

III-601

根系による斜面崩壊抑止効果

愛媛大学工学部 (正) 八木 則男・矢田部 龍一
鳥取大学工学部 (正) 榎 明潔
鹿島建設株式会社 (正) ○大塚 俊二

1. はじめに

自然斜面に存在する根系は明らかに斜面崩壊を抑止している。根系による補強効果としては、①見かけの粘着力の増加によるせん断抵抗の増加、②引張り強度の増加によるテンションクラックの抑制の2つが考えられるが、これらを定量的に評価した研究は少ない。本報告では根系による斜面崩壊抑止効果を調べるために各種実験と安定解析を行った結果について述べる。

2. 根系による土の補強効果

<せん断強度の増加> 従来、根系による補強効果は見かけの粘着力 c の増加として現れると言われている¹⁾。図-1に愛媛大学農学部付属演習林で行った大型現地一面せん断(CD)試験結果の一例を示す²⁾。根系によりせん断抵抗角 ϕ はほとんど変化せず c のみが増加し、その増加分は $c_r=0.05\text{kgf/cm}^2$ 程度であった。また浸水状態でも c は低下するが消失しない。

<引張り強度の増加> 土は通常ほとんど引張り強度を持たないが、根系を含む場合にはその引張り抵抗により存在する可能性があり、これは崩壊時に斜面頂部に発生するテンションクラックの抑制に役立つと思われる。図-2に根系を含む不かく乱まさ土の引張り試験結果を示す²⁾。根系により引張り強度が数倍にも増加すること、また湿潤時にも低下はするが残存することは明らかである。

3. 根系による斜面崩壊抑止の要因

<せん断抵抗の増加> 根系により c が増加するなら、当然すべり面のせん断抵抗は増加する。高さ5.2m、傾斜角32°、層厚1mのモデル斜面に対しFellenius法と一般化された極限平衡法(GLEM)³⁾において根系による増加分 c_r を地表面からの深さに応じて与えて解析した結果を図-3に示す。なおGLEMでは、ブロック間面の安全率 F_{sl} の仮定により $F_{smed}(F_{sl}=F_s)$ 、 $F_{smin}(F_{sl}=\infty)$ の2つの安全率をブロック形状を任意に変えて最小化して求め、真の安全率は両者の間に存在すると考える。どちらの解析法においても根系による c_r が大きいほど、また根系の存在する深さが深くなるほど安全率は増加する。

<テンションクラックの抑制> 根系により引張り強度 σ_t が増加するならテンションクラックを抑制し、斜面の安全率を増加させる可能性がある。従来は解析法が異なってもランキンの主動土圧が0になる深さまでクラックが鉛直に入るとして安全率を求めているが、斜面の高さや傾斜に無関係に一定の深さを与える、クラ

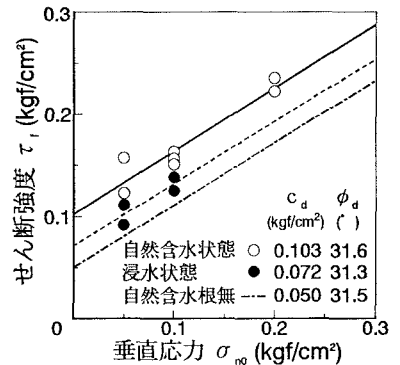


図-1 現地一面せん断試験結果

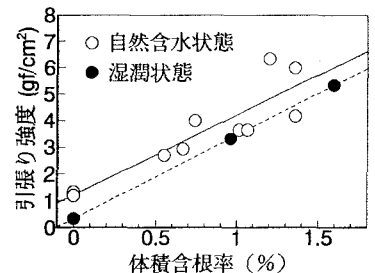
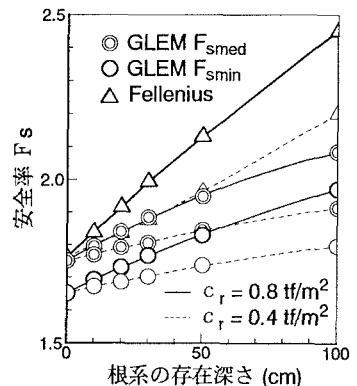


図-2 引張り試験結果

図-3 c_r による安全率の増加

ックは鉛直に入るとは限らないなどの問題を残している。ここではブロックに作用する垂直応力 σ と $\sigma_{cr} = \sigma_t(1 + \sin\phi) + c \cdot \cos\phi$ を用いて引張り破壊の判定をし、 $\sigma < \sigma_{cr}$ のときはテンションクラックですべり土塊を分割して安定解析を行う⁴⁾。なお、GLEMのように力のつりあいを満たす解析法では引張り破壊面に引張り強度に応じた引張り力も作用させることができるが、Fellenius法ではクラックで分割することしかできない。図-4に示す解析結果から、テンションクラックにより安全率が低下すること、Fellenius法では引張り強度を考慮できないのに対してGLEMでは引張り強度の増大にともない安全率が増加することは明らかである。また、同じモデル斜面に対して根系の存在する深さを変えながら c_r とテンションクラックを同時に考慮してGLEMで安定解析を行った場合、図-5に示すように根系の存在する深さが深くなるほど安全率は増加し、テンションクラックも抑制される。

4. 実際問題への適用

根系による斜面崩壊抑止効果が実際にはどの程度であるか調べるため、図-6に示す実際の自然斜面について安定解析を行った結果を図-7に示す。なお、図中の強度定数・斜面形状は各種試験・測量による実測値である。テンションクラックの考慮の有無に関わらず根系により安全率は0.1程度増加するが、その増加分はテンションクラックを考慮する場合にはやや小さくなる。いずれにせよこの斜面が安定を保っているのは根系による補強効果のためであり、降雨浸透により斜面内間隙圧が発生すれば必ず崩壊すると思われる。

5. おわりに

砂質土斜面は降雨時に c が消失して崩壊しやすいといわれるが、根系がある程度以上存在すれば c は消失しない上、引張り強度も残存するので斜面の安定が保たれる。自然斜面の安定問題を考える場合、根系の影響を考慮する必要がある。

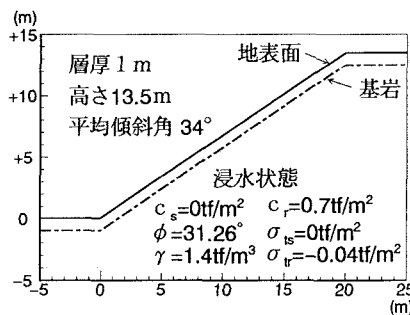


図-6 解析モデル

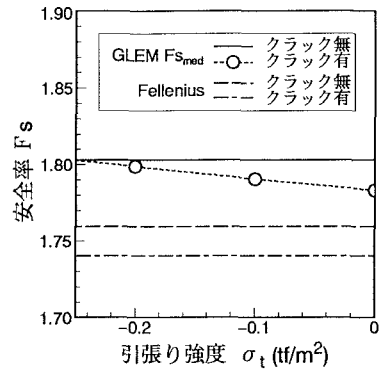


図-4 テンションクラックの影響

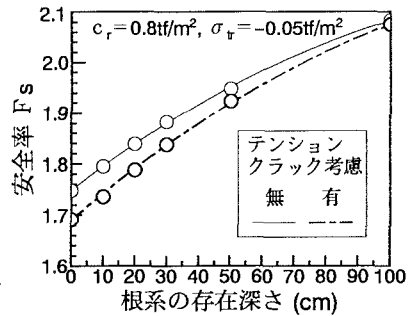


図-5 根系による安全率の増加

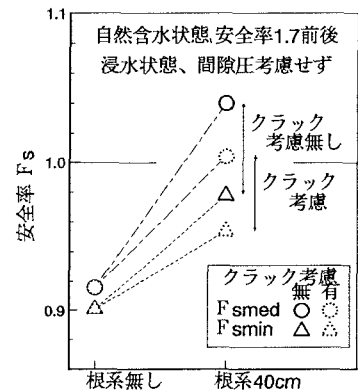


図-7 安定解析結果

参考文献 1)遠藤泰造・鶴田武雄：樹木の根が土のせん断強さに与える作用(第一報)，林業試験場北海道支場年報(1968)，pp.167～182，1968。2)八木・榎・大塚・塩田：根系による土の補強効果，平成5年度土木学会中国四国支部研究発表会，投稿中。3)Enoki, M. et al. :Generalized limit Equilibrium method and Its Relation to Slip Line Method, S&F, Vol.31, No.2, pp.1～13, 1991。4)八木・矢田部・榎・大塚：テンションクラックを考慮した斜面の安定解析，第28回土質工学研究発表会発表講演集，投稿中。