

広葉樹を対象とした樹高、密度情報から求めた樹木根系の崩壊防止力と斜面安定度の評価検討事例

一六甲山頂エリアを対象にしてー

(株)ダイヤコンサルタント ○宮林 周平
 兵庫県農政環境部農林水産部治山課 村上 晴茂
 兵庫県神戸県民センター六甲治山事務所 前嶋 昭
 兵庫県神戸県民センター六甲治山事務所 林 一郎
 (株)ダイヤコンサルタント 根本 信行・岡崎 敬祐
 高橋 良輔・鏡原 聖史

1. はじめに

近年、激しい豪雨によって土砂災害が頻繁に発生している。土砂災害の中でも斜面表層の土砂地盤が崩壊する表層崩壊箇所では、滑落崖に多くの水平根の露出が認められ、破断またはゴボウ状に引っ張られた形跡がある。このことから、山腹斜面表層部では、豪雨等により発生する表層崩壊に対して、樹木根系による崩壊防止力があると推察される。

本稿では、広葉樹林が分布している六甲山上を対象として、表層崩壊箇所周辺(崩壊面ならびに未崩壊斜面)の地盤調査や植生情報ならびに樹木根系の分布、引抜き試験などの調査を実施して、樹木根系の崩壊防止力について検討を行った。また、既往文献を参考に航空レーザ計測データ(以降、LP データ)を用いて樹木の樹高、密度、胸高直径などの情報を推定して、樹木根系の崩壊防止力を算定した。LP データから推定したさまざまな情報を現地で実測した情報と比較、補正しながら、広域の樹木根系の崩壊防止力を推定した。その結果をもとに崩壊箇所における樹木根系の崩壊防止力と斜面の安定度について考察を加えたので報告する。

2. 立木調査ならびに根系分布調査

崩壊地周辺ならびに代表林分において、立木調査を6箇所、根系分布、根系引き抜き試験をB, E, Fの3箇所で行った(図1参照)。根系分布調査は、トレンチ掘削を行い、根系の直径と本数を計測した。その結果、根系分布は、GL-0.6m~1.0mの比較的深い深度においても分布していたが、GL-0.6mまでの深度に全体の80%以上の根系が分布していることが確認できた。また、根系の引抜き試験は、根系分布調査箇所周辺で、アカマツ、コナラの根系について行った。樹種によらず、根系の直径が大きくなるにつれて引抜き抵抗が増加する傾向を示した。この結果を北原¹⁾による引抜き抵抗力の回帰式と比較すると、樹種別の根系直径と引抜き抵抗力の関係は概ね整合する結果となった。一連の現地調査から、調査地の樹木根系の直径ごとの引き抜き抵抗力を求め、本数で積算し、単位面積当たりの樹木根系の崩壊防止力を算定した(図4参照)。

3. 広域情報を基にした樹木の評価

LP データを用いた樹高等データ作成マニュアル²⁾を参考に樹木の樹高、密度等のデータを作成した。立木調査では、樹高の低い樹種についても調査できるが、LP データから作成できる地物表面(DSM)では、下層植生が抽

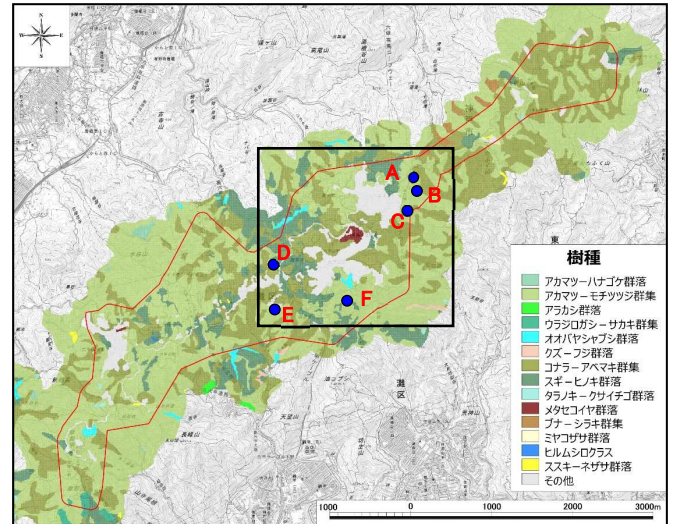


図1 解析対象範囲とサンプル箇所(基盤図:植生図)

出できなかったため、本検討では樹高5m以上の樹木を対象に検討を進めた。また、現地における樹高5m以上の立木の樹間距離は概ね0.5m以上であったため、ラストデータのメッシュサイズは0.5mとした。

樹木密度は、LP データより、地物表面(DSM)と地表(DTM)の差分(DCM)を算出し、差分値が周辺のピークとなる箇所を検索窓の形状やサイズを変えて求めた。解析で求めた樹木密度と現地で計測した樹木密度と最も相関が良い結果となったものを図2に示した。この図から解析の結果より現地での樹木が多いことがわかる。これは樹高5m以上を対象としたが、解析では樹冠に隠れた樹高5m以上の樹木があるため、解析の結果が実際の本数より少なくなったものと推察される。次に、樹高についても同様の検討を行った。結果を図3に示した。この結果、平均樹高は、解析値の方が高くなっている。これは、樹冠に隠れた樹木の樹高が評価されなかったためと考えられる。

現地との整合については、今後の課題であると考えられるが、今回の検討では、現地の結果と概ね一致するように解析結果に係数を考慮して補正することとした。

4. 樹木根系の土砂崩壊防止機能の評価

樹木根系の崩壊防止力(Δc)は、樹木の胸高直径に比例すると報告³⁾されている。この考え方を参考に当該地域の樹木根系の崩壊防止力を試算した。試算に当たっ

て、立木調査結果から樹高と胸高直径の相関式を主要な樹種ごとに設定した。LP データからの整理では、広葉樹林であり、樹種ごとの整理ができないことから概略的な評価となるが、調査地が植生図の区分であるコナラアベマキ群集、アカマツ-モチツツジ群集を代表すると考え、調査地のコナラ、アカマツの樹高と胸高直径の関係式を作成し、LP データから求めた解析の平均樹高から平均的な胸高直径を推定した。結果、ばらつきがあるものの概ね線形関係となる結果を得た。

以上の整理から、LP データに基づき、樹木根系の崩壊防止力 Δc を算定は文献³⁾を参照して次式を用いた。

$$\text{広葉樹(全般)} : \Delta c = 0.00198 (D / X)^{2.8}$$

ここで、 Δc は樹木根系による崩壊防止力 (kN/m^2)、 D は胸高直径 (cm)、 X は立木中央からの距離 (m) である。

解析から求めた広葉樹の樹木根系による崩壊防止力と現地トレンチで調査した根系の直径と引抜き抵抗の関係から求めた樹木根系の崩壊防止力を本数分で積算し、断面積あたりの崩壊防止力を算定し、図 4 に示した。両者は線形的な関係となるものの解析値から推定したものと比較して、現地で調査した結果から求めた樹木根系の崩壊防止力のほうが大きい結果となった。この違いについては、先に示した算定式の条件などを更に確認、分析が必要であると考えている。

ここでは、樹木根系の土砂崩壊防止機能と斜面安定度の評価斜面安定度評価をおこなうため、現地調査結果に一致するように係数を用いて評価することとした。

5. 樹木根系の崩壊防止力と斜面安定度の評価

当該地域においては、兵庫県の箇所別土砂災害危険度予測システムが運用⁴⁾されている。このシステムにおいて、平成 30 (2018) 年 7 月豪雨によって発生した崩壊地周辺における安全率の最小値と本検討で推定した樹木根系の崩壊防止力 Δc の関係を図 5 に示した。この図に示すように、崩壊箇所は、樹木根系による崩壊防止力が 10 kN/m^2 以下で、斜面の安全率が 1.05 以下のところで崩壊が多く発生しているように見て取れる。

6. まとめと今後の課題

一連の検討の結果、LP データから樹木情報を解析的に求めることで、樹木根系の崩壊防止力を算定した。解析の結果は、少ない調査結果との対比であるが、良い相関を示した。また、平成 30 (2018) 年 7 月豪雨によって発生した崩壊地は、斜面の安全率が低く、樹木根系の崩壊防止力も小さい箇所が多い結果となっていた。

今回の検討では、広葉樹林である六甲山の森林を、複数箇所の調査結果をもとに広域の検討を進めた。今後は、サンプル箇所を増やし、改良して、精度を高める方法を検討するとともに、今後の豪雨時に発生した崩壊地と比較して検証する必要がある。

参考文献：

- 1) 北原曜：森林根系の崩壊防止機能，水利科学, No. 311, pp. 11-37, 2010.
- 2) 国土交通省国土地理院：航空レーザ測量データを用いた樹高等データ作成マニュアル, 2015.

3) 林野庁：森林の持つ崩壊防止力に関する評価は林野庁委託業務報告書, 2017.

4) 沖村孝ら：土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築, 平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, 2010.

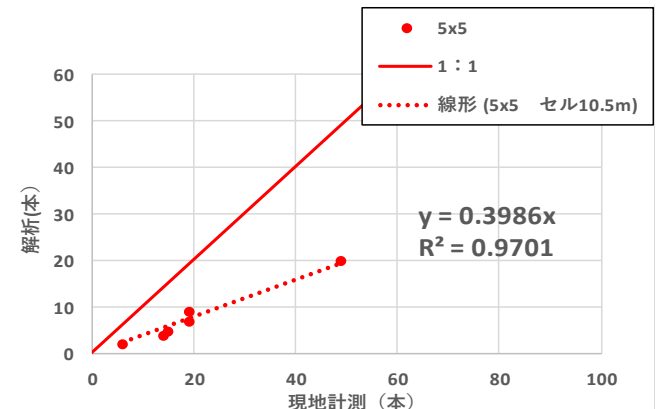


図 2 現地計測樹木本数と解析樹木本数

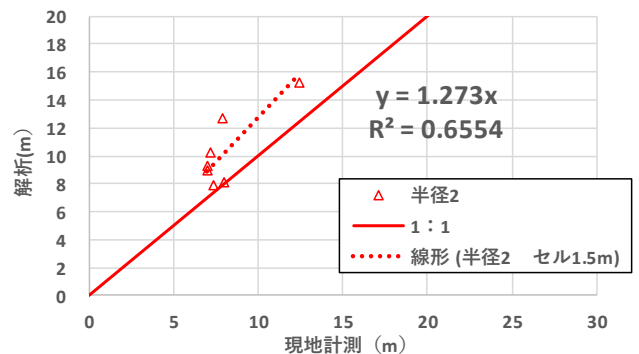


図 3 現地計測平均樹高と解析平均樹高

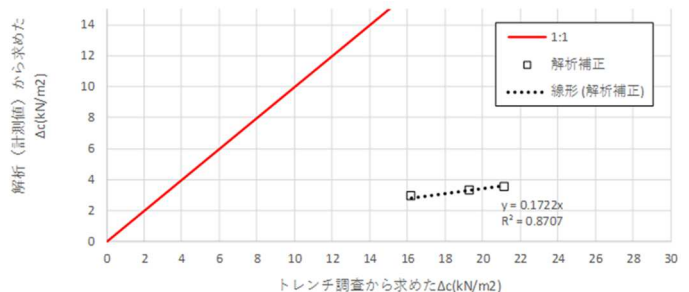


図 4 トレンチ調査から求めた Δc と解析から求めた Δc

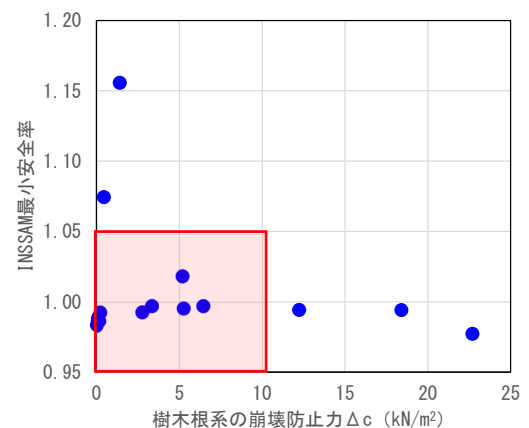


図 5 崩壊地周辺における最小安全率と崩壊防止力の関係