

群馬大学 正 鶴飼恵三, ○学 岡本圭司, 井田寿朗

1. まえがき

すでに提案している²⁾、FEMを用いた2次元斜面安定計算法を引っ張り亀裂が生じるケースに適用した結果を報告する。本方法は、任意斜面形状、不均質な土質、不規則な間隙水圧分布をも考慮できる一般的な2次元安定計算法であり、従来の極限平衡法で定義された強度安全率(全体安全率)の最小値が得られるという優れた特徴を有する。

2. 計算法

2次元平面歪状態を前提とする。破壊条件としてMohr・Coulomb式(式(1))、塑性ポテンシャルとしてDrucker・Prager式(式(2))を用いた。これらを σ_x , σ_y , τ_{xy} によって表現すると

$$f \equiv -\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \sin \phi' + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} - c' \cos \phi' = 0 \quad (1)$$

$$\Phi = -\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \sin \psi + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} - c' \cos \psi \quad (2)$$

c' , ϕ' , ψ は粘着力, 摩擦角, ダイレイタンシー角である。

弾塑性FEMの定式化に際して必要になる応力増分 $d\sigma^T = (d\sigma_x \ d\sigma_y \ d\tau_{xy})$ と全歪増分 $d\epsilon^T = (d\epsilon_x \ d\epsilon_y \ d\gamma_{xy})$ の関係は文献1)に与えられている。プログラムに際しての注意事項は文献²⁾が詳しい。以上の仮定によれば、均一な地盤の土質定数は、ヤング率 E , ポアソン比 ν , 粘着力 c' , 摩擦角 ϕ' , ダイレイタンシー角 ψ , および単位体積重量 γ の6つのパラメータによって表現されることになる。

計算の方法を説明するために、ある任意の斜面を想定する。斜面の土質は不均質であってもよいし、間隙水圧が存在してもかまわない。地盤のせん断強度は

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (3)$$

で表現される。今、有効応力に関する強度定数 c' , $\tan \phi'$ を定数 F で割り、
仮想的なせん断強度

$$\tau_F = c' / F + \sigma' \tan \phi' / F \quad (4)$$

を想定する。 F が小さい場合には τ_F は大きな値となり斜面はいたるところで弾性応力状態となる。これを斜面の最初の応力状態として弾塑性FEM計算を開始する。 F を段階的に増加させて計算を行い、ある段階での反復計算が発散し斜面が崩壊に至ったと判断されたときの F の値を斜面の(全体)安全率と定義する(図. 1)。このとき、計算途中で斜面内のせん断応力が τ_F より大きくなる場合が生じる。このときの処理の方法については文献³⁾を参照されたい。

3. 計算例

LeshchinskyはBaker&Garberの変分法にもとづく斜面安全率の決定法の考え方に基礎を置いた計算法を提案している⁴⁾。この方法はSpencer法などのように、内力に関する静定化のための仮定を前提とすることなしで、任意形状のすべり面の安全率を計算することができる。彼は3種類の不均質な斜面の計算例を与えている。また、テンションクラックも考慮している。以下において、同じ斜面を本FEM計算法で解いた結果を1例

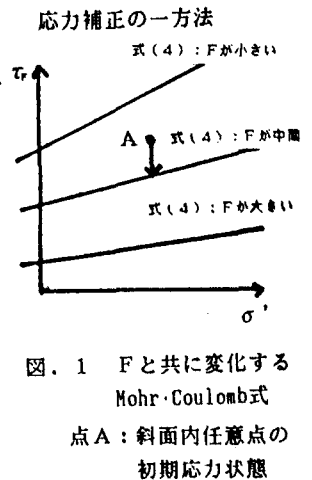


図. 1 F と共に変化するMohr・Coulomb式

点A: 斜面内任意点の初期応力状態

Leshchinskyの計算結果を図. 2(a)に示される非円形すべり面をもつ切土斜面を考える。斜面上部に6.7ft(2.0m)深さのテンションクラックを考える。斜面上部のシルト層の材料定数は $\phi = 10^\circ$, $c = 500 \text{ lb/ft}^2$, $\gamma = 120 \text{ lb/ft}^3$ 、斜面下部の粘土層のそれは、 $\phi = 0^\circ$, $c = 500 \text{ lb/ft}^2$, $\gamma = 115 \text{ lb/ft}^3$ である。Leshchinsky法とSpencer法による結果を図. 2(a)、(b)に示す。Spencer法($F_s = 1.414$)はLeshchinsky法($F_s = 1.263$)より大きな安全率を与えている。

FEMによる計算結果(テンションクラックを考慮した場合) - テンションクラックを考慮するために、斜面頂部より右方20ft, 30ft, 40ftの3箇所に厚さ0.2ft, 深さ5ftの要素を挿入し、 $\phi=0^\circ$, $c=5\text{lb/ft}^2$, $\gamma=0$, $E=100\text{lb/ft}^2$, $\nu=0$, $\psi=0^\circ$ とした。

4. まとめ

文献)

1) 鶴飼, 地質と斜面崩壊に関するシンボ, 1990. 2) 田中他, 「わかりやすい土質力学原論」, 1987. 3) 鶴飼, 土と基礎, 1990. 4) Leshchinsky, ASCE, GT. 5, 1990.

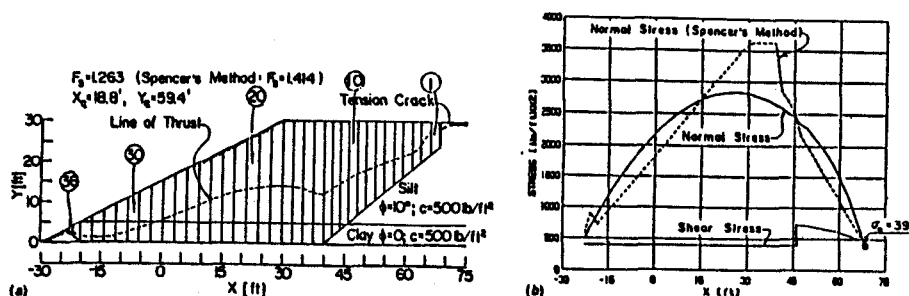


図. 2 Leshchinsky法とSpencer法による問題1の解析
(a)安全率と内力の作用線, (b)垂直応力とせん断応力の分布
($1ft=0.30m, 1lb/ft^2=47.85Pa$) (文献4)のFig.4より引用)



図. 3 (a) 図. 2 の FEM 解
 i_m の分布 (相対値)



図. 3 (b) 図. 2 の FEM 解
(テンションクラック考慮)
 σ_{xx} の分布 (相対値)