

Ⅲ-787 補強土斜面の安定解析

鳥取大学 (学) 徳沢 政秀・(正) 榎 明潔

1. はじめに

引張り補強材を用いた補強土斜面の安定解析法は、斜面安定解析法自体の問題と補強機構を正しく評価することの困難さのために未だ確立されていない。本報告では、一般化された極限平衡法(GLEM)¹⁾を用い、補強機構を2方法(補強土を異方性c-φ地盤とみなす方法、補強材を一本ずつ判定する方法)で導入することによって、①補強斜面問題には解(最小安全率とそれを与えるすべり面形状)の存在しない問題があること、②解の存在する問題においても補強材を一本ずつ考える場合には関数の不連続性のため容易にそれを求められないことを明らかにする。

2. 斜面の安定問題における解の存在に関する検討

解を与えるすべり面が支持力問題では基礎の端部を、土圧問題での壁面の下端を通ることが明らかであるのに対し、斜面安定問題ではこれが明らかでないため、図-2のようにbを変えて解(最小安全率とそれを与えるすべり面)を探す必要がある。無補強斜面では解が存在するためには、粘着力 $c \neq 0$ かつ有限斜面である必要がある。即ち、 $c \neq 0$ の斜面では「c効果」によりすべり面が深くなる{bが増加する}と共に安全率が低下するが、有限斜面では「有限斜面効果」によりすべり面が深くなる{bが増加する}と共にすべり面の平均勾配の低下により安全率が増加するので、両効果により極値(安定問題の解)が存在するのである。²⁾ 一般に補強斜面には補強材による異方性のみかけの粘着力 $c_a(\theta)$ が発生する³⁾ため、補強斜面の安定問題は解の存在する問題であると想像できる。しかし、補強斜面でも「過補強」(b, γに対して相対的に補強し過ぎ)な斜面では解が存在しない場合がある。斜面安定問題の解である安全率 F_s は、土(地盤)の強度定数c、φを F_s で割り地盤のせん断強度を $\tau = \sigma(\tan \phi / F_s) + (c / F_s)$ と低下させ極限平衡状態を得ることによって求める。しかし、補強斜面の場合、上式は次式になる。 $\tau = \sigma(\tan \phi / F_s) + (c / F_s) + c_a(\theta)$ 、 $c_a = T \max \cdot \sin \theta \{ \cos \kappa + \sin \kappa \tan \phi \} / d \cdot v$ は補強材によるみかけの粘着力であり、θは補強材の敷設方向とすべり面のなす角度である。この式から分かるように斜面の安全率 F_s は土の強度定数に対してのみ定義されているため、「過補強」である補強斜面では F_s を増加させて土のせん断強度をいくらか減少させても斜面が極限平衡状態にならず斜面の安全率を得ることができなくなる。

3. 各解析法による解析結果

図-1の θ_0 なる傾斜の補強斜面で、法先を通るθなる傾斜の平面のすべり面上での安全率 F_s を求めると次式を得る。 $F_s = \gamma b h \cos \theta \tan \phi / (\gamma b h \sin \theta - 2 c_a \sqrt{h^2 + (b+d)^2})$ (1)

$$c_a = T_{\max} \sin \theta (\cos \kappa + \sin \kappa \tan \phi) / d \cdot v$$

κ: 補強材力の作用方向とすべり面の角度

c_a : 補強材によるみかけの粘着力

$T_{\max}$ (補強材の最大引張り強度) = 1 tf/m 、 dv (補強材の敷設間隔) = 1 m 、 $\{T_{\max} / dv = 1 \text{ tf/m}^2\}$ の補強斜面に対して(1)式より① F_s とb(m)の関係(理論値)、②補強土を異方性c-φ地盤とみなす解析法による1ブロックの解析結果、③補強土を異方性c-φ地盤とみなす解析法による4ブロックの解析結果、④補強材を

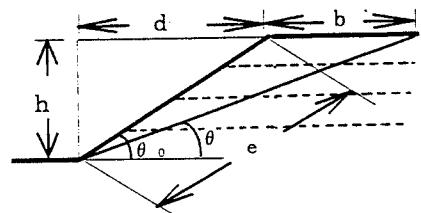


図-1 補強斜面

一本ずつ判定する解析法による解析結果、また⑤、⑥同問題に対して単位体積当たりの補強材力が等しく敷設間隔を大きくした補強斜面($T_{\max} = 3 \text{ tf/m}$ 、 $dv = 3 \text{ m}$ 、 $\{T_{\max} / dv = 1 \text{ tf/m}^2\}$)に対して2つの解析法による解析結果を図-2に示した。b < 1mの場合、③④では安全率を求められなかった。つまり、b, γに対して「過補強」である場合、解がある補強斜面の安定問題においても解析法によって安全率を求められないすべり面形状があると考えられる。また、補強材の敷設間隔が小さい場合、2つの解析法はほぼ同じ解析結果を示しているが、敷設

間隔が大きい場合は異なる解析結果を示している。図-4に $b(m)=2m, 3m$ の最小安全率を与えるすべり面形状を示した。補強斜面が崩壊するとき、そのすべり面形状は補強材をできるだけ避けてできる。補強材を一本ずつ判定する解析法による解析結果は補強材をできるだけ避けてすべり面ができてはいるが、補強材を異方性 $c-\phi$ 地盤とみなす解析法による解析結果は補強材の位置に関係なくすべり面ができてはいる。つまり、補強斜面の補強効果を正しく表しているのは補強材を一本ずつ判定する解析法である。

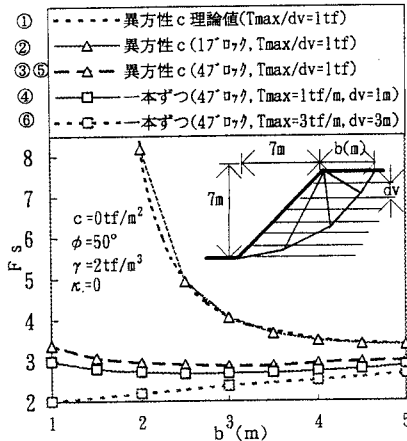


図-2 F_s と b の関係

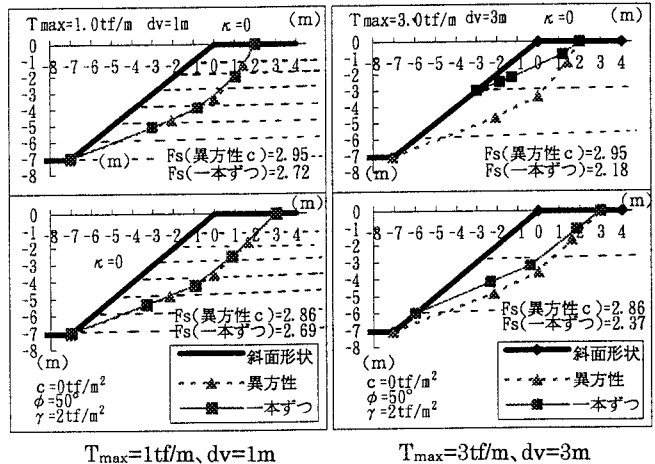


図-3 $b=2.3m$ をもつ最小安全率を与えるすべり面形状

しかし、 $T_{max}=1tf/m, dv=1m, \{T_{max}/dv=1tf/m\}$ の補強斜面に対して2つの解析法により $b=3m$ として R (すべり面の端部と斜面上部との距離) と安全率との関係を示した図-4より、補強材を一本ずつ判定する解析法による解析結果は補強材を異方性 $c-\phi$ 地盤とみなす解析法による解析結果に比べて不連続性が大きい。また、補強材力と敷設間隔を大きくすればする程この不連続性は大きくなると考えられる。すべり面が補強材と交差するしないとは安全率が大きく違うために安全率を最小化する際、補強材を一本ずつ判定する解析法は初期値に大きく依存する。そのため、補強斜面の安定問題を解くこと(補強斜面の安全率を最小化すること)は容易ではないことが分かる。

4. おわりに

補強斜面の安定解析においては、安全率がすべり面形状に対し不連続性に変化するため、まず、補強材を異方性 $c-\phi$ 地盤とみなす解析法によって最小安全率を求め、この最小安全率を示すすべり面形状を初期値として補強材を一本ずつ判定する解析法を用いて解析するという手順をとればよい。しかし、「過補強」である補強斜面では、安定問題の解が得られないため、安定問題を解く以前に、補強材を異方性 $c-\phi$ 地盤とみなし平面すべり面を仮定した理論式(1)によって解の存在をチェックし、解のある問題ならば解の存在する b の範囲をチェックする必要がある。

<参考文献> 1)Enoki,M., et al.:Generalized Limit Equilibrium Mwthod & its Relation to Slip Line Method, S&F, Vol31, No.2, PP.1-13, 1991 2)榎他：斜面安定問題における解の存在に関する検討,第28回土質工学研究発表会 3)榎他：補強土地盤の見かけの粘着力を用いた安定解析法,第29回土質工学研究発表会

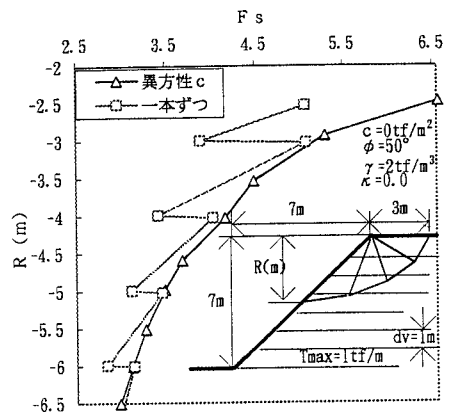


図-4 F_s と R の関係