

III-15 砂地盤上の基礎の支持力に及ぼす相対密度の影響

九州産業大学工学部 正 石堂 総 正○永吉 孝
学 山下 啓明
松吉 明仁 神野 浩三

1. まえがき 基礎の支持力を求めるには、地盤の強度と変形の2要素について検討し、それらを総合的に判断することが基本的なやり方である。従来は強度論的な検討が優先してきたが、砂地盤の場合相対密度の大きさによつて変形特性が非常に異なるので、両者を考慮したいわゆる地耐力としての考え方が重要となってくる。剛塑性論による支持力としては Terzaghi の式などで、地盤の強度定数やN値などから求めることができるが、圧縮を伴う地盤では全ての状態で満足し得るものとはならない。その便法として Terzaghi の式では、全般破壊と局部破壊に対する支持力係数の考えを変える方法をとっている。また、L.Zeevaert¹⁾は、砂の圧縮性と相対密度、相対密度と支持力の関係を用いて剛塑性論で求められる支持力から任意の相対密度における支持力を求める方法を提案している。ここでは、Zeevaert と同様の考え方に立ち、強度と変形を同時に考慮した地耐力の求め方を探ろうとするものであり、室内模型試験により検討したものである。

表-1 試料の物理定数および粒度試験結果

試料名	Gr _s	e _{max}	e _{min}	D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	U _c	U _{c'}
豊浦砂	2.645	0.992	0.596	0.252	0.206	0.144	1.75	1.17
海砂	2.642	0.926	0.511	0.520	0.310	0.190	2.74	0.97

2. 試料および実験方法 試料は豊浦標準砂と玄界海砂を用いた。粒度および諸物性値は図-1、表-1の通りであり、玄界海砂の方が粒径がやや大きく、粒度もよつたものである。実験土槽は1^m×1^m×0.5^mの鋼板製のもので、載荷はエアージャッキにより2^{mm}/minの沈下速度制御式で行なつた。載荷板は、厚さ2^{cm}のアクリル板で10^{mm}, 15^{mm}, 20^{mm}角の3種を用いた。造成地盤は、e_{min}, e_{max}の測定結果をもとに相対密度20, 40, 60, 80%の状態に締固め、各条件で2回以上の載荷試験を行なつた。

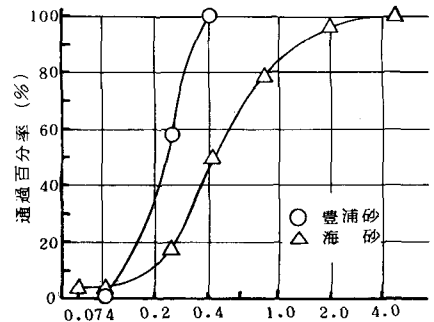


図-1 粒径加積曲線

3. 実験結果および考察 図-2は、玄界海砂のB=10^{cm}の実験例であり、他の条件における傾向もこれとほぼ同様の結果が得られた。図は、(沈下量Sにおける応力σ)/(極限支持力q_u) ~ (沈下量S)/(載荷板幅B)の関係を表わしているが、相対密度が小さくなると明瞭なピークを示さなくなる。このような状態での極限支持力は、Van der Veen の手法により求めた。結果の特徴としては、相対密度が小さくなるにつれて、各σ/q_uレベルにおけるS/Bの値は大きくなる。極限状態のS/Bの値は、Dr=80%程度では約10%以下となるが、相対密度が小さくなると10%をはるかに超える値となり、地耐力を求めるに

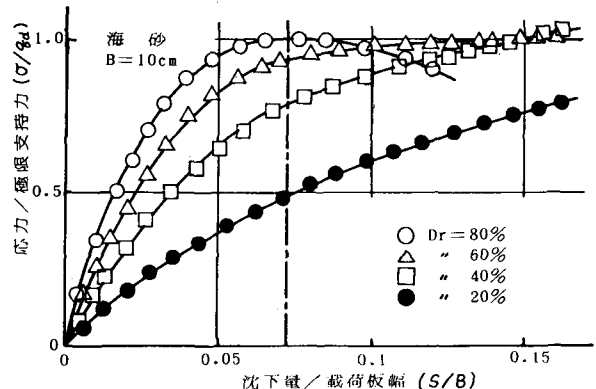


図-2 応力/極限支持力~沈下量/載荷板幅

は、沈下に対する慎重な検討をすることが必要であることを示している。

いまよく締った状態（例えば、 $D_r=80\%$ ）と同等の沈下を許すものと考えれば、相対密度の低い状態における $\sigma/\bar{\sigma}_d$ の値は1よりかなり小さくなる。このときの応力を $\bar{\sigma}_d$ とすれば、

$$\bar{\sigma}_d = \alpha \bar{\sigma}_d \quad (\alpha: \text{低減係数}) \quad (1)$$

とおくことができ、 $\bar{\sigma}_d$ は沈下を規制したときの修正支持力と考えることができる。 $D_r \geq 80\%$ は剛塑性体とはいえないが、 $\bar{\sigma}_d$ 値には近似的に剛塑性論による値を当てるとする。図-2の中に示す $D_r=80\%$ のピーク時の S/B における各相対密度の $\sigma/\bar{\sigma}_d$ を α として示すと図-3, 4のようになる。砂の種類によって幾分異っているが、 $\log \alpha \sim \log D_r$ は直線関係にある。また、載荷板幅が大きくなるに従って α は大きくなり、相対密度の大きさに応じたある値に漸近する傾向もあるので、寸法効果の検討をする必要がある。種々な検討要素はあるが、各砂の平均および両砂の平均的近似式を求めると図-5のようになり、

$$\text{豊浦砂} \quad \alpha = 0.300 D_r^{0.308} \quad (2)$$

$$\text{玄界海砂} \quad \alpha = 0.082 D_r^{0.623} \quad (3)$$

$$\text{近似式} \quad \alpha = (0.136 \sim 0.14) D_r^{0.5} \quad (4)$$

とおける。(4)式では $D_r=54\%$ 以上（中位の締り方）以上では $\alpha=1$ となり、低減の必要はなく、逆に $D_r=30\%$ （ゆるづめ）以下では $\alpha=0.75$ 以下に低減する必要がある。

$$L. \text{Zeevaert は、} \alpha = 0.1 + D_r \quad (5)$$

としているが、(2)～(4)式に比較して低減率が大きく、安全に過ぎる感がある。

図-6は、(4)、(5)式の低減係数を用いて求めた修正支持力を示している。実線は、強度から求める許容支持力であり、破線は $D_r=80\%$ と同程度の沈下しか許さない場合の値であって、沈下を考慮したものであり一種の許容地耐力に相当する。このように、相対密度が小さい場合は、 α が小さく、圧縮性が大きくなるので、これら α の影響を受けて許容地耐力は非常に小さくなる。

4. あとがき 室内造成地盤を用いて模型実験を行なうたが、模型の大きさをいさし大きくしたものければ、定量的に問題が残っている。しかし、少なくとも砂地盤の造成地に対する傾向は同様の考え方で処理することが可能であり、ひいては自然地盤へも展開することができる。今後は、それらの未決の問題について更に検討を加えたい。

参考文献

Leonarda Zeevaert : 「Foundation Engineering for Difficult Subsoil Condition」

Van Nostrand Reinhold . 1977

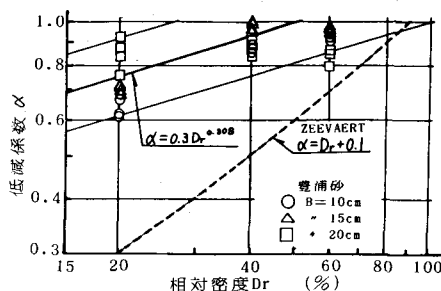


図-3 低減係数 α - 相対密度 D_r

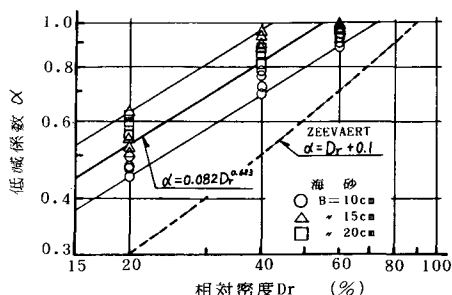


図-4 低減係数 α - 相対密度 D_r

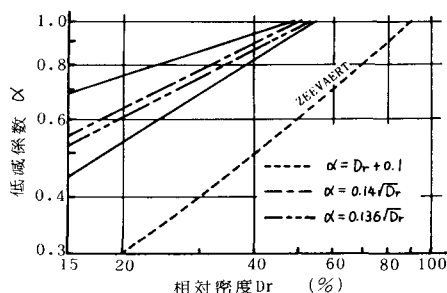


図-5 低減係数 α - 相対密度 D_r

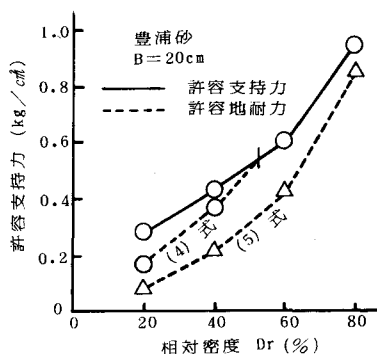


図-6 許容支持力 - 相対密度