

北海道大学 工学部 正会員 山下 聡
 北海道大学 工学部 正会員 土岐 祥介
 室蘭工業大学工学部 正会員 三浦 清一

1. まえがき

本報告は、拘束圧が 49kPa から 4.9kPa という低圧力範囲で、飽和砂の三軸圧縮および伸張試験を行い、特に砂の変形挙動に及ぼす拘束圧と過圧密履歴の影響を調べた結果について述べたものである。

2. 試験方法

用いた試料は豊浦標準砂 ($G_s=2.65$, $e_{\max}=0.992$, $e_{\min}=0.625$) で、供試体は、MSP 法¹⁾によって作製した。供試体作製後、5kPa の負圧で自立させセル水を注入し、拘束圧 9.8kPa のもとで CO_2 ・脱気水を通して飽和させている。その後、196kPa のバックプレッシャーを供給した。

試験は、図-1 に示すような応力経路で行った。すなわち、A 点で等方圧密した後、C 点または D 点までせん断するか、または B 点で等方圧密を行った後、拘束圧を A 点まで低下させ過圧密履歴を与えて C 点または D 点までせん断している。試験は、ひずみ制御 ($\dot{\epsilon}_a=0.25\%/ \text{min}$) による排水三軸圧縮および伸張試験で、供試体の直径は 50mm、高さは 120mm、せん断開始時の相対密度は $D_{rc}=80\pm 3\%$ である。

低圧力下で試験を行う場合、応力・ひずみの測定精度を確保するために、特に注意を払わなければならない²⁾、そこで、1) 軸力を正確に測定するためにロードセルをセル内に入れ軸力を測定した。2) 端面の摩擦の除去は表面を平滑にしたキャップ・ベDESTAL を用いて行った。ただし、中心部に径 8mm のポーラスストーンを使用して

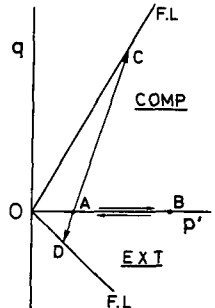


Fig. 1

いる。3) せん断中の体積変化によってビュレットの水位変化が生じ有効拘束圧が変動するので、ビュレットを水平にし数 cm の気泡を封入してその動きを視読することによって体積変化を測定した。

4) 低圧力下においては、メンブレン力が無視できないので、圧縮試験においてはメンブレン力をフープテンションと考えて側方応力を補正し((1)式)、伸張試験においてはメンブレンの軸方向の張力に対して補正した((2)式)。

$$\Delta \sigma_{rm} = -E_m \cdot \epsilon_\theta \cdot A_m / 2A \quad (1)$$

$$\Delta \sigma_{am} = -E_m \cdot \epsilon_a \cdot A_m / A \quad (2)$$

ここで、 E_m : メンブレンの弾性係数 ($E_m=21.0 \text{ kgf/cm}^2$)、 ϵ_θ : 円周方向ひずみ (圧縮正)、 ϵ_a : 軸方向ひずみ (圧縮正)、 A_m : メンブレンの断面積、 A : 供試体断面積。5) 低圧力下においては、供試体の自重の影響が大きくなり、特に伸張試験において大きいので、供試体の 1/2 高さにおいて軸方向に対する自重の補正を行った。

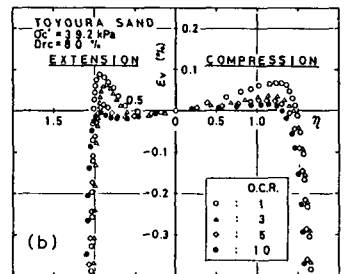
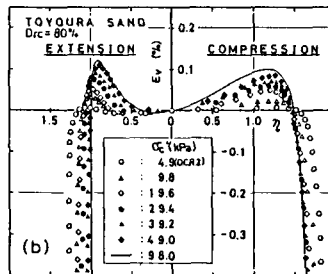
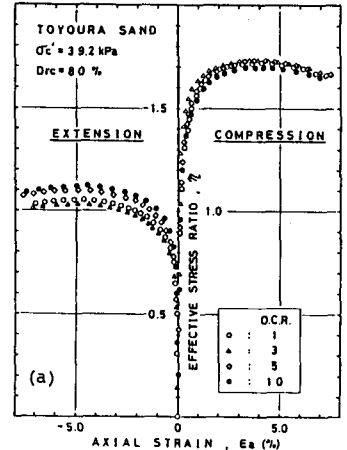
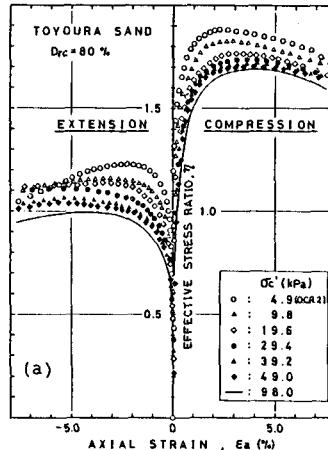


Fig. 2(a), (b)

Fig. 3(a), (b)

3. 実験結果とその考察

図-2は、正規圧密時の応力-ひずみ挙動を各拘束圧と比較したもので、その変形特性に拘束圧による相違が認められる。すなわち、拘束圧が低いほど破壊時の応力比は大きくなっており、圧縮、伸張試験によらずその傾向が現れている。また、ダイレイタンス挙動においては、せん断初期の体積収縮量が、拘束圧が低くなるほど小さくなっている。図-3は、拘束圧が39.2kPaの場合の応力-ひずみ挙動を過圧密比で比較したものである。図から破壊時の応力比には過圧密履歴の影響は認められないが、ダイレイタンス挙動にお

いては、過圧密比が大きくなるにしたがってせん断初期の体積収縮量が小さくなっていることが伺える。

図-4は、破壊時の変形状態を知るために、破壊時の ε_1 と ε_3 の関係を示したもので、拘束圧の相違により明瞭な差が認められ、拘束圧がおよそ9.8kPa以下になると急に破壊時のひずみが小さくなっている。すなわち、低拘束圧になるにしたがって、強度は増加するものの変形に対してはもろくなる傾向にあることが伺える。また、拘束圧が低くなるにしたがってプロットが図に示す直線よりもわずかに下に位置しており、拘束圧が低いほど体積膨張傾向にあることを示している。

次に、ストレス-ダイレイタンス関係について述べる。図-5は、正規圧密時のストレス-ダイレイタンス関係を各拘束圧で比較したものである。その特徴として、せん断初期の関係が拘束圧が低くなるとともに右に移動している。これは、先にも述べたように、拘束圧が低くなるとせん断初期の体積収縮量が小さ

くなるためと思われる。また、圧縮と伸張条件によってもストレス-ダイレイタンス関係に差が見られる³⁾。

図-6は、過圧密比で比較したもので、過圧密比が大きくなるにしたがって、せん断初期の関係が右に移動しているが、せん断の進行とともに過圧密比によらず一本の直線関係となっている。また、図-7, 8は、ストレス-ダイレイタンス関係の直線の勾配の逆数 C_d および切片値 m と拘束圧の関係を示したもので、圧縮試験においては、拘束圧が低くなると C_d の値に変化は認められないものの m の値はわずかに上昇している。伸張試験においては、拘束圧が低くなると C_d の値も m の値も上昇している。また、圧縮と伸張試験の C_d および m の値に明らかに差が認められる。このように、ストレス-ダイレイタンス関係においても、せん断初期のみならず、その後も拘束圧が非常に低くなると、中位の圧力下とは異なる傾向が認められた。

最後に、本研究において実験およびデータ整理に協力を得た本学学生、劉 朝綱(M1)、佐藤 正彦・渡辺 龍司(4年)君に記して謝意を表します。

<参考文献> 1) Miura, S and Toki, S (1982): S&F, Vol. 22, No. 1, pp61-77. 2) Fukushima, S and Tatusoka, F (1984): S&F, Vol. 24, No. 4, pp30-48. 3) 三浦, 土岐, 山下(1985): 第20回土質工学研究発表会

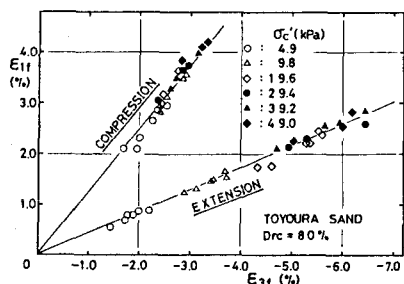


Fig. 4

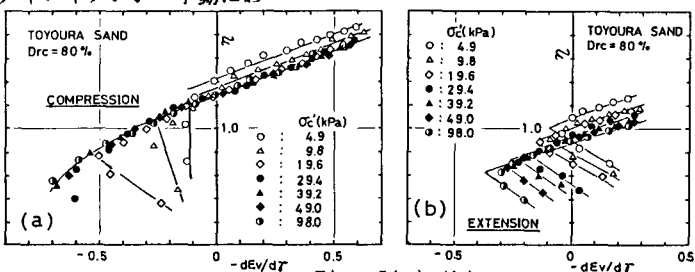


Fig. 5(a), (b)

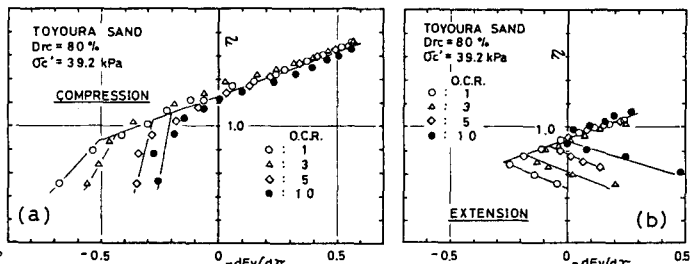


Fig. 6(a), (b)

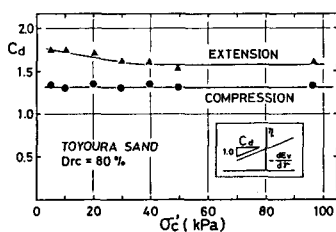


Fig. 7

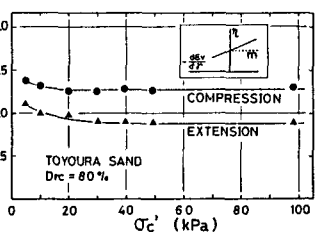


Fig. 8