

Ⅲ - A18

密な砂の非排水単調せん断過程における粒子破碎

熊本工業大学 正 員○荒牧憲隆

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 中田幸男

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、カーボネイト砂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、これまでの研究では、破碎性土の非排水せん断特性に及ぼす粒子破碎の影響は、圧密時までの破碎が支配的であり、せん断時には有効応力が減少するため粒子破碎は生じないと考えられた感がある²⁾。本研究では、拘束圧の異なる非排水単調載荷試験を実施し、非排水せん断過程における粒子破碎の推移を調べ、非排水せん断挙動に及ぼす粒子破碎の影響について考察を行うものである。

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($e_{max}=0.973$, $e_{min}=0.635$, $G_s=2.643$)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 $D_{ri}=80\%$ 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。圧密過程は、所定の拘束圧($\sigma'_c=100\text{kPa}$, 3, 5MPa)まで圧密を行った。圧密後、非排水でひずみ速度 $0.1\%/min$ で側圧一定のもとで載荷した。拘束圧の決定は、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おいて決定した。また、この図より、堅固な粒子からなる砂の圧縮特性は、常圧域においてほとんど間隙比の変化はないが、高拘束圧域で降伏点を迎えた後に、間隙比が急激に小さくなっていくことが特徴的である。

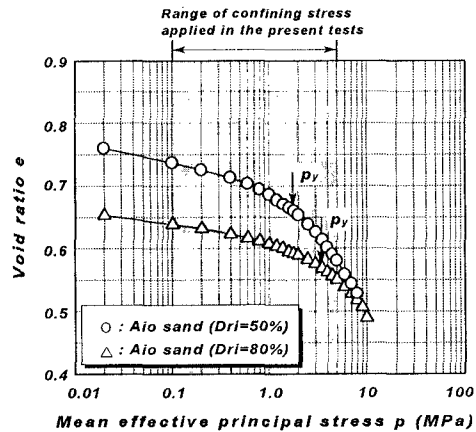


図-1 等方圧縮試験結果

3. 実験結果および考察

図-2、3には、非排水単調載荷試験より得られた軸差応力比・軸ひずみ関係、正規化された有効応力径路について示す。図-2より、圧密降伏応力以下の拘束圧下($\sigma'_c=100\text{kPa}$)では、変相点を経た後に、ひずみ硬化挙動を呈していることが認められる。しかし、拘束圧の増加と共に、顕著な硬化挙動は示さずに、*Steady state* に至る様子が認められる。図-3の正規化された有効応力径路については、拘束圧の増加に伴い、有効応力比 p/σ'_c の減少量も増え、膨張性の挙動から収縮性の挙動へと転じていく様子が認められる。このような拘束圧の増加に伴うせん断特性の相異は、常圧域で粒子破碎を伴う破碎性土のせん断特性と類似したものである。次に、粒子破碎を表すパラメータに表面積 $S^{(3)}$ を用い、非排水せん断特性に及ぼす粒子破碎の影響について述べる。表面積は、圧密終了時や変相応力

keywords : particle breakage, undrained monotonic test, confining pressure, dense sand

〒860 熊本市池田4丁目22-1 TEL (096)-326-3111 FAX (096) 326-3000

〒755 宇部市常盤台2557 TEL (0836)-35-9111 FAX (0836) 35-9429

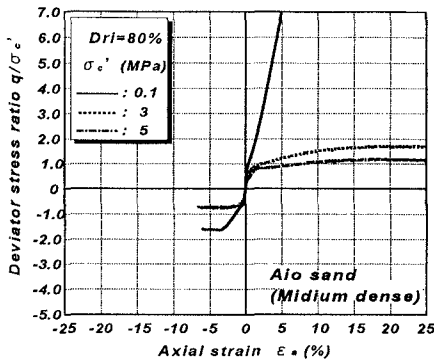


図-2 軸差応力比・軸ひずみ関係

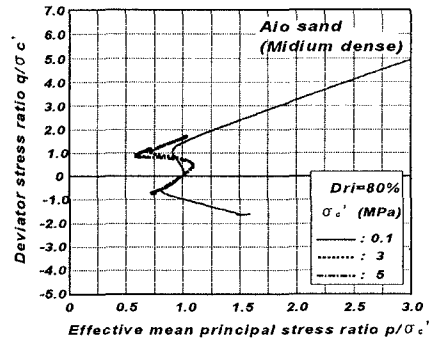


図-3 正規化された有効応力径路

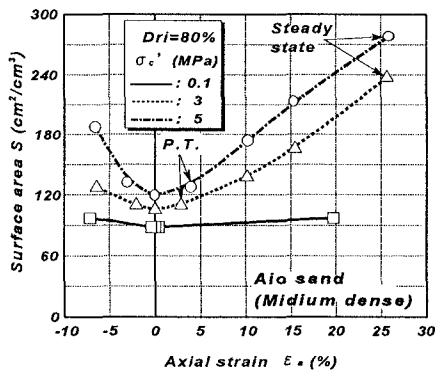


図-4 表面積・軸ひずみ関係

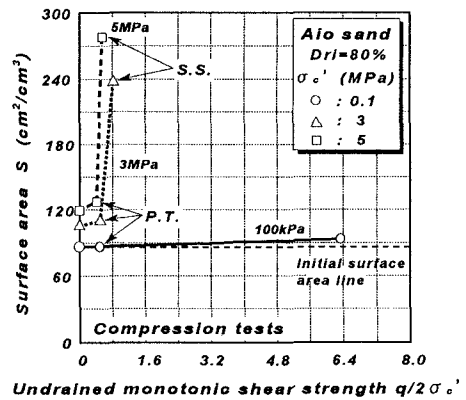


図-5 表面積・非排水静的せん断強度関係

時等で、実験を中止し、測定している。図-4には、表面積 S と軸ひずみの関係について示した。常圧域での表面積の増加量は少なく、せん断中に粒子破砕が起っていないことが分かる。しかし、圧密降伏応力以降の拘束圧下において、ひずみの増加に伴い、表面積は増加している様子が認められる。また、その増加量が顕著になるのは、拘束圧 $\sigma'_c = 3, 5 \text{ MPa}$ と、変相応力以降であることが分かる。また、図-5には、表面積 S と静的せん断強度 $q/2\sigma'_c$ の関係を示した。なお、 $q/2\sigma'_c = 0$ は、圧密終了時点での状態を示したものである。図中には、相対密度 $D_{ri}=80\%$ の秋穂砂の平均的な表面積を表した初期表面積線を併記している。図から、粒子破砕が発生する拘束圧域では、変相点から *Steady state* 至る際に、静的な強度も常圧域に比べ発揮せず、急激に表面積が増加し、粒子破砕も顕著に起こっていると考えられる。また、その時の増加量は、圧密において発生する粒子破砕よりも、変相点以降におけるせん断時で多くなっている。これらのことから、粒子破砕を伴う高拘束圧下での密な砂の非排水せん断特性は、圧密時よりも、せん断中の粒子破砕により、ダイレイタンス効果や粒子間の摩擦による強度も発揮されにくくなるものと推察される。

【参考文献】1) 兵動, 荒牧ら: 破砕性土の定常状態と液状化強度, 土木学会論文集, No.554/III-37, pp.197-209, 1996., 2) 三浦, 八木ら: 北海道火山性粗粒土の静的および動的力学挙動と粒子破砕, 土木学会論文集, No.547/III-36, pp.159-170, 1996., 3) 三浦, 山之内: 高拘束圧下における標準砂の排水せん断特性について, 土木学会論文集, 第193号, pp.69-79, 1971.