

## 樹木根系の崩壊防止効果について

(株)北海道技術コンサルタント 神原孝義・大谷健一  
北海道立林業試験場 佐藤創・鳥田宏行

### 1.はじめに

従来、斜面の樹木保全是、「斜面緑化による景観保全」を基本的な考えとする景観対策の一環として位置付けられていたが、近年は、さらに生態系保全による自然環境面に対する役割が都市部を中心に求められるようになった。しかし、樹木根系による斜面安定効果は定性的には認識されているが、実際に根系抵抗を定量的に評価し、施設計画に反映した事例は無いのが現状である。今後、更に、斜面での樹木保全が求められる傾向にあることから、樹木を景観や生態の面だけで評価するのではなく、物理的に樹木根系の効果を解明し、斜面安定へ導入する価値は高い。

筆者らは、これまで北海道内4箇所の斜面で樹木根系の効果を取り込んだ安全率評価を行ってきた。その結果、安全率を算出する上で、「①根系分布量の推定手法の確立、②抵抗力評価の精度向上」の2点が課題であることが判明した。そこで、本稿では上記2点の課題に絞り検討を行い、その結果を報告する。

### 2.樹木根系の抵抗力

樹木根系の斜面安定効果の概念を図-1に示す。斜面崩壊は、豪雨時に斜面形状・土質条件・根系分布・間隙水圧などの諸条件の相互作用により、最弱部ですべり面が形成され崩壊に至るものである。樹木根系の崩壊抵抗力は、すべり面を横切る根が、斜面土塊の滑動に伴い発揮するせん断抵抗・摩擦抵抗・曲げ抵抗・破断抵抗などの総和であると考えられる。

従って、樹木根系の抵抗力を評価するためには、「すべり面を横断する根の抽出」と「抽出した根一本ごとの抵抗力算出」が必要であり、これらを精度良く評価することが本研究の目的である。

### 3.根系分布量の推定

根系分布量の調査として、急傾斜地(勾配25°以上)で6本(胸高直径13~22cm)、緩傾斜地・平坦地(勾配25°未満)で15本(胸高直径10~26cm)の樹木を掘り取り、根系の3次元分布を調べた(図-2)。そして、斜面に対し垂直方向に深さ軸を設定し、深さごと根系断面積の合計(根系分布量:以下CSA)を算出した。また、同時に簡易貫入試験を行い、貫入抵抗値(Nc値)を調べた。

図-3にNc値とCSAの関係を示す。なお、Nc値は鉛直方向に計測した値を斜面勾配により斜面垂直方向に補正した値である。また、本調査では、樹種や調査地による有意差は見受けられなかったため、CSAは急傾斜とそれ以外に分類した。図-3から、急傾斜地以外では、Nc値20が根系の分布限界であると言える。しかし、急傾斜地では、Nc値20前後で一旦根系がなくなるが、Nc値30以上で若干根系の分布が見られる。これは、急傾斜地では土質条件が平面的に均一ではなく、根が平面的にNc値の低いところに入り込んでいるためと考えられる。従って、本調査結果からは、根系の分布はNc値20までが限界であると言える。既往研究の分布限界(Nc値5~10)に比べて、Nc値が高い層まで根系が分布していることが判明した。

根の深さとCSAの関係を図-4に示す。なお、図中のCSAは、樹木の成長度合いによる差を除去するため、胸高断面積100cm<sup>2</sup>当り(胸高直径約11.3cm)に換算した数値の常用対数を用いている。また、Nc値20以上のデータは異常値として除去している。図-4から、深さとCSAには高い相関関係があることが読み取れ、表-1に示す回帰式を得た。特に急傾斜地での回帰式は相関係数が0.87と高く、今後、さらにサンプルを蓄積することで、精度向上が可能であると考えられる。

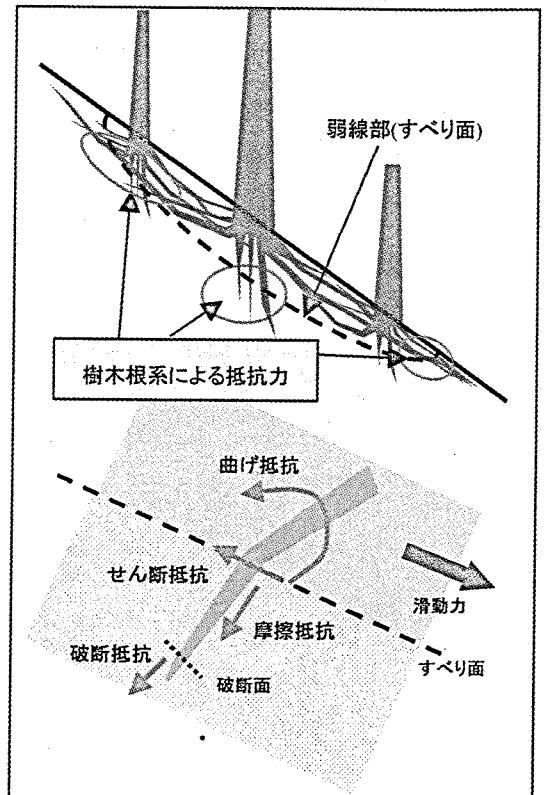


図-1 根系抵抗力の模式図

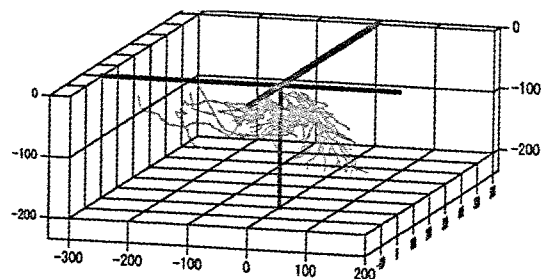


図-2 樹木根系の3次元分布

表-1 CSAと深さの関係式(胸高断面積100cm <sup>2</sup> 当り)	
(全体)	$\text{Log}_{10}(\text{CSA}) = -0.0233x + 2.83 \quad R^2 = 0.59$
(急傾斜)	$\text{Log}_{10}(\text{CSA}) = -0.0326x + 3.47 \quad R^2 = 0.87$
CSA: 根系断面積合計(cm <sup>2</sup> ) X: 深さ(cm)	

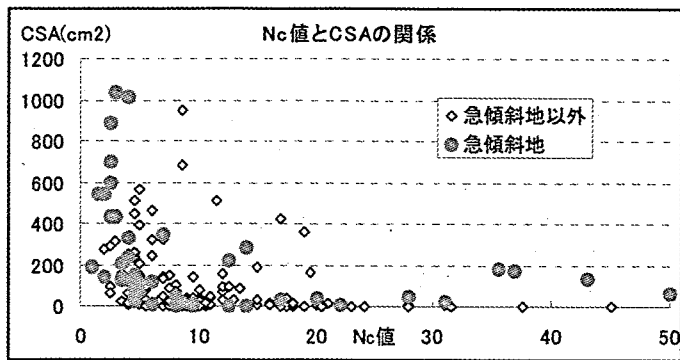


図-3 Nc 値と CSA の関係

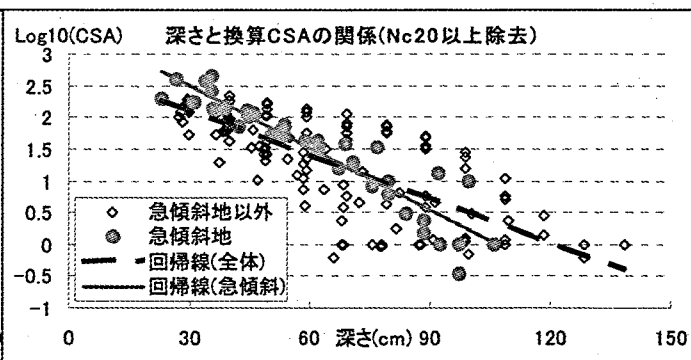


図-4 深さと換算 CSA の関係

#### 4.根系抵抗力の評価

根系抵抗力の評価は、既往の研究では、根一本ごとに引抜き試験を行い、根の直径と引抜き抵抗力の関係から推定しているものが多い。図-5 に平成 15 年度に北海道苫前町の急傾斜地で行った引抜き試験の結果を示す。図-5 に示すように根の直径と引抜き抵抗の関係では、回帰式の有意性こそ確保されているが、直径が大きくなるにつれて値のばらつきが大きく、その影響により回帰式が大きく変化する欠点を有していると言える。この原因は、引抜き抵抗力が、根の表面積や形状、分岐の有無などの様々な要因の影響を受けるため、直径のみでは評価出来ないためと考えられる。

そこで、この苫前町の引抜き試験時には、根の直径と引抜き抵抗力の他に、引抜いた根の形状(直根型・2分岐型・多分岐型)と根の表面積を調査した。

図-6 に分岐形状別の根の直径と引抜き抵抗力の関係とそれぞれの回帰曲線を示す。図-6 から、直根と分岐を有する根では回帰曲線が大きく異なることが解る。このことから、直径の大きな根ほど、内部で分岐している可能性が高いため、直径が大きくなるにつれて、引抜き抵抗力にばらつきが出ていたと考えられる。

図-7 に根の表面積と引抜き抵抗力の関係とその回帰直線を示す。根の直径と引抜き抵抗力の関係(図-5)に比べ、相関係数こそ大差は無いものの、根の表面積が大きくなっても、値のばらつきは小さく、より精度の高い回帰式が得られた。

$$Y = 0.004227X \quad R^2 = 0.7639$$

Y: 引抜き抵抗力(kN) X: 根の表面積合計(cm<sup>2</sup>)

これらの結果から、根の引抜き抵抗力は、根と土塊との周面摩擦抵抗力が主体であると考えられる。また、引抜き抵抗力は根の直径よりも根の表面積との関係が深く、根の表面積を指標とすれば、回帰式の精度向上に繋がる事が半明した。

#### 5.まとめ

本研究により、根系の分布限界は Nc 値 20 程度までであることと、深さを指標とした根系分布量の予測式を確立する目処がたった。また、これまで精度に問題があった引抜き試験の回帰式については、根の直径ではなく、表面積を指標とすることで精度を向上することが出来た。これらの結果から、急傾斜地において根系を掘り起こすことなく根系抵抗力を推定することが出来る可能性が示唆された。

今後の課題としては、「①サンプルの蓄積による根系分布量予測式の精度向上、②引抜き抵抗力と崩壊抵抗力の関係解明、③飽和状態での引抜き抵抗力の測定」等が挙げられる。これらの諸問題を解明し、樹木根系効果の定量化精度を向上することにより、土留柵工・アンカー工・鉄筋挿入補強土工などの抑止工を用いた急傾斜地対策工計画での適用が可能であり、環境・コストの両面での効果が期待できる。

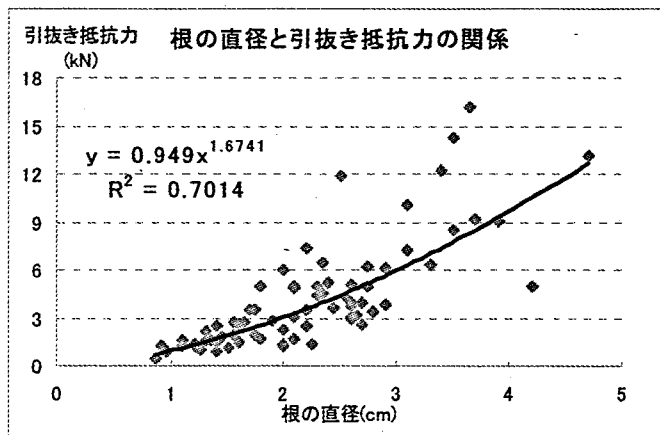


図-5 根の直径と引抜き抵抗力の関係(苫前町)

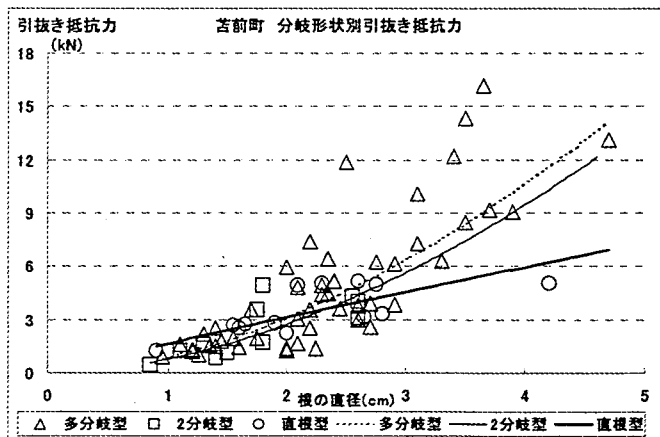


図-6 分岐形状別 根の直径と引抜き抵抗力の関係(苫前町)

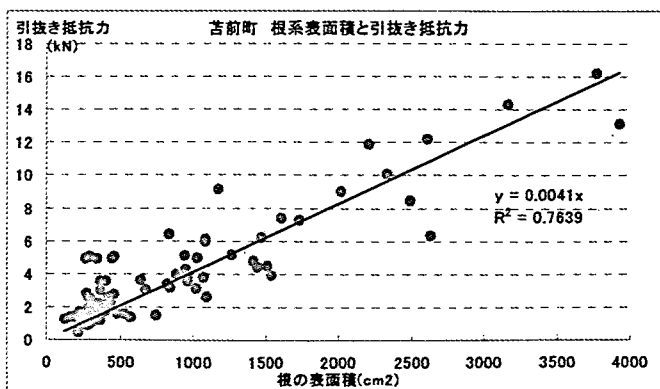


図-7 根の表面積と引抜き抵抗力の関係(苫前町)