

(III-27) 砂地盤における基礎の根入れ深さが及ぼす支持力特性

東京電機大学 学○石鍋仁史 学 森本弘光 正 小林利雄
日建設計中瀬土質研究所 正 片上典久 正 斎藤邦夫

1. はじめに

地盤の支持力はその密度に依存するほか、基礎の根入れや形状によっても異なることが知られている。特に基礎はその根入れ幅比によって浅基礎と深基礎に区分され、両者の支持力機構に大きな違いがあることも衆知の事実である。しかしながら、浅基礎から深基礎への変化は連続的であり、現実的には両者の中間的な根入れを有する場合も少なくない。そこで、本研究では中間的な根入れ深さを有する砂地盤中の基礎の支持力特性を遠心模型実験により調べたので報告する。

2. 実験方法

支持力実験は、模型基礎幅 30mm のフーチングを用いて 60G の遠心加速度場で行った。したがって、実際の基礎幅に換算した場合、180cm のフーチング基礎に対応する。なお、遠心加速度の設定位置は載荷面とした。

2-1. 地盤作成方法

本実験に用いた試料は気乾状態の豊浦砂である。その主な物性は、 $\rho_s=2.654(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、 $\rho_{\text{max}}=1.652(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、 $\rho_{\text{min}}=1.334(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、 $D_{50}=0.162(\text{mm})$ である。また、対象地盤($Dr=90\%$)の力学特性をみるために三軸 CD 試験を有効拘束圧 1, 2, 3, 4(kgf/cm^2)の下で行った。一点法により算出したせん断抵抗角を Fig. 1 に示す。

模型地盤は、相対密度(Dr)が 90%になるように多重ふるいによる空中落下法により作成した。空中落下後、模型地盤表面が水平になるように余分な砂をバキュームで吸引して成形した。

根入れがあるものに関しては、同様の方法で載荷面を成形し鉛直性を保持するため特殊な治具も開発した。こうして、所定の根入れ深さになるまで砂を堆積させ、地盤表面を成形して模型地盤とした。

実験条件を Table. 1 に示す。

2-2. 実験機器

(1) 模型基礎

実験に用いた模型基礎は、ジュラルミン製で直径が 30mm で高さが各々 45mm, 75mm, 105mm, 165mm の計 4 種類である。なお、摩擦を低減させるため模型基礎周面にグリスを塗り、その上にメプレンを貼りつけた。また、基礎底面には、サトペーパーを貼りつけて「粗」の状態とした。

(2) 試料容器

載荷による地盤の影響範囲を考慮し、試料容器は模型基礎幅の 5 倍以上の半径を有し、かつ基礎底面下の砂層についても十分な層厚が確保できる様、内径 487mm、深さ 500mm の鉄製の円形土槽を使用した。

(3) 載荷装置

載荷装置は電気駆動方式のもので、最大 5tf の載荷重を与えることができる。この装置により載荷は全ての実験において 1mm/min の変位制御方式とした。基礎に作用する荷重の検出には容量が 1tf のロードセルを用いた。また、沈下量は載荷ヘッドに取り付けてある変位計で計測した。なお各データは 1 秒間に 1 回計測した。

3. 実験結果及び考察

円形基礎の根入れ効果について検討するにあたり、換算基礎幅 $B_p=180\text{cm}$ とし根入れ基礎幅比 D_f/B を 0, 1, 2, 4 と変化させ、それぞれの場合の支持力を求めた。実験結果を Fig. 2 に示す。同図に示す様

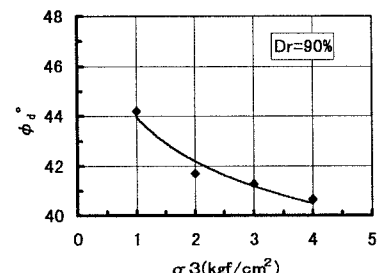


Fig. 1 拘束圧とせん断抵抗角

Table.1 実験条件一覧表

根入れ幅比 D_f/B	換算基礎幅 $B_p(\text{cm})$	相対密度 $Dr(\%)$	間隙比 e
0	180	92.5	0.635
1	180	92.8	0.635
2	180	92.2	0.643
4	180	93.0	0.635

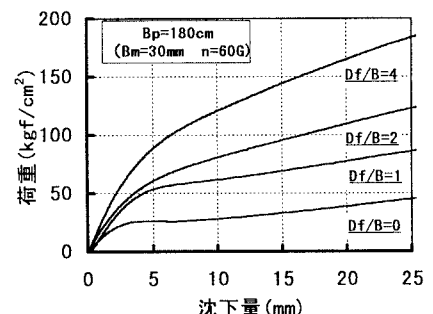


Fig.2 荷重～沈下量

に根入れが大きくなるのに従い、載荷初期の地盤変位と載荷重の関係、すなわち地盤反力係数が大きくなるのが認められる。また、 $D_f/B=0$ では沈下量 4.0mm のとき β - γ 荷重を示すが、これ以外ではどれも荷重～沈下関係は 3～7mm の所で曲率最大を越え、以後、単調に増加する傾向を示す。このため支持力の算定に際しては、 $D_f/B=0$ では β - γ 値、これ以外では曲率最大のところで極限支持力とした。

基礎の根入れ、形状を考慮して一般支持力式²⁾は、

$$q_f=c\cdot N_c\cdot S_c\cdot d_c+\gamma\cdot B\cdot N_\gamma\cdot S_\gamma\cdot d_\gamma/2+\gamma\cdot D_f\cdot N_q\cdot S_q\cdot d_q\cdots(1)$$
で表わすことができる。ここに、 q_f は根入れを有する基礎の支持力、 c は粘着力、 γ は土の単位体積重量、 B は基礎幅、 D_f は根入れ深さである。また、 N_c 、 N_γ 、 N_q は帯基礎の支持力係数、極限支持力の補正係数として、 S_c 、 S_γ 、 S_q は形状係数、 d_c 、 d_γ 、 d_q は深さ係数である。
そこで、模型に作用させる遠心加速度を n とし、表面基礎の支持力を $q_{f(D_f=0)}$ とすると (1) 式は、(2) 式のように示される。

$$q_f=q_{f(D_f=0)}+n\cdot\gamma\cdot D_f\cdot N_q\cdot S_q\cdot d_q\cdots(2)$$
(2) 式に $S_q=1+\tan\phi$ を用い、 d_q について整理すると次式の様になる。

$$d_q=(q_f-q_{f(D_f=0)})/(\gamma\cdot D_f\cdot N_q(1+\tan\phi))\cdots(3)$$
ただし、軸対称載荷時の塑性応力場内の平均圧力 σ_m を文献²⁾により $\sigma_m=q_f/5$ とみなし、これに対応する ϕ を Fig. 1 の $\phi\sim\sigma_3$ 関係に外挿して求める。その ϕ を用いて N_q を

$$N_q=(1+\sin\phi)/(1-\sin\phi)\cdot\exp(\pi\tan\phi)\cdots(4)$$
から算出する。そこで、(3) 式から算出した実験値とこれまで提案されている d_q の評価式から求められる値とを比較する。

G. G. Meyerhof の式²⁾;

$$d_q=1+2(1-\sin\phi)^2\cdot\tan\phi\cdot D_f/B\cdots(5)$$
B. Hansen の式²⁾;

$$d_q=1+0.1((1+\sin\phi)/(1-\sin\phi))^{0.5}\cdot D_f/B\cdots(6)$$
また、山口が提案した $D_f>B$ に対しての d_q の評価式²⁾は、

$$d_q=1+(2-\sin\phi)(1-\sin\phi)/(1+\sin\phi)\cdot\tan\phi\cdot\tan^{-1}(D_f/B)\cdots(7)$$

本実験によって求めた d_q 、(5)、(6)、(7) 式から算定した値及び斎藤らが実測した結果¹⁾を Table. 2 に示す。また、Table. 2 の d_q を D_f/B に対してプロットすると Fig. 3 の様になる。1 $\leq D_f/B\leq 4$ において、既往値は 0.6 付近ではほぼ一定値が得られ、本実験の d_q は既往値と近い値が得られた。ただし、その絶対なる値については、実験を積み重ねて検討する必要があると考えられる。

4. あとがき
本研究では、支持力特性に及ぼす基礎の根入れ効果を実験的に調べた。根入れの大きさにより支持力は増大するが、これを定量的に評価することはなかなか難しい。すなわち、破壊性状が $D_f/B=0$ では全般せん断破壊をとるが、 $D_f/B\geq 1$ ではむしろ局所せん断破壊となりその極限支持力を特定できない。また、実験により求めた深さ係数 d_q は、全体的に各種提案式と比べて小さな値となった。今後、この点も含め、基礎の根入れ効果について実験を積み重ねていきたい。

【参考文献】

- 1) 斎藤ら (1995) : 砂地盤の支持力値における形状並びに根入れ効果、地盤破壊の三次元的評価に関するシンポジウム pp149～154
- 2) 山口ら (1991) : 砂地盤の支持力の深さ係数に関する理論的、実験的研究、東京電機大学理工学部紀要, vol. 13, 1991. pp69～75
- 3) 山口柏樹 (1995) : 土質力学 (全改訂), pp253～295

Table. 2 d_q の実験値と計算値の比較

Df(cm)	0	3	6	12
Df/B	0	1	2	4
qf(kgf/cm ²)	27	46	53	75
ϕ (deg.)	40.5	40.3	40.2	40.0
N_q	68.85	66.94	66.01	64.20
d_q (実験値)	—	0.752	0.468	0.500
d_q (既往値)	—	0.680	0.730	0.612
d_q (Meyerhof)	1.000	1.216	1.431	1.858
d_q (Hansen)	1.000	1.212	1.425	1.857
d_q (山口)	1.000	1.193	1.273	1.328

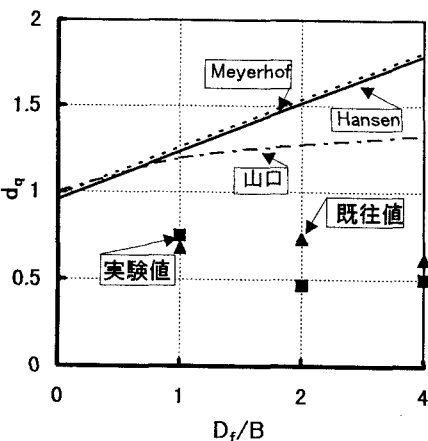


Fig.3 深さ係数の変化