

構造異方性を有する粘性土地盤の支持力推定

長崎大学工学部 学○山中 稔 正 棚橋 由彦
学 禿 和英

1. はじめに

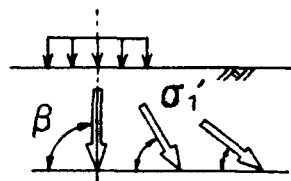
有明海に深く広く堆積する全国でも有数の軟弱な有明粘土は、その堆積過程を通じて粘土粒子が配向構造をなし、強度異方性が存在することが知られている¹⁾。

最大主応力 σ_1' 軸と水平(堆積)面との狭角を β と定義すると、図-1に示すように、一般に σ_1' 軸は鉛直軸より傾き、 β は様々な値を取る。著者らは、この β と構造異方性に起因する強度定数との関係に着目し、これまでにCIU($\sigma_c=0.72\text{kgf/cm}^2$)、CKoU($\sigma_1'=1.5\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_3'=K_0\sigma_1'=0.72\text{kgf/cm}^2$)両試験を行ってきた²⁾。そして、平面ひずみ状態(b 値=0.5)での β に対応する破壊時の有効応力比 $(\sigma_1'/\sigma_3')_f$ は、 β の3次曲線で近似できることが判明した³⁾(図-2, 式(1)参照)。

本報告は、これまでの成果を踏まえ、異方性を有する実地盤の支持力安定解析への最初の試みとして、水平地盤上に帯状等分布荷重が載荷した場合の、すべりに対する異方性地盤の支持力推定を試みたものである。

2. 安定解析方法

図-3に解析モデルを示す。帯状等分布荷重(全幅 B)の中心軸と地盤面との交点を原点 O とし、鉛直下向きを Z 軸とする。地盤は正規圧密状態、地下水面は地盤面と一致し、すべり面は荷重端を通る円弧と仮定する。分割法(分割数10)を用い、円弧上の各点に作用する自重による初期応力 $\sigma_{z'}=\gamma_{\text{sub}} \cdot z$, $\sigma_{x'}=K_0\sigma_{z'}$ と、ブーネスクの解より求めた載荷による応力増分 $\Delta\sigma_{z'}$, $\Delta\sigma_{x'}$, $\Delta\tau_{zx}$ を、図-1 σ_1' 軸の傾きと β の定義



分割片のすべり面上の垂直応力 σ_n' , $\Delta\sigma_n'$ と、せん断応力 τ , $\Delta\tau$ にそれぞれ変換する。また、平面ひずみ解析とし、内部摩擦角 ϕ' は、より異方性が保持されている²⁾³⁾CIUの3次曲線(図-2参照)を用いて、初期応力と応力増分の和より求めた最大主応力 σ_1' 軸の傾き β から、 ϕ' を式(1)(2)から算出する。式(1)の β はradian表示。

$$(\sigma_1'/\sigma_3')_f = 3.5 + 14.19\beta - 21.92\beta^2 + 8.70\beta^3 \quad \text{--- (1)}$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left\{ \frac{(\sigma_1'/\sigma_3')_f - 1}{(\sigma_1'/\sigma_3')_f + 1} \right\} \quad \text{--- (2)}$$

σ_1' の作用方向の違いによる ϕ' の変化を考慮した、粘性土地盤の円弧すべりに対する安全率は式(3)により求まる。

$$F_r = \frac{\sum (\sigma_{ni}' + \Delta\sigma_{ni}') \tan \phi_i'}{\sum (\tau_i + \Delta\tau_i)} \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 i は分割片番号を意味する。

なお、土の水中単位体積重量 $\gamma_{\text{sub}}=0.8\text{tf/m}^3$, 静止土圧係数 $K_0=0.48$ とした。

また比較のために、実地盤と堆積面の方向が一致する $\beta=90^\circ$ での ϕ' の値($=43.5^\circ$)を用いて、すなわち、 ϕ' の変化を考慮しない場合(ϕ' 一定)についても安定計算を行った。

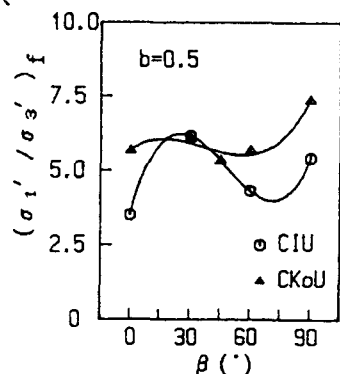


図-2 $\beta \sim (\sigma_1'/\sigma_3')_f$ 関係の3次曲線による近似

3. 計算例

図-4 は、荷重条件 $B=4\text{m}$, $q=20\text{tf/m}^2$ で、 ϕ' の変化を考慮した安定計算結果の一例を示している。図中には、各分割片のすべり面上における最大主応力 σ_1' の大きさと向きも併記している。荷重載荷付近では、増分せん断応力 $\Delta\tau_{zx}$ が大きく、 σ_1' は大きく傾き、 β は 90° よりも小さくなっているが、外側に移行するにつれて $\Delta\tau_{zx}$ が小さくなり、 β は 90° に近づいていることがわかる。最小安全率 $(Fr)_{\min}$ は 1.79 である。一方、同様の荷重条件で、 ϕ' 一定での安定計算によれば、 $(Fr)_{\min}$ は 2.07 となり、 σ_1' の作用方向の違いによる ϕ' の変化を考慮した解析方法の方が、最小安全率は 0.28 小さくなる。

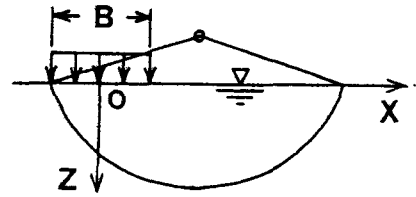


図-3 解析モデル

図-5 は、載荷幅一定 ($B=4\text{m}$) で載荷重 q を増加させた場合の最小安全率の変化を示している。同じ載荷重の場合、 ϕ' の変化を考慮した方が安全率は低くなっている。しかし設計安全率を 1.2 としても、どちらも許容支持力は 100tf/m^2 以上となり、一般的な粘土地盤のそれに比べて大きすぎる。この原因として、今回用いた ϕ' が比較的大きい¹⁾ ことと、すべり面を円弧とした仮定が、大きく起因しているものと考えられる。

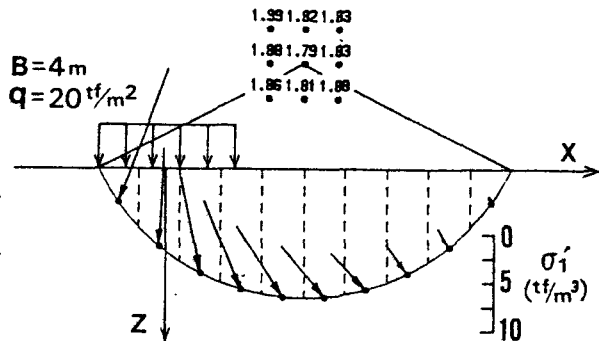


図-4 ϕ' の変化を考慮した安定計算

図-6 に、載荷重一定 ($q=20\text{tf/m}^2$) で載荷幅 B を増加させた場合の最小安全率の変化を示している。載荷重 q を増加させた場合と同様に、 ϕ' の変化を考慮した方が安全率は低くなっている。またどちらも、載荷幅 B が増加するにしたがい安全率は上昇している。

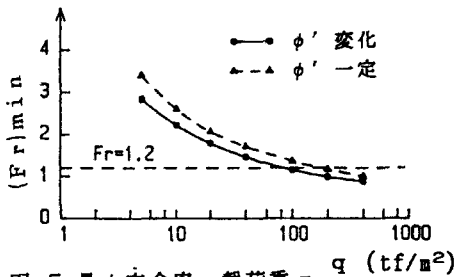


図-5 最小安全率～載荷重 q (tf/m^2)

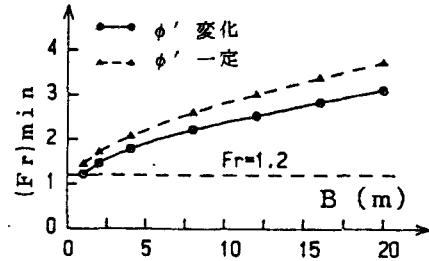


図-6 最小安全率～載荷幅 B

4. おわりに

以上の支持力推定計算から、 ϕ' 一定では支持力を実際の異方性地盤より大きく見積もることとなり、危険であることが判明した。今後は、すべり面を円弧以外の形状に仮定した安定解析も行う予定である。
(参考文献)

(1) 鬼塚・林・平田・村田(1976): 土質工学会論報, Vol. 16, No. 3. (2) 棚橋・山中他(1990): 第25回土質研究発表会, Vol. 1, (3) 棚橋・山中他(1991): 長崎大学工学部研究報告, Vol. 21, No. 36.