

分割法を用いた浅い基礎の支持力計算法

名古屋大学 正会員 山口 柏 樹
 名古屋大学 正会員 今 泉 繁 良
 鴻池組 高 原 正 人

1. まえがき

地盤性状が複雑であったり、境界形状が直線的でない場合の支持力を更用的に評価する手法として、斜面安定計算によく用いられる分割法がある。この分割法は分割片の内力の処理の仕方によって、簡便法、Bishop法などがあるが、両者を砂地盤あるいは地表面近くに砂層がある場合の支持力計算に適用して求めた支持力係数は厳密解と大きな差を示す¹⁾。この理由は、Bishop法における破壊円弧に沿うせん断抵抗が $S_y \propto 1 / (1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi)$ (α はすべり線が水平線となす角、 ϕ は内部摩擦角)の形をなすため $\alpha = -90^\circ + \phi$ で $S_y \rightarrow \infty$ となり計算値が過大となるためである。ところで、 $\alpha = -90^\circ + \phi$ なる分割片はランキン受働域 ($\alpha_p = \frac{\phi}{2} - 45^\circ$) 内にあるので、 $\alpha < \alpha_p$ なる領域を直線すべりとして上記難点を回避し、また計算精度を上げるために載荷面直下の主動ランキン域も直線すべりと仮定する複合すべり面として計算する。これにより計算した支持力値は、厳密法による重ね合せ解とかなり良い一致を示すので以下に報告する。

2. 複合すべり面における分割法

図-1は想定した複合すべり面の概要であり、分割計算法は図の円弧 bb' に対してのみ適用する。

面 \bar{ab} 上のランキン受働圧を Q_p 、面 $\bar{a'b'}$ 上に働く自重および載荷重 q_u により生ずるランキン主動圧を Q_a として、土塊 $abca'$ に関する力のモーメントの釣合式をつくる。すなわち、すべり円の中心点 O のまわりの起動モーメント M_D 、抵抗モーメント M_R の釣合いは、

$$M_D = \sum_{i=1}^n (\sigma_{vi} \cdot b_i \cdot \sin \alpha_i) \times R + \frac{q_u \cdot B}{2} \cdot L + Q'_i (h_q + h) + Q_a \cdot (h_a + h)$$

$$= \sum_{i=1}^n (S_i \cdot l_i) \times R + Q_p \cdot (h_p + h) = M_R$$

となる。ここに、

σ_{vi}, b_i : 分割片 i 内の鉛直応力と分割片の幅

S_i, l_i : 分割片 i のすべり面に作用するせん断抵抗力と

すべり線長、 $S_i = (C_i + \sigma_{vi} \tan \phi_i) / (1 + \tan \phi_i \cdot \tan \alpha_i)$

Q_a, Q_p, h_a, h_p : ランキンの主動圧ならびに受働圧と地表から着力点までの距離

$$Q'' = Q' \sin(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = \frac{1}{2} q_u \cdot B \cdot \tan(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \quad (\text{図-2参照})$$

h : すべり円の中心から地表面までの距離

L : すべり円の中心から載荷重着力点までの距離

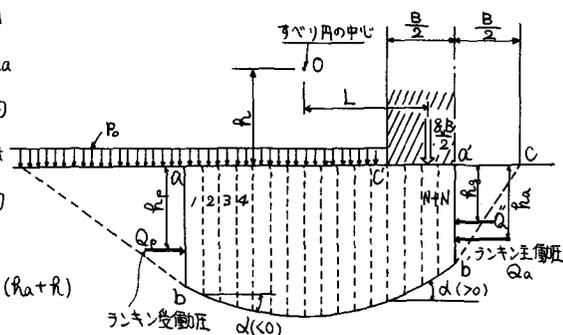


図-1 複合すべり面の概要

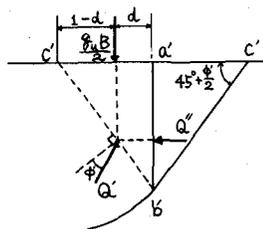


図-2 ランキン主動域の $\frac{q_u B}{2}, Q''$ とそれらの着力点

$$L = (\alpha + \frac{B}{2}) - \frac{1}{2} \cdot d$$

d は載荷重による接地圧分布形を考慮した載荷幅中心からの偏心距離係数で0.4とする。

そして、円弧の位置を色々変えて δ_u を最小にすれば支持力が計算される。

以上の考えに基づき、粘着力 C' 、おさえ荷重 P_0 、単位体積重量 γ のうち1つだけに単位値を与え、異なる内部摩擦角に対して求めた支持力係数 N_c, N_q, N_γ を厳密解と比較して示したのが表-1である。計算値は厳密解の $\pm 10\%$ 以内であり、工学的にみて一応の精度を持つと考えられる。

表-1 支持力係数の比較

ϕ (°)	複合すべり面法			厳密解		
	N_c	N_q	N_γ	N_c	N_q	N_γ
0	5.32	1.00	0.00	5.14	1.00	0.00
5	6.70	1.57	0.39	6.49	1.57	0.45
10	8.61	2.47	1.12	8.35	2.47	1.22
15	11.3	3.93	2.51	11.0	3.74	2.65
20	15.1	6.32	5.17	14.8	6.40	5.39
25	20.7	10.4	10.4	20.7	10.7	10.9
30	29.3	17.4	21.0	30.3	18.4	22.4
35	43.1	30.2	43.5	46.1	33.3	48.0
40	66.0	54.7	94.2	75.3	64.2	109

表-2 おさえ荷重のある均一砂地盤の支持力

3. おさえ荷重のある均一砂地盤の支持力計算

$C' = 0, \gamma = 1.8 \text{ t/m}^3, \phi = 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$ なる均一砂地盤上に、おさえ荷重が $P_0 = 2, 4, 6 \text{ t/m}^2$ 作用している時の極限支持力を次の3つの方法によって求め、重合せの妥当性と複合すべり面の適用性を調べてみた。

地盤性状	極限支持力 $q_u \text{ (t/m}^2\text{)}$			
	解法1	解法2	解法3	
例1 $\phi = 30^\circ$ $C' = 0$ $\delta = 1.8\%$	$P_0 = 2.0 \text{ t/m}^2$	77.1	72.6	79.9
	$P_0 = 4.0 \text{ t/m}^2$	113.9	107.4	117.7
	$P_0 = 6.0 \text{ t/m}^2$	150.7	142.2	154.1
例2 $\phi = 35^\circ$ $C' = 0$ $\delta = 1.8\%$	$P_0 = 2.0 \text{ t/m}^2$	153.0	138.5	152.1
	$P_0 = 4.0 \text{ t/m}^2$	219.6	198.9	218.4
	$P_0 = 6.0 \text{ t/m}^2$	286.2	259.3	282.4
例3 $\phi = 40^\circ$ $C' = 0$ $\delta = 1.8\%$	$P_0 = 2.0 \text{ t/m}^2$	324.6	279.0	303.5
	$P_0 = 4.0 \text{ t/m}^2$	453.0	388.4	425.5
	$P_0 = 6.0 \text{ t/m}^2$	581.4	497.8	542.4

解法1：厳密解の支持力係数を用いた重合せ法

解法2：複合すべり面法の支持力係数を用いた重合せ法

解法3：複合すべり面法で C', P_0, γ を同時に考慮した直接計算法

表-2は各計算法の結果である。解法2と解法3の結果は、 $\phi \leq 35^\circ$ で解法1に非常に近い値を示しており、複合すべり面を用いた分割法による直接計算法が通常的支持力計算値とほぼ一致することがわかる。図-3は、 $\phi = 30^\circ$ の場合に複合すべり面で支持力係数を計算したときのすべり面形状(a~c)と解法3によって直接的に支持力を求めたときのすべり面形状の比較である。図より、 N_q と N_c を与えるすべり面はほぼ一致するが、 N_γ を与えるすべり面がそれらと大きく異なること、解法3によるすべり面が3者の中間的位置にあることがわかる。このことも一般にいわれている特徴と一致する。

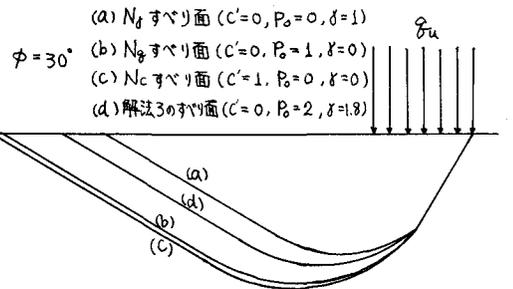


図-3 複合すべり面形状の比較

4. あとがき

支持力の計算方法として、円弧と直線とから成る複合すべり面を仮定し、分割法を適用する方法を提案した。この方法を均一砂地盤に適用したところ、その結果は通常の方法による値とほぼ一致し、提案する方法が層状地盤の支持力計算に十分奥用しうるものであろうことがわかった。なお、本研究は文部省科学研究費総合研究(A)の補助を受けて実施したものである。

<参考文献> 1) 山口柏樹：土質力学，技報堂，pp.332~334 2) K. Terzaghi：Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, pp.130~132