

III-11

フーチング荷重による粒状体のすべり解析

東北大学 学生員○渡部 秀貴
 東北大学 正 員 岸野 佑次
 東北大学 学生員 竹内 孝典

1. まえがき

地盤上にフーチングのような建物の基礎を設置する場合に必要な地耐力の推定は、支持力理論などに基づいて行われている。本文は、このような理論の適合性を確認するとともに、変形局所化の機構を詳細に調べるために、粒状体モデルを用いて微視的立場からの研究を行ったものである。解析モデルには粒状要素法¹⁾を用いフーチング荷重によるすべり解析を行い、支持力理論との比較を行うとともに、固有値解析を試みて微視的変形機構について考察した。

2. 解析方法

1) 粒状要素法による解析について

今回用いたモデルは、図-1に示すように側方（図中の記号 1,3）および底面（2）を拘束した領域に粒子をパッキングしたものをを用いた。領域上端にはその一部に載荷板（4）を設けるとともに、残りの部分には一定荷重を与えるための3つの押え板（5,6,7）が置かれている。（3）の境界を左右対称の中心軸と見なすことができれば、この領域は全領域の左半分を取り扱っていることになる。このために、（4）の載荷板は鉛直方向に平行移動させることとした。制御方法は、この載荷板に変位制御、残りの押え板は一定鉛直下向き荷重を与える荷重制御とした。

また、解析に用いた諸定数を表-1に示す。

2) 固有値解析について

3. 解析結果で述べる図-3の荷重-沈下曲線を考慮し、すべりの発生が予測される直前のステージにおける粒子接触剛性に基づく剛性行列の固有値解析を行い、そのステージ直後のステップにおける変形機構について調べた。

表-1 解析に用いた定数

粒径	1.0, 0.7, 0.5, 0.32, 0.2 cm
単位重量	0.0025 kg/cm ³
法線方向バネ定数	
粒子間	1000 kg/cm
粒子境界間	1000 kg/cm
接線方向バネ定数	
粒子間	700 kg/cm
粒子境界間	700 kg/cm
摩擦係数	
粒子間	tan 25
粒子境界間	tan 5
変位境界長	3.6675cm
サーチャージ境界長	3.6675cm
変位増分	0.001cm

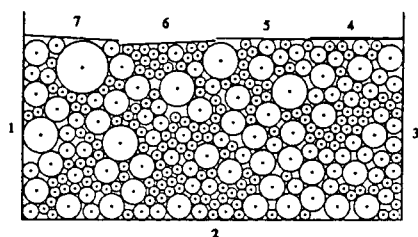


図-1 粒状体モデル

3. 解析結果と考察

図-2に、支持力理論による塑性過渡領域及びすべり線を示す。地耐力 Q および図の H_1 、 H_2 は、式（1）により与えられる²⁾。前節において説明したシミュレーションにより得られた荷重-沈下曲線を図-3に示す。図中の点a、b、cは、それぞれ本解析において、すべりの発生が予測されるステップであり、図-4、5に点a、bの直後の載荷ステップにおける粒子の変位ベクトルの分布を示した。図-4より、このステッ

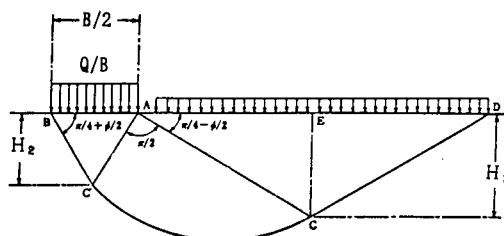


図-2 支持力理論によるすべり線

$$H_1 = \frac{B}{4} e^{\pi/2 \tan \phi}$$

$$H_2 = \frac{B}{4} \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \quad \text{式 (1)}$$

$$\frac{Q}{B} = \frac{\gamma_1}{2} B N_r + c N_c + q_a N_q$$

$$N_r = \frac{\cos \phi (1 + \sqrt{K_p})}{8 \sqrt{K_p}} e^{\pi/2 \tan \phi} - \frac{1}{4} \sqrt{K_p}$$

$$N_c = \cos \phi \cdot \left(1 + \frac{\cot \phi}{\sqrt{K_p}}\right) e^{\pi \tan \phi} - \cot \phi$$

$$N_q = \frac{\cos \phi (1 + K_p)}{2 \sqrt{K_p}} e^{\pi \tan \phi}, \quad K_p = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)$$

ただし、

ϕ : 内部摩擦角

H_1 : 図-2を参照

H_2 : 図-2を参照

Q : 地耐力

B : フーチング幅

γ_1 : 単位重量

c : 粘着力

q_a : サーチャージ荷重(0.001kg/cm)

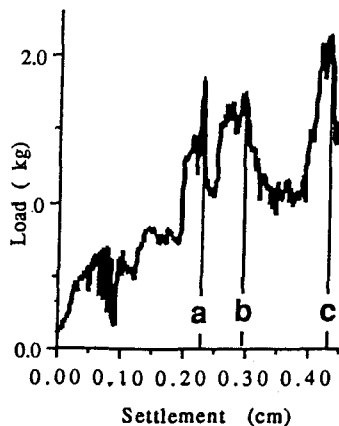


図-3 荷重-沈下曲線

プにおいては、若干すべりの傾向もうかがえるが、底面近傍の粒子変位も大きく、パッキングの安定した状態に至る前の過渡期と考えられる。逆に、図-5においては、底面近傍の粒子の変位は小さく、すべりの発生が観察される。そこで、内部摩擦角を粒子間摩擦角の $\phi=25^\circ$ とし粘着力を0とした支持力理論による Q 、 H_1 、 H_2 の値と本解析より求めたものの比較を、表-2に示した(点aについては H_1 、 H_2 の確定不能)。同表を見る限り、 H_1 、 H_2 については支持力理論と本解析の結果は類似しているが、地耐力は理論の方が10倍程度大きな結果となった。また、点cにおいても点bと類似の変位ベクトル分布を示した。このことから、このモデルは徐々に最終の安定的すべり状態に近づきつつあると想像される。地耐力の理論計算とシミュレーション結果の違いは、粒状体モデルを構成する粒状要素が2次元円粒子であり、回転を起こし易いため、見かけの内部摩擦角が粒子摩擦角よりも小さな値をとるためと考えられる。

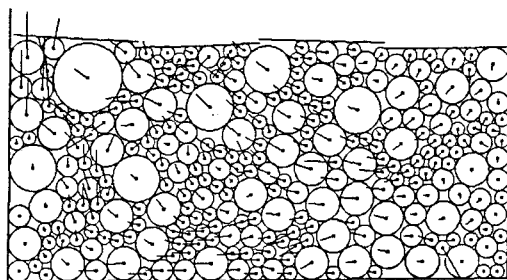


図-4 点aにおける変位ベクトル図(x150)

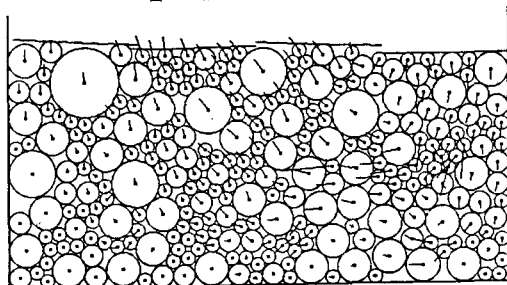


図-5 点bにおける変位ベクトル図(x300)

4. あとがき

フーチング荷重を受ける粒状体について、シミュレーション解析を行い、すべり線の形状については支持力理論ともよく合う結果を得た。地耐力に関しては今後、粒子間摩擦角の設定方法を検討することなどにより、より現実には合う解析を行う必要があると考えられる。なお、粒子集合体の剛性行列に基づく固有値解析により、すべりのメカニズムを調べることを試みているが、これについては講演会当日発表する予定である。

表-2 支持力理論および本解析の結果

	地耐力 $Q(\text{kg})$	$H_1(\text{cm})$	$H_2(\text{cm})$
支持力理論	11.72	3.815	2.878
点a	1.820		
点b	1.710	4.085	2.809
点c	2.130	5.021	2.383

<参考文献>

- 1) 岸野佑次: 新しいシミュレーション法を用いた粒状体の準静的挙動の解析, 土木学会論文集, Vol.406/III-11, pp.97-106 (1989)
- 2) 石原研而: 土質力学, pp.255-271, 丸善株式会社 (1988)