

粒状体としての砂の構造および力学的性質と構造との関係について

埼玉大学理工学部助手 小田匡寛

粘性のない粒状体材料の強度・変形特性は構成粒子の構造特性にいちじるしく依存するという観点から、粒状体の構造特性の定量的解明を試み、また強度・変形特性を真に支配している構造要素を抽出するために次のような実験的検討を加えた。粒子の性質を異にする5種類の砂をモールドに詰め、接着剤で固結する。固結供試体の定方向薄片を作製し、偏光顕微鏡で砂の構造特に偏平粒子の長軸の配列性および粒子間接点での接平面の配列性を微視的に観察した。それによれば、偏平粒子からなる粒状体の構造には2種類の異方性が識別でき、異方性の程度・性質は砂の詰め込み方法・粒子の形状によって決定される。また初期構造を異にする三軸用供試体を作り、排水三軸圧縮試験を実施した。強度や割線変形係数に与える初期構造の影響を検討した結果、粒子間接点の接平面の定方向配列傾向は相対密度と同程度に砂の強度・変形特性を支配し、最も基本的な構造要素とみなせるが、粒子の長軸の定方向配列傾向はより基本的な構造要素に影響を与える一つの影響因子にすぎないこと、などが判明した。

基礎の支持力公式における N_c , N_q 形状係数間の関係

工博・京都大学教授 横尾義貫
工博・関西大学教授 山肩邦男
京都大学助手 長岡弘明

地表面上におかれた基礎の極限支持力 p は次式で与えられる。

$$p = \alpha c N_c + \beta q N_q + \frac{1}{2} \epsilon r B N_r \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに c は粘着力、 q は地表面上の載荷重、 r は土の単位体積重量、 B は、基礎幅、 N_c , N_q , N_r は平面ヒズミ状態で決められた支持力係数、 α , β , ϵ は N_c , N_q , N_r の形状係数である。半経験的な値として次の値が通常採用されている¹⁾。円形基礎に対し、 $\alpha=1.2$, $\beta=1.0$, $\epsilon=1.2$ 、ここに B は基礎の半径とする。正方形基礎に対し、 $\alpha=1.2$, $\beta=1.0$, $\epsilon=0.8$ である。

本報告では、地表面上におかれた基礎の極限支持力に関し、粘着力 c 、載荷重 q に対する、一般の応力状態、すなわち三次元状態で決められた支持力係数 \tilde{N}_c , \tilde{N}_q 間の関係が誘導されている。さらに得られた関係式より N_c , N_q の形状係数 α , β 間の関係が誘導されている。ここに、

$$\tilde{N}_c = \alpha N_c, \quad \tilde{N}_q = \beta N_q \quad \dots \dots \dots (2)$$

最初に降伏条件を考える。地盤は、一般の応力状態、すなわち三次元状態における降伏条件が次式で与えられる剛・完全塑性体であると仮定する。

$$f(\sigma_{ij}) = -a J_1 + g(J_2', J_3') = b \quad (a, b \geq 0) \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここに J_1 は応力 σ_{ij} の第一不変量、 J_2' , J_3' は偏差応力の第二、第三不変量である。平面ヒズミ状態で決められたせん断抵抗角を ϕ 、粘着力を c とすると、(3) 式は次式に変形される。

$$f(\sigma_{ij}) = -\frac{1}{3} J_1 \tan \phi + g(J_2', J_3') = c \quad \dots \dots \dots (4)$$

地表面上におかれた任意の形状の基礎に関し、載荷重が 0、粘着力が c の場合の崩壊時の応力、ヒズミ速度、速度および基礎の支持力を $\sigma_{ij}^{(1)}$, $\dot{\sigma}_{ij}^{(1)}$, $v_i^{(1)}$, $p^{(1)}$ とする。すなわち $\sigma_{ij}^{(1)}$, $\dot{\sigma}_{ij}^{(1)}$, $v_i^{(1)}$ は一つの完全解を構成している。

次に載荷重が 0、粘着力が nc の場合の崩壊時の応力を $\sigma_{ij}^{(2)}$ とする。 $\sigma_{ij}^{(2)}$ を $n\sigma_{ij}^{(1)}$ とおくと、 $\sigma_{ij}^{(2)}$ は静的許容応力場を形成し、かつ $\sigma_{ij}^{(2)}$ は $\dot{\sigma}_{ij}^{(1)}$ と適合していることを示すことができる。すなわち $\sigma_{ij}^{(2)} = n\sigma_{ij}^{(1)}$, $\dot{\sigma}_{ij}^{(1)}$, $v_i^{(1)}$ は一つの完全解を構成している。このことより基礎の支持力は $p^{(2)} = np^{(1)}$ であることを導くことができる。すなわち極限支持力 p は c に比例し次のように書くことができる。

$$p^{(1)} = c \tilde{N}_c \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここに \tilde{N}_c は c に依存しない。

次に載荷重が q 、粘着力が 0 の場合の崩壊時の応力を $\sigma_{ij}^{(3)}$ とする。 $\sigma_{ij}^{(3)}$ を次式のようにおいてみる。

$$\sigma_{ij}^{(3)} = (\sigma_{ij}^{(1)} + c \cot \phi \delta_{ij}) \frac{q \tan \phi}{c} \quad \dots \dots \dots (6)$$

この時 $\sigma_{ij}^{(3)}$ は静的許容応力場を形成し、かつ $\sigma_{ij}^{(3)}$ は $\dot{\sigma}_{ij}^{(1)}$ と適合していることを示すことができる。すなわち (6) 式で定義される $\sigma_{ij}^{(3)}$ および $\dot{\sigma}_{ij}^{(1)}$, $v_i^{(1)}$ は一つの完全解を構成している。

この時の極限支持力 $p^{(3)}$ は次式で与えられる。

$$p^{(3)} = \frac{q}{c} \tan \phi (p^{(1)} + c \cot \phi) \quad \dots \dots \dots (7)$$

今、載荷重 q に対する支持力係数 \tilde{N}_q を次式のように定義する。

$$p^{(3)} = q \tilde{N}_q \quad \dots \dots \dots (8)$$

式 (5), (7), (8) より、

$$\tilde{N}_q = (\tilde{N}_c + \cot \phi) \tan \phi \quad \dots \dots \dots (9)$$

平面ヒズミ状態では上式は次式になる。

$$N_q = (N_c + \cot \phi) \tan \phi \quad \dots \dots \dots (10)$$

(10) 式の成り立つことはすでに知られているが、一般的の応力状態、すなわち三次元状態では式 (9) の成り立つことが本報告で示された。

式 (2), (9), (10) より