

国土交通省六甲砂防事務所 岡本敦 山本育夫 星野久史 白髭一磨
川崎地質(株) 原田晋太郎 枋本泰浩 山田晃 北川義治 中山健二

1. はじめに

平成7年1月17日の阪神・淡路大震災を契機に六甲山を土砂災害に強く、自然豊かな樹林帯として保全するため六甲山系グリーンベルト事業を実施している。この事業で実施する樹林整備における斜面補強効果と整備方針検討の基礎調査として、平成19年度より根系が果たす斜面保全の役割について調査及び評価を行っており、今回トレンチと簡易ボーリングによる根系調査を実施したので報告する。

2. 調査方法及び評価方法

2.1 評価方法

根系の斜面崩壊抑止機能の評価方法としては杭モデルや引抜きモデルなどが提唱されているが、今回採用したのは引抜きモデルによる水平根の評価方法である(同標高・同樹種・同胸高直径間での調査及び評価)。対象樹種は六甲山系の既往植生調査より主な群落を構成する8樹種とした。根系分布に関与する諸因子は多数指摘されているが、今回は樹種のほかに土壌硬度(Nd値)、土壌区分、土壌含水比、胸高直径(2樹木の平均値)、樹間距離、斜面勾配とし、計236地点で調査を実施した。これらは、結果の整理と共に多数の因子と根量の関係を把握すべく多変量解析の中の数量化I類を適用し、各因子の関係を定量的に検討した。

2.2 調査方法

樹木の根量把握においては、トレンチ調査によって根の本数や直径などの情報を得ることが一般的であるが、多地点の調査では掘削により生ずる生木への影響も大きくなる。そこで、深さ1m×長さ2mトレンチ相当の調査方法として、エンジンハンマーによる簡易ボーリングサンプリングを1地点につき4本、深さ1m(鉛直)、採取試料径φ70mmで実施して、該当する地点の根量を把握した。

3. 調査結果

3.1 根の引抜き強度

材料特性である根の引抜き強度は一般的に根の断面直径と $y = ax^b$ の関数で示されるので、トレンチ面で試験を実施し、試験結果を図-1に示す。この六甲山系における調査結果では、コナラの強度は非常に大きく、次いでアベマキ等となった。

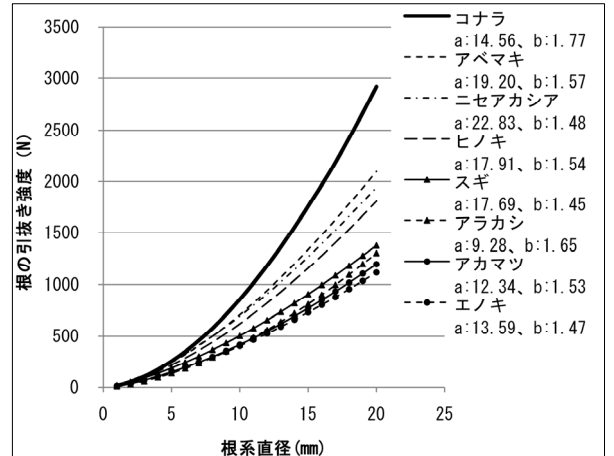


図-1 根の断面直径と引抜き強度の関係図

3.2 トレンチと簡易ボーリングの結果対比

トレンチと簡易ボーリング結果の対比図を図-2に示す。簡易ボーリング(単位体積あたりの根量)の方がトレンチ観察(断面観察)による引抜き強度よりも平均200%程度大きいことや、地点間及び樹種、土壌層区分間の差異が確認された。そこで土壌層及び樹種毎に換算係数を設定し、結果を評価することとした。調査手法による根量の相違は、別途実施したブロックサンプリングの観察結果より、根の伸長方向の特性などが関与していると考えられ、樹木間をつなぐ方向に伸長する根の比率が高いとトレンチと簡易ボーリングの値が近くなると考えられた。

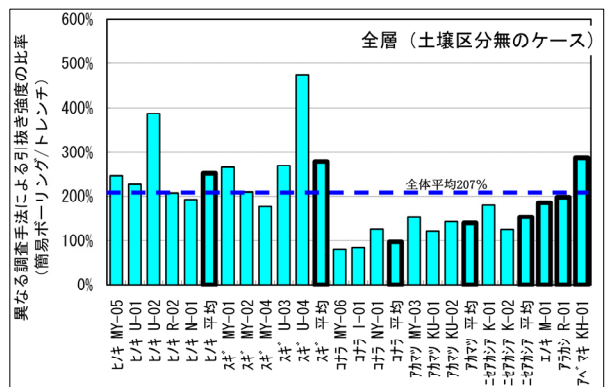


図-2 トレンチと簡易ボーリング結果の対比

3.3 諸因子と根の引抜き強度の関係

単位面積当たりの根の引抜き強度は、樹種毎の平均でみると

全体ではコナラにおいて大きくなるが、A層の強度が相対的に高くなる樹種など根の分布には樹種毎の特性が現れる結果となった(図-3)。また、諸因子との関係についてヒノキの例を図-4に示す。胸高直径との関係は不明瞭で(図-4左)、樹間距離に対しては弱い負の相関がみられた(図-4中央)。ここで、胸高直径を樹間距離で除した値(密度を表す指標とした)を用いて関係を示すと、相関性が高まることが確認された(図-4右)。

この密度の指標は、同じ胸高直径でも樹間距離が大きいほど小さくなり、根量は相対的に林分密度に依存していると考えられる。調査対象は人工林であるスギ・ヒノキとコナラなど天然生林に分けられ、調査箇所条件が一様でない天然生林などではデータがばらつく傾向も確認された。

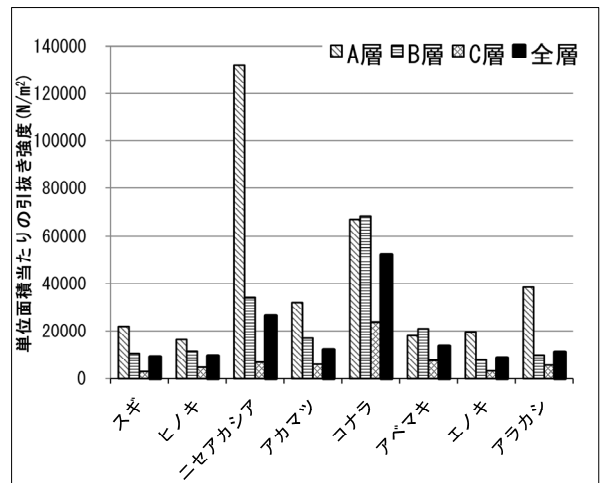


図-3 樹種・土壌層別の引抜き強度

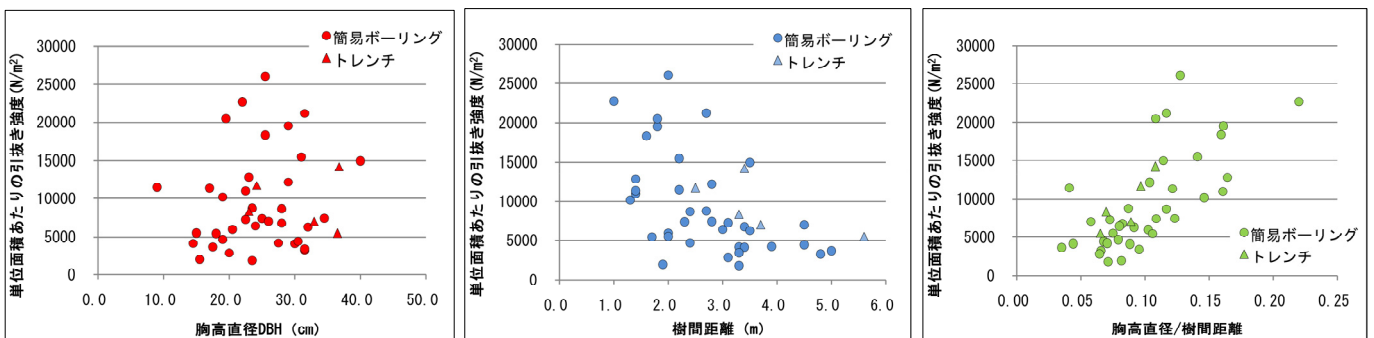


図-4 諸因子と単位面積あたりの根の引抜き強度の関係(ヒノキの例)

4. 考察

4.1 統計手法による根の引抜き強度と関係する諸因子

数量化I類解析を適用し諸因子のカテゴリースコア(図-5)から、根系による補強強度増加に関与する因子は「樹種」が最も大きく、次いで「樹間距離」となった。このほか、簡易貫入試験値(Nd値)についても、軟らかい土壌では強度分布がばらつくものの、堅い土壌では強度が低くなる傾向があり根の伸長を抑制する因子となっていることが示唆される。

4.2 斜面安全率と林相転換の効果

数量化解析結果を基に諸因子条件を設定し、崩壊規模を斜面方向7m、横幅6mとした斜面で、スギ・ヒノキの一斉林をコナラに樹種転換を行ったと仮定した際の根系による斜面の補強効果を推計した結果、斜面安全率は約3倍程度高まると試算された。

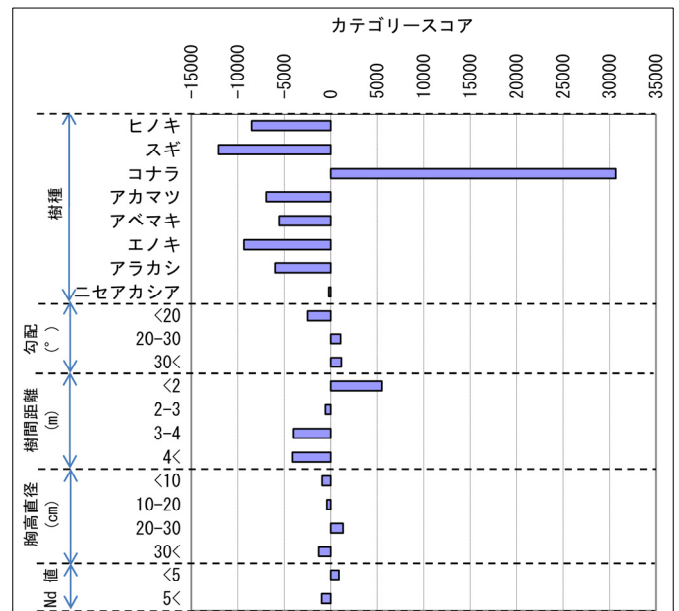


図-5 引抜き強度と関係因子の数量化解析結果

5. 総括

自然植生の広葉樹を含めた樹木と諸因子の関係に的を絞って評価し、単統一斉林としての基礎的な評価として樹種や林分密度との関係などを得た。これらを基礎として、今後は異樹種間の評価方法や中低木の評価などを検討していくことなどを課題としている。また、適用した簡易ボーリングは現場工程を短縮できたほか、多くの作業の分業が可能、室内において詳細に根系観察等の作業が出来る、などの利点があった。