

粒子破碎を伴う砂質土の非排水繰返しせん断特性

熊本工業大学 正会員○荒牧憲隆

山口大学 正会員 兵動正幸

1. はじめに

著者らは、以前より、脆弱な粒子からなる破碎性土の静的・動的せん断特性を調べるために、まさ土、しらすを対象に単調ならびに繰返し三軸試験を行ってきた。その結果、破碎性土のせん断挙動の解釈に当たっては、初期密度のみならず、拘束圧の変化に起因する圧縮性の影響を取り入れる必要があることが判明した¹⁾。また、一般的に、常圧域における砂質土の非排水せん断特性は、拘束圧の影響を受けないことが知られている²⁾。本研究では、堅固な粒子から構成される砂質土の圧縮特性を調べ、拘束圧の異なる非排水繰返しせん断試験を実施することにより、拘束圧および相対密度をパラメータとした緩詰めおよび密詰め砂の非排水繰返しせん断特性について述べる。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、山口県吉敷郡秋穂町で採取した秋穂砂 ($e_{max}=0.958, e_{min}=0.582, G_s=2.633$) であり、シリカ系の堅固な粒子から構成される。その粒子は、豊浦標準砂とほぼ同じ成分である石英、長石から構成される。供試体は、空中落下法により、初期相対密度 $D_{ri}=50,80\%$ を目標として作成した。用いた試験機は、油圧サーボ式高压三軸試験機である。供試体作成後、所定の拘束圧まで等方圧密を行った。この時、拘束圧は、図-1に示した等方圧縮試験結果より、圧密降伏応力 p_y を基に非破碎領域の低拘束圧から破碎が顕著に発生する高拘束圧に渡り¹⁾、 $\sigma'_c=100\text{kPa}$, 3, 5MPa とした。圧密後、非排水で周波数 $f=0.05\text{Hz}$ の正弦波軸荷重を側圧一定のもとで載荷した。

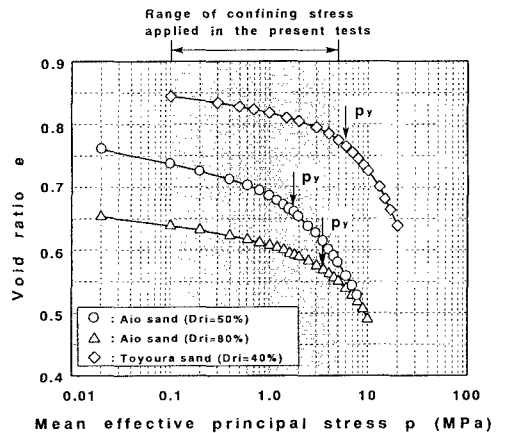


図-1 等方圧縮試験結果

3. 実験結果および考察

図-1には等方圧縮試験の結果を示している。秋穂砂の圧縮特性は、低拘束圧では両密度とも間隙比の変化はほとんどないが、圧密降伏応力 p_y 以降、間隙比が急激に小さくなっていくことが特徴的である。この時

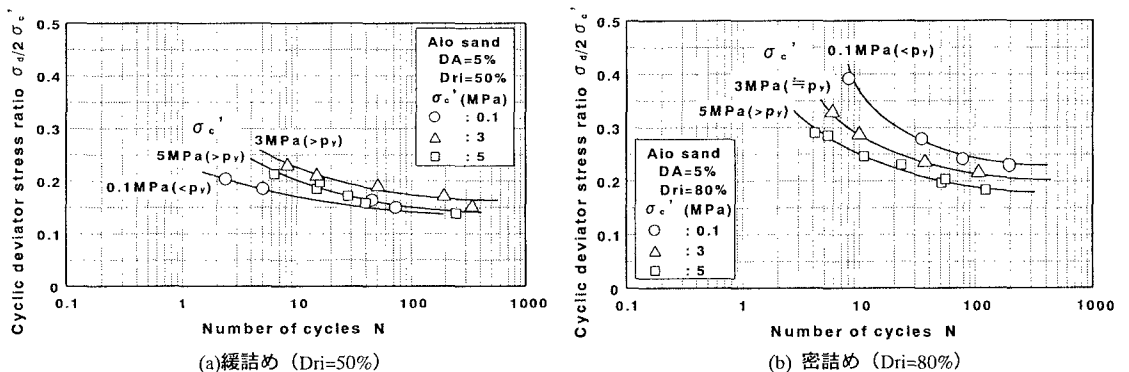


図-2 拘束圧をパラメータとした液化強度曲線

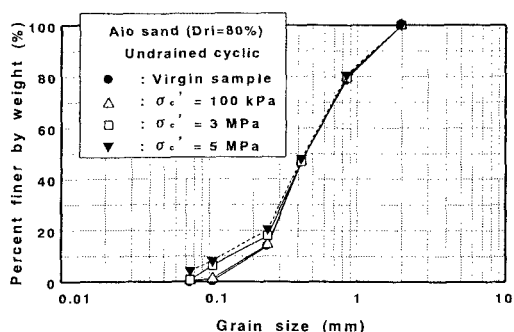
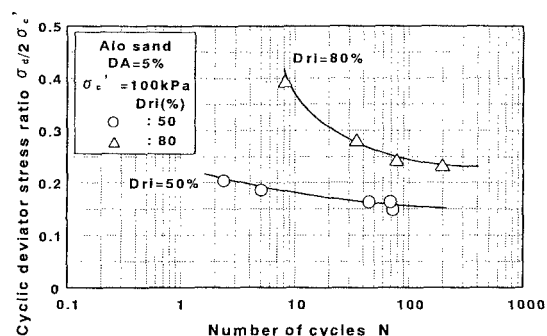


図-3 試験前後の粒度分布

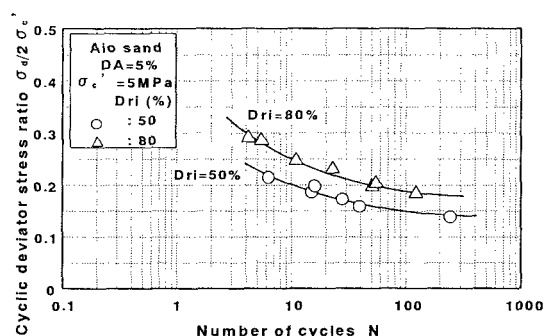
の圧密降伏応力は緩詰めで 2MPa、密詰めで 3.5MPa 程度と高い拘束圧下で認められる。次に、秋穂砂の圧縮特性を考慮して行った非排水繰返し三軸試験より得られる軸ひずみ両振幅 $DA=5\%$ 至るに必要な繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係を図-2 (a), (b)に示す。同図(a)の緩詰めでは、拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ から圧密降伏応力付近の 3 MPa にかけて液状化強度は一旦増加するものの、 $\sigma'_c=5\text{MPa}$ おいて強度は低下している様子がうかがえる。この強度増加は密度の増加によるものと推察されるが、降伏点以上の拘束圧下ではせん断試験中の粒子破碎（図-3 参照）により低下したものと考えられる³⁾。一方、同図(b)の密詰めでは、拘束圧の増加に伴い、液状化強度曲線は下方へと位置し、強度低下していく様子が分かる。図-4 (a), (b)の液状化強度曲線は、相対密度をパラメータとし、拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 、5 MPa についてまとめたものである。同図(a)の拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ では、それぞれの密度の特徴的な液状化強度曲線形状を示していることが認められる。しかし、同図(b)の拘束圧 $\sigma'_c=5\text{MPa}$ での液状化強度曲線形状は拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ のものとは異なり、また強度差も拘束圧 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ に比べ小さいことが分かる。特に、密詰め砂の特徴である少ない回数で発揮される強度が、急激に低下している様子が認められる。これらは、図-3 に掲げた試験前後の粒度分布から、せん断試験中の粒子破碎により、砂質土の液状化特性に影響を及ぼしたものと考えられる³⁾。そのため、粒子破碎が発生する拘束圧下で砂質土の液状化特性は、相対密度にさほど影響を受けないと推察される。

4. おわりに

以上得られた知見をまとめると次に示すとおりである。(1)堅固な粒子からなる秋穂砂の圧縮特性は、高拘束圧下で降伏し、その後間隙が急激に小さくなる、(2)緩詰め砂の液状化強度は、拘束圧の増加に伴い、一旦増加するものの、圧密降伏応力以上の粒子破碎を伴う拘束圧下では減少する、(3)密詰め砂の液状化強度は、拘束圧の増加に伴い低下する、(4)粒子破碎を伴う拘束圧下で砂質土の液状化特性は、相対密度にさほど影響を受けないと考えられる。



(a) $\sigma'_c=100\text{kPa}$



(b) $\sigma'_c=5\text{MPa}$

図-4 相対密度をパラメータとした液状化強度曲線

【参考文献】1)兵動ら：破碎性土の定常状態と液状化強度，No.554/Ⅲ-37，pp.197-209，1996，2)石原ら：密な砂の繰返し三軸せん断挙動に与える初期有効拘束圧の影響，第17回土質工学研究発表会講演集，pp.1649-1652，1982，3)荒牧ら：密な砂の非排水繰返しせん断過程における粒子破碎，第32回地盤工学研究発表会，pp.31-32，1997。