

臨界すべり面法を用いた森林根系の斜面安全率とすべり面深さに対する影響の解析

九州大学農学研究院森林保全学研究室 久保田哲也、高橋 猛

1. はじめに

本研究では、人工林の樹種として一般的なスギの根系による斜面安定に対する影響を解析した。

2. 研究対象地域と研究方法

九州大学福岡演習林および九州北部の崩壊発生現地において、露出したスギの根(面積1m²相当)の各支根の直径を計測した他、上記演習林(篠栗)と崩壊の多い太宰府市四王寺山地について、地形図(1/5000、1/2500)から崩壊可能性の高い箇所の地形判読を行った。根系の影響は土質定数の粘着力に表れるので(塚本1988)、スギの根の直径から以下の式(塚本 1998)を用いて、根による粘着力の補強分Crを求めた。ただし、この場合は、計測面積である"1m²当たりの値"となる。

$Cr = 1.12 q_i$, $\ln(q_i) = 0.447 + 1.45 \ln(d_i)$
 (q_i:すべり面における根"i"の単位断面積あたり引張り強度、d_i:根の直径)

解析には上記の計算結果の最小値、平均値、最大値の0.05、0.09、0.14を用いた。

斜面安定解析に必要な土質定数は既往の調査結果(Joshi 2002)または類似地質における災害調査の結果を用い、最小安全率を有するすべり面を自動探索できる臨界すべり面解析(久保田ら 2004、土木研究所 1987)を行い、安全率Fsやすべり面形状を調べた。ここでは、根系による斜面安定への影響を見るため、浅いすべり面に対する安定解析を行う。そこで、探索下限を現地調査での根の到達深さである2.0mと設定した。



写真1 調査対象としたスギ根系の一例

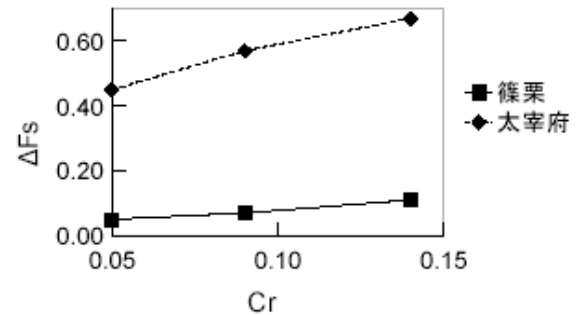


図1 根系補強値Cr と安全率上昇量 Fsの関係

3. 結果と考察

3.1 安全率Fsの上昇 Fs

斜面は安全率Fs=1.0以上で安定とされる。根系による粘着力の補強がない場合(Cr=0)の安全率と補強がある場合の安全率の差をFsとする。安定解析の結果、

Fsは0.03~0.92の範囲で、平均0.15となった。安全率をこれだけ上げるために構造物を建造するとすれば、相当の予算が必要になる。安全率が0.15程度上昇すれば、後述するようにFs>1.0を満たす地形が多数あると考えられ、樹木根系による斜面安定への寄与は大きいと考える。

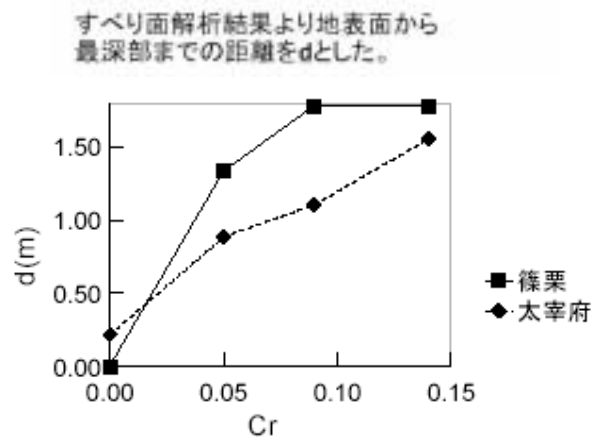
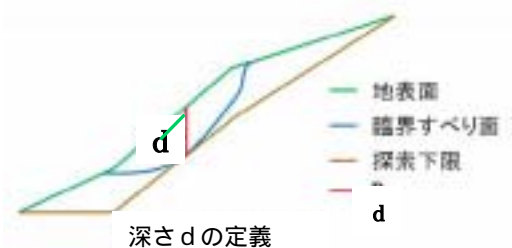


図2 Cr とすべり面深さ d の関係

前述のように根による粘着力の補強分 C_r は最小値、平均値、最大値の0.05、0.09、0.15を用いた。(図1)

3.2 すべり面深さの変化

すべり面の解析を行った結果、根系による粘着力の補強に伴い、地表からすべり面(最深部)までの距離 d は深くなった(図2)。今回の研究では解析の探索下限が2.0mと比較的浅いので単一の土壌と仮定したが、通常、地中深くなれば固い層が存在するので、すべり面が深くなることによって崩壊が起き難くなると思われる。また、根系が岩盤に侵入する場所では、すべり面が岩盤内に位置する状態になるため崩壊が生じ難くなると思われる。

3.3 傾斜角と安全率

次に斜面傾斜角と安全率の関係を図3に示す。一般的に粘着力が大きくなれば傾斜角の増大による安全率の低下が鈍化するが、今回の根系による補強ではそのような傾向はみられなかった。

3.4 降雨浸透連成解析によるFs低下度の考察

典型的な表層崩壊ではないが、2009年7月25日に発生した福岡県篠栗町災害の崩壊(図4)に関して、現地調査で得た土質を用いて降雨非定常浸透・斜面安定連成解析を行うと、無降雨では斜面が崩壊しない($F_s = 1.10$)が、崩壊までの実降雨を印加すると崩壊する($F_s = 0.980$)結果になる一方、時間雨量100mm/hrを含むが崩壊非発生 of 2009年豪雨では $F_s = 1.08$ と崩壊しないなど F_s のわずかな差が崩壊を左右している。従って、 F_s を平均0.15も増大させる根系は重要と思われる。



写真2 調査斜面の例(福岡演習林、篠栗町)

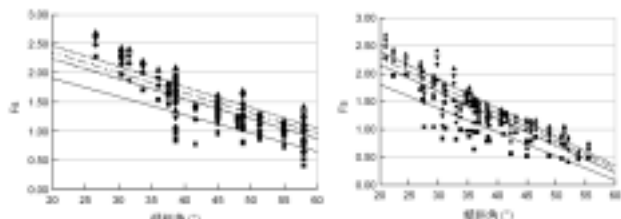


図3 最大傾斜角(左)、平均傾斜角(右)と安全率 F_s の関係(横軸:傾斜、縦軸 F_s)

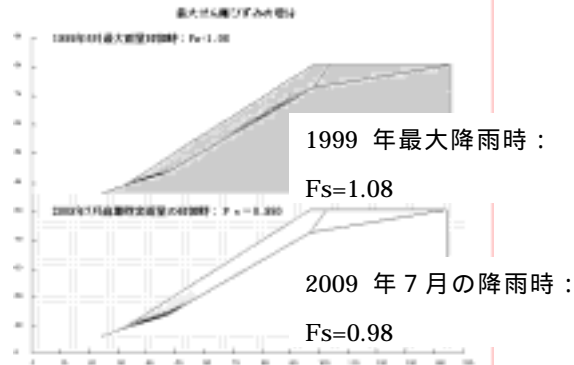


図4 福岡県篠栗災害(F_s 低下程度的事例)

4.まとめ

ここでは、次のような結果が得られた。根系が増すと、安全率 F_s が上昇し(平均0.15)、すべり面が深くなり(平均1m以上)、 F_s の上昇程度は相対的に大きいと考えられる。

最後に、本研究の一部は、九州電力の共同研究資金に拠った。記して感謝したい。

引用文献(50音別)

- 1) J.Joshi(2004): Shallow Landslide Hazard Mapping based on Slope Stability Analysis using GIS, 九州大学博士論文。
- 2) 建設省土木研究所(1987): 動的計画法を用いた臨界すべり面解析法, 土木研究所資料。
- 3) 久保田哲也ら(2004): 異なる林相及び森林伐採状況における樹木地上荷重の斜面安定に及ぼす影響, 地すべり学会誌。
- 4) 塚本良則(1998): 森林・水・土の保全, 朝倉書店。