

立命館大学大学院 学生員 〇小山 桃太
立命館大学理工学部 正会員 福本 武明

1. はじめに

真砂土やしらすのような脆い粒子から成る粒状土の圧縮特性には、粒子破碎の影響が内在する¹⁾。しかし、その影響がどの程度のものであるかはまだわかっていない現状である。そこで本報では、約 70MPa まで載荷可能な側方拘束圧縮試験装置を用い得られた実験データに基づき、脆い砂の圧縮特性への粒子破碎の影響量を具体的に推定しようと試みたので、その結果について報告する。

2. 実験方法

試料は、Table 1 に示すように、しらすと 4 地方の真砂土(生駒,田上,比叡,六甲)を用いた。比較するため、粒子の堅固な相馬砂を選び、各試料と同一条件(絶乾状態,粒径:0.85~0.60mm,相対密度: $D_r=95\%$)で実験を行った。試料を鋼製モールド(内径 60mm,深さ 40mm)に詰め、これを標準圧密試験機にセットし圧密圧力 $p=0.01,0.02,0.04,0.08,0.16,0.32,0.64$ MPa まで段階的に載荷した後、油圧式高圧圧縮試験装置²⁾に移して $p=1.25,2.5,5,10,20,40,69.4$ MPa まで載荷した。各載荷段階後の供試体の粒子破碎状況を調べるために、ロータップ型振とう機を用いて粒度分析を行った。

Table 1 試料の物理的性質						
試料	状態	粒径 d (mm)	相対密度 D_r (%)	比重 G_s	最大密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最小密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)
しらす	絶乾	0.85~0.65	95	2.501	1.106	0.835
生駒真砂土				2.648	1.402	1.093
田上真砂土				2.590	1.370	1.050
比叡真砂土				2.678	1.468	1.174
六甲真砂土				2.639	1.431	1.069
相馬砂	絶乾	0.85~0.65	95	2.650	1.619	1.335

3. 実験結果と考察

3.1 ε - $\log p$ 曲線

Fig.1 に今回の 5 種類の試料で得られた ε - $\log p$ 曲線を示す。なお文中では、考察の都合で間隙比 e の代わりに圧縮ひずみ ε を用いて整理する。比較のため、図中には堅固な粒子からなる相馬砂の ε - $\log p$ 曲線も併記してある。図から、脆い粒子の砂ではかなり低い載荷応力段階から圧縮ひずみの顕著な増加が認められる。特に、しらすの場合は、 $p=1$ MPa 当りから ε が急激に増大する。これに対して、相馬砂の圧縮ひずみ ε_s は 10MPa あたりから急激に増える傾向にある。このように脆い砂と相馬砂の ε - $\log p$ 曲線の差異から、粒子の硬軟による圧縮特性への影響が極めて大きいことが理解できる。

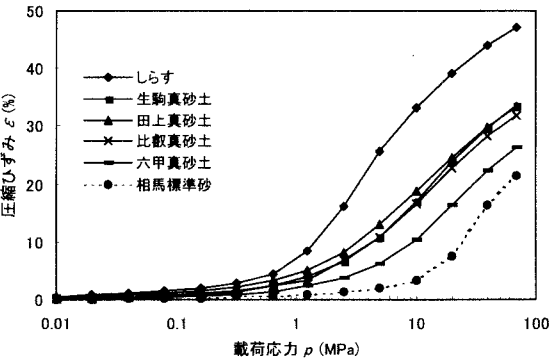


Fig.1 ε - $\log p$ 曲線

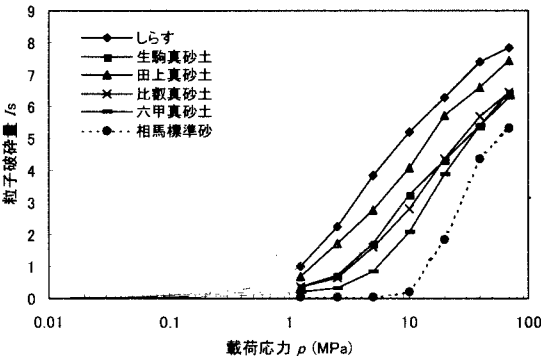


Fig.2 I_s - $\log p$ 曲線

3.2 I_s - $\log p$ 曲線

各载荷段階終了後、供試体を取り出し、粒度分析した結果から粒子破砕量 I_s を(1)式で算定し、载荷応力 p に対しプロットしたものが Fig.2 である。なお式中の s_w は試験前の表面積(cm^2)、 s_w' は試験後の表面積(cm^2)である。

$$I_s = 10 \log \left(\frac{s_w'}{s_w} \right) \quad (1)$$

Fig.2 から、堅固な粒子の相馬砂の場合、载荷応力 $p=10\text{MPa}$ まではほとんど破砕せず非破砕性材料と見なすことができるが、そこから急激に破砕が進むことが分かる。それに対して、しらすや真砂土では $p=1\text{MPa}$ の低い圧力下でも相当の粒子破砕を起こしていることが認められる。また Fig.1 と Fig.2 は傾向的に非常によく対応しており、このことから砂の圧縮特性に粒子破砕が極めて大きく影響していることが察知できる。

3.3 無破砕状態の圧縮ひずみ量の推定

まず Fig.3 に示すように無破砕状態の圧縮ひずみ曲線が描けるとすれば、「粒子破砕に起因する圧縮ひずみ量」を推定することができて、結果的に圧縮特性に及ぼす粒子破砕の影響量を求めることができる。このことに関し従来、真砂土の締固め特性と透水性に及ぼす粒子破砕の影響についての基本的考察から出発して、無破砕状態の圧縮ひずみ ε_0 を次式で推量できることが突き止められている²⁾。

$$\varepsilon_0 = \varepsilon - 0.19(n_i - \varepsilon)I_s \quad (2)$$

式中、 m は供試体の初期間隙比、 ε は圧縮ひずみの実測値、 I_s は粒子破砕量である。この(2)式を用い、各試料の ε_0 を算定し、 $\log p$ に対してプロットすれば Fig.4 が得られる。図から、各試料の ε_0 - $\log p$ 曲線は、計算上マイナス値を示すものもあるが、大局的には粒子の固い相馬砂の ε - $\log p$ 曲線とほぼ傾向的にもオーダー的にも近似したものであることが分かる。なお、 $p>10\text{MPa}$ の応力範囲で相馬砂は上記のように非破砕性材料の代表として扱えなくなるので無破砕状態における厳密な比較ができなくなることを付記しておく。

4. 結び

以上より、脆い砂の圧縮特性に及ぼす粒子破砕の影響量を(2)式を用いて概略推定できることが判明した。今後は、更に多くの実験データを集積し、それに基づき考察を深め、今回の知見を一層確実なものにしていきたい。

【参考文献】

- 1) 澤井大祐, 喜田啓介, 野口進, 福本武明: 高圧下における砂の ε - $\log p$ 特性: 土木学会第 53 回年次学術講演会概要集, pp.380~381, 1998
- 2) 福本武明: まさ土の圧縮特性に関する一考察, 土木学会第 38 回年次学術講演会概要集, pp.565~566, 1983

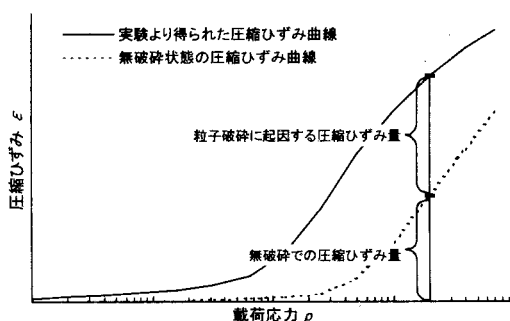


Fig.3 無破砕状態における圧縮ひずみ曲線のモデル

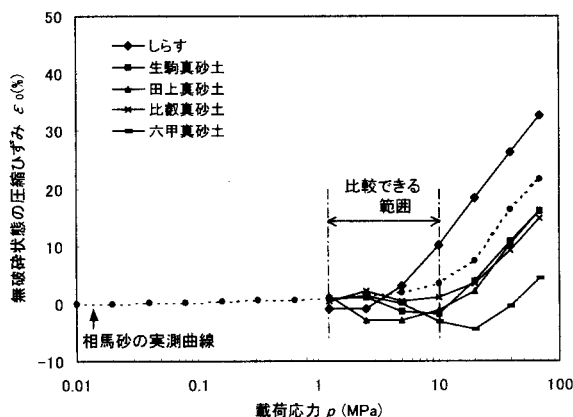


Fig.4 ε_0 - $\log p$ 曲線