

PSII-9

林地斜面における崩壊の発生

岐阜大学工学部 正員 田中祐一郎

1. はしがき： 森林の洪水調節効果や崩壊の防止機能について、定性的には良く知られているが、定量的効果については今一つ明かとなっていない。本研究は林地での崩壊発生機構について試みた、一つの検討結果を報告するものである。

2. 根系の形状と大きさ： 苅住¹⁾は各種の根系に関し、詳細かつ膨大な研究を行なった。樹木が倒伏する場合、根系と土とが一体となって抜け上る。このときの体積を根鉢と云うことにする。根鉢の形状を図-1に示すように、回転楕円体の半分として取り扱うことにすると、その体積 V 、表面積 S 、離心率 e 、重心の位置 G はそれぞれ次のようになる。

$$V = 2\pi a b^2 / 3 \quad (1)$$

$a > b$ のとき

$$S = \pi \left\{ a^2 \frac{b^2}{2e} \ln \left(\frac{1+e}{1-e} \right) \right\} \quad (2)$$

$$e = (a^2 - b^2)^{1/2} / a \quad (3)$$

$$OG = 3b / 8 \quad (4)$$

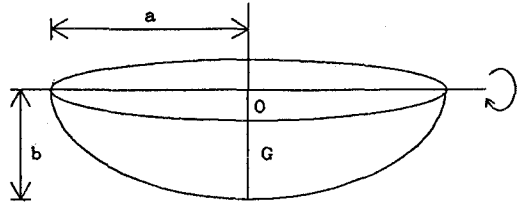


図-1 根鉢の形状

苅住¹⁾はこの根鉢 a 、 b の大きさを、樹種を考慮して、直径3種、深さ3種の計9種に分類し、樹木の生長による幹の太さ D によって与えられる図表を発表している。

3. 樹木の引き抜き抵抗： 土の移動によって樹木に作用する力を直接測定することは困難なため、木の根元にワイヤーを掛け、樹木を引き抜く時の最大張力を測定すると云う、引き抜き抵抗試験が多くの人によって実施されている。図-2は苅住の著書に収録されている引き抜き抵抗試験の結果を示したもので、樹

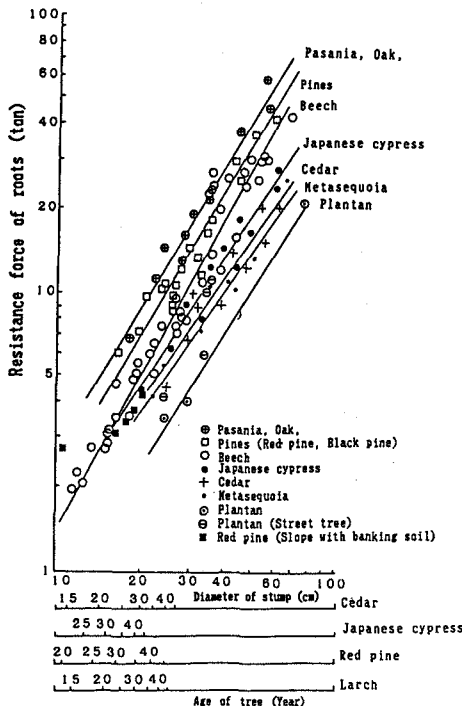


図-2 引き抜き抵抗試験の結果

種によって若干の差異がある。この試験の様子を図-3に示すようにモデル化する。根系には水平根と鉛直根（主根）に大別される。水平根は地表面付近に存在していることから、図のA点を支点に転倒モーメントが作用するものと仮定する。先に考えた根鉢の形状より、根鉢の重さ W 、表面に作用する粘着力 F は土の粘着応力を C 、飽和土の単位重量を γ_s とすると、

$$W = \gamma_s V \quad (5) \quad F = CS \quad (6)$$

となる。 W に比べ樹木の重量は小さいとして無視すると、A点の周りのモーメントと釣合を考え、引張り力 P は次のようになる。

$$P = \frac{\pi a b^3}{4 h} \gamma_s \cos \theta + \frac{3}{8 h} b S C \quad (7)$$

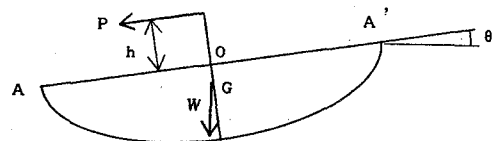


図-3 引き抜き抵抗試験のモデル

4. 根系の斜面安定効果： 今一辺がL、他辺がL'なる長方形斜面上にn本の樹木が存在する場合を考える。樹根の作用をも考えた斜面全体での基面に働くすべり力は、平均的な粘着応力をC'とすると、

$$L L' C' = L L C + n P \quad (8)$$

と表わせる。上式の両辺をLL'で割り、植物係数と名付けたC_pを、

$$C_p = n P / (L L' C) \quad (9)$$

のように定義すると、(8)式は

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

となる。LL'/nは樹木1本当りの面積であり、根鉢の面積を基準に、根系圏面積 $m \pi a^2$ （mは1以上の係数）で表すことにすると、

$$C_p = \frac{1}{4 m a b h} \left(\frac{\gamma_s b^4}{C} \cos \theta + \frac{3 b^2 S}{2 \pi} \right) \quad (11)$$

となる。図-4はC_pの計算値を示したものであり、Cの値が小さくなる程その影響は大きい。1969年の黒部湖上流域での崩壊事例²⁾の検討の際、C_p=2.2なる値を用いて計算された崩壊土量は実測値とほぼ一致した。苅住による這い松の樹根図¹⁾より、m=1.6として(11)式より計算されるC_pは2.18となり、先の値と一致する。

5. 林地の崩壊発生条件： 先に筆者³⁾は裸地での崩壊発生条件式を導いた。すなわち、クーロン表示に従い、

$$\tau > C + \sigma \tan \phi \quad (12)$$

の条件を満たすとき崩壊が発生する。ここにτは基面に作用するせん断応力、σは基面に作用する鉛直応力、φは土の内部摩擦角である。簡易分割法による円弧すべり解析を適用した結果、円弧の半径は無限大とすれば良いことが明かとなった。その場合の崩壊発生限界降雨条件式は、次のように導かれた。

$$r \cdot R \geq \frac{2 k A^2 \tan \theta}{L \cos \theta} \quad (13)$$

$$A = n \frac{C \sec \theta - D \gamma (\tan \theta - \tan \phi)}{(\gamma_s - \gamma) \tan \theta + (\gamma - \gamma') \tan \phi} \quad (14)$$

ここに、D：斜面上の土層厚、γ：乾燥土の単位重量、γ'：土の水中単位重量である。

林地の場合は、(14)のCを(9)のC'に置き換えれば良い。即ち、樹木の存在は土のみのCを1+C_p倍だけ大きくする効果をもつことを意味している。

6. むすび： 以上、樹根の形状を回転楕円体の半分と仮定することにより、その崩壊に及ぼす効果を表すC_pなる係数を新たに提案した。林地では裸地における土の粘着応力を1+C_p倍だけ大きくする効果をもつことが明かとなった。

参考文献 1) 苅住具：樹木根系図説、誠文堂新光社、昭54年。

2) 田中、舞鶴高専紀要、第18号、1983、PP.60-66。

3) 田中、水工学論文集、第34巻、1990、PP.379-384。

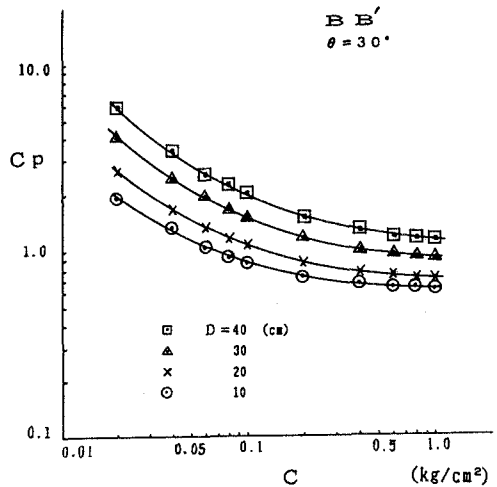


図-4 C_pの計算値