

III-23 樹木根系の効果を考慮した斜面安定解析（Ⅰ） — 根系の引き抜き強度 —

国立林業試験場 正員 岩元 賢
 国立林業試験場 阿部和時

1. はじめに

林地斜面における樹木根系網は表層崩壊を防止する効果のあることが報告されている。著者らの大型一面せん断試験結果によれば、スギ林地の土層せん断強度は根系分布量によって異なるが、裸地よりも約30%は大きく、これは根系網による土層のせん断強度の補強効果として検証された。このような根系網の効果をさらに定量化するためには、実際の林地崩壊地で広範な調査や実験を実施して適確な崩壊防止モデルを作成する必要がある。そこで、実際の林地で根系の引き抜き試験を実施して斜面安定解析をしたので報告する。

2. 樹木根系網による表層崩壊防止モデル

崩壊地調査や大型一面せん断試験において、崩壊スベリ面には各直径の根系が引き抜かれたり、切断された形態で残存している。図-1は、樹木の垂直根や斜出根を主体とした場合の崩壊防止モデルである。従来の斜面安定計算によると、立木1本当りに関するabcd面内の力関係は、全外力Wと土のせん断抵抗力 τ と根系の補強効果Sのつり合いで表わされ、斜面の安全率Fsは周知の次式で与えられる。

$$F_s = \frac{R}{W} = \frac{(C + \sigma \tan \phi) \ell + S_F + S_T}{(Tw + \gamma H \ell) \sin \theta} \quad (S = S_F + S_T) \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 S_F および S_T は根系の摩擦力和切断強度、Twは樹木重量、 ℓ は立木1本当りの斜面長である。

3. 崩壊地調査と現地根系引き抜き試験

3.1 調査地の概要

調査地は群馬県水上町の国立林試・宝川理水試験場周辺の国有林等で、地質は第3紀の礫岩と安山岩、土壌はBd型で表層土が薄くて多くの礫を含んでいる。調査対象林分は、スギ、コナラを中心とした25年生の林分である。この地域は、1985年7月に日雨量229mmの豪雨によって多数の表層崩壊が発生した。立木密度は約1500本/ha（立木1本の占有面積は6.7m²）である。

3.2 根系引き抜き試験

実際の林地において、式(1)の S_F 、 S_T を直接測定するのは効率が良くないため、今回はこれらの合力Sを引き抜き試験で直接測定することにした。引き抜き試験は、図-2に示すように、まず根株を除去した後各根系端をチャックではさみ、これをテルホールで引く形式で、ワイヤーの途中にはロードセルを設置して引き抜き強度を経時的に自動計測して、その後データ類をパソコン等で計算処理した。

3.3 根系分布調査

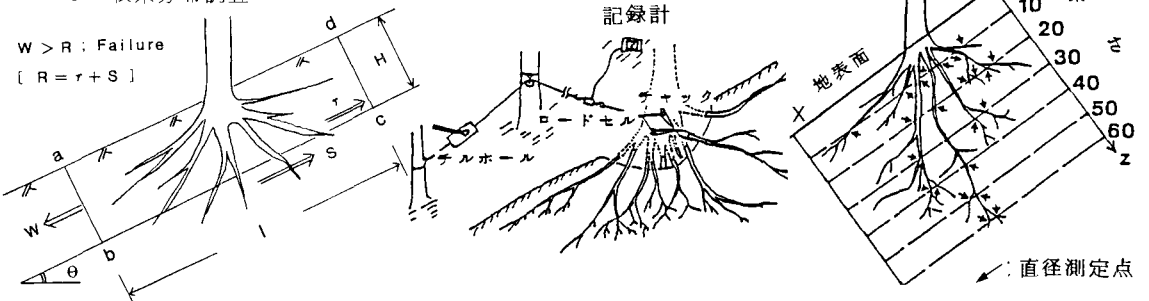


図-1 根系による表層崩壊防止モデル 図-2 引き抜き試験 図-3 根系分布調査法

引き抜き試験で得られる根系の補強効果を土層の各深度ごとに評価するために、隣接する対象木の根系を図-3に示すように、10 cm深さごとに掘り起こして直径、根系長、本数を測定して根系分布を測定した。

4. 試験結果と考察

4.1 深度別の根系長分布

表層崩壊に対する根系の抵抗力を評価する際には、切断強度と根系の直径、土と根系間の摩擦力としての根系長の分布特性が大きく影響する。図-4は、各樹種の深度別根系長分布を示したもので、これによると調査地での根系の分布範囲は主として、深さ80~100 cmで、最頻度根系量は深さ30~50 cmである。直径階級ごとの頻度は、直径10 mm以上のものは深さ20~50 cm、5 mm以下は50 cm以深に多くなる傾向にあり、本調査地の場合、根系分布は土壌条件とくに硬度に影響されるようである。

4.2 引き抜き強度

一般に、根系の引き抜き強度は $S = a D^b$ なる経験式 $S1: S = 4.31 D^{1.48}$ と与えられる。本試験の結果(図-5)は次式で与えられる。 $S2: S = 12.94 D^{1.08}$ } . . . (2)

4.3 根系効果を考察した斜面安定計算例

$$KO: S = 4.01 D^{1.41}$$

調査地における根系効果を計算する場合には、各深度の根系の直径級別分布本数($D_i \sim n_i$)を式(2)に代入すれば、深度別の根系強度 S_i が得られる。そこで、土質試験結果から $\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$ 、 $\phi = 30^\circ$ 、 $C = 0.3 \text{ t/m}^2$ 、 $\ell = 2.6 \text{ m}$ として各パラメーターを計算して式(1)に代入すると図-6が示される。図において、根系を含む土層の全抵抗力 R が崩壊防止に寄与する訳であるが、根系の効果は τ と R の接点Aより上部で有効となり、それ以下では発揮されないことになる。すなわち、 R が一時的に最小値となる深さが崩壊に対して弱所となりうることを表わすもので、実際の崩壊深が1 m前後である事実を説明している。一方、この林地で樹木が30年生以上で深さ1 m以下にまで根系が分布していたら、表層崩壊を防止しうる可能性のあった事は、他の林分調査結果から推定された。

5. あとがき

実際の崩壊機構は、降雨の浸透による土質定数や根系効果の変動特性を詳細に考慮しなければならない。さらに、根系の垂直根、斜出根、水平根の効果とその特性を定量的に調べる必要があるので、今後の検討課題としたい。

参考文献 1) 阿部・岩元: 日林誌 68. 12, 1986

2) Gray他: For. Res. Paper INT-271, 1981

3) 日下部・塚本: 39回土木年講 Ⅲ, 1984

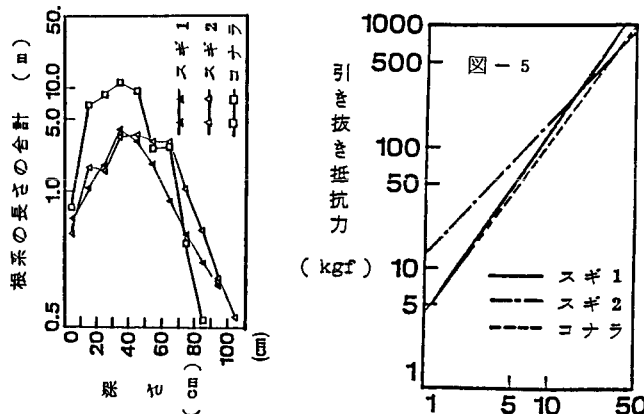


図-4 根系長分布(深度別) 引き抜き部直径 (cm)

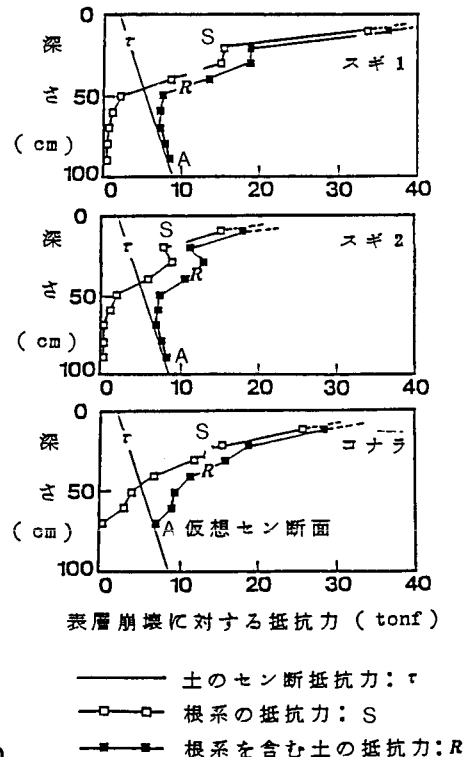


図-6 表層崩壊抵抗力の深度別変化