

根系による斜面安定化効果の範囲

宮崎大学農学部 谷口 義信
高橋 正佑

1. まえがき

山地の崩壊防止を図るためには帯状伐採や、クヌギコナラ等広葉樹林の造成が望ましいと言われているが、その決定的な理由づけは現在まだなされていない。本研究では樹木の根系による崩壊防止機能が有効に働く表層崩壊について、根（径が10cm程度以上の大きさ）を一種の杭と見なし、1本の杭のせん断破壊荷重からどの程度の土塊の荷重を支えるかを計算し、それによって1本の樹根の斜面固定作用範囲を推定する。そしてこの結果からどの程度の間隔をおいて樹木帯を残せば杭効果が現われ、森林の防災的施業（伐採）が実現できるかについて述べる。

2. 実験方法および実験結果

実験装置は図-1に示すように大きさ36cm×45.5cm×10cmの木製箱の下端から10cmの位置に横断方向の中

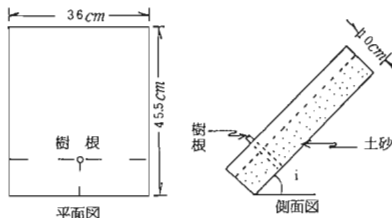


図-1 模型装置

央に直径1cmのプラスチック棒を底面の板と直角の方向に固定設置したものである。すなわちここでは木製の箱に土砂を詰め、傾斜させたものを一種の斜面と見なし、さらに底面に固定した棒を樹根（一種の杭）と見なす。そして箱の底面を表層崩壊におけるすべり面と考える。なお表層崩壊の場合、硬い土層の中には大きな樹根は伸びにくい、実際の崩壊地斜面をみると、この硬い土層面上を這うように根が広がっており、ほぼこの硬い層に固定されていると同様の効果をもたらしているような事例を見ることがある。このことから考えて、こうした樹根はすべり面下の層に固定された杭と見なしても差支えないものと考えられる。実験材料には平均粒径0.17mm、内部摩擦角35°のシラスを用いた。

実験はまず図-1に示す実験装置に厚さ7cmのシラス

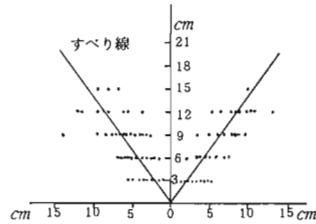


図-2 すべり線の横断幅

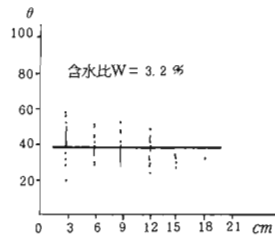


図-3 すべり線の広がり角度 θ

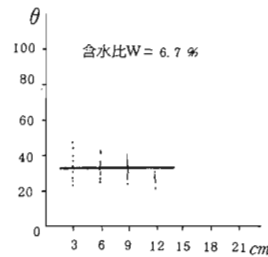


図-4 すべり線の広がり角度 θ

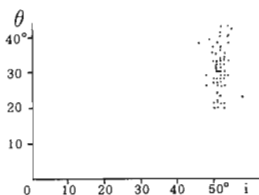


図-5 i と θ の関係

を一様に敷き詰め、つきに中に充填した試料のシラスがすべりを起こし始めるようになるまで箱に傾斜を与える。このとき杭を中心すべりを起こさなかった部分と、起こした部分の境界線が扇形に形成される。そこでこのすべり線の測定を行った。なおすべり線の測定は杭から斜面方向3cmごとに横断測線を設けて、横断幅を測定した。

図-2は杭を中心に扇形に広がるすべり線の横断幅を横軸に、斜面方向3cmごとの距離を縦軸にとって両者の関係を示したものである。図-3および図-4は横軸に斜面方向の距離を縦軸にすべり線の広がり角度 θ をとって両者の関係を示したものである。なお図-3は自然乾燥した状態の含水比で行った実験であり、図-4はこれに水

分を若干加えて行った実験である。図-5は斜面勾配 i とすべり線の広がり角 θ の関係を示したものである。

3. 考 察

これまでの樹木の根系による斜面安定効果についての研究は、主に抜根抵抗に関する研究と直接せん断試験に関する研究の2つであった。駒村は樹木の直径を約25cm、重量を0.5ton、抜根抵抗を2ton、根張の幅1.5m、粘着力を1ton/m²として斜面安定係数を試算した結果、内部摩擦角15°では樹木のある場合に比べて、樹木のない場合は安定係数が約半分に低下することを明らかにしている¹⁾。一方阿部は根による土層せん断強度の補強効果について調査し、図-6に示すように根系重量の減少に伴ってせん断抵抗の減少することを明らかにしている²⁾。図-6から明らかのように深さ70cm以上では根系重量が著しく減少し、これに伴って

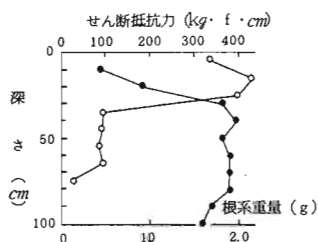


図-6 深さ別のせん断抵抗力と根系重量

せん断抵抗もかなり小さくなる傾向が見られる。このことから知れるように根系重量の増加はせん断抵抗のかなり大きな増加を来すことは明らかである。これは根系の混入によるせん断抵抗の増加であり、コンクリートにおける一種の配筋効果に相当すると考えられる。

しかし樹木の根の斜面安定化効果に対するもう1つの考え方は、前述したように根を一種の杭と見る考え方であろう。この根が一種の杭(地すべり防止工事の杭打ち工法における杭を指す)の働きをするならば、杭効果によってある土塊の移動は阻止せられ、見掛け上せん断抵抗が増加したと同じ役目をする。すなわち

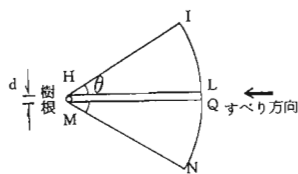


図-7 樹根の土塊支持モデル その許容せん断力について考察する。

いま図-7のような地すべり時(表層崩壊)、根(一種の杭)に作用する土塊の荷重負荷のモデルを考える。このとき地表面では3つのすべりIH, ILQN, NMが生ず

る。このとき杭に作用する地すべり土圧はIL, QNに働く土圧と、直線LQに働く土圧の和になる。したがってこれから杭にかかる斜面方向の全土圧Pは次式のようになる³⁾。ただし斜面勾配は後述するように25°とした。

$$P = 2h^2 \left(\frac{\ell}{h}\right)^2 \frac{\pi \theta}{180^\circ} \left(\frac{1}{2} N_\phi r_t h + \sqrt{N_\phi C}\right) \sqrt{\left(\frac{\ell}{h}\right)^2 + 1} + dh \left(\frac{1}{2} N_\phi r_t h + 2 \sqrt{N_\phi C}\right) \dots\dots\dots(1)$$

ここにhは根(杭)の有効長、dはその直径、 ℓ はすべり長さ、 θ はすべり線の広がり角度、 ϕ は土の内部摩擦角で $N_\phi = (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$ 、Cは土の粘着力、 r_t は土塊の単位体積重量である。

実験結果によれば $\phi = 35^\circ$ 、 $C = 0.1 \text{ ton/m}^2$ 、 $\theta = 30^\circ$ であったので、これらの値を(1)式に代入すると

$$P = 1.05 \ell^2 (1.23 r_t h + 0.19) \sqrt{\left(\frac{\ell}{h}\right)^2 + 1} + dh (1.85 r_t h + 0.38) \dots\dots\dots(2)$$

ここで根の有効直径を10cm、有効長さを1m、土塊の単位体積重量を1.8 ton/m³

$$P = 2.52 \ell^2 / \sqrt{\ell^2 + 1} + 0.37$$

図-5の実験結果では崩壊は斜面勾配約50°で起っている。これは実験規模が小さいため(摩擦角よりも他の要因の影響の方が大きい)と考えられる。現実にはこの値はもっと小さくなるのが普通である。したがってここでは一般に山腹崩壊の最も起こり易いと言われる25°~45°の斜面を対象として(ここではその下限値25°を用いた)、木材の許容せん断荷重60kg/cm²を用いて(3)式から $d = 10 \text{ cm}$ の1本の根による土塊の支持範囲を計算するとわずか数mとなる。これから椎葉村大河内矢立のような花崗岩地帯で斜面勾配が大きく、風化が相当進んだ地域では樹木の杭効果を期待するには4~5mの幅でしか伐採できないと言える。なおクヌギ、コナラ等の造成が防災的観点から望まれるのは伐採後も杭効果の低下が防げることであろう。

4. まとめ

表層崩壊における根の杭効果と、その作用範囲、さらに森林の伐採可能範囲についてモデル実験をもとに若干の検討を行い、その結果斜面勾配が25°以上の風化花崗岩マサ土斜面においては、防災的観点からみてほとんど森林の伐採はできない状況にあることを明らかにした。そしてクヌギやコナラ林等の造成が山地の保全上からも優れていることを示した。なおこれらの値については今後さらに詳細に検討する所存である。

引用文献

- (1) 駒村富士弥：治山、砂防工学、98、森北、東京
- (2) 阿部和時：緑化工技術、10(3)、4~5、1984
- (3) 山田剛二ら：地すべり斜面崩壊の実態と対策、171~173、山海堂、東京