

東京農工大学農学部 塚本良則・太田猛考・小林勝之

1 はじめに

昨年は根系を水平根と斜出根に分け、水平根に根束過渡則と根系分岐則の二つを仮定してモデル化し、根株を中心とした円周上の任意位置で根の平均本数と平均直径を求める方法を提案し、水平根量につき検討した。鉛直根の効果は無限長斜面の式により評価できるが、水平根の効果の評価できる方法については著者の塑性論の上界定理を用いる方法以外にはない。本報告では斜出根を前報の水平根と同じ方法でモデル化し、水平根と斜出根両方の効果を上界定理を用いた安全率で評価する。

2 崩壊ブロックの仮定と上界定理の適用

図1は表層崩壊ブロックの図である。ブロックは3つの剛体ブロックからなり、これらは非排水条件下の挙動をとるものとした。三角形プリズム形 $ABF'A'B'F'$ は角度 θ の $AB'A'B'$ 傾斜面を V_0 の速度ですべり落ちてゆき、 $BCEF'B'C'E'F'$ ブロックは $FEE'F'$ 面に沿って V_1 の速度で下る。 $CDEC'D'E'$ は V_2 の速度で $DEDE'$ の傾斜面に沿って押し出される。3ブロックは剛体であるから自動的に非圧縮の法則を満足している。鉛直方向の速度の連続性を満足することによって次式が得られる。 $V_0 \cos \theta = V_1$, $V_2 \cos \theta = V_1$ 。速度の不連続面上のエネルギー消散を計算するために根の補強による剪断力の増加を粘着力項の増加と考へる。水平根による粘着力の増加を CR_H 、斜出根による増加を CR_V とし、次式で土と根が作る粘着力を表す。 $dC_u = C_u + CR_V$, $\beta C_u = C_u + CR_H$ (C_u : 土の粘着力)。エネルギー消散は不連続面に沿って起り、すべての肉係成分をまとめるとエネルギー消散の合計値は次式で表される。

$$\dot{E} = C_u V_0 \cos \theta \left[2d \cdot d \left(\frac{1}{r} \sin \theta \cos \theta + \sin \theta / \cos \theta \right) + \rho l \right] W + 2d \cdot d \left(d / r \sin \theta + l \right)$$

一方重力場における全仕事は次式で表される。

$$\dot{W} = V_0 r d W \cos \theta \cdot \sin \eta \left\{ (d + 2\tilde{\alpha}/r) \cos \theta + (l + \tilde{\alpha}l/rd) \right\}$$

このとき斜面の安全率 F_s は次式となる。

$$F_s = \dot{E}/\dot{W} = \left[2(d/\beta)(d/r) \left(\frac{1}{r} \sin \theta \cos \theta + \sin \theta / \cos \theta + 1 + 2(d/\beta)(d/r) (d/r \sin \theta + l) \right) \right] / \left[(r d \sin \eta / (C_u)) \times \left\{ (d\tilde{\alpha} + 2 \cdot \tilde{\alpha}/r l) \cos \theta + (1 + \tilde{\alpha}/r l) \cdot l/d \right\} \right]$$

ここで $W \rightarrow \infty$, $l \rightarrow \infty$ とすると無限長斜面の安全率となる。

$$F_s = \beta C_u / r \cdot d \cdot \sin \eta$$

3 斜面形と樹根の斜面安定効果の関係

斜面の土厚とそれに起因する根の分布状態を基準として斜面を4タイプに分類する。これら4斜面タイプに上記の上界定理に基づく解析法を適用して根の効果を検討してみる。崩壊形、表土厚、根の成長抑制等の条件は次の通りである。根は表層土では何等の成長抑制を受け

ることなく発達し、Bタイプ岩盤

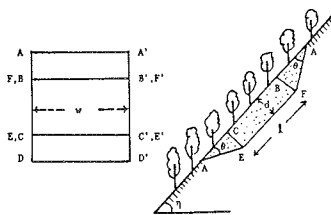


図1 崩壊ブロックの3分割

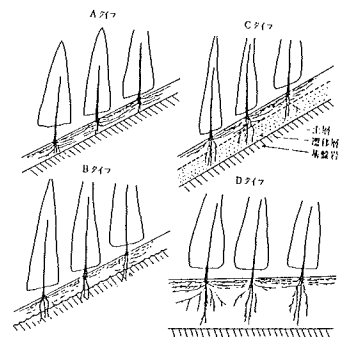


図2 樹根分布を基準にした斜面分類

とCタイプ遷移層では斜出根成長が抑制される。勿論Aタイプでは岩盤に根は入らない。森林地上部(平均直径,本数)は茨城地方スギ収獲表を用いた。根量はTR率で決め、水平・斜出根量は根量率(Aタイプ0.05, B,C,Dタイプ0.5)で決定する。成長抑制のない基準状態の根束適減則と分岐則から斜出根の本数と直径を求め、これを表層±300cmのDタイプに適用する。計算最大根系深は20年生150, 60年生280cmであった。続いてAタイプでは表層±50cm以下の斜出根はすべて水平根になるとした。Bタイプでは表層±70cmの下に5cmの遷移層があると1で根量制限を算出した。Cタイプでは表層±70cm, 遷移層100cmとし、遷移層内では根量が遷移層上端で基準状態と同量, 下端でゼロとなる直線減少とすると仮定した。この減少分は水平根に転換し、減少した斜出根で再計算して抑制を免れた根の直径と本数を求めた。崩壊は長さ60m, 中30m, 粘着力 0.2kg/m^2 , $\theta = 45^\circ$, $\eta = 30^\circ$, $\gamma = 1500\text{kg/m}^3$ と仮定して計算した。

4 結果と考察

各斜面タイプにおける β 値の林全に対する経年変化と計算し、続いて水平根と斜出根を取り入れた安全率 F_s と斜出根のみを考慮した無限長斜面の安全率 F_{sv} の林全に対する変化を調べた。最後に水平根(土の粘着力を含む)が崩壊抑制にどのほど関与しているかをみるために水平根寄与率を定義し、林全に対する変化を調べた。水平根寄与率 = (土によるエネルギー消散) / (全内部消散 E)。 F_s 値では根がすべり面に達しないDタイプが著しく小さい。 F_{sv} では一方この傾向が強い。両者より斜出根の効果が崩壊抑制に大きいことが分る。 F_s 値と F_{sv} 値の比較で注目されるのはAタイプの F_s 値が F_{sv} 値に比較して大きいことである。 F_s 値と F_{sv} 値の差が水平根の効果とみることができると、Aタイプでは水平根の効果が著しく働いていると考えられる。B, C斜面においても水平根効果が相当程度働いていることが読みとれる。林全との関係では20年まで急増, 20年以後やや漸減の傾向が F_s , F_{sv} に共通してみられる。水平根寄与率でDタイプが著しく大きいのは斜出根がすべり面に達しないからである。またAタイプでは水平根寄与率が20年以後30~40%以上となる。

5 参考文献

Y. Tsukamoto, O. Kusakabe: Proceedings, Sympo. on effect of land use on erosion and slope stability, East-Westcenter, Hawaii: 1984

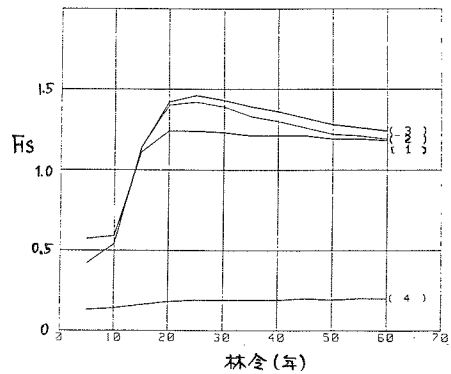


図3 F_s 値の林全に対する変化

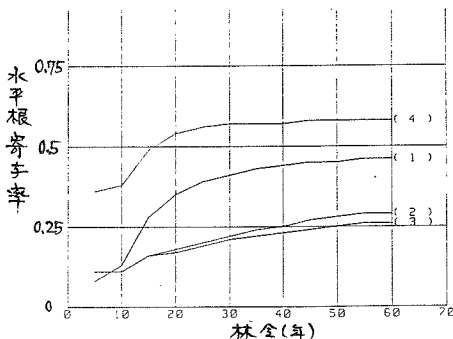


図5 水平根寄与率の林全に対する変化

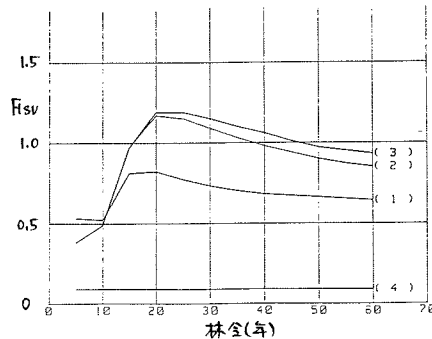


図4 F_{sv} 値の林全に対する変化

- (1) Aタイプ斜面
- (2) B "
- (3) C "
- (4) D "