

2014年広島災害における 土石流流下特性について

CHARACTERISTICS OF THE DEBRIS FLOW TRAVELING IN 2014'S HIROSHIMA DISASTERS

久保田 哲也 Tetsuya KUBOTA, 飯塚 三太 Santa IIZUKA
九州大学大学院 農学研究院 森林保全学研究室

1. はじめに

2014年8月の広島災害では70名を越す多数の死者を出すなど被害が著しい。ここでは、今回、発生した土石流の流下特性を把握することによって、広島のような都市化した山麓を抱える地域の土砂災害対策を探る目的で、土石流流下痕跡などの現地調査とその解析を行った。ここでは、その結果を報告する。

2. 下流における土石流流速

既往研究^{1), 2)}に準じた現地の土石流流下痕跡調査とナップ式を用いた流速解析によれば、広島災害の土石流流速は2.87 (10km/hr)、3.27m/s (11km/hr)、3.70m/s (13.3km/hr)、9.60m/s (約35km/hr.)、14.2m/s (約51km/hr.)、



図1 広島市の土砂災害における土石流流下状況の例 (2014年8月20日発生)

16.0m/s (58km/hr) などと一般的な流速の範囲となっている。ここで、ナップ式は下記の(1)式となる。(1)式中、 V ：流下流速、 Δh ：流下痕跡(図1地点などで測量した湾曲部せき上げ高さ)、 B ：溪流幅、 r ：1/2500地形図から推定した流路曲率半径、 g ：重力加速度(9.80m/s)となる。

$$V = (\Delta h \cdot g \cdot r / B)^{1/2} \dots \dots (1)$$

また、直線状流下部に関しては、粗度係数 n を0.1として^{1)、2)}下記(2)式のマニング式により流下流速 V を求めた。式中、 $I = \tan \theta$ ：溪流勾配、 R ：径深である。

$$V = R^{2/3} I^{1/2} / n \dots \dots (2)$$

流木も広葉樹が目立ち、他の土石流災害と比べて特に悪い状況とは思われないが、降雨強度が強く、雨量も大変多いことから、土石流が同時多発的に発生し被害が甚大なものとなったと考えられる(図1)。

3. 斜面安定解析による気候変動(降雨増加)の影響考察と広島の場合

広島の場合と比較するために、崩壊斜面のFEMによる飽和不飽和雨水浸透解析と安定解析の連成解析を行った事例を紹介する。事例地域での年最大雨量の増加率は降雨長期変動の回帰分析から推定し、最大時間雨量で年間5mm/hr増加しているので、災害発生豪雨³⁾と同じ降雨パターンの雨がその10年前(降雨強度増加前)に降った場合を解析すると⁴⁾、下記のような結果となった。

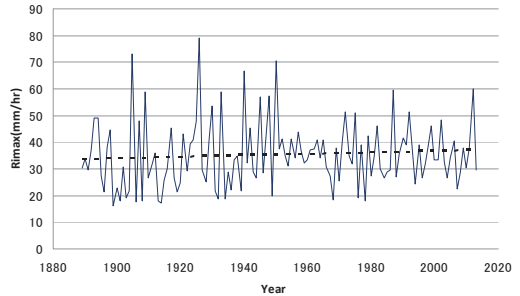
(a) 熊本県阿蘇山箱石峠の表層崩壊(崩壊深が0.9m程度)では、斜面安全率 F_s が1.0と2012年の崩壊時の $F_s = 0.99$ より約1%安定であった。

(b) 同、阿蘇市手野地区の表層崩壊(崩壊深約2.0m)の事例では $F_s = 0.99$ と崩壊時と変化なし(10年前であっても同じ降雨パターンの雨が生じていれば崩壊する)。他のやや深い2例の崩壊では、 $F_s = 0.95$ が1.05、 $F_s = 0.90$ が1.02となり、約10%も安定であった。

(c) 同市坂梨地区の表層崩壊では、 $F_s = 0.95$ が1.00となり、約5%安定であった。

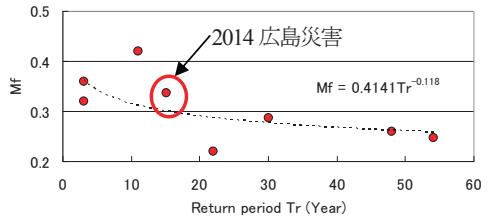
(d) 福岡県八女市黒木地区の崩壊例では、 $F_s = 0.70$ が0.9となったこれは降雨の増加が無ければ、30%近く安定であったことを示唆する(ただし、10年前であっても同じ降雨パターンの雨が生じていれば崩壊することを意味する)。つまり、降雨の増加は斜面の不安定化に影響を与えていると考えられる。表層崩壊に対する根系の補強効果は50%以上に上るので、それに比較すると安定度の減少割合は値としては大きくは無いが、森林根系があっても、確実に不安定化することには変わりがない。

(e) これらに比較して、広島市においては、アメダスデータの降雨強度などに長期の増加傾向が見られないので(図2)、この議論は成立しない。



広島市における年最大時間雨量Rimaxの変動

図2 広島市三入における降雨強度の長期変動



Relation between "Tr" and "Mf"

図3 等価摩擦係数 Mf の地区平均と土石流発生回帰年数(周期) Tr との関係

(自己組織化臨界状態仮説などから、MfとTrの関係はべき乗式となる^{5)、6)、7)、8)})

3) 根系による表層崩壊・土石流発生抑制機能は、広島災害斜面ではやや小さかった可能性も考えられる。

その為、間伐など森林の適切な管理による表面流出の増加防止や根系の発達促進による表層崩壊・土石流発生の軽減を図る他、下流部樹林帯の整備などを検討することも必要と思われる。

4) 土石流の到達距離や発生周期から考えて、警戒避難と組み合わせた土地利用の適正化（移転と規制、宅地化抑制など）も有効かと思われる。

謝辞

当研究の一部は科研費特別研究促進費（26900001、代表・山口大学）に拠ったことを記して感謝します。

引用文献

- 1) 古川浩平, 海堀正博, 久保田哲也, 地頭蘭隆, 権田豊, 杉原成満, 林真一郎, 池田暁彦, 荒木義則, 柏原佳明 (2009) : 2009年7月21日山口県防府市での土砂災害緊急調査報告, 砂防学会誌, 62(3), 62-73.
- 2) 久保田哲也 (2010) : 09年防府災害など土石流災害における森林の減勢機能と流木の特性, 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 34号, 93-96.
- 3) 気象庁気象研究所 (2012) : 「平成24年7月九州北部豪雨」の発生要因について, 報道発表資料.
- 4) Tetsuya KUBOTA, Aril ADITIAN (2014) : The Influence of Increasing Rain Due to the Climate Change on Landslide Slope Stability in Western Japan, AOGS(Asia Oceania Geosciences Society), 11th Annual meeting, abstract, HS16-D5-PM1-PB-008 (HS16-A004)
- 5) 久保田哲也, 大村寛, 松本雅道, ハスナウィル, 武石久佳, 茅島信行 (2006) : 福岡県西方沖地震における崩壊の地形地質的特徴—2005年台風災害等他災害との比較—, 第3回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 1-6
- 6) Kubota, T., Omura, H., Prem P. Paudel, Ogawa, K. (2004) : The Characteristics of the Landslide Disaster in Kyushu District, Japan, induced by Heavy Downpours in July 2003, European Geosciences Union Geophysical Research Abstracts, vol. 6, EGU04-A-00700,
- 7) Coe, J. A. et.al. (2002) : Debris Flows along the Interstate 70 Corridor, USGS Open-File Report 02-398, 4-7.
- 8) Bak, P. et.al. (1988) : Self-organized criticality, Phys. Rev. A38, 364-374.
- 9) Voight, B., Janda, R. J., Glicken, H., Douglass, P. M. (1985) : Discussion on "Nature and mechanics of the Mount St. Helens rockslide - avalanche of 18 May 1980, Geotechnique, 35(3), 357 - 368.
- 10) 奥山遼佑 (2014) : スギ人工林において間伐に伴う根系分布の変化が斜面安定性に与える影響, 九州大学大学院生物資源環境科学府 修士論文, 19-23.