

種々の初期せん断応力を受けるカーボネイト砂の動的せん断特性

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一

応用地質(株) 正 員 伊藤雅之

山口大学大学院 学生員○松下純子 荒牧憲隆 徳原裕輝

1. はじめに

海洋構造物建造の際、基礎地盤には炭酸カルシウム成分(CaCO_3)を主体とするカーボネイト砂が厚く堆積していることが数多く報告されている。この砂の構成粒子は珊瑚礁や海洋生物の死骸を多く含み、また粒子は角張った形状を持ち、粒子自体に空隙を有することから、破砕性の材料として知られている^{1)~3)}。このような地盤に構造物が建設された場合、構造物下にはその自重によりあらかじめ静的なせん断応力が作用しており、そのような状態のもとで、地震動や波浪荷重など動的な外力が作用した場合、特異な変形挙動をとることが推察される。そこで本研究では種々の初期せん断応力状態に対応すべく、等方および異方圧密を行ったカーボネイト砂を対象に非排水繰返しせん断試験を行い、動的せん断挙動に及ぼす初期せん断応力の影響を調べることを目的としている。

2. 実験条件および実験方法

本研究で用いたカーボネイト砂は、アイルランドの西海岸Dogs Bayで採取されたものである。物性値は $e_{\max}=2.451$, $e_{\min}=1.621$, $G_s=2.723$ で、 CaCO_3 含有率は94%であった。供試体は、事前に真空セル内で24時間脱気された水浸試料を用い、水中落下法により初期相対密度 $D_{ri}=80\%$ を目標に作成した。用いた試験機は空圧制御式繰返し三軸試験機である。圧密過程においては、平均有効主応力 $p_c=300\text{kPa}$ 一定となるように、まず所定の初期拘束圧 σ_3 まで等方圧密を行った後、初期せん断応力比 q_s ($=q_s/p_c$)=0.2, 0.4, 0.6, 0.8に至るまで軸圧を載荷し、異方圧密を行った。圧密終了後、非排水状態において周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の正弦波荷重を圧縮側から載荷した。

3. 実験結果および考察

本研究では、全ての実験結果において残留軸ひずみの発生が顕著であったため、残留軸ひずみに着目し、以後考察を行う。図-1に残留軸ひずみ ε_r と繰返し回数 N の関係を示す。 $q_s/p_c=0.2, 0.4$ については、ある繰返し回数から急激に残留軸ひずみが増加する傾向が見られるのに対し、 $q_s/p_c=0.6, 0.8$ では急激な増加点は見られず、徐々に残留軸ひずみが増加していることがわかる。また、せん断初期に着目すると、初期せん断応力比が増加するにつれて発生する残留軸ひずみが増加していることもわかる。この繰返しせん断初期の挙動に及ぼす初期せん断応力の影響をより詳しく見るため、繰返し回数1波目の軸差応力-軸ひずみ関係と、有効応力経路をそれぞれ図-2, 3に示す。図-2において、初期せん断応力比が増加するにつれて、圧縮側に大きくひずみが増加しており、特に $q_s/p_c=0.8$ については約1.25%もの軸ひずみが発生していることがわかる。次に図-3においては、初期せん断応力比の増加に伴い、有効応力が大きく減少し、収縮性の挙動を示していることがわかる。また、圧縮側ピーク点以降の有効応力の減少も初期せん断応力比の増加に伴い、大きく減少していることがわかる。図-4には、比較的初期のひずみ発生段階である残留軸ひずみ $\varepsilon_r=$

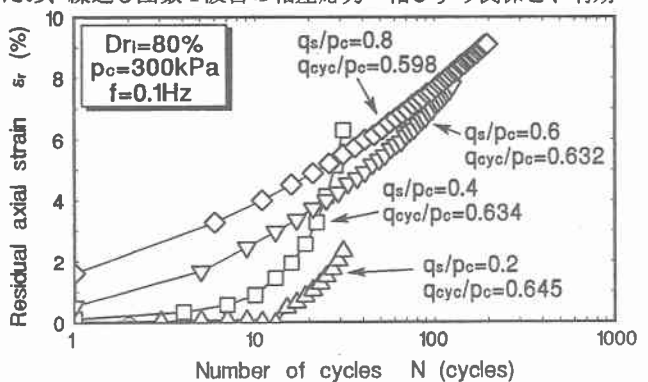


図-1 残留軸ひずみと繰返し回数の関係

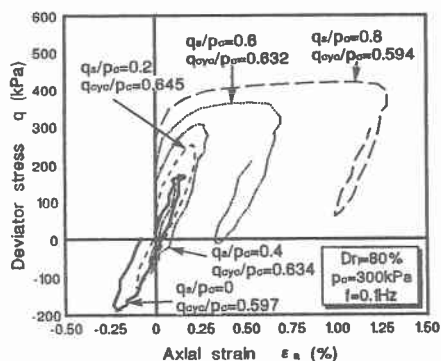


図-2 繰返し回数1波目の軸差応力-軸ひずみ関係

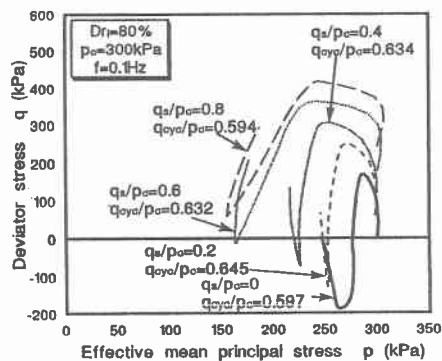


図-3 繰返し回数1波目の有効応力経路

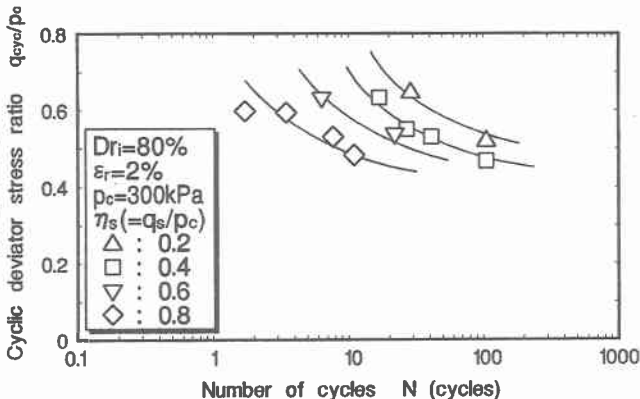
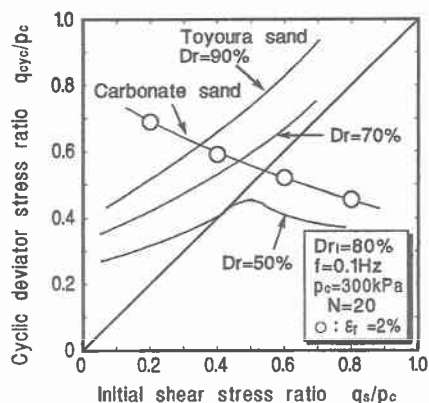
2%に至るに必要な繰返し応力比 q_{cyc}/p_c と繰返し回数 N の関係を示した。これより、初期せん断応力比の増加に伴い、強度は低下していくことがわかる。一般に密詰め砂の場合、初期せん断応力比の増加に伴い強度は増加することが知られており⁴⁾、カーボネイト砂は全く逆の挙動が見られることがわかる。そこで図-5に、繰返し回数20回における残留軸ひずみ $\varepsilon_r=2\%$ に至るに必要な繰返し応力比 R_{r20} と初期せん断応力比 q_s/p_c の関係について示した。図中には豊浦標準砂の試験結果も併記している。豊浦標準砂の密詰め($Dr=70, 90\%$)の場合、初期せん断応力比の増加に伴い強度増加しているのに対し、カーボネイト砂の結果については、初期せん断応力比の増加に伴い、強度は低下していることがわかる。カーボネイト砂のこのような強度低下は、圧縮性が卓越しているという特有の性質がせん断初期においてより顕著に現れ、粒子破碎を伴うせん断変形を起こしたためであると推察される。

4. おわりに

カーボネイト砂は初期せん断応力の増加に伴い、繰返しせん断初期においてより顕著に軸ひずみの発生量が増加することがわかった。このため、破壊を定義するひずみ量を小さく規定した場合、動的強度は初期せん断応力の増加に伴い減少していくことが確認された。

【参考文献】

- 1)伊藤・兵動・村田・荒牧・徳原：カーボネイト砂の非排水単調および繰返しせん断強度特性，第30回土質工学研究発表会（投稿中） 2)兵動・村田・伊藤・荒牧・徳原：カーボネイト砂の動的強度特性に及ぼす初期せん断応力の影響，第30回土質工学研究発表会（投稿中） 3)小浪・兵動・安福・村田：カーボネイト砂の非排水繰返しせん断挙動，第43回土木学会中国四国支部研究発表会概要集，1991 4)兵動・村田・安福・谷水・小浪：異方圧密砂の動的強度に及ぼす密度の影響，第42回土木学会中国四国支部研究発表会概要集，1990

図-4 残留軸ひずみ $\varepsilon_r=2\%$ に至るに必要な繰返し応力比と繰返し回数の関係図-5 繰返し回数20回における残留軸ひずみ $\varepsilon_r=2\%$ に対する動的強度 R_{r20}