

森林の変化を考慮する斜面安定解析の例

国研 森林研究・整備機構 森林総合研究所 ○岡田康彦
国研 森林研究・整備機構 森林総合研究所九州支所 黒川 潮

1 要旨

斜面に樹木が生育している場合、樹木の根系が地中に張り巡ることにより表層の崩壊を防止していると考えられている。ただし、生き物としての樹木は、植え付けからの生長に伴って地上部の重量や根系量が大きく変化するほか、伐採がなされると根は腐朽してその強度が低下していく。ここでは、国内で最も多く生育しているスギを対象に、皆伐から50年後まで、5から10年毎の地上部の重量、根の補強強度の経年変化を考慮し、豪雨時を想定した斜面の安定解析(1mメッシュ)を実施した。その結果、斜面が危険と判定されるメッシュ数は10年後に最大値をとり、伐採から5年までに急激に危険メッシュ数が増大した。

2 方法と結果

森林の防災機能の経年変化を評価するにあたり、茨城県のある森林流域(図-1)を対象に1mメッシュ単位で無限長斜面の安全率を算出した。今回は土壌全層が飽和している状態を仮定して地下水位の変動解析は行わず、森林の生長に伴う変化と伐採後の根系の腐朽の効果を検討材料とした。無限長斜面の安定計算式は以下の通り。

$$Fs = (c_s + c_r + A \cos^2 \theta \tan \phi') / (B \sin \theta \cos \theta)$$

$$A = q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w)D + \gamma_t(D - Z)$$

$$B = q_0 + \gamma_{sat}D + \gamma_t(D - Z)$$

ここで、 Fs : 斜面安全率、 Cs : 土の粘着力、 Cr : 立木根系が発揮する補強強度、 θ : 斜面の傾斜角、 ϕ' : 土の有効内部摩擦角、 q_0 : 単位面積当たりの立木の地上部重量(最大となる50年生時で0.31 kN/m²)、 γ_{sat} : 土の飽和単位体積重量、 γ_w : 水の単位体積重量、 γ_t : 土の湿潤単位体積重量、 D : 土壌層深、 Z : 地下水位($=D$)である。表層崩壊が多発する風化花崗岩土壌での一面せん断試験の結果を基に、 $Cs=0$ kN/m²、 $\phi' = 36.0$ 度、 $\gamma_{sat}=16.2$ kN/m²、 $\gamma_w=9.81$ kN/m²、 $\gamma_t=10.27$ kN/m²とした。

表層の潜在的な崩壊面に位置する根の太さと本数については、阿部(1997)を基に算出した。また、生木、伐採から1年後、2年後、4年後、7年後、8年後の根株の周囲を掘り出し、表出した根の引抜抵抗力を測定して根の直径の冪乗関数として求め、北原(2010)に従い単位面積当たりの引抜抵抗力値の合計を根系が発揮する補強強度とした。皆伐から50年後までの森林に関しては、茨城地方すぎ林林分収穫表の地位2等の結果を用いて、立木の本数密度や地上重量の変化を算出して解析に用いた。

潜在的な崩壊面の深さは、簡易貫入試験で計測される N_c 値が10に相当する土壌層底部と仮定して、その深さに位置する根の本数と太さを算出した。伐採後の根の腐朽に伴う強度低下については、伐採から8年後まで、冪乗関数から算出された5点を対象に直線回帰して求めた(図-2)。生木の根が発揮する補強強度を算出しロジスティック曲線として関数化した(図-3)。

豪雨時を想定し土壌層が完全飽和している条件での斜面安定解析の結果、伐採直後(0年後)から50年後までの5年毎の危険メッシュ数(斜面安全率が1を下回るメッシュ数)の変化は図-4の通りと

なった。伐採から 10 年後に危険メッシュ数が最大となること、伐採直後から 5 年後までの危険メッシュ数の増加速度が最大であること、伐採から約 30 年後に危険メッシュ数が初期値とほぼ同程度に低減することがわかった。今回の検討結果からも、過去の類似研究(北村・難波(1981))の結果と調和的な傾向が認められた。他方、表層が完全に飽和している条件とはいえ全体に対する危険メッシュ数は相当多い結果となっており、根系強度の与え方について再度検討を行う必要があると考える。

<引用文献>

阿部和時(1997) 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究．森林総合研究所研究報告 373：105-181

北原曜(2010) 森林根系の崩壊防止機能．水利科学 53(6)：11-37

北村嘉一・難波宣士(1981) 伐根試験を通して推定した林木根系の崩壊防止機能．林業試験場研究報告 313：175-208

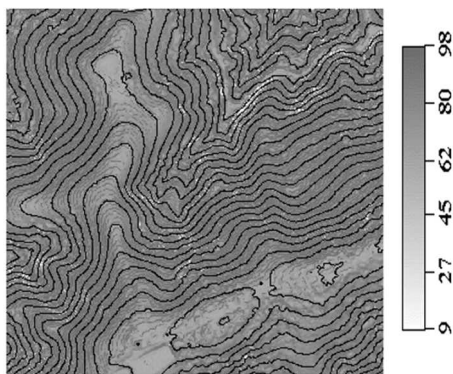


図 - 1 斜面安定解析の対象とした森林流域の表土層厚

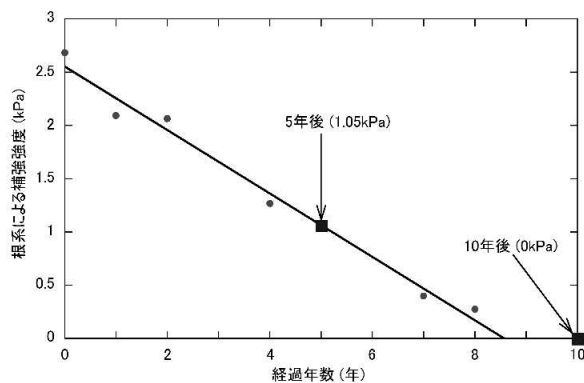


図 - 2 伐採後の根系による補強強度の低下(5年後、10年後を四角で示す)

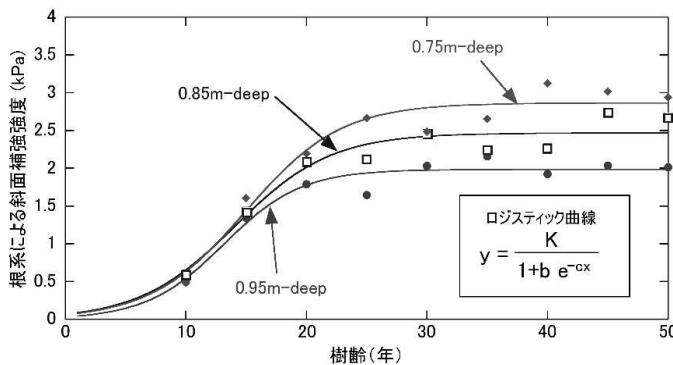


図 - 3 根の生長に伴う補強強度の変化

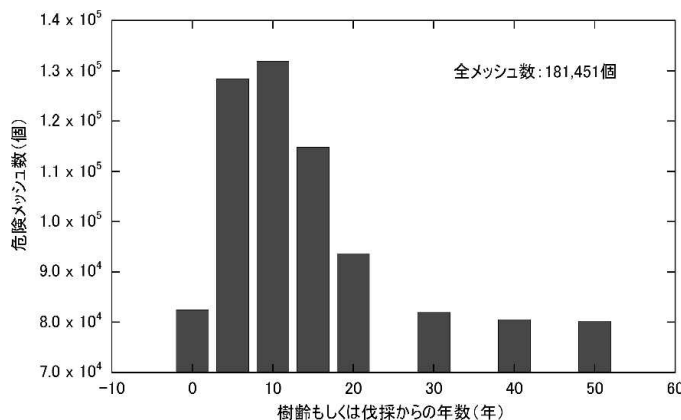


図 - 4 危険メッシュ数の経年変化