

東京工業大学 (正) ○日下部 治

東京農工大学

塚本 良則

1. はじめに

自然斜面の崩壊形式の内、深さが2m以内、一般に1m程度の崩壊は表層崩壊として分類されるが、この崩壊形式では、表層の根系網が斜面の安定に何らかの寄与をしているものと思われる。森林伐採地でこの種の崩壊が発生することは、根系網の腐朽に伴う斜面補強効果の低減を示しており、Gray¹⁾らの試算によると、根系の抵抗力は、伐採後5年経過すると伐採直後に比べ約1/2に減ずると言われている。一般に根系の分布密度は、樹木の周辺に高く、樹木から離れると低く、根系が崩壊抑止作用を発揮していると思われる規模の崩壊に於ては、樹木と樹木の間で崩壊が発生し易いことが観察されている。樹木根系は、水平根と斜出根の二種類に大別され、水平根は、斜面表層に平行に伸長する根系を指し、分岐が多く、多数の細根をつけている。一方斜出根は、鉛直方向め、それにやや傾斜する方向で土中に杭のような形で伸長し、分岐が少なく、分岐根も短い。(図-1)。

こうした樹木根系の斜面安定化効果の定量的理解は、自然斜面の表層安定問題ばかりでなく、植生工を施した盛土斜面の表層安定問題を考える上でも重要と思われる。本報告では、水平根、斜出根の補強効果について上界定理を用いた一計算結果を示す。

2. 上界値計算

ここで考える表層崩壊は、非排水条件下で崩壊するものとして $c_u = 0$ と仮定し、地山の非排水強度を c_u とする。根系の補強効果による地山の強度増加を擬似的な粘着力成分の増大とする考えは従来から行なわれており、それを直接根系の引っ張り強度と関係づける試みも行なわれている。¹⁾ 今回

の計算では、これに従い水平根を含む場合の強度を αc_u 、斜出根を含む場合を βc_u と単純化して考えることにする。崩壊のメカニズムを図-2に示すようなもので、崩壊巾を W 、崩壊長さをも l 、深さを d 、土の単位体積重量を γ 、斜面勾配を η 、樹木の単位面積当りの重量を α とする。なお斜出根の影響は図-2の $E F E' F'$ の部分のみとする。全外力仕事量を W 、全内部消散量を E を用いて、安全率は次のように書くことが出来る。

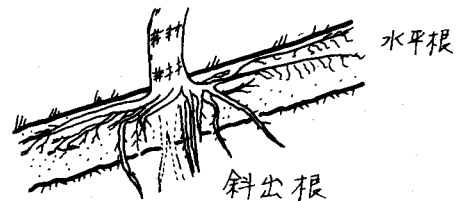


図-1 樹木根系の発達

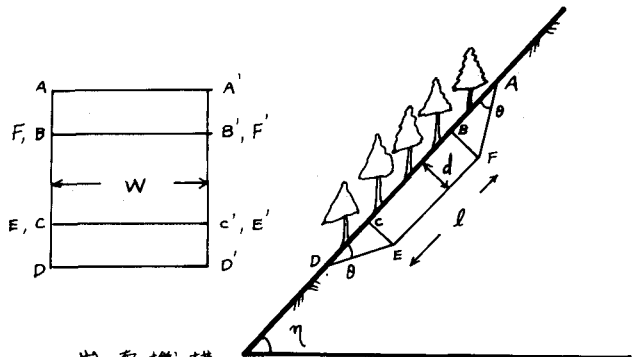


図-2 崩壊機構

$$F_s = \frac{E}{W} = \frac{\beta c_u}{\gamma d \sin \eta} \times \frac{\left[2 \frac{\alpha}{\beta} \frac{d}{l} \left(\frac{1}{\sin \theta \cos \theta} + \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \right) + 1 + 2 \frac{\alpha}{\beta} \frac{d}{l} \left(\frac{d}{l \sin \theta} + 1 \right) \right]}{\left[\left(\frac{d}{l} + 2 \frac{\alpha}{\gamma l} \right) \cot \theta + \left(1 + \frac{\alpha}{\gamma l} \frac{l}{d} \right) \right]}$$

上式で、 $W \rightarrow \infty$ 、 $l \rightarrow \infty$ とすれば、無限斜面の安全率に等しくなることが簡単に確かめられる。ここで $F_s = 1$ の時を考えれば、限界斜面についての情報が得られる。それを l/d について整理し、簡単のために $\alpha = 0$ 、 $\theta = 45^\circ$ とおくと

$$\frac{l}{d} = \frac{N - 6k - 2\sqrt{2}k \frac{d}{W}}{1 + 2k \frac{d}{W} - N}$$

と書き表わされる。ここで $k = \frac{\sigma}{\beta}$ 、 $N = \frac{\gamma d \sin \eta}{\beta C_u}$ である。

一方、水平根の寄与を調べるために、全内部消散量に対する C_u を含む項の比 g をとってみると次のようになる。

$$g = \frac{6k \frac{d}{W} + 2k \frac{d}{W} (\sqrt{2} \frac{d}{W} + \frac{l}{W})}{(6k \frac{d}{W} + \frac{l}{W}) + 2k \frac{d}{W} (\sqrt{2} \frac{d}{W} + \frac{l}{W})}$$

3. 計算結果

限界斜面形状に及ぼす根系の効果を調べたのが図-3 である。たとえは、崩壊深さの20倍の中で表層崩壊が生じるとき、 $k=1$ 即ち水平根と斜出根が同程度の補強効果であると、限界斜面形状比 $l/W = 0.55$ 程度であるのに対し、 $k=2$ のときは $l/W = 1.8$ となり、 k の増加に従い限界斜面形状は細長いすべりになることが読みとれる。

図-4 は、水平根の寄与分 g を限界斜面形状比 l/W についてプロットしたものである。計算例によって水平根の寄与分を求めてみる。今、 $\gamma = 1.5 \text{ t/m}^3$ 、 $d = 0.5 \text{ m}$ 、 $W = 10 \text{ m}$ 、 $\eta = 30^\circ$ 、 $\beta C_u = 0.25 \text{ t/m}^2$ 、 $k=1$ のとき、 $N = \frac{\gamma d \sin \eta}{\beta C_u} = 1.5$ 、及び $W/d = 20$ であるので、図-3 より、限界斜面長 $l/d = 1.5$ 、即ち $l = 5.75 \text{ m}$ と求まり、 $l/W = 0.575$ を用いて図-4 より $g = 0.40$ が知られる。よって、この場合、水平根の寄与は40%となるわけである。水平根の腐朽は、斜出根より速く進むと思われ、この計算例は水平根の腐朽が、伐採後の表層崩壊の大きな原因の一つとなりうることを示唆するものと思われる。

4. おわりに

根系の斜面補強効果について簡単なモデルを用いた一計算結果を示した。今後、自然斜面で β 値の評価法について考案を進める予定でいる。

5. 参考文献

1) Gray, D.H. and Megahan, W.F. (1981): "Forest vegetation removal and slope stability in the Idaho Batholith", Intermountain Forest and Range Experiment Station Research Paper INT-271.

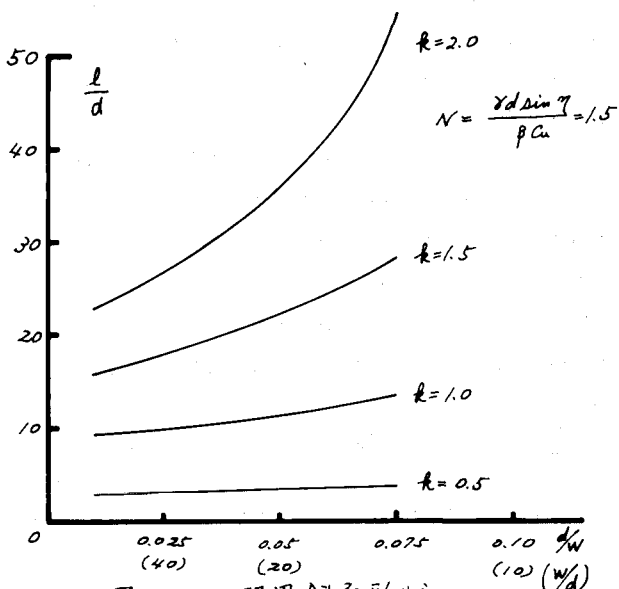


図-3 限界斜面形状

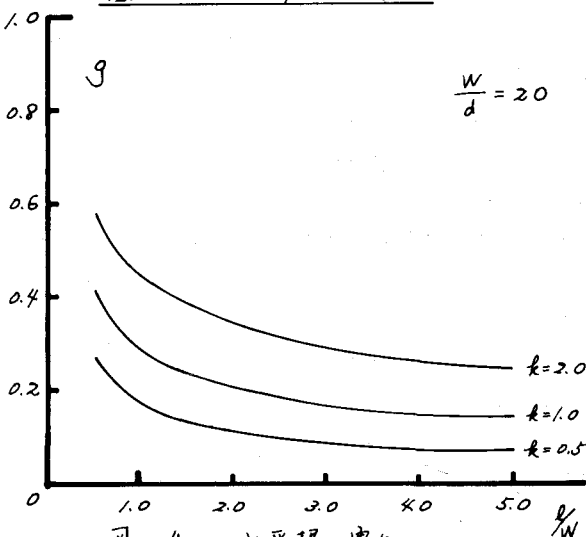


図-4 水平根の寄与