

森林の成長に伴う荷重増加が斜面安定に与える影響

京都府立大学 ○山本覚樹, 前田瑛月*1, 船越達也*2, 三好岩生

*1: 現 国際航業(株) *2: 現 (株)建設技術研究所

1. はじめに

近年、森林の管理放棄に伴って老木が増加している。森林が成熟すると、根系の土壌緊縛力によって斜面の安定性が増強されるが、一方で、樹木地上部の成長は樹木荷重による崩壊の外力を増加させ、斜面を不安定化させると考えられる。しかし、斜面安定に対する樹木荷重の効果については、十分に明らかにされていない。そこで本研究では、表層土の浅い急傾斜地という、表土層の安定条件に対して樹木荷重の影響が相対的に大きい条件で発生した崩壊を事例として、樹木の成長に伴う斜面安定性の変化傾向を解析した。

2. 方法

研究対象地は、京都市西京区の嵐山国有林(以後、嵐山)と、同、左京区の久多演習林(以後、久多)の、いずれも長期間管理されていない天然性2次林内で発生した表層崩壊とその周囲の斜面である。嵐山ではH29年の台風21号により、2か所で崩壊が発生したことが報告されている¹⁾。1か所目は幅約12m、斜距離約79.4m、2か所目は幅約10m、斜距離約55.6mで、2か所とも平均勾配49°の急勾配斜面で発生した。久多ではH30年7月豪雨で崩壊が発生しており、幅約14m、斜距離約55.8m、平均勾配47°の急勾配斜面であった。

現地で植生調査と表層土厚の測定及び土壌試料の採取を行った。植生調査は両調査地の崩壊地直近の未崩壊斜面で、一辺5mと10mのコドラートを2カ所ずつ設定し、コドラート内の全樹木の樹種、樹高、胸高直径と、傾倒している樹木は幹の長さを求めるために、その傾きを測定した。なお、樹木荷重を考慮するため、樹木は胸高直径が15cm以上を対象とした。植生調査結果と既存資料²⁾³⁾から材積と生材密度を求め、斜面に働く樹木荷重を算出した。また、土壌の三相分析と一面せん断試験を行い、それらの結果を用いて、航空レーザー測量から作成された1mメッシュの斜面ごとに無限長斜面型の安定解析を行った。

樹木荷重を考慮した安定解析では、次の(1)式を用いて安全率Fsを算出した。

$$F_s = \frac{C + \{\gamma_t \cdot (1-m) \cdot h + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot m \cdot h + q\} \cdot \cos^2 \theta \cdot \tan \phi}{\{\gamma_t \cdot (1-m) \cdot h + \gamma_{sat} \cdot m \cdot h + q\} \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 h : 斜面鉛直方向の表層土厚(m), γ_t : 土の湿潤単位体積重量(kN/m³), γ_{sat} : 土の飽和単位体積重量(kN/m³), γ_w : 水の単位体積重量(9.80 kN/m³), c : 粘着力(kN/m²), ϕ : 内部摩擦角(°), θ : 傾斜角(°), m : 地下水の水深の表層土厚に対する比(以後、地下水位比又は m), q : 樹木荷重の単位面積荷重(kN/m³)(以後、樹木荷重又は q)である。

安定解析は、嵐山と久多で、樹木荷重を考慮しない場合と考慮した場合、地下水位が0の場合と表層土が完全に飽和した場合の2×2×2=8条件で行った。

3. 結果・考察

植生調査の結果、嵐山では立木密度が880(本/ha)で、平均胸高直径は34.5(cm)、平均樹高は11.2(m)であった。中には、胸高直径が59.5(cm)のイロハモミジや49.5(cm)のカヤなどの大木が含まれていた。久多ではソヨゴやカヤといった常緑樹が繁茂していたため立木密度が2080(本/ha)と多くなっている。平均胸高直径は34.3(cm)、平均樹高は10.1(m)で、最大個体は胸高直径59.5(cm)のスギで、次いで49.5(cm)のカヤ、43.6(cm)のソヨゴとなっていた。両調査地の斜面ともに表土層の厚さは60cm程度と浅く、すべり面は基岩面の直上で樹木の根系はほとんど侵入していなかった。算出した樹木荷重は最大で、久

多の $730(\text{kg}/\text{m}^2)$ であり、同場所の土壌重量 $1920(\text{kg}/\text{m}^2)$ と比較すると無視できるものではない。

土質特性試験の結果を表-1に示す。いずれも内部摩擦角が斜面勾配よりも小さかった。粘着力は、攪乱試料を用いた試験であるため、小さく計測された可能性が高いと思われる。

図-1は両調査地それぞれで樹木荷重の有無と地下水位の有無の4通りの条件での勾配と安全率との関係を示している。樹木荷重による安全率への影響は斜面勾配と内部摩擦角の関係に依存する。地下水位が無い場合は、樹木荷重を考慮すると安全率は小さくなる。地下水位が高い場合は樹木荷重を考慮すると緩勾配域では安全率が大きくなるが、嵐山では急勾配域でその関係が逆転する。図-2は調査地における安全率の分布状況である。現地の地形に適用しても、地下水位が0のときは樹木荷重を考慮すると、安全率が小さい斜面がやや多くなっており(図-2)。このような急勾配かつ表土層が薄い斜面では、斜面安定の検討に樹木荷重を考慮することが必要であることが分かる。

4. まとめ

森林の成長による樹木荷重の増

加は、傾斜角と内部摩擦角の関係によっては、安全率に影響を与える。すなわち、傾斜と土質条件およびその植生状況によっては、斜面における崩壊の可能性が変化する。そのため、各斜面における崩壊の可能性については森林管理の在り方も考慮することが重要であると考えられた。

5. 参考・引用文献

- 1) 三好岩生(2018):嵐山国有林における平成29年台風21号による崩落地,調査報告
- 2) 林野庁計画課(2002):立木幹材積表西日本編,日本林業調査会,p.61~63
- 3) 細田和男・光田靖・家原敏郎(2010):現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法,森林計画学会誌,44巻2号,p.23~39

表-1 植生調査と土質特性試験の結果

	c(kN/m ²)	$\gamma_t(\text{kN}/\text{m}^3)$	h(m)	$\gamma_{\text{sat}}(\text{kN}/\text{m}^3)$	q(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$
嵐山	1.59	14.99	0.6	17.62	1.45	42.86
久多	0.62	6.37	0.6	12.31	5.58	41.85

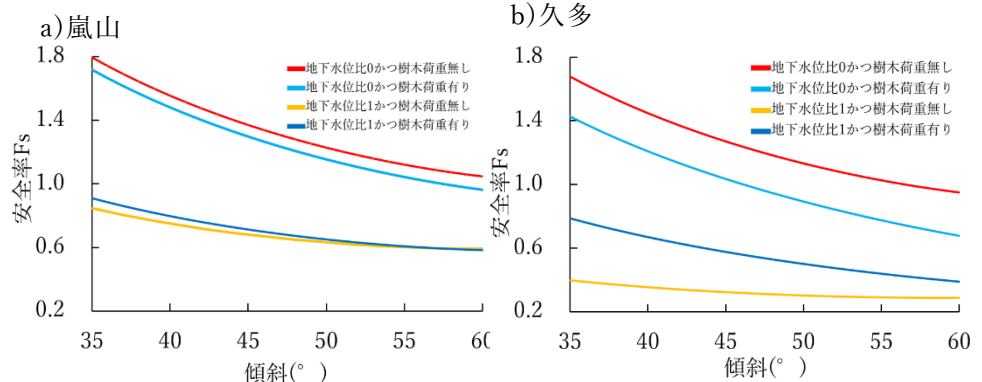


図-1 各調査地の地下水位比と樹木荷重の有無による算出安全率

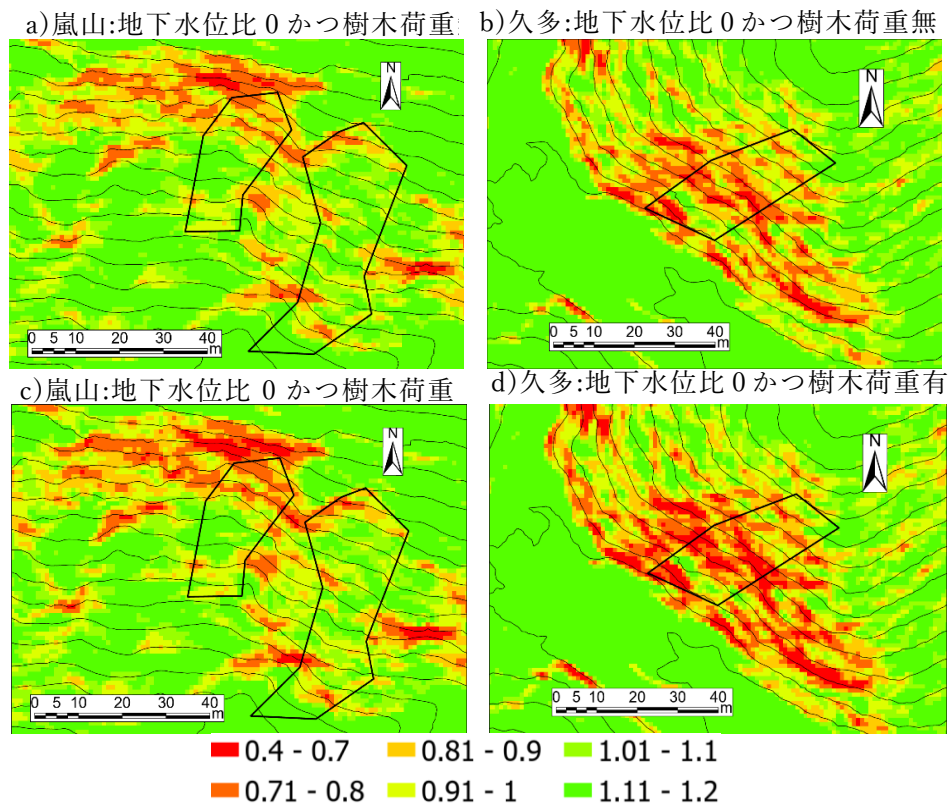


図-2 各調査地における各条件における安全率