施業方法による樹木根系の斜面補強効果の違い
―森林長期モニタリングデータを用いた検証―

〇篠原慶規（九州大学農学研究院）
奥山遼佑（株式会社　建設技術研究所）
久保田哲也（九州大学農学研究院）

1 はじめに

日本では，木材価格の低下などを背景として，管理が適切に行われない針葉樹人工林が増加している。管理が十分に行われていない針葉樹人工林では，森林が本来持つ表層崩壊を防止する機能が十分に発揮されていないと指摘されることがある。阿部ら（2004）は，間伐林分の方が，非間伐林分よりも安全率が小さくなるというシミュレーション結果を示している。一方，今井ら（2009）は，根系分布に着目したヒノキ人工林での現地調査に基づき，間伐林分の方が，非間伐林分と比較し，斜面の安定性は高くなると結論付けている。このように，現段階においては，間伐によって斜面の安定性が向上するのか，低下するのかさえ十分な理解が進んでいない。

そこで本研究では，アロメトリー式や根系分布モデルを用いて，林分当りの平均胸高直径と立木密度のデータから，森林根系による斜面補強力 C_r を求めるモデルを構築した。森林長期モニタリングデータをこのモデルに適用し，無限長斜面安定解析を行うことで，間伐により，斜面安定性がどのように変化するのかをシミュレーションした。

2 研究方法

2.1 樹木成長モデル

対象林分において，何回か毎木調査が行われ，その時点における生存木，間伐木，枯死木の立木密度（本数）と胸高直径（DBH）の平均値が利用可能であると仮定した。1回目の毎木調査データと乱数を用いることで，各生存木の DBH を推定した。2回目以降は，毎木調査のデータに合うように，生存木，間伐木，枯死木を決定し，生存木に関しては，DBH を成長させた。

2.2 根系分布モデル

既往のアロメトリー式，TR 比を用いて，DBH のデータから地下部現存量を推定した。Abe and Iwamoto（1990）に基づき，ワイブル確率関数を用いて，深さ 10 cm 毎に，各直径の根の本数を求めた。その際，それぞれの木の根系到達深は，竹下ら（1992）に従い，DBH が大きくなるに従って大きくした。さらに，塚本（1987）に基づいて，深さ 10 cm 毎に，林分全体の根系の斜面補強力 C_r（t/m^2）を算出した。枯死木，間伐木の C_r は，北村・難波（1981）の計測結果に基づき減少させた。

2.3 安全率の計算

本研究では，無限長斜面安定解析を用いて斜面安全率 F_s を算出した。傾斜は 40°，土層深は 100 cm と 150 cm の 2 パターンで計算を行った。地下水位は 0 m とした。土の単位体積重量と粘着力，内部摩擦角は，逢坂ら（1992）の結果に基づいて深さ 10 cm 毎に変化させた。深さ 10 cm 毎に安全率を計算し，最も安全率が小さくなった深さの安全率 F_{s_min} を算出した。

2.4 森林長期モニタリングデータ

本研究では，林野庁および森林総合研究所が行っている森林長期モニタリングデータの中で，スギ人工林において間伐区・非間伐区の両方を設定している高知県の西又東又山試験地（細田ら，2013）のデータを用いた。

3 結果と考察

図 1 には，土層深 150 cm の場合における，F_s が最小となった深さ（崩壊深）とその時の F_s（F_{s_min}）を示した。崩壊深は，間伐区，非間伐区共に，林齢が大きくなるに従って大きくなっていた。これは，根系の成長に伴って，浅い土層中の C_r が増加し，相対的に強度が増したためであると考えられる。間伐区と非間伐区の F_{s_min} を比較したところ，当初は，非間伐区の方が間伐区よりも，F_{s_min} が大きくなっていたが，その差はだんだんと小さくなり，林齢が 40 年頃から先は両者に大きな差はなかった。

平均 DBH は，期間途中から間伐区の方が大きくなり，林齢が大きくなるに従って差が大きくなっていた。本研究の設定では，DBH が大きい間伐区の方が，非間伐区と比較して，根系がより深くまで伸長するため，深さ 150 cm 付近の根系体積は，間伐区の方が大きくなる。この影響を受け，期間後半では，現存量は非間伐区の方が間伐区よりも大きいものの，F_{s_min} に差が無くなったと考えられる。実際に，すべての木で根系到達深を一定にしたところ，現存量の大きい非間伐区の方が，間伐区よりも一貫して C_r が大きくなった。一方，土層深が 100 cm の場合は，現存量が大きい非間伐区の F_{s_min} の方が間伐区よりも大きくなった。これは，DBH に関わらず，ほぼすべての木で深さ 100 cm 程度まで根系が成長しているためである。本研究のシミュレーションによって，土層厚がある程度深く，DBH によって根系到達深が異なる場合，間伐区と非間伐区で F_{s_min} は同程度となるが，それ以外の条件では，間伐区の方が非間伐区と比較して，F_{s_min} が小さくなった。今後は，F_{s_min} の計算に大きな影響を与える根系到達深のデータ蓄積が求められる。

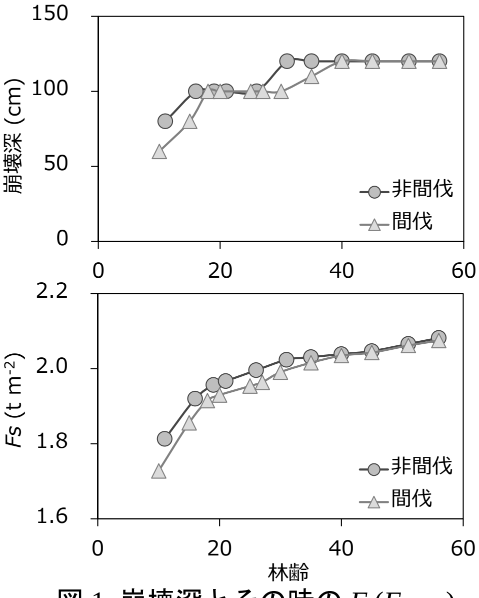

図 1 崩壊深とその時の F_s(F_{s_min})
（土層深 150 cm の場合）

引用文献

Abe K, Iwamoto M (1990) *日本森林学会誌* 72: 375-387. 阿部和時ら（2004）*日本地すべり学会誌* 41: 225-235. 今井裕太郎ら（2009）*中部森林研究* 57: 175-178. 竹下敬司ら（1992）*九州大学演習林報告* 66: 83-129. 細田和男ら（2009）*森林総合研究所研究報告* 8: 187-203. 北村嘉一，難波宣士（1981）*林業試験場報告* 313: 175-208. 逢坂興宏ら（1992）*砂防学会誌* 45: 3-12. 塚本良則（1987）*東京農工大学演習林報告* 23: 65-124.

謝辞：本研究の一部は，平成 26 年度砂防学会若手助成の支援を受けました。