IV－6

砂の極限支持力係数N_γにおよぼす載荷板の幅と底面摩擦角の影響

名古屋大学　正員　市原松平
同　学生員　○森　信夫

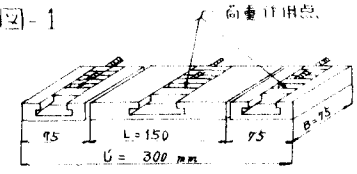
(1) まえがき

実験から得られる極限支持力値は、慣用されている支持力式の値よりも、数倍の値をとることは幾多の研究者が求めてきた。筆者らは第五回年次学術講演において、実験値が大きくなりかつ載荷板の幅に影響されるかもしれないことを示し、実用の際には、慣用の支持力式を用いればよいことを示した。今回はさらに、大なる因子として載荷板の底面摩擦角が極限支持力におよぼす影響を実験から求めた。

(2) 実験装置と実験方法

実験に用いた砂槽は、長さ×巾さ×奥行＝100cm×50cm×30cmで、これに密な状態（主として、γ=1.54 g/cm³, γ=1.55 g/cm³）で豊浦標準砂を均一に詰め、その表面に載荷板を水平に置いた。載荷板は二次元状態を維持でき、計測する荷重に加える砂槽の側壁摩擦力を十分に除去できる3分離載荷板を用いた。(図-1) 載荷板の大きさは、全奥行L=30cmに対して幅B=2.0cm, 3.0cm, 5.0cm, 7.5cm, 10.0cmの5種類とした。各々の大きさの載荷板の底面に異なった粗度を与えるため、底面に標準砂を張り付けたもの（完全に粗な状態）、底面を軽く研磨したもの（半ば粗な状態）、底面にシリコンオイルを塗りゴムスリーブを張り付けたもの（完全に滑らかな状態）の3つの処理を施した。これらの粗度の決定は、改良型一面セン断試験機で行ない、その結果の一例を図-2に示す。同図から上記の3種類の粗度を変えた効果は十分に得られている。全荷重はモーターを用いてワイヤーを16 mm/分の速度で連続的に引張り、中央載荷板(L=15cm)に作用する荷重をロードセル(500kg)で計測した。このロードセルの示す値を二次元状態の極限支持力値（破壊時荷重）とした。

図-1



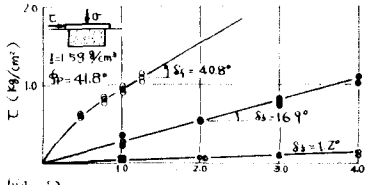
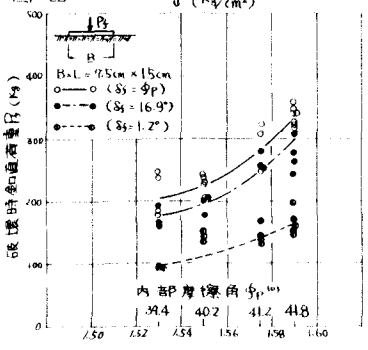


図-2



(3) 破壊時鉛直荷重P_f(kg)

図-3に$B\times L=7.5cm\times 15.0cm$の載荷板で、底面摩擦角$\delta_s=\phi_p$, 16.9°, 1.2°での破壊時鉛直荷重$P_f$を砂の単位体積重量$\gamma$(g/cm³)に対して示した。図より$P_f$は$\gamma$の増大に従って大きく異なり、同じ単位体積重量でも底面摩擦角の値により異なることがわかる。各々のP_f-γ曲線はδ_sによって異なる。$\delta_s=\phi_p$の完全に粗な状態の曲線に比べ、δ_s=16.9°では約80%, δ_s=1.2°では約50%になる。ここにϕ_pは平面ひずみ三軸圧縮試験から求めた砂の内部摩擦角である。図-4は底面摩擦角δ_sに対して破壊時鉛直荷重P_fを示した一例である。同図に見られるようなδ_sに対す

図-3　単位体積重量γ(g/cm³)

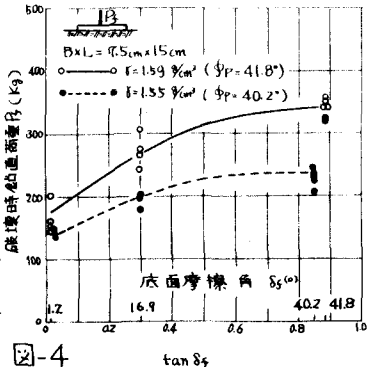


図-4

P_f の変化を明確に表わすのに，Meyerhofの方法を用いた。Meyerhofは Prandtl, Hencky, Lundgrend and Morkensen らの支持力計算を基にして，底面粗度が砂の内部摩擦角 ϕ に等しくない砂上の帯状基礎の破壊時抵抗圧を図-5のように仮定し，その時の破壊時鉛直荷重 $P_f(\delta_f \neq \phi)$ を，

$$P_f(\delta_f \neq \phi) = \frac{\gamma B^2 N_\delta}{2}\left(\eta + \frac{1-\eta^2}{2}\right) = P_f(\delta_f = \phi)\left(\eta + \frac{1-\eta^2}{2}\right) \quad (1)$$

とした。$\eta = \tan\delta_f / \tan\phi$ 底面摩擦力の稼動率。(1)式には多くの仮定が含まれているが，この式を用いて δ_f に対する P_f の変化を示した一例が図-6である。(1)式が筆者らの実験値をかなり良く満足し，P_f の δ_f に対する変化は底面幅にあまり影響されてないことがわかる。同じことが単位体積重量 γ が違っても言える。

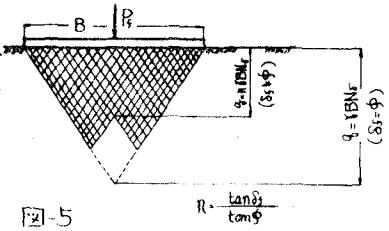


図-5

斜線部の面積が載荷板底面摩擦角 δ_f の場合の破壊時鉛直荷重 P_f となる。

(4) 載荷板の底面幅Bに対する極限支持力 q_f (kg/cm²)

極限支持力 q_f に対して，底面摩擦角の影響と砂の単位体積重量 γ と ϕ_p の影響を考慮した $q_f(1-\tan^2\phi_p)/\gamma \cdot 1/(\eta + \frac{1-\eta^2}{2})$ (cm) を底面幅B (cm) に対してプロットした一例が図-7である。同図中に示した関係式は，δ_f が異なっても同じである。図中の実測値の平均値の式から $N_{\delta f}$ は幅Bに対して，

$$N_\gamma = \frac{2P_f}{\gamma B^2 L} = \frac{2q_f}{\gamma B} \quad \cdots\cdots (2) \text{ より}$$

$$N_{\gamma f} = 2\cdot\left(244 + \frac{185}{B}\right)\left(\frac{1}{1-\tan^2\phi_p}\right)\left(\eta + \frac{1-\eta^2}{2}\right) \quad \cdots (3)$$

と表わせる。式(3)の $N_{\delta f}$ をBのみで求めるとB=300cmの $N_{\delta f}$ とB=1000cmの $N_{\delta f}$ の値は約2%の差である。それ故，幅Bが十分に大きい場合，同式のBの項は無視できる値となり，このときの $N_{\gamma f}$ は，

$$N_{\gamma f} = \frac{48.8}{(1-\tan^2\phi_p)}\left(\eta + \frac{1-\eta^2}{2}\right) \quad \cdots (4)$$

であり，ϕ_p, δ_f の関数となる。図-8は実験を行なった ϕ_p に対して(4)式の $N_{\gamma f}$ を示し，δ_f を変数にとって示した。図から $\delta_f = \phi_p$ ではSchultzeの支持力値，$\delta_f = 16.9°$ ではTerzaghi，$\delta = 1.2°$ ではSokolovskiと一致している。これらは図-7の平均値の実験式に基づいたものであるから，散乱している実測値の上限，下限値から，各々の δ_f について±30%の範囲にある極限支持力が考えられる。$\delta_f = \phi_p$ の場合の下限値はTerzaghiの支持力係数と一致する。

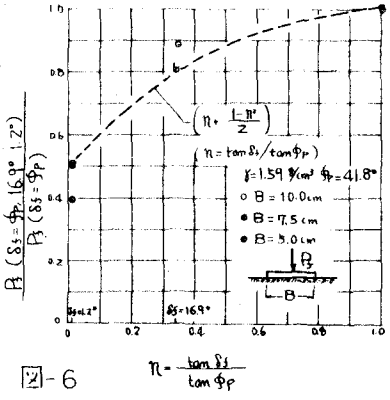


図-6

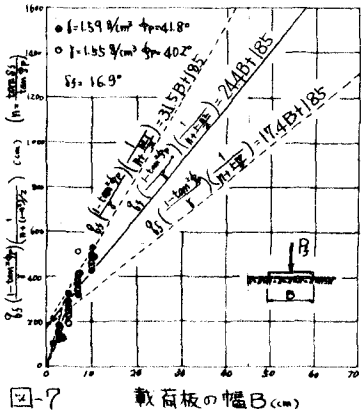


図-7 載荷板の幅B(cm)

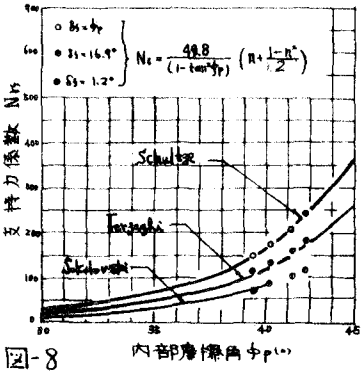


図-8

謝辞：ここに実験を一緒に行なった技官の島田雅吉君に深く感謝する。

参考文献：Meyerhof, G.G. (1955) "Influence Of Roughness of Base and Ground-Water Conditions On The Ultimate Bearing Capacity Of Foundations" Géothechique Vol. V