

長岡技術科学大学 学○中村公一 正 大塚悟
日建設計 中瀬土質研究所 正 片上典久 正 斎藤邦夫

はじめに

鹿児島県地方に分布するシラスは、多孔質で単位体積重量が小さく且つ粒子が破碎し易いと云う特徴を有する。このため、シラス地盤の工学的特性を検討する場合は如何に把握、評価するかが問題となる。

本研究では、実地盤の応力状態を再現させるために速心模型実験手法を用い、シラス地盤の支持力における基礎の根入れ効果について検討したので報告する。

1. 模型地盤材料の物理的・力学的特性

本研究に用いた材料は、鹿児島県始良地方より採取した試料である。均一な密度を有する模型シラス地盤を作成するため、既往の豊浦砂の実験結果を比較する目的で、その粒度特性が最大粒径 0.425mm、細粒分 (75 μ m 以下) 含有率 10% 以下となるよう人工的に調整した。以後これを調整シラスと呼ぶことにする。

調整シラスの物理的ならびに力学的特性を表-1、図-1 に示す。図-1 は調整シラスの力学的特性を把握するため、三軸 CD 試験を実施して得た結果である。ただし、図中に示すせん断抵抗角 (ϕ_d) は一点法により求めた値である。比較のために豊浦砂のデータも併記する。

同図より、豊浦砂、調整シラス共に拘束圧の増加に伴い ϕ_d が低下する傾向にある。しかし、その低下の割合は調整シラスが大きい。例えば、 σ_c 1kgf/cm² の時に調整シラスが 47.5°であったのが σ_c 7kgf/cm² で 37.5°と約 10°低下しているのに比べ、豊浦砂は 44.3°から 40.2°と約 4°の低下にとどまっている。これより調整シラスの応力依存性が顕著さが指摘できる。

2. 実験方法

地盤作成方法：模型地盤は、Dr≒75%となるよう、多重ふるいを併用した空中落下法により鋼製容器内に堆積させた。その後、余分な試料は真空装置を用いて除去し、水平な地表面を有する層厚 35cm の平坦な地盤を作成した。根入れを有する基礎の場合には、模型地盤作成中に所定の層厚になったところで一旦表面を成形し基礎を設置した。その後、上記と同様の方法で根入れが所定の深さとなるよう試料を堆積させ、最後に地表面を成形した。

実験装置：実験装置の概要を図-2 に示す。載荷装置は、電気駆動式で、最大載荷容量 5t である。この装置により載荷はすべて 1mm/min の変位制御式で行った。

試料容器は、模型基礎幅 B_0 ($B_0 = \phi = 2r$) の 8 倍以上の半径を有する直径 487mm、深さ 500mm の鉄製の円形容器を使用した。また、基礎底面以下の砂層は、基礎径の 7 倍以上の層厚を設け、支持力特性に容器の周面ならびに底面の影響が入らないよう留意した。

模型基礎は、アルミニウム製で直径 30mm、高さは根入れ深さ D_f の大きさに応じて 45, 75, 105, 165mm の計 4 種類を用いた。なお、根入れを有する基礎の場合には模型基礎周面にグリスを塗布し、メンブレンを貼り付けて周面摩擦を極力低減するように配慮した。すべての基礎は、底面にサンドペーパーを貼り付け「粗」の状態とした。

キーワード：シラス 支持力 根入れ

連絡先：川崎市幸区南加瀬 4-11-1 Tel 044-599-1151 FAX 044-599-9444

表-1 物理特性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.418
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.169
最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	0.827
曲率係数	0.948
均等係数 U_c	2.471

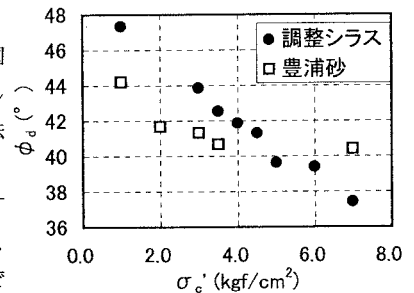


図-1 有効拘束圧一せん断抵抗角

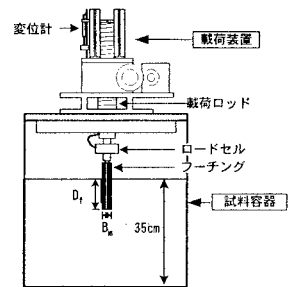


図-2 実験装置の概略図

3. 実験結果

本実験では、実物と同様の自重効果を発揮させるため、模型に 30G の遠心加速度を与えて支持力挙動を調べた。今回の実験では、特に調整シラス地盤における根入れ効果を明らかにするため、表-2 に示す計 4 種類の実験を行った。

実験結果を、荷重-沈下関係をまとめて図-3 に示す。同図より、すべての実験ケースにおいて明確なピークを有しない局所せん断破壊の挙動を示しており、根入れ基礎幅比 (D_f/B) が大きくなるのに従い、初期地盤反力が大きくなる。また、いずれも基礎幅の 10~15% 程度の貫入量で曲率最大を示し、その後荷重-沈下関係が単調に増加する傾向を示す。そこで基礎幅の 15% の沈下が生じた時の載荷重を極限支持力とした。

図-4 は、極限支持力と初期根入れ深さ時の上載圧の関係である。豊浦砂は根入れ深さが大きくなるのに従い、極限支持力も増大している。それに対し調整シラスの場合、根入れ深さが小さいときは豊浦砂よりも大きい極限支持力を発揮するが、根入れ深さが大きくなるのに従い極限支持力の増大がみられなくなる。この挙動について検討するために、深さ係数 d_q に着目した検討を行った。

一般的な粘着力のない砂地盤の支持力公式は、(1) 式のように表される。

$$q_f = \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma / 2 + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad \cdots (1)$$

ここに、 q_f は根入れを有する基礎の支持力、 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_γ 、 N_q は支持力係数、 s_γ 、 s_q は形状係数、 d_γ 、 d_q は深さ係数であり、また右辺第一項は表面基礎の極限支持力である。したがって、表面基礎の極限支持力は q_{f0} とすると、(2) 式のように示される。

$$q_f = q_{f0} + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad \cdots (2)$$

これを d_q で整理すると (3) 式のようになる。

$$d_q = (q_f - q_{f0}) / (\gamma \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q) \quad \cdots (3)$$

ここで、 $s_q = 1 + \tan \phi / 3$ 、 $N_q = (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi) \cdot \exp(\pi \cdot \tan \phi)$ であり、何れも ϕ の関数である。そこで ϕ を、 $\sigma'_m = q_f / \gamma^{1/2}$ として図-1 より読み取り s_q 、 N_q を求めて、 d_q を算出した。この結果を図-5 に示す。同図から、豊浦砂はほぼ一定値を示すのに対し調整シラスでは、 $D_f/B \leq 2$ までは豊浦砂の約半分の値であるが、値はほとんど変化しない。

しかし、 $D_f/B = 4$ では $D_f/B = 2$ と比較すると、調整シラスは 50% 程度も低下した。

この結果から、根入れ深さが大きくなると上載圧は増加するものの d_q が減少することから、全般せん断破壊のような大きなすべり線を想定するのは問題があるといえる。さらに根入れが深くなった場合、基礎直下の非常に狭い領域での破壊挙動が卓越することが十分考えられ、この点が今後の課題である。

参考文献

- 1) 斎藤他：砂地盤の支持力値における形状ならびに根入れ効果、地盤破壊の三次元的評価に関するシンポジウム, pp149~154, 1995.3
- 2) 山口他：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, pp69~75, 1991.7
- 3) 山口柏樹：土質力学 (全改訂), pp253~295, 1969.9

表-2 実験条件

根入れ幅比 D_f/B	換算根入れ深さ D_f (cm)	相対密度 Dr (%)
0	0	74
1	90	74
2	180	76
4	360	79

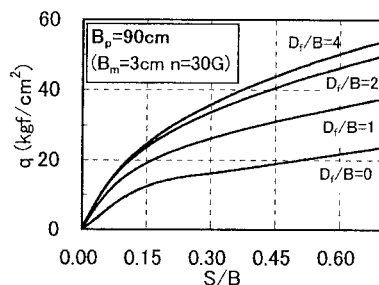


図-3 載荷重-沈下量基礎幅比

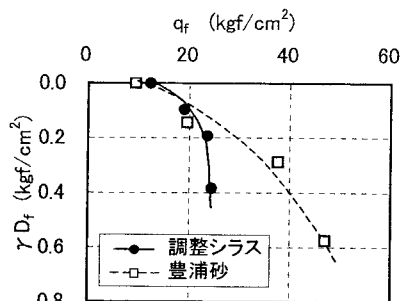


図-4 極限支持力-上載圧

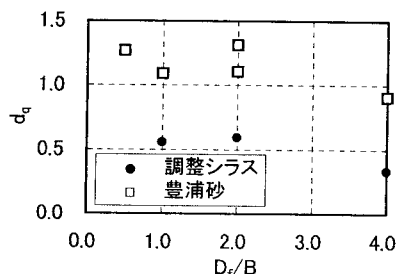


図-5 深さ係数の変化