

カーボネイト砂の非排水繰返しせん断挙動

岡三興業株式会社 ○ 小浪岳治
山口大学工学部 兵動正幸
" 安福規之
" 村田秀一

1. まえがき

近年、海洋構造物の建設が盛んに行われるようになり、このような海洋構造物基礎の建造において、炭酸カルシウム成分を多く含む海底地盤に遭遇する場面が増加してきた¹⁾。一方、海洋構造物の基礎地盤の初期応力状態は、大きな拘束圧と共に静的せん断応力が作用していると考えられる。本研究の目的は、炭酸カルシウム (CaCO_3) を多く含むカーボネイト砂の動的強度を繰返し三軸圧縮試験機を使って調べ、動的強度に与える拘束圧及び初期せん断応力の影響を明らかにすることである。

2. 試料及び実験方法

本研究対象のカーボネイト砂は、アイルランド西海岸のドッグベイで採取されたものであり、 CaCO_3 の含有率は 98% であった。表-1 はカーボネイト砂と豊浦砂の物性値を示しており、カーボネイト砂は豊浦砂より比重が大きく、最大、最小間隙比もかなり大きいことなどが特徴である。

表-1 試料の物理特性

	G_s	$e_{\max}$	$e_{\min}$	U_c
Carbonate sand	2.723	2.451	1.621	1.92
Toyoura sand	2.643	0.973	0.635	1.20

繰返し三軸圧縮試験では、高さ 110mm、直径 50mm の寸法になるように脱気したペースト状の試料を脱気水で満たされたモールド中に静かにスプーンで流し込む。次に、作製した供試体に背圧 200kPa を与えて、B 値が 0.96 以上のもののみに対して実験を継続する。初期応力状態は繰返し載荷前の平均有効主応力 p_c ($= (\sigma_{1c} + \sigma_{3c})/3$) が所定の値になるように、等方圧密した後排水状態でそれぞれの初期せん断応力 q_s ($= \sigma_{1c} - \sigma_{3c}$) に至るまで軸圧を増加させる。この方法によるカーボネイト砂の供試体は平均有効主応力 10kPa で自立させた時、相対密度 $D_r = 60\%$ であった。繰返しせん断応力 q_{cyc} は、周期 0.1Hz の正弦波を非排水状態で載荷した。なお、載荷中の軸荷重、軸変位、間隙水圧は、コンピュータに取り込んでいる。

3. カーボネイト砂の液状化

まず、図-1 は等方圧密後の繰返しせん断によって液状化破壊を生じる場合の応力-軸ひずみ関係を示している。カーボネイト砂の初期液状化は大きなひずみ振幅を伴うことが確認された。図-2 は、圧密前の初期間隙比を等しくして、拘束圧を変化させた場合のカーボネイト砂の等方圧密状態における液状化強度を種々の相対密度の豊浦砂及びまさ土の液状化強度²⁾と比較したものである。ここで、カーボネイト砂の圧密前の初期相対密度 D_{ri} は全て等しく、圧密後の相対密度 D_r は拘束圧と共に大きくなっている。初期間隙比の等しいカーボネイト砂の液状化強度は、拘束圧によらずハッチで示された範囲である。また、初期間隙比

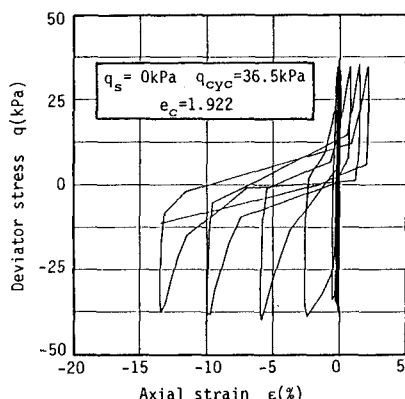


図-1 液状化破壊時の応力-ひずみ関係

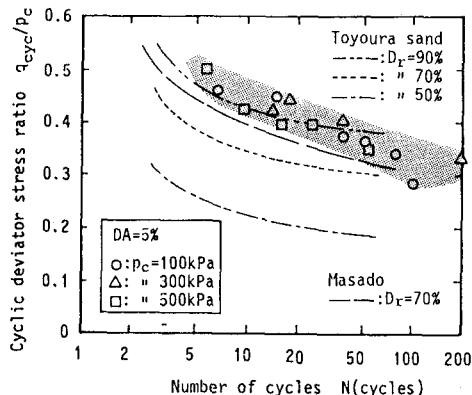


図-2 ひずみ振幅 $DA=5\%$ に至るまでの繰返し応力比と繰返し回数の関係

1.901~2.001 のカーボネイト砂の液状化強度は、相対密度 70~90% の豊浦砂の液状化強度と同程度であることがわかる。

4. カーボネイト砂の繰返し圧縮せん断破壊

図-3は、初期せん断応力が繰返し応力より大きく応力反転がない場合の応力-ひずみ関係である。繰返し応力載荷により軸ひずみは徐々に初期せん断応力の方向に残留していくことが観察できる。このように繰返し応力が圧縮側のみで載荷される場合の破壊は、圧縮せん断破壊といえる。今回は、初期有効応力比 $\eta_s (= q_s/p_c)$ を 0.6 として、カーボネイト砂の繰返し圧縮せん断破壊に及ぼす初期有効拘束圧 p_c の影響を調べた。図-4は各繰返しサイクルのピーク軸ひずみ PS が 5% に至るまでの繰返し回数と繰返し応力の関係を示している。 $\eta_s = 0.6$ の PS = 5% に対する動的強度は p_c の増加に伴い低下していることが認められる。さらに、図-5は繰返し回数 10 回でピーク軸ひずみ 2, 5, 10% に至るのに必要な繰返し応力比 $q_{cyc}/p_c (= R_{f10})$ と初期有効拘束圧 p_c の関係を示している。初期有効拘束圧の増加と共に、それぞれのピーク軸ひずみに対する動的強度 R_{f10} の低下が確認できる。

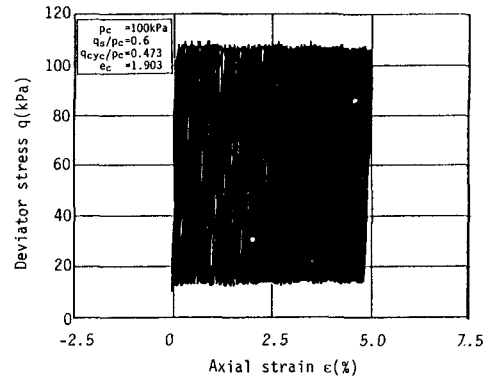


図-3 繰返し圧縮せん断破壊時の応力-ひずみ関係

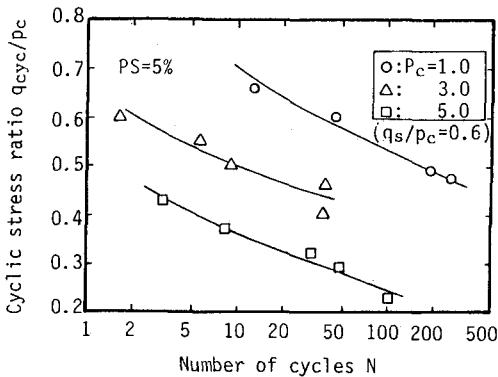


図-4 ピーク軸ひずみ PS=5% に至るまでの繰返し応力比と繰返し回数の関係

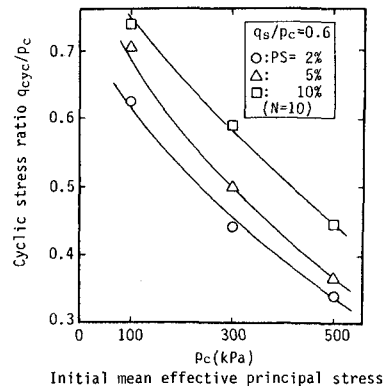


図-5 繰返し回数 10 回でピーク軸ひずみ PS=2, 5, 10% に至るのに必要な繰返し応力比と初期拘束圧の関係

5. あとがき

海底地盤を構成するカーボネイト砂の動的強度を繰返し三軸圧縮試験機を用いて調べた結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 初期間隙比の等しい等方応力状態におけるカーボネイト砂の液状化強度に及ぼす拘束圧の影響は小さい。
- 2) 初期せん断応力比 η_s を一定にして、初期有効拘束圧 p_c の影響を調べた結果、繰返し応力比 q_{cyc}/p_c により評価した動的強度は p_c の増加に伴い小さくなる。

《参考文献》

- 1) Golightly, C. R. : Engineering Properties of Carbonate Sands, Ph.D Thesis, University of Bradford, U.K., 1989.
- 2) 兵動・小浪他：異方圧密砂の非排水繰返しせん断強度に及ぼす密度の影響，第25回土質工学研究発表会発表講演集，1990，pp.747-750.