

## しらすのせん断特性に関する一考察

立命館大学大学院 学生員○橋口正悟 名古屋市役所 伊藤穰司  
立命館大学理工学部 正会員 福本武明

**1. はじめに** しらすは、脆弱な粒子から成る砂質系の粒状土であって普通の土と素材的にも構造的にも異なる土で、日本の特殊土<sup>1)</sup>の一つに数えられている。このような脆弱な粒子から成る粒状土の場合、多くの人が指摘するようにそのせん断特性は高压下でなくても相当量の粒子破碎を生じるため、堅固な粒子から成る粒状土の場合に比べてかなり異質なものとなる。近年、このようなしらす地帯における大規模建設事業の展開に伴い、地盤災害とも関連して、しらすの力学特性に関する研究はますます重要となり急務になっている。そこで本報では、鹿児島県川辺郡で採取したしらすに対し三軸試験を実施し、得られた試験結果に基づき主としてしらすのせん断特性に内在する粒子破碎の影響量がどの程度かにねらいを定め具体的に把握しようと試みた。

**2. 粒子破碎の影響量の推定** 福本<sup>2)</sup>は、まさ土の締固め特性と透水性に及ぼす粒子破碎の影響について基本的考察を行い、脆い粒状土の粒子破碎に伴う密度増加が式(1)で推量できることを提示した。ここで、 $\rho_d'$ は実測上の乾燥密度(g/cm<sup>3</sup>)、 $\rho_d$ は粒子破碎を生じない状態で得られた仮想上の、つまり無破碎状態の乾燥密度(g/cm<sup>3</sup>)、 $G_s$ は土粒子密度(g/cm<sup>3</sup>)、そして  $I_s$  は粒子破碎量である。なお、 $I_s$  は式(2)で定義される量である。式中の  $S_w', S_w$  はそれぞれ破碎後と破碎前の比表面積 (cm<sup>2</sup>/g) である。式(1)を  $\rho_d$  のかわりに間隙比  $e$  で表現すれば式(3)のようになる。式(3)がせん断試験時においても成り立つとすると、式(3)の関係をせん断過程時の体積ひずみ( $\Delta V/V_c$ )を用いて書き直し、式(4)が得られる。ここで、 $(\frac{\Delta V}{V_c})_0$  と  $(\frac{\Delta V}{V_c})_e$  はそれぞれ無破碎状態と実測された体積ひずみ、 $e_0$  と  $e_s$  はそれぞれ圧密終了後とせん断過程における間隙比、 $I_s$  はせん断過程における粒子破碎量である。これから脆い粒子の無破碎状態の軸ひずみに伴う体積変化を推定することができる。粒子が脆い粒状土の場合、せん断過程で示す体積膨張は、粒子が堅固な場合に比べて小さい。この現象を数量的に把握したいとき周知のエネルギー補正式が有用であり、ここでは式(5)で示される Taylor-Bishop<sup>3)</sup>式を用い式(5)を脆い粒状土に適用した場合、右辺第2項の実測値は粒子破碎の影響を含んだ値になる。いま、この第2項をせん断中に粒子破碎が起らないと仮想した時の、いわゆる無破碎状態におけるエネルギー補正項を  $\sigma_3 \cdot d(\Delta V/V_c)_0/d\varepsilon$  とし、粒子破碎による体積減少分に相当するエネルギー補正項、つまり粒子破碎の影響量を  $\sigma_3 \cdot d(\Delta V/V_c)_e/d\varepsilon$  として、2成分に分けて示せば、式(6)のようになる。ここで右辺の第1項と第2項の和は、

$$\rho_d' = \frac{\rho_d}{1 + 0.19 \left(1 - \frac{\rho_d}{G_s \cdot \rho_w}\right) \cdot I_s} \quad (1)$$

$$I_s = 10 \cdot \log_{10}(S_w'/S_w) \quad (2)$$

$$e_0 = e + 0.19 \frac{e}{1 + e} \cdot I_s \quad (3)$$

$$\left(\frac{\Delta V}{V_c}\right)_e = \left(\frac{\Delta V}{V_c}\right)_0 + 0.19 \frac{e_s}{1 + e_s} \cdot I_s \quad (4)$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_1 - \sigma_3)_r + \sigma_3 \frac{d(\frac{\Delta V}{V_c})}{d\varepsilon} \quad (5)$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_1 - \sigma_3)_r + \sigma_3 \frac{d(\frac{\Delta V}{V_c})_0}{d\varepsilon} - \sigma_3 \frac{d(\frac{\Delta V}{V_c})_e}{d\varepsilon} \quad (6)$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_1 - \sigma_3)_0 - \sigma_3 \frac{d(\frac{\Delta V}{V_c})_e}{d\varepsilon} \quad (7)$$

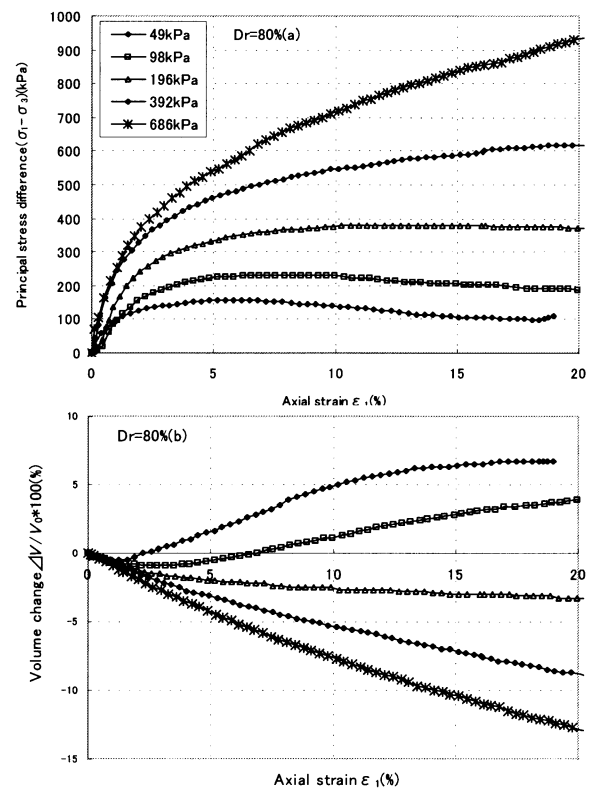


Fig.1 しらすの応力・ひずみ・ダイレイタンス関係

住所；滋賀県草津市野路東 1-1-1, 電話；077-566-111 (内線 8717), FAX；077-561-2667

無破碎状態の場合の主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)_0$ に相当するので式(6)は式(7)のようになる。したがって、無破碎状態の応力-ひずみ曲線は式(7)から求めることができる<sup>2)</sup>。

**3. 試験方法及び結果** 試料は、鹿児島県川辺郡で採取したしらすをふるい分け、粒径0.85~0.60mmのものを取り出して絶乾状態にしデシケーター内で室温に冷やしたものを使用した。せん断試験は、供試体の相対密度を $D_r =$

80%とし、ノルウェー型三軸圧縮試験機により拘束圧を49,98,196,392,686kPaの5種類に変えてCD条件下で実施した。得られた応力-ひずみ-ダイレイタンスー関係をFig.1に示す。また、モール円表示し破壊包絡線を描いたものをFig.2に示す。Fig.2中には同一条件下で得られた相馬砂の破壊包絡線も併記してある。両者の対比から、しらすの破壊包絡線は曲率を持った線となり、拘束圧の増加に伴いせん断抵抗角が減少し堅い粒子の相馬砂とずいぶん異なることが分かる。しらすのこのような特異性の背景として、多くの人々が指摘するように粒子破碎現象が密接に絡んでおり、この関連を定量的に把握し具体的に確認することを次節で試みたい。

#### 4. 無破碎状態の応力-ひずみ-ダイレイタンスー関係

Fig.3は、2節で述べた方法により実験データに基づき、しらすがせん断過程で粒子破碎を起こさずに変形したと仮想した場合の、いわゆる‘無破碎状態’の応力-ひずみ-ダイレイタンスー関係を見積もって描いた図である。ただしこの場合、せん断過程における粒子破碎量 $I_s$ の変化を(c)図に示すように直線的と仮定して扱っていることを断っておきたい。なお、(c)図における $Swc$ は圧密終了後の比表面積である。まず、(a)図は式(7)より推定された $(\sigma_1 - \sigma_3)_0$ 値と軸ひずみ $\epsilon_1$ との関係を示したもので、同図上には、同一条件下で得られた愛知川砂、木津川砂、相馬砂、豊浦砂のデータも併載してある。図から明らかなように、無破碎状態の応力-ひずみ関係はピークが依然として鈍化したままであるが、全体として堅固な粒子から成る砂の応力-ひずみ関係にかなり接近したものとなっている。一方(b)図は、無破碎状態の軸ひずみに伴う体積変化を求めたものである。実験データでは一貫して体積の収縮しか見られなかったが、無破碎状態の体積変化は、最初若干収縮し、軸ひずみの増大とともに体積膨張がみられ、堅固な粒子から成る砂の体積変化の曲線に似通ったものとなる。このことから、明らかにしらすのせん断特性において粒子破碎が大きく影響していることが分かる。

**5. まとめ** 以上により、しらすの応力-ひずみ-ダイレイタンスー関係の特異性に粒子破碎現象が大きく関与している点について、完全とは言えないまでも一応定量的に確認することができた。今後は試験条件を種々変えて更に多くの実験を積み重ね、破碎性地盤材料としてのしらすのせん断特性全般についての確かな工学的知見を得るために引き続き考究していきたい。

**参考文献** 1)土質工学会編:日本の特殊土,pp.107-126,1974. 2)福本武明:もろい粒状体のせん断特性に関する考察,第17回土質工学研究発表会,pp.469-472,1982. 3)西田義親,八木則男:土質力学要論,1981.

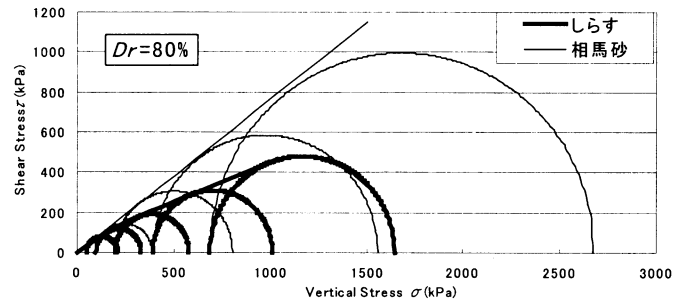


Fig.2 モール円表示

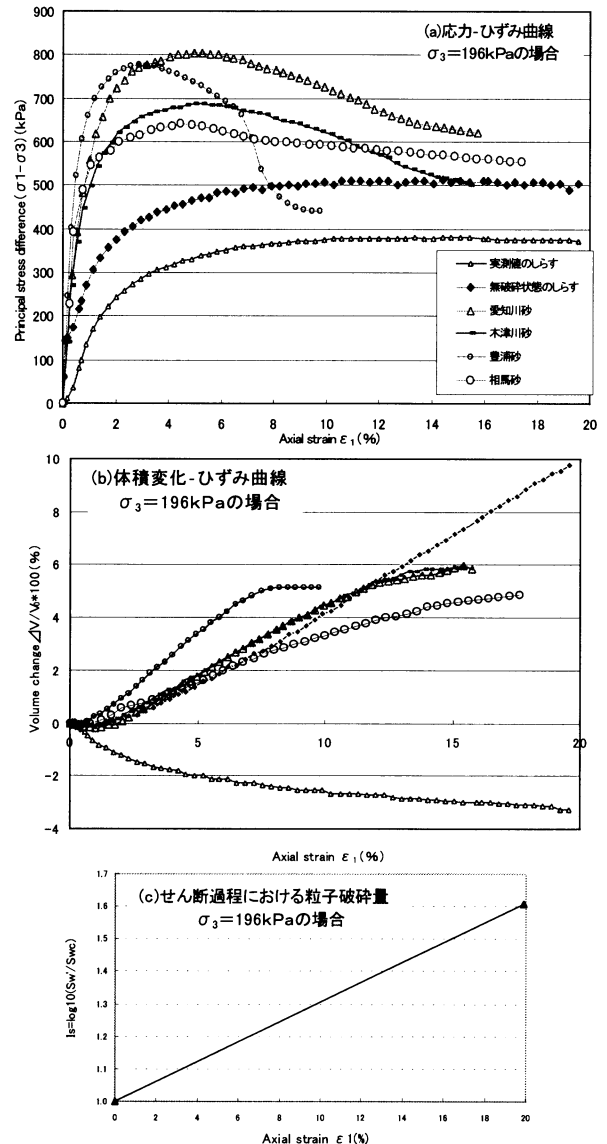


Fig.3 無破碎状態の応力-ひずみ-ダイレイタンスー関係