

P75 表層崩壊の安定に及ぼす樹木根系効果の定量的評価

(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。近年、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認識されていたが、実際の急傾斜地崩壊防止対策の計画において、根系抵抗を定量的に評価し、施設計画に反映した例は無いのが現状である。

今後更に、急傾斜地崩壊防災対策は、樹木の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、物理的に樹木の効果を解明し、斜面安定へ導入する価値は高い。本研究では、北海道苫前町のフィールドにおいて、土層分布・土質強度の地質特性と・根系の引き抜き抵抗力・根系分布等の樹木根系の特性を調査し、樹木根系による表層崩壊防止機能の定量的評価を試みた。

2.調査地及び調査方法

調査は、北海道苫前郡苫前町古丹別地区の自然斜面(延長 252m,勾配 45 度,崖高 45~60m)で行った。なお、当該斜面は平成元年に急傾斜地崩壊危険区域の指定を受けており、平成 11 年に崩壊高 38m、幅 28m、厚さ 1.5m 程度の崩壊が発生し、同年急傾斜地崩壊防止対策工事により崩壊の拡大防止対策施設が施工された。対象斜面の地質は、基盤が砂岩で構成され上層部は風化が著しく土砂状を呈している。施設計画上のすべり面は風化の進行度合いにより、N 値及び Nc 値から 1.0m~1.5m の深さに設定されている。



写真-1 対象斜面の全景

詳細調査は、施工済区間の左側斜面に 2 箇所(斜長距離 35m×幅 10m,斜長距離 30m×幅 10m)の区域(以下調査区 A,調査区 B)を設定し、林分調査・根系引き抜き試験・根系掘り取り調査を行った。林分は全て広葉樹であり、立木密度 1862 本/ha(平均的な樹木間隔 約 2.3m)で斜面全体にはほぼ均一に生育しており、イタヤカエデ・シナノキ・ミズナラが多く見られた。胸高直径は平均 12.8cm であったが、最大 42.7cm・最小 4.3cm とばらつきがあった。根系引き抜き試験・根系掘り取り調査は、前出の 3 樹種を対象とし、樹種毎に 1 本ずつの引き抜き試験と 2 本ずつの掘り取り調査を行った。

3.樹木根系による崩壊抑止効果のイメージ

一般に斜面崩壊は、降雨等により地下水位が上昇することにより、土層内のせん断強度が一時的に低下し、土塊の滑動力と抵抗力のバランスが崩れた時に、弱線部(すべり面)を境にして発生するとされている。根系の崩壊抑止効果とは、すべり面を横切る根がせん断抵抗力を發揮しているものと考えられる。(図-1)

従って、樹木根系による崩壊抑止効果を考えるには、すべり面における根系の分布状況と根の引き抜き抵抗力を想定する必要がある。

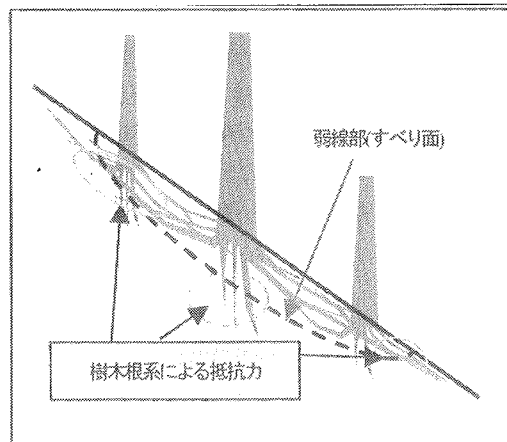


図-1.樹木根系による斜面崩壊防止効果のイメージ

3. 樹木根系掘り取り試験

すべり面における樹木根系の分布状況を想定するために、樹木根系を掘り取り、室内で根一本毎に10cm間隔で3次元座標と直径を測定した。(写真-2, 図-2)

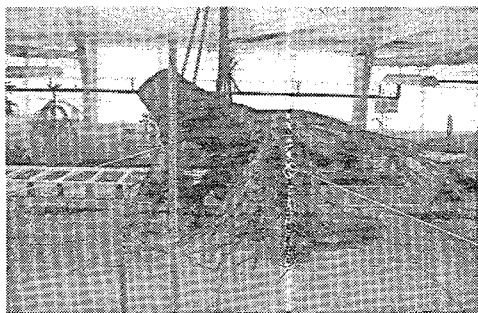


写真-2 根系分布調査

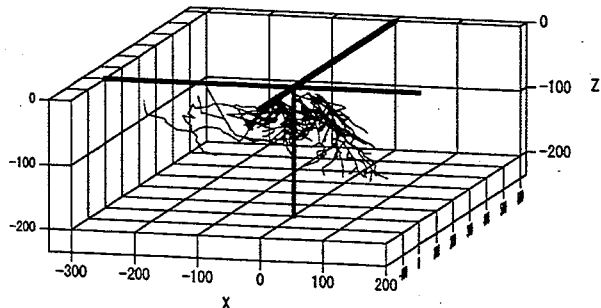


図-2 樹木根系の3次元分布(単位cm)

※ X軸正→斜面上部 Y軸正→斜面向かって右 Z軸→深さ

4. 樹木根系引き抜き試験

一方、根系の抵抗力を評価するために、前出の3樹種について根一本ずつの引き抜き抵抗力を現地で測定し、根の直径(cm)と引き抜き抵抗力(kN)の関係を求めた。本調査では、抵抗力は樹種による差異が見られなかったため、全ての試験結果を総合して帰式を導いた。

$$Y = 0.8304X^{1.267} \quad R^2 = 0.4783 \quad Y: \text{引き抜き抵抗力(kN)} \quad X: \text{根の直径(cm)}$$

5. 根系効果を考慮した安全率算出式

一般に、斜面安全度の評価は抵抗力と滑動力の比である安全率(抵抗力/滑動力)で現される。樹木効果を考慮した安全率は、樹木重量(Tw)と根系抵抗力(R)を取り入れ、次式により求めた。

$$F = \frac{\sum \{ (Tw + W) \cos \theta - U \} \tan \phi + Cl + R}{\sum \{ (Tw + W) \sin \theta \}}$$

F: 安全率 θ : 滑り面勾配 C: 粘着力 ϕ : 内部摩擦角
 l: スライスの滑り面長さ U: 間隙水圧 Tw: 樹木荷重
 W: 土塊重量 R: 根系抵抗力

6. 崩壊時の斜面安全率再現計算

調査区Aにおいて、樹木を考慮した斜面安定計算を行う。樹木の根系分布は調査結果を斜面に当てはめるが、掘り取り調査対象外の樹木は調査対象木との胸高直径比で根系分布を推定した。また、計算に用いる土質定数は、逆算法による値を採用した。計算は、地下水位が地表面まで達した飽和状態と、通常時の含水状態(対象であるすべり土層での自然状態)の2通りを想定した。以下に計算結果を示す。(表-1)

表-1 安定計算結果

含水状態	飽和状態			自然状態		
	樹木なし	荷重のみ考慮	根系・荷重を考慮	樹木なし	荷重のみ考慮	根系・荷重を考慮
滑動力(kN)	3953.93	3994.04	3994.04	3953.93	3994.04	3994.04
抵抗力(kN)	1883.52	1912.01	3096.71	3917.72	3946.21	5130.90
樹木抵抗/全抵抗	0.0%	1.2%	31.3%	0.0%	0.6%	18.9%
安全率	0.48	0.48	0.78	1.00	1.00	1.28

7. まとめ

本調査では、樹木根系は概ね深さ1.0~1.5m程度の範囲まで分布しており、想定されるすべり面を横断する根が多く、樹木根系は抵抗力として作用し、安全率の向上に大きく寄与した。また、樹木重量は土塊重量に比べ、極めて軽いためその影響はほとんど見られなかった。

今後の課題として、飽和状態での引き抜き抵抗力の評価、引き抜き抵抗力と崩壊に対するせん断抵抗力の関係の解明及び、根系分布状況推定の精度の向上等があげられる。これらの諸問題を解明し、樹木根系を定量的に評価することが出来れば、根系の抵抗力が発揮されるような斜面では、対策工を計画する際に樹木根系の抵抗力を取り込むことで、対策工の工数が減少しコスト縮減に大きく影響すると思われる。