

宮崎大学工学部

学生員 ○川内 功、南里正博

正員 横田 漢、藤本 廣

1. まえがき

昭和43年のえびの地震以来、地震時におけるシラス層斜面の安定性に関する研究が、土質工学上の重要な課題となり、種々の研究がなされてきた。著者らも先に、F. E. Mによる斜面安定解析を行ったが¹⁾、線形弾性範囲にとどまるものであり、不十分なものであった。今回、その限界をみるために、一つの非線形解析として、C. V. Girijavallabhanの手法²⁾をそのまま斜面に適用して解析を試み、その結果をここに報告する。

2. 解析方法

非線形解析方法として、直接反復法であり、擬弾性係数擬ポアソン比を以下のようにして定める。

等方完全弾性体では、八面体応力、ひずみの間に次式が成立する。

$$\sigma_{oct} = \frac{1-2\nu}{E} \sigma_{oct} \quad (1)$$

$$\gamma_{oct} = \frac{2(1+\nu)}{E} \tau_{oct} \quad (2)$$

式(1)、(2)に、次の仮定を用いて、土の特性(Dilatancy)効果を導入する。

仮定1: 等方圧による体積変化を無視する。(軸差応力状態での体積変比だけを考える)

仮定2: $\tau_{oct}/\sigma_{oct} \sim \gamma_{oct}$ 曲線は σ_3 に無関係である。

仮定1を用いれば、式(1)は、

$$\begin{aligned} \sigma_{oct} &= \frac{1-2\nu}{E} \sigma_{oct} = \frac{1-2\nu}{E} (\sigma_3 + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{3}) \\ &= \frac{1-2\nu}{E} \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{3} \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{\Delta V}{V} = \frac{1-2\nu}{E} (\sigma_1 - \sigma_3) = (1-2\nu) \epsilon_1 \quad (3)$$

式(3)と三軸試験結果より、 ν を求めたのが図-1である。

(表-1 参照)

また、三軸試験結果より、 $\tau_{oct}/\sigma_{oct} \sim \gamma_{oct}$ 曲線を求めれば図-2の通りである。(表-1 参照)

仮定2より、 σ_3 による相異を無視して、これを一本の曲線とみなす。次に、計算過程では σ_{oct} の値は不明であるので、半無限弾性体での σ_{oct} すなわち、

$$(\sigma_{oct})_{in} = \frac{1}{3} \{ \sigma_{th} + 2\sigma_{th} \frac{\nu}{1-\nu} \} = \sigma_{th} \frac{1+\nu}{3(1-\nu)}$$

(σ_{th} : 深さ)

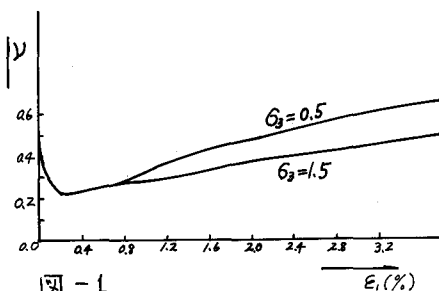


図-1

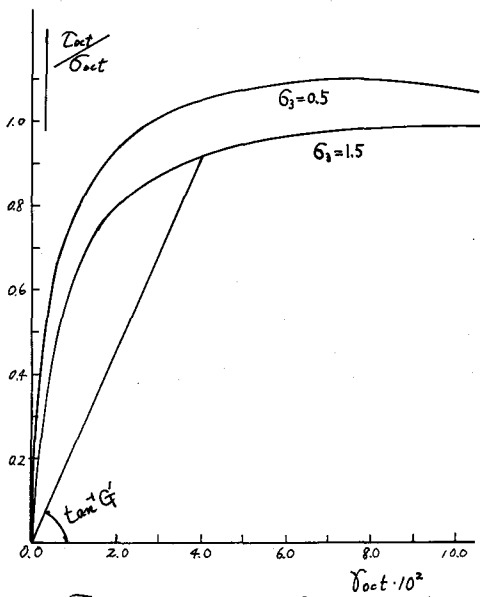


図-2

を用いて

$$\sigma_{out} = (\sigma_{out})_{in} G' \gamma_{out} = \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{out} \text{より}$$

$$E = 2(1+\nu) \cdot (\sigma_{out})_{in} G' \quad (4)$$

3. 数値計算

図-3(a)に示すような斜面(高さ $H=2H$, 傾斜角 $\alpha=63.5^\circ$)を対象とし、作用する荷重はシラス層の自重と地震力として水平震度 K_h を考える。計算に使用した諸定数は表-1に示す通りである。なお、擬ポアソン比は σ_1, σ_3 によってその値を変えなければならないが(図-1)、ここではいずれも $\nu=1/3$ として計算を行った。

$$f_0 = \frac{2Cd \cos \phi_d + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi_d}{\sigma_1 - \sigma_3} \text{ にて安全率を}$$

定義し、斜面高 $H=35\text{m}$ におけるその値を図-3(a)に付記する。($K_h = 0.0$)

図-3(b)に主応力分布図と反復計算過程における第1回め(線形弾性体の解に相当)の主応力値に対する最終状態(収束)の主応力値の比を付記し、非線形の影響を調べたものである。同図より、非線形の影響は無視しうる程度であることが認められる。

引張力が発生すると、その方向の弾性係数はゼロ、直角方向には式(4)よりえられる値を用いて、直交異方性解析を行った。その結果、引張領域は図-3(a)にみるように、要素②④だけしか発生しなかった。(斜線の部分)なお、 K_h の影響については講演時に発表の予定である。

4. あとがき

斜面にF, E, M非線形解析の適用を試みにか、本数値例($K_h=0.0$)ではその影響はあまり認められなかった。なお、解析は平面歪状態であるにもかかわらず、 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線には軸対称状態で行ったこと、引張領域に対する、 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線を用いず式(4)の関係をを用いたこと、最大主応力、最小主応力とも引張力が発生した場合の処置、要素の粗いこと等、まだ不十分な点が種々あり今後の研究課題としたい。

(参考文献)

- 1) 藤本、横田「地震時におけるシラス層斜面の安定性」自然災害特別研究研究成果No A-49-1, PP63~70
- 2) C. V. Girijavallabhan, 「Finite-Element method for problems in soil mechanics」, A. S. C. E. SM 2, March, 1968

表-1

試料	四家シラス	図1, 2の諸定数
2mm以下粒子比重	2.34	$e=1.029$ $\gamma_s=1.660$ $C_d=0.520$ $\phi_d=46.3^\circ$
気乾含水比	0.41%	
Max γ_d	1.152 g/cm^3	
Min γ_d	0.816 "	
max γ_{sat}	1.665 "	
min e	1.028	
max e	1.873	

