

PSIII-4

砂の物理的性質と力学的性質との相関

— 土粒子形状を考慮して —

北海道大学工学部

学生員

長谷川敬寿

同

正会員

三浦 均也

同

同

松本 吉英

同

正会員

土岐 祥介

1. まえがき 筆者らはこれまで、種々の砂試料について物理的性質と力学的性質を調べ、これらに及ぼす粒子形状、粒度分布、粒子破砕性などの影響を調べてきた^{1, 2, 3)}。本研究では、Leesの提案する角張度を導入して粒子形状を数量化し⁴⁾、粒子形状、間隙比、圧密変形、せん断変形、破壊強度の間の関係について検討している。

2. 試料および試験の種類と方法の概要 用いた試料は珪砂A(CA-SAND)、相馬砂(SO-SAND)、豊浦砂(TO-SAND)の三種類で、各々はふるい分けにより粒径加積曲線が直線上となるように調整されていて、均等係数 U_c が小さく($U_c < 1.3$) D_{max} が異なる均等粒径試料(Uniform)、 D_{max} あるいは D_{min} が一定で U_c が広範囲にわたる粒度分布の良い試料(Graded-Sample)の2タイプを準備した^{1, 2)}。これらの試料について、比重試験、最大・最小密度試験および三軸圧縮試験($Dr = 70\%$)を行った¹⁾。Leesは、土粒子の角張りの程度を数量化するために、粒子の投影図において幾何学的に角張度を定義した。Leesは粒子形状を三方向から解析し角張度 A を計算したが、本研究ではこの手法を簡略化し、顕微鏡により二次元的に観察し、KrumanとLeesが作製した粒子形状のサンプルと角張度の対照表を参考にして、各々の粒子の A 値を50刻みで決定した。サンプルに抽出した10個の粒子についての平均値を $\overline{A_{2D}}$ として以下の解析に用いている。

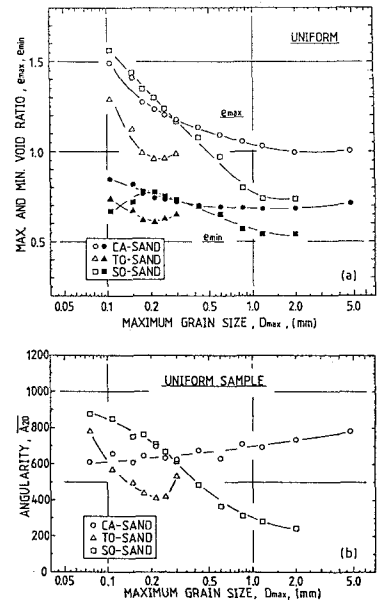


Fig.1(a-b)

3. 物理的性質と力学的性質の相関 3.1. 間隙比に及ぼす角張度の影響

図1(a-b)は、均等粒径試料について調べた角張度および最大・最小間隙比を最大粒径 D_{max} に対してそれぞれ示している。(a)図と(b)図を比較すると、一般的に $\overline{A_{2D}}$ が大きいほど間隙比も大きいという良い相関がある。しかし、CA-SANDの場合のように粒子寸法の影響が見られ、粒子寸法が大きいほど間隙比が小さくなるということができる⁵⁾。ここでは示さないが、粒度分布のよい試料については U_c の増加に伴い間隙比は減少するという傾向も認められた^{1, 2)}。

3.2. 間隙比と圧密変形の相関 三軸圧縮試験の等方圧密過程($\sigma_a = \sigma_r = 19.6 \sim 196 \text{ kPa}$)において測定された軸ひずみ ϵ_{ac} については、供試体初期間隙比 e_i との間にあまりよい相関は見られなかったが、余裕間隙比($e_i - e_{min}$)との間には図2(a-c)に示したように余裕間隙比が大きくなるほど ϵ_{ac} が大きくなるという比較的よい相関関係が見られる。図2(a), (c)において、相馬砂の ϵ_{ac} が他のケースに比べて小さいのは、土粒子自体の破砕強度が相馬砂の場合には他に比べて

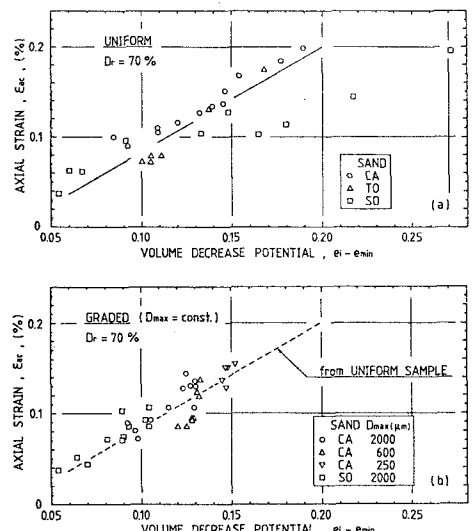


Fig.2(a-b)

著しく大きいことが原因と考えられる¹⁾。また図2(d)には、粒度未調整の豊浦砂で相対密度が異なる

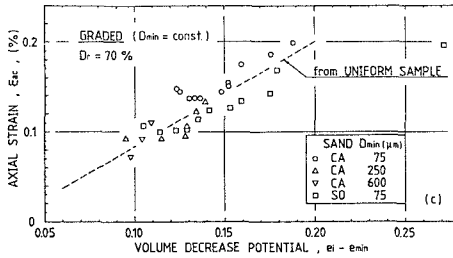


Fig.2(c-d)

場合の $\varepsilon_{ac} \sim (\varepsilon_i - \varepsilon_{min})$ 関係が示してあるが、図2(a-c)で得られた傾向とは明らかに異なっている。したがって、粒子の破碎性や相対密度の影響についてはさらに検討が必要であろう。

3.3. 圧密変形とせん断変形との相関

図3(a-d)にはせん断初期の変形剛性を表す $\varepsilon_a \sim \sin \phi_m$ 関係から求めた割線係数 E'_{s0} と ε_{ac} との

関係を示している。

砂の種類、粒径、 U_c によらず非常に一義的な負の相関が見られる。

松岡は圧密変形量とせん断初期剛性の間の一義的な関係に着目して構成式を展開している⁶⁾。

3.4. せん断変形とせん断強度との相関

図4には、均等粒径試料における内部摩擦角 ϕ_d が割線係数 E'_{s0} に対して示している。

全般的に剛性が大きくなるにつれて ϕ_d が小さくなっており、一般に信じられている傾向とは逆になっている。

図示していないが、均等係数の大きな試料についても同様であり、 E'_{s0} と ϕ_d の間には一義的な相関はないと考えられる。

このことは ε_{ac} や E'_{s0} には粒子形状や粒度分布が同じ様な影響を及ぼすのに対して、 ϕ_d には粒子の破碎性も加わって異なった影響が現れるためと説明できる^{1, 3)}。

参考文献

1) 三浦、土岐、長谷川(1989):土質工学会北海道支部技術報告集第29号, pp.41-50.

2) 三浦、土岐、長谷川、松本(1989): "... の物理的性質," 第24回土質工学会研究発表会.

3) 三浦、土岐、長谷川(1989): "... の変形・破壊挙動," 第24回土質工学会研究発表会.

4) 最上(1969): "土質力学," 技報堂, pp.900-903.

5) 立元(1981): 砂の相対密度と工学的性質に関するシンポジウム, pp.71-78.

6) 松岡元: 私信(1989).

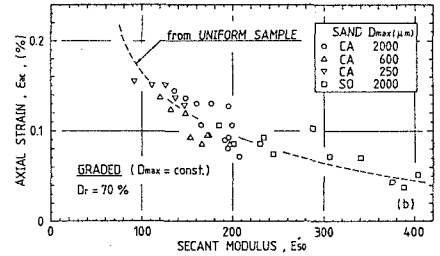
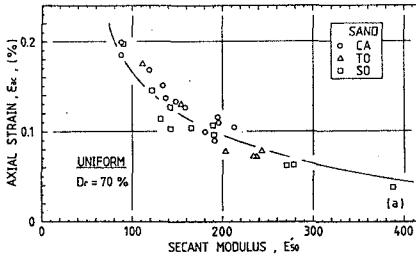


Fig.3(a-d)

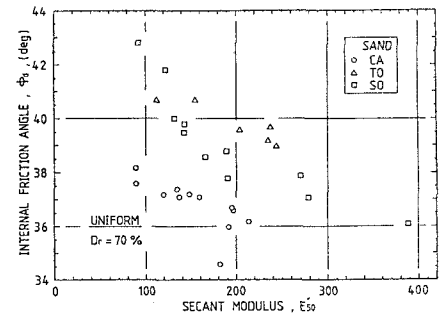


Fig.4