

斜面崩壊に及ぼす植物の影響

岐阜大学 学生員 〇桜木 克孝
岐阜大学 正 員 田中祐一郎

1. はじめに

崩壊や流出に及ぼす植物の影響は定性的にはよく知られているが定量的に調べられた例は少ない。しかし崩壊に及ぼす植物の影響は無視することはできない。そこで、ここでは植物の崩壊防止機能について検討する。図-1は昭和19年に川口・山本が行なった現地試験の結果である。即ち40m×20mの試験地をIは根も取り除いた場合、IIは皆伐、IIIは3/4、IVは1/2、Vは1/4だけ伐採した試験地での年間の流出土砂量の相違を示したものである。流出土砂は崩壊によるものではなく、ほとんどは表面侵食土量であるが、図-1に見るように植物および根の存在は流出土砂量に極めて大きな影響を及ぼしていることが分かる。

2. 樹木の引き抜き抵抗試験

荏住によって根系に関して詳細かつ膨大な調査が行われている。図-2は根系の支持力と根株直径の関係を樹種ごとに表したもので、実際に樹木の引き抜き試験を行なって得られた結果をプロットしたものである。図-2の横軸の下に樹令の座標軸を加えることによって、根系の支持力の樹令による変化もわかるようになった。

3. モデルによる考察

荏住は根系の根鉢を樹種によりA集中型、B中庸型、C疎放型の3つにタイプ分けし、その型状を回転楕円体としてモデル化することに試みている。この方法で数値計算を試みた結果、根鉢の体積を大きくとりすぎることが分かった。そこで図-3に示すような円錐形状の樹根モデルを用いることにする。このモデルはすでに田中によって採用されているが、田中は引き抜き抵抗をQによって評価しているが、先の試験はワイヤーにより引っ張ったPで引き抜き抵抗値を得ているため、Pによって評価し直すことにする。Wは土塊の重量、Pは木の重量、F'は滑り面としての周面積Sに作用する粘着力、Vは土塊の体積として

$$W = \gamma \cdot V \quad (1)$$

$$V = \pi j^3 (4 + 3 \tan \varphi) / 3 \quad (2)$$

$$F' = C \cdot S \quad (3)$$

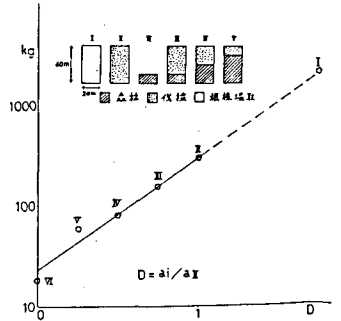


図-1 植生面積による流出土量の変化

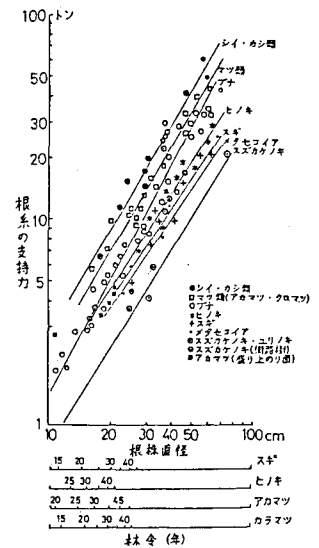


図-2 各樹種の根系の支持力

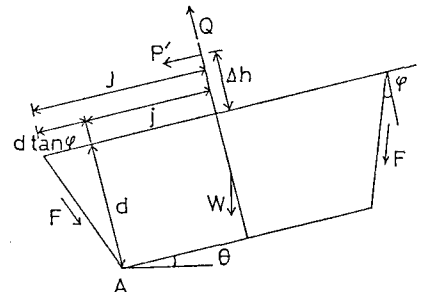


図-3 樹根の引き抜きモデル

となる。根の張り出し長さを j 、根入りの深さを d として、簡単のために $j \div d$ と仮定すると

$$S = \pi j^2 \sec \varphi (2 + \tan \varphi) \quad (4)$$

$$J = j (1 + \tan \varphi) \quad (5)$$

点Aの回りのモーメントを考えると(Δh は P' の作用点までの距離)

$$P'(\Delta h + j) = (W + P)j \cos \theta + F'j \quad (6)$$

$$P' = \{(W + P)j \cos \theta + F'j\} / (\Delta h + j) \quad (7)$$

C_p とは植物係数と名付けられた係数で次のように定義される。

$$C_p = P' / \pi C J^2 \quad (8)$$

(1)~(7)式を(8)式に代入すると C_p は次のようになる

$$C_p = \frac{\cos \theta}{(1 + \tan \varphi)^2 (\Delta h + j)} \left\{ \frac{P}{\pi C j} + \frac{j}{3 C} (4 + 3 \tan \varphi) + j \frac{\sec \varphi}{\cos \theta} (2 + \tan \varphi) \right\} \quad (9)$$

図-4は図-2と同じように根系の支持力と根株直径の関係を表したもので、これは(7)式を使って求めた。図-2と図-4を重ねてみると、直線の傾きなど少し異なるが、両図はほぼオーバーラップしている。このことから C_p の計算式(P' の計算値)はほぼ妥当なものと判断される。この C_p を求ると、植物の無い場合の斜面上の土に働く力の釣り合い式と比較することにより、植物の存在によって土の粘着応力 C は次のように増加することが分かる。

$$C' = C(1 + C_p) \quad (10)$$

図-5は縦軸に植物係数 C_p 、横軸に内部摩擦角 φ をとったグラフである。 C_p の値は C と φ によって大きく変わるが、 j の値には限度があるために C_p の値は実用上2~3の範囲にあるものと思われる。

4. 斜面崩壊機構

斜面上の土に作用する力の釣合の式(クーロンの式)を基礎として、これに降雨と地下水の連続式および地下水の運動方程式によって地下水の水面形を適切に評価する。このような地下水の存在を考慮した間隙水圧を先の土の釣合方程式に組入れることにより、基面に作用するせん断応力が土の粘着応力 C' と、間隙水圧を考慮した有効応力とによるせん断抵抗応力を越える場合に崩壊が発生するとして、崩壊発生条件式は

$$\tau \geq C' + \sigma \tan \varphi \quad (11)$$

より検討することができる。使用した計算式および計算結果は講演時に述べることにする。

参考文献

- 1) 川口・山本：林業試験集報、第57号、1948 2) 荻住：樹木根系図説、誠文堂新光社、1979 3) Y. TANAKA: Proc. I. A. H. R. (A. P. D.), 1984 4) 駒村・渡辺：日本林学会誌、Vol. 59, No. 9, 1977

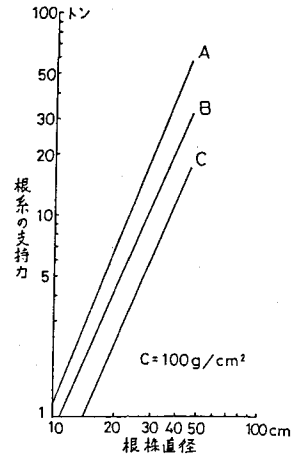


図-4 モデルによる支持力の計算結果

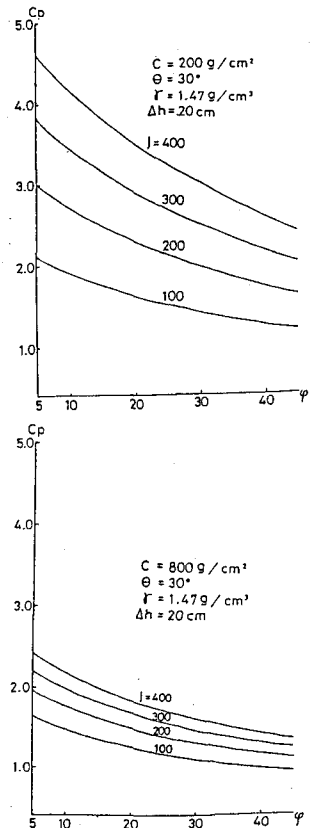


図-5 植物係数の計算値