

武蔵工業大学

学 ○高柳 哲

正 末政 直晃

長岡技術科学大学

学 中村 公一

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

南九州に主として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特徴を有している。したがって、シラスを基礎地盤として利用する場合には、その工学的性質を如何にして把握するかが課題となる。

本研究では遠心模型実験によりシラス地盤の支持力特性を調べ、特にその寸法効果について検討したので、ここに報告する。

2. 材料特性

実験では、鹿児島県始良地方で採取したシラスを使用した。模型地盤を均一な密度状態として一般的な豊浦砂の成果と比較するため、その最大、最小粒径を豊浦砂に一致させた。これを調整シラスと呼び、その物理的特性を表-1に示す。

シラスの特性を把握するため、三軸圧縮 CD 試験を空中落下法で供試体を作成して実施した。試験の結果を一点法により整理してせん断抵抗角(ϕ_d)と拘束圧(σ'_c)の関係にまとめて図-1に示す。

この結果より、低拘束圧の下でのシラスは、豊浦砂に対して ϕ_d が2~4°程度大きい値を示した。一方、拘束圧の大きくなるに従い、豊浦砂は ϕ_d が41°付近に収束するような挙動を示すのに対し、シラスは応力に依存して著しく低下する挙動を示している。また、この現象の一つとして低拘束圧の下ではインターロッキングの効果^{*)}が現れていることが考えられる。

3. 実験概要

3-1. 実験装置

本実験で用いた実験装置の概略図を図-2に示す。

試料容器は、容器の周面ならびに底面の影響を無視できるように直径487mm、深さ500mmの鉄製の円形容器を使用した。

模型基礎は、アルミニウム製で直径(2r)×高さが30×45mm及び50×60mmの2種類の円形基礎を用いた。各基礎の底面は、サンドペーパーを貼り付け「粗」の状態とした。

載荷装置は、電動駆動式のもので最大容量5tfである。載荷速度は全ての実験ケースとも1mm/minとした。

3-2. 地盤作成方法

模型地盤は、シラスを多重ふるいによる空中落下法で相対密度(Dr)が75%となるように調整した。試料容器内の模型地盤の表面を水平にするため、余分な試料をバキュームにより吸引成形した。

3-3. 実験方法

本研究では、基礎の寸法効果を把握する目的で表-2に示す条件で実験を行った。なお遠心加速度場の設定位置は地表面とした。

キーワード： シラス 支持力 寸法効果

連絡先： 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 地盤研究室 TEL03-3703-3111 FAX03-5707-2202

表-1 試料の物理的特性

試料名	調整シラス	豊浦砂
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.418	2.654
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.169	1.641
最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	0.827	1.333
均等係数 U_c	2.471	1.380
平均粒径 D_{50} (mm)	0.175	0.175

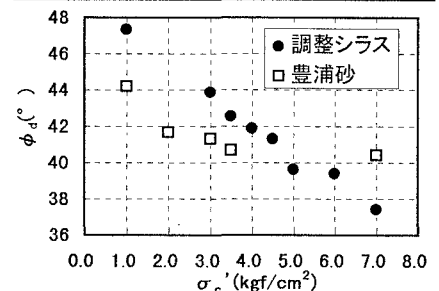


図-1 $\sigma'_c - \phi_d$ 関係

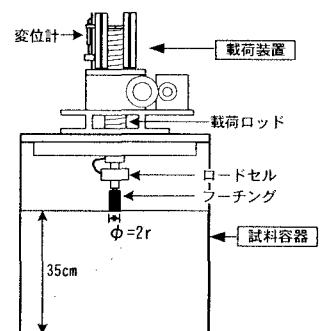


図-2 実験装置の概略図

表-2 実験条件

基礎直径 $\phi=2r$ (cm)	遠心加速度 n (G)	換算基礎幅 ϕ_p (cm)	相対密度 Dr (%)	間隙比 e
5	1	5	73	1.303
3	10	30	77	1.266
3	30	90	74	1.288
3	60	180	75	1.279
3	100	300	75	1.283

4. 実験結果及び考察

実験によって得られた、荷重－沈下量関係を図-3に示す。ただし、荷重は基礎幅(B =基礎直径: $\phi=2r$)と単位体積重量、沈下量は基礎幅でそれぞれ除して無次元化して示した。この結果より、換算基礎幅(ϕ_p)が30cm以下では明確なピーク荷重を示す全般せん断破壊挙動となった。しかしながら、 $\phi_p>30\text{cm}$ では荷重が沈下と共に漸増する局所せん断破壊を呈した。このように、基礎幅によって破壊挙動が異なり、支持力値が低減することから、基礎の寸法効果に着目し豊浦砂の場合^{*)2}と比較した。

ただし、極限支持力については、各実験ケースの荷重－沈下関係に着目して決定した。先ず明瞭なピークを有するときはそのピークを値とし、ピークが認められないものは、基礎幅の15%($S/B=0.15$)沈下したときの値と定義した。図-4は極限支持力をこのようにして判断し、縦軸に無次元化した支持力($2q_f/n \gamma B$)、横軸には ϕ_p をとって描いたものである。なお、同図中の△印は豊浦砂の結果である。シラス、豊浦砂は共に ϕ_p の増大に伴い、無次元化した支持力値が低減するのが分かる。しかし、両者の低減の仕方に、大きな差異が認められた。

$\phi_p=30\text{cm}$ までの挙動をみると、豊浦砂の $2q_f/n \gamma B$ の低下が10%程度なのに対して、シラスは約50%も低下した。この要因の一つとして、シラスの粒子は、豊浦砂の粒子に比べ角が鋭利な形状^{*)3}が原因であることが考えられる。すなわち、重力場のような比較的低い拘束圧の下では粒子間の摩擦が大きくなり、インターロッキングの効果が顕著に現れる。そのため、豊浦砂に比べ極限支持力値は非常に大きくなることが考えられる。

一方、 $\phi_p>90\text{cm}$ 挙動は、豊浦砂は $\phi_p<30\text{cm}$ と対数軸上で一定の割合で低下している。これに対し、シラスは $\phi_p<30\text{cm}$ に比べ低下の割合が小さくなるものの $\phi_p=300\text{cm}$ を越えてもさらに低下するような挙動を示した。この要因として、三軸圧縮試験で確認したよう ϕ_a の応力依存性が考えられる。

そこで、 ϕ_a が寸法効果に与える影響について検討した。一般的な砂の支持力公式は次式のように表せられる。

$$q_f = \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma / 2$$

ただし、 $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi_a$ 、 $N_q = (1 + \sin \phi_a) / (1 - \sin \phi_a) \exp(\pi \tan \phi_a)$ 、 $s_\gamma = 0.65$ 、 $d_\gamma = 1$ とした。

これらの式より、実験から得た q_f を用い ϕ_a を試行計算により求めた。この計算値と三軸圧縮試験より得た実験値を図-5に示す。ただし、計算値に対応する拘束圧は、 q_f の下で釣り合う応力状態に対応すべきと考え $\sigma'_m = q_f/5$ とした。なお同図には、豊浦砂のデータも参考のため併記した。

同図によると三軸圧縮試験で求めた ϕ_a と支持力実験より逆算して求めた ϕ_a は、値の違いこそあれ、拘束圧の増加に伴う ϕ_a の低下の割合は非常に類似していることが明らかである。すなわち、シラス地盤における顕著な寸法効果は、定性的にはあるが ϕ_a の応力依存性によるものといえる。

5. 今後の課題

今後、寸法効果について応力依存性を考慮した解析的検討を行うとともに、二次元帯基礎において同様な実験を行い、基礎幅による地盤の変形挙動、基礎直下の破壊について実験的な検討を行う予定である。

参考文献 1)Haruyama, Effect of water content on the shear characteristics of granular soils such as sirasu, Soil and Foundation VOL.9, pp.35-57, 1969 2)斉藤他, 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, pp.149-154, 1995.3 3)片上他, シラス地盤における基礎の支持力特性の検討, 土木学会第53回年次学術講演会, 1998.10

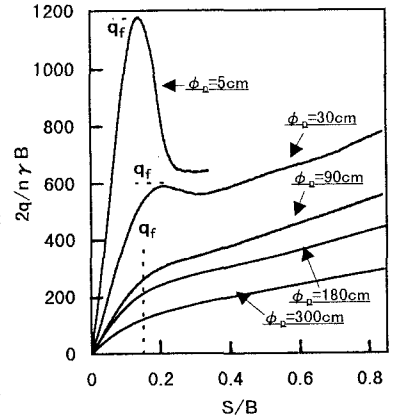


図-3 荷重－沈下関係

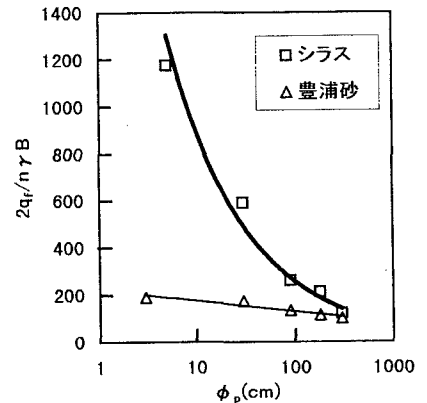


図-4 ϕ_p － $2q_f/n \gamma B$ 関係

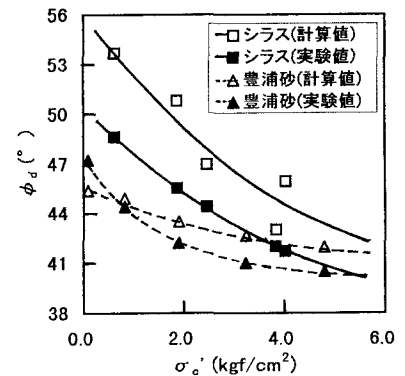


図-5 計算値と実験値の比較