊・土石流の非発生をどのようにして知るかは、今後の課題である。

本検討を実施するにあたって、風倒木地域における土石流発生支配降雨検討委員会においてご指導を頂いた。また、福岡県、熊本県、大分県の関係各位に貴重な資料をご提供頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1)宮本ほか(1992)1991年台風19号による風倒木に関する調査、新砂防45-3(182)、pp.18-23
- 2)福岡県八女土木事務所(1994)風倒木地実態調査報告書
- 3)熊本県土木部砂防課(1994)風倒木地実態調査報告書
- 4)大分県日田土木事務所(1994)風倒木地実態調査報告書
- 5)大分県土木建築部砂防課(平成6年6月)風倒木災害対策砂防
- 6)平野宗男(1992)土石流の発生予測と流出解析 土砂移動現象に関するシンポジウム論文集pp.23-38
- 7)宮本ほか(1995)平成5年6月降雨によって風倒木地に発生した崩壊・土石流の実態 平成7年度 砂防学会研究発表会概要集
- 8)福岡県土木部砂防課(平成7年3月)風倒木地区警戒・避難基準検討委託業務報告書
- 9)熊本県土木部砂防課(平成7年3月)平成6年度砂防激特第2653-0-210号北里川砂防激甚災害対策特別緊急委託報告書
- 10)大分県土木建築部砂防課(平成7年3月)平成6年度砂調第1号調査業務委託報告書