

III-451 強度異方性を考慮した粘性土地盤の支持力算定

長崎大学工学部 学○山中 絵 正 棚橋由彦  
学 宮川英也

1. はじめに

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

図-1に示すように、最大主応力 $\sigma_1'$ 軸と水平(堆積)面との狭角を $\beta$ と定義すると、一般に $\sigma_1'$ 軸は鉛直軸より傾き、 $\beta$ は大きく変化する。著者らは、この $\beta$ 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( $\sigma_1' = 1.5\text{kgf/cm}^2, \sigma_3' = K_o\sigma_1' = 0.72\text{kgf/cm}^2$ )両試験を行ってきた<sup>2)</sup>。そして、平面ひずみ状態( $b$ 値=0.5)での $\beta$ に対応した破壊時の有効応力比 $(\sigma_1'/\sigma_3')_f$ は、 $\beta$ の3次曲線で近似できることが判明した<sup>3)</sup>(図-2,式(1)参照)。

本報告は、これらの成果を踏まえ、強度異方性を有する粘性土地盤の支持力安定解析として、水平地盤上に帯状等分布荷重が載荷した場合の、すべりに対する支持力推定を行ったものである。

2. 安定解析方法

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 $O$ 、鉛直下向きを $Z$ 軸とする(図-3挿入図参照)。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 $\sigma_z' = \gamma_{\text{sub}} \cdot z$ 、 $\sigma_x' = K_o\sigma_z'$ と、ブーゼ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、各分割片のすべり面上の垂直応力 $\sigma_n'$ 、 $\Delta\sigma_n'$ と、せん断応力 $\tau$ 、 $\Delta\tau$ 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 $\phi'$ は、異方性の保持が強い<sup>2)3)</sup>CIU試験結果の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 $\sigma_1'$ 軸の傾き $\beta$ から、 $\phi'$ を式(1)(2)から算出する。式(1)の $\beta$ はradian表示。

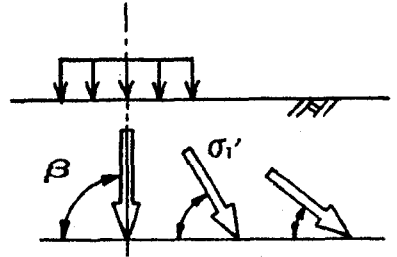


図-1  $\sigma_1'$ 軸の傾きと $\beta$ の定義

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

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

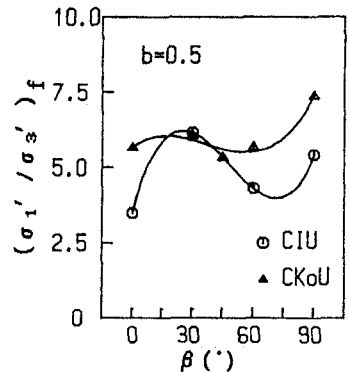


図-2  $\beta \sim (\sigma_1'/\sigma_3')_f$ 関係の3次曲線による近似

$\sigma_1'$ の作用方向の違いによる $\phi'$ の変化を考慮した、正規圧密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。

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

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  $K_o=0.48$ 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 $\phi'$ の値( $=43.5^\circ$ )を用いて、すなわち、 $\phi'$ の変化を考慮しない場合( $\phi'$ 一定)についても安定計算を行った。

### 3. 計算例

図-3は、荷重条件 $B=4m$ ,  $q=20tf/m^2$ で、 $\phi'$  の変化を考慮した安定計算結果の一例を示している。荷重載荷付近では、増分せん断応力 $\Delta\tau_{zx}$ が大きく、 $\sigma_1'$  軸は大きく傾き、 $\beta$ は $90^\circ$ よりも小さくなっているが、外側に移行するにつれて $\beta$ は $90^\circ$ に近づいている。最小安全率 $(Fs)_{min}$ は1.79である。一方、同様の荷重条件で、 $\phi'$  一定とした安定計算によれば、 $(Fs)_{min}$ は2.07となり、 $\sigma_1'$  の作用方向の違いによる $\phi'$  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。

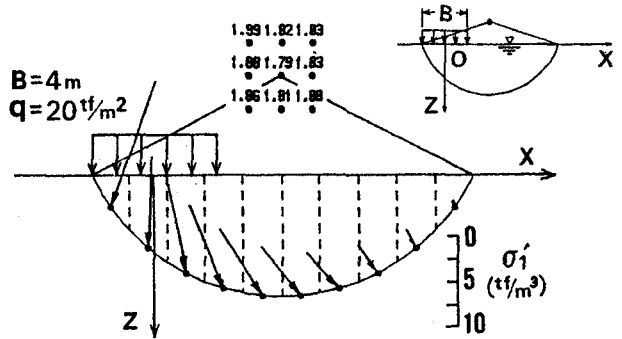


図-3  $\phi'$  の変化を考慮した安定計算

図-4に、載荷幅一定( $B=4m$ )での載荷重 $q$ と最小安全率との関係を示す。どの載荷重でも、 $\phi'$  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 $\phi'$  が、比較的大きい<sup>1)</sup>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-5は、載荷重一定( $q=20tf/m^2$ )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。

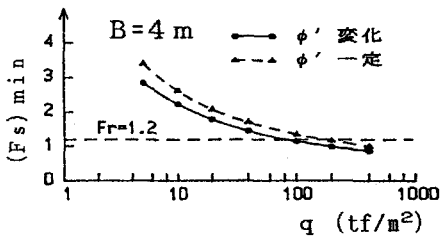


図-4 最小安全率~載荷重 $q$

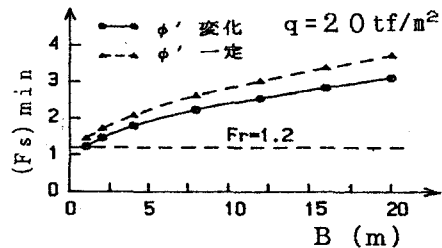


図-5 最小安全率~載荷幅 $B$

### 4. 対数らせん形状による推定

円弧以外のすべり形状としては、より一般的な直線と対数らせんの複合すべりとした形状が考えられる(図-6参照)。この形状での支持力安定解析を、前述の円弧形と同様の方法で、 $\beta$ と $\phi'$  の関係を用い、現在、許容支持力の推定を行っているところである。

### 5. おわりに

すべり面を円弧と仮定した場合、 $\phi'$  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。

#### <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.

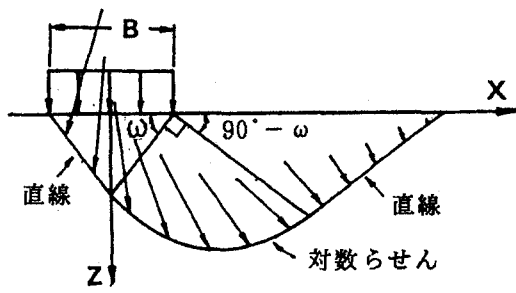


図-6 複合すべり形状の解析モデル