

鳥取大学工学部 正員 ○ 勝見 雅
鳥取大学工学部 正員 森村 尚
セントラルコンサルト 森 香伴

1. 結 言

著者の1人は水平地盤上の基礎の支持力に関してすでに何回か発表を行なっている。そこで今回は斜面地盤上に構造物を築造する場合と想定し、Terzaghiの支持力公式を斜面地盤に適用拡張して支持力算定式を導き、しかるのち模型地盤による支持力実験を行ない、上記算定式による計算結果との比較検討などを試み、それらについて記述する。

2. 斜面地盤に対する支持力公式の誘導¹⁾

斜面地盤上にある基礎の極限支持力時におけるすべり面の概形を図-1のように考える。この場合、同図において基礎中心線より左側、すなわち斜面下の部分が極限支持力を求めるに際し対象とすべき領域と考えられる。しからは領域ⅠとⅡの境界面 $\overline{BC}$ を擁壁面と考え、裏込め土重量に相当する受働土圧を Q_r 、すべり面に作用する粘着抵抗と押し荷重に基づく合成受働土圧を Q_{qc} 、 $\overline{BC}$ 面上に作用する付着力を $C_a(=c \overline{BC})$ とすれば、極限支持力 Q_d は $\triangle OBC$ に關する力のつり合いより次式で書ける。

$$Q_d = 2(Q_r + Q_{qc}) + c \overline{BC} (\tan \phi + \tan \lambda) - \frac{\gamma_2 B^2}{4} (\tan \phi + \tan \lambda) \quad (1)$$

ここに、 λ : 斜面地盤面の傾斜角、 B : 基礎の幅、 ϕ , γ : それぞれ土の内部摩擦角、単位体積重量を表わし、 Q_r , Q_{qc} に關してはつぎのようにして求める。

まず Q_r を求める。図-2に示した $\overline{DB}$ 上または $\overline{DB}$ の延長上に極限をもつ対数らせんすべり面 $\widehat{CD}$ の近似形状とする。このとき同図に示した力、すなわち裏込め土重量に相当する受働土圧 Q_r 、 ∇LCD に相当する自重 W_1 、 $\triangle BDE$ に相当する自重 W_2 、 $\triangle LBC$ に相当する自重 W_3 、 $\widehat{ED}$ 面上のランキン受働土圧 P_p およびすべり面上の摩擦反力 P_f が土塊 $BCDE$ に働いており、これらの力の極限に關するモーメントのつり合い關係から導いた式(2)を用いて Q_r を求めることができる。実際には極限をもつ $\widehat{DB}$ 上で色々移動させて求めた Q_r の最小値を求める Q_r である。

$$Q_r = \frac{\nabla LCD \cdot l_{LL} + \triangle BDE \cdot l_{LT} - \triangle LBC \cdot l'_{LL} + \frac{\overline{DE}^2}{2} \cdot K_p \cdot l_{LP}}{\left\{ \frac{B}{3} - LB \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} + \lambda \right) \right\}} \cdot \gamma_2 \quad (2)$$

ここに、 l_{LL} , l_{LT} , l'_{LL} : 極限からそれぞれ W_1 , W_2 , W_3 の作用線までの水平距離、 l_{LP} : 極限から P_p の作用線までの垂直距離。

ついで Q_{qc} を求める。この場合は図-3に示すように抵抗力として BE 上にRankine状態に關するせん断抵抗合力 P_e と粘着力 C が作用する。すなわち、

$$P_e = C + \frac{(P_0 + \gamma_1 D_f) \cos \phi}{1 - \sin \phi} \quad (3)$$

で、対数らせんの幾何学的性質を用い、点 B のまわりのモーメントのつり合いより $W = 3\pi/4 - \phi/2 - \lambda$ として Q_{qc} は次式で得られる。

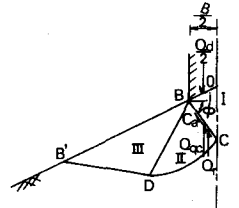


Fig. 1

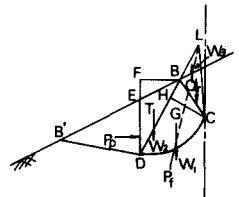


Fig. 2

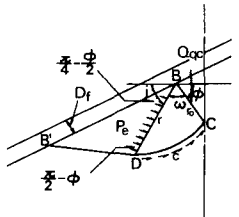


Fig. 3

$$Q_{gc} = \frac{CB}{2 \sin \phi \cdot \cos \phi} \left\{ (1 + \sin \phi) \exp(2w \tan \phi) - 1 \right\} + \frac{\gamma_1 D_f B}{2(1 - \sin \phi)} \cdot \exp(2w \tan \phi) \quad (4)$$

よって、斜面地盤を対象としに全般せん断破壊の場合の支圧力係数 sN_c , sN_r , sN_g は式(2), 式(4)を式(1)に代入して整理することによりつぎの式(5)で表わされ,

$$\left. \begin{aligned} sN_c &= \frac{1}{\sin \phi \cdot \cos \phi} \left\{ (1 + \sin \phi) \exp(2w \tan \phi) - 1 \right\} + \tan \phi + \tan i \\ sN_r &= \frac{2}{B^2} \left\{ 2 \cdot \frac{Q_r}{r_2} - \frac{B^2}{4} (\tan \phi + \tan i) \right\}, \quad sN_g = \frac{1}{1 - \sin \phi} \exp(2w \tan \phi) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

極限支圧力は α , β を基礎の形状係数として次式より算出することができる。

$$q_d \left(= \frac{Q_d}{B} \right) = \alpha C \cdot sN_c + \beta \frac{\gamma_2 B}{2} \cdot sN_r + \gamma_1 D_f \cdot sN_g \quad (6)$$

一方、局所せん断破壊に対しては、Terzaghi と同様に $C \rightarrow (2/3)C$, $\tan \phi \rightarrow (2/3)\tan \phi$ とし、 $\tan \phi = (2/3)\tan \phi$ から決定される重に対して式(5)を用い、このの式(6)より局所せん断破壊の場合の極限支圧力を算出することができる。

3. 模型実験の概要

実験に使用した試料は最大粒径 $D_{max} = 2.0 \text{ mm}$, 比重 $G_s \cong 2.67$, 均等係数 $U_c \cong 1.7$ なる真取砂丘砂と自然乾燥させ、図-4に示すような鋼製土槽に1層5 cm ゴム乾燥密度 $\gamma_d \cong 1.62 \text{ g/cm}^3$ となるように土槽側面を木づらで包むことにより締め固めたものと、市販の粘土9号(日本フェローK.K.製, 比重 $G_s = 2.68$, 液性限界 $W_L = 116\%$, 塑性限界 41.2%)を細かく粉碎し、含水比 $W = 30\%$ となるように水を加え、ソイルミキサーで練り混ぜたものを1層10 cm ゴムと1層目から所定の傾斜角 $\alpha = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ をつけながら湿相密度 $\gamma_s \cong 1.56 \text{ g/cm}^3$ となるように特殊ランマーで締め固めたもの、計2種を模型地盤に供した。載荷貫入棒としては直径 $\phi = 100 \text{ mm}$ の鋼製円柱の先端に所定の傾斜角をつけたものを作製し、使用した。この際の上載荷重の検出には荷重変換器を用い、次下量は上記貫入棒に取りつけたダイヤルゲージで読みとった。また載荷法は、砂地盤に対して応力制御法とひずみ制御法の2方法と、粘土地盤においてはひずみ制御法を採用した。

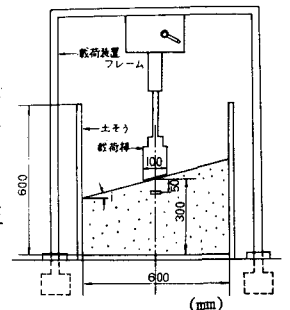


Fig. 4 模型実験装置の略図

4. 実験結果とその考察

図-5は載荷実験より得られた極限支圧力 q_d と斜面地盤面の傾斜角 i との関係を図示したものである。これらの実験結果を2.で誘導してきた算定式による計算結果と比較検討するために、模型地盤の粘着力 C と内部摩擦角 ϕ を三軸圧縮試験より求めた結果砂地盤で $C = 0$, $\phi = 36.3^\circ$, 粘土地盤: $C = 0.44 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 15.7^\circ$ が得られた。そこでこれらの値を用い、さらに形状係数 $\alpha = 1.3$, $\beta = 0.6$ と円形基礎の場合の計算結果をも同図に示した。図-5によると実験曲線の計算値の全般せん断破壊と局所せん断破壊との中間に位置しているが、傾斜角が小さい場合は全般せん断破壊の値に、傾斜角が大きくなるにつれて局所せん断破壊の計算値に近づく傾向が認められる。

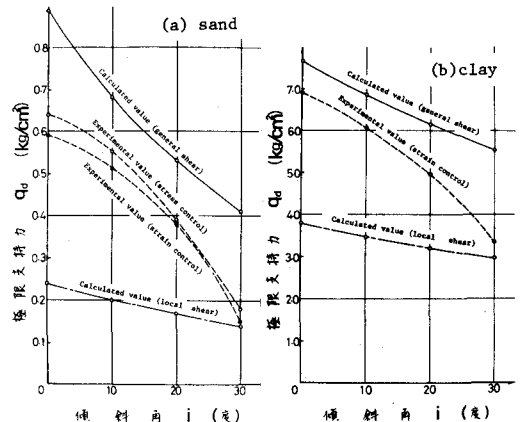


Fig. 5 Q_d-i 曲線

1) 山口 柏樹: 土基礎実用数式・図表の解説, 土質基礎工学ライブラリー7, 第7章, 土質工学会, 昭.48.9., pp.179~184