

低・高圧域における砂の非排水繰返しせん断特性に及ぼす初期せん断応力の影響

山口大学大学院
山口大学
北九州市役所

学生員○井上省吾
正 員 兵動正幸 中田幸男
正 員 楠根経年

1.はじめに 近年、長大橋や高層建築物等の大規模な構造物の建設が頻繁に行われている。これらの直下および周辺地盤は、高拘束圧かつ構造物の自重による静的なせん断応力をあらかじめ受けている状態にある。この様に実際の地盤の多くは、鉛直方向応力と水平方向応力が異なる異方応力状態で存在している。これまで初期せん断応力を受ける砂地盤の研究が多くなされてきているが、高拘束圧下であり、初期せん断応力を受ける地盤における繰返しせん断挙動は把握されていない現状にある。そこで本研究では、低圧および高圧域において、種々の初期せん断応力状態で非排水繰返しせん断試験を行い、初期せん断応力が非排水繰返しせん断特性に及ぼす影響を調べることを目的とする。

2.試料および試験方法 本研究では、山口県吉敷郡秋徳町の海岸で採取した天然の海砂である秋徳砂 ($G_s=2.633, e_{\max}=0.958, e_{\min}=0.582, U_c=2.74$) の2mmふるい通過分で $74\mu\text{m}$ 以下を除いたものを試料として用いた。供試体は空中落下ろうと法により、初期相対密度 $D_{ri}=80\%$ となるように作成した。このような供試体に初期拘束圧 σ'_c (0.1, 3, 5MPa) になるように、等方および異方圧密 (初期せん断応力比 $\sigma'_v/2\sigma'_c=0, 0.2, 0.4$) を行い、非排水状態で、繰返しせん断試験を行った。

3.試験結果および考察 秋徳砂の三軸等方圧縮試験結果を図-1に示す。秋徳砂の特徴として、3MPa 付近に変曲点が現れ、圧密降伏応力が存在することが挙げられる。しかし、常圧域においては間隙比に変化がなく、常圧域での圧縮性はほとんど無視できるものと考えられる。図-2(a), (b)に繰返しせん断試験より得られた $\sigma'_v/2\sigma'_c=0.4$ の軸差応力-軸ひずみ関係を示す。図(a)の $\sigma'_c=0.1\text{MPa}$ の場合、軸ひずみは圧縮、伸張両側に発生するものの、圧縮側に残留していき破壊に至っている様子が認められる。図(b)の $\sigma'_c=5\text{MPa}$ の場合、繰返し一波目に圧縮側に大きく軸ひずみが発達し、その後圧縮側へのみ軸ひずみが残留し破壊に至っている様子が認められる。この様に低圧域では初期せん断応力が増加しても破壊には応力反転が必要不可欠であるのに対し、高圧域の初期せん断応力下では圧縮側のみの片振り載下でひずみが漸次残留し破壊に至っている様子が観察される。そこで、 $\sigma'_c=0.1\text{MPa}$ では軸ひずみ両振幅 $DA=5\%$ 、 $\sigma'_c=3, 5\text{MPa}$ ではピーク軸ひずみ $\varepsilon_p=5\%$ を破壊ひずみと定義し、結果の整理を行った。図-3(a), (b)に所定の軸ひずみが5%発生するのに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係を示す。図(a)の圧密降伏応力以下の拘束圧 ($\sigma'_c=0.1\text{MPa}$) では、初期せん断応力の増加に伴い、強度が増加していることが確認される。図(b)の圧密降伏応力以上の拘束圧 ($\sigma'_c=5\text{MPa}$) では、初期せん断応力

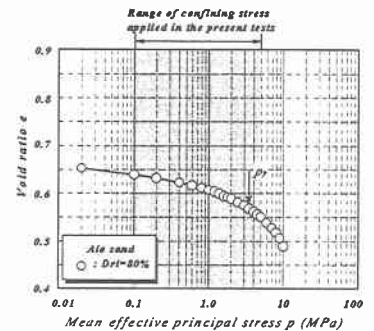


図-1 等方三軸圧縮試験結果

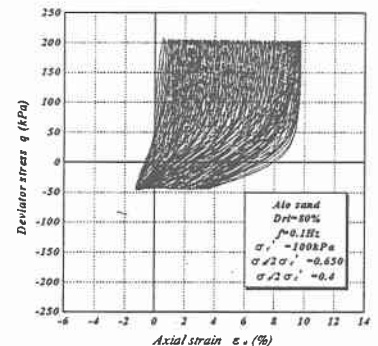
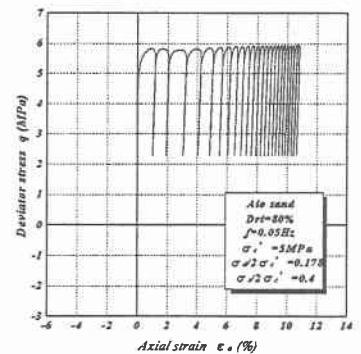
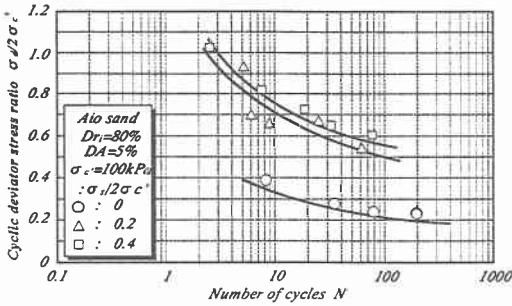
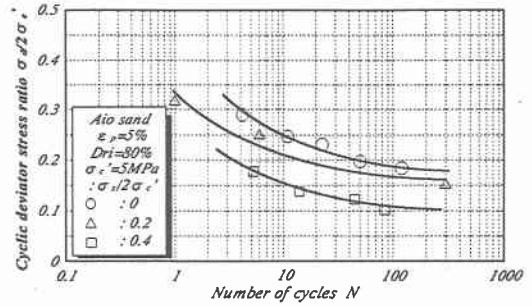
(a) $\sigma'_c=100\text{kPa}$ (b) $\sigma'_c=5\text{MPa}$

図-2 軸差応力-軸ひずみ関係



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



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

図-3 所定の軸ひずみが5%発生するのに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係

の増加に伴い、強度が低下していることが確認される。図-4に繰返し回数20回に至るのに必要な繰返し応力比と初期せん断応力比の関係を示す。低圧域では初期せん断応力の増加に伴い、強度が増加するのに対し、高圧域では強度が低下していることが確認される。また、低圧域では応力反転のある領域でのみ破壊に至っているが、高圧域では応力反転のない領域でも破壊に至っており、高圧域では低圧域に比べ、初期せん断応力に対して強度を発揮しにくいことが示唆される。図-5(a), (b)にせん断時の初期状態、圧密終了後および繰返しせん断後の粒度試験結果を示す。図(a)の $\sigma'_v=100\text{kPa}$ では初期状態、圧密終了後および繰返しせん断後の粒径加積曲線に全く変化がないことが確認される。一方、図(b)の $\sigma'_v=5\text{MPa}$ では初期状態と圧密終了後の粒径加積曲線に若干違いが見られる、繰返しせん断後の粒径加積曲線は初期状態・圧密終了後と比較し、上方に位置している。これは、高圧域においては繰返しせん断中に粒子破碎が進行することを意味し、このことによる材料の劣化が強度低下をおこした一要因ではないかと推察される。

4.まとめ 本研究で得られた知見を要約すると以下のようになる。(1) 圧密降伏応力以下の拘束圧では初期せん断応力の増加に伴い強度が増加した。それに対し圧密降伏応力以上の拘束圧では初期せん断応力の増加に伴い強度が低下し、初期せん断応力に対して強度を発揮しにくいことが明らかとなった。(2) 高圧域における強度低下の一要因として、初期せん断応力の増加に伴い、繰返しせん断中に進行する粒子破碎が顕著になり材料の劣化が進行したことが考えられる。

《参考文献》1) 荒牧憲隆：破碎性土の非排水単調および繰返しせん断特性と粒子破碎の評価に関する研究，山口大学博士論文，1991

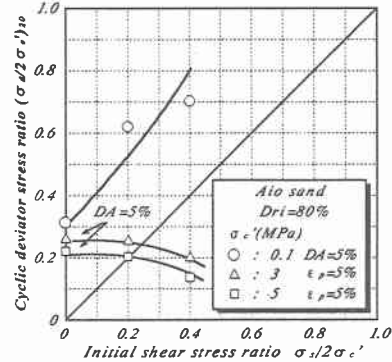
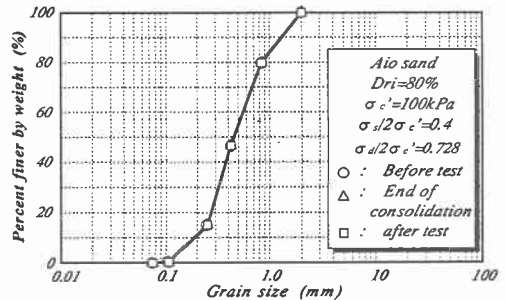
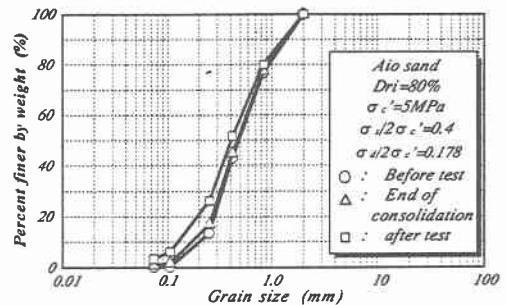


図-4 繰返し応力比-初期せん断応力比関係



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



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

図-5 粒度試験結果