

三主応力状態におけるカーボネイト砂の変形挙動について

山口大学工学部 正 員 安福規之 兵動正幸 村田秀一

九州大学大学院 学正員 ○藤井郁男

大分市役所 正 員 伊達勇治

(株)基礎地盤コンサルタンツ 正 員 伊東周作

1. はじめに

カーボネイト砂は、熱帯・亜熱帯の海域を中心に世界中に広く分布し、炭酸カルシウム成分を大変多く含む砂質土系の材料としてよく知られている。この砂は、海洋生物の死骸や、微細な貝殻などを含み大変破碎しやすい性質を有し、杭の先端支持力や周面摩擦力が弱く表れるといった工学的に多くの問題を抱え、世界的に現在注目を集めている^{1)~2)}。本研究では、カーボネイト砂中の杭の支持力機構の解明や沈下量の精度のよい予測を行なうための第1ステップとして、カーボネイト砂の変形挙動を相異なる三主応力状態において明らかにすることを試みている。

2. 試験方法

1) 中空せん断試験機³⁾： 本研究では、中空せん断試験機を使用し、三主応力制御型の実験を行なった。供試体への載荷は、軸荷重、外圧、内圧、背圧の4系統により行ない、トルクは負荷しない。また内容積の測定を行なうことにより、半径、円周方向のひずみ量の測定を可能にした。

2) 試料及び供試体作成方法： 今回用いたカーボネイト砂は、炭酸カルシウムの含有量が50%以上の砂である。この砂は、海洋生物の死骸や、微細な貝殻を含み大変破碎しやすい性質を有している。表-1には、カーボネイト砂の物性値を示している。表中には、比較のため秋穂砂の物性値もあわせて示した。また、供試体作成方法は、水中落下方法を採用した。

表-1 物性の性質

Soil type	カーボネイト砂	秋穂砂
比重 G_s	2.723	2.650
平均粒径 $U_s(\text{mm})$	0.19	0.48
均等係数 U_c	1.92	2.65
カーボネイト含有率 (%)	94	—
最大間隙比 $e_{\max}$	2.451	1.050
最小間隙比 $e_{\min}$	1.621	0.600

3) 実験計画： 実験は、すべて内圧、外圧及び軸荷重を制御することにより行っており、制御のために必要な実験手順及び数式は割愛した³⁾。また、図-1は、本研究で行った実験計画を示したものである。

Type Aは、相対密度 $D_r=80\%$ のカーボネイト砂・秋穂砂を点2($p=100\text{kPa}$)まで等方圧密した後、 p 一定、 θ 一定($0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$)のせん断試験を行なったものである。Type Bでは、カーボネイト砂($D_r=80\%$)をそれぞれ点1($p=50\text{kPa}$)、点2($p=100\text{kPa}$)、点3($p=200\text{kPa}$)まで等方圧密後、 p 一定、 θ 一定($0^\circ, 180^\circ$)のせん断試験を行なっている。

3. 実験結果と考察

1) 中間主応力依存性： 図-2 (a), (b)は、Type A試験の結果を $\eta-\gamma_{\text{soil}}$ 関係に整理したものである。この図から、ピーク時の応力比は、中間主応力係数の増加にともない低下していくことが分かる。また、 $\eta-\epsilon_v$ 関係では、同じ中間主応力係数で比較した場合、カーボネイト砂の方がピーク時の応力比は大きいにもかかわらず、全体的な体積収縮量は秋穂砂より多いと言える。ここに $\eta=q/p$, γ_{soil} :せん断ひずみ, ϵ_v :体積ひずみ。

2) 拘束圧依存性： 図-4 (a), (b)は、Type B- 0° 試験の結果である。拘束圧の増加にともないピーク時の応力比は低下し、体積収縮量は、増加する傾向にある。このことは、Type B- 180° 試験についても同様である。

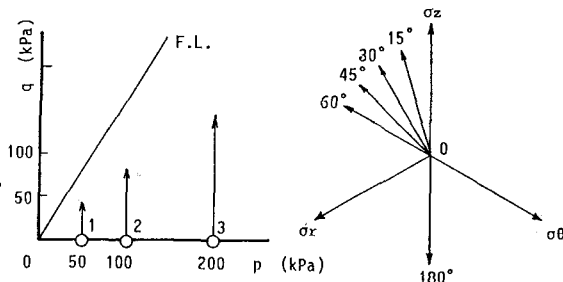


図-1 応力経路

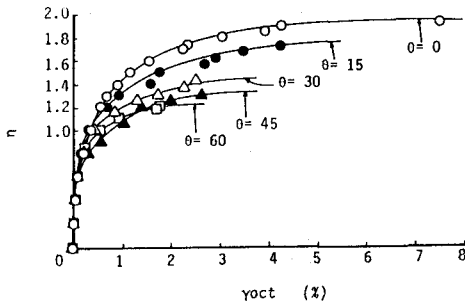


図-2(a) カーボネイト砂の
応力比-せん断ひずみ関係

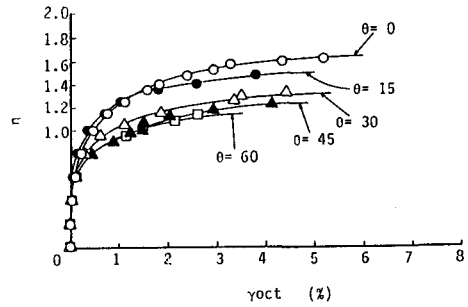


図-2(b) 秋穂砂の
応力比-せん断ひずみ関係

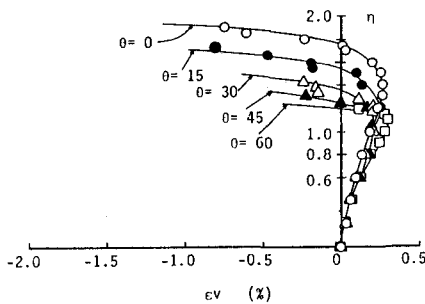


図-3(a) カーボネイト砂の
応力比-体積ひずみ関係

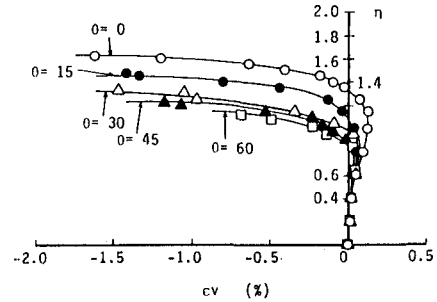
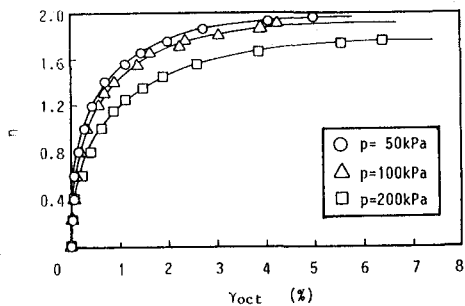
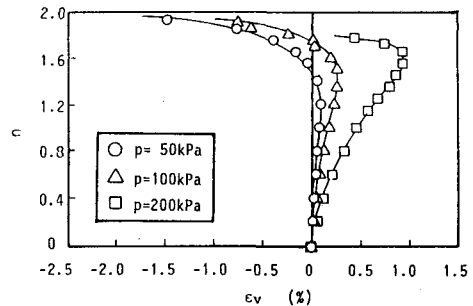


図-3(b) 秋穂砂の
応力比-体積ひずみ関係



(a) 応力比-せん断ひずみ関係



(b) 応力比-体積ひずみ関係

図-4 Type-B-0°試験結果

4. まとめ

1) カーボネイト砂のせん断強度は、中間主応力係数の増加にともない低下する。また、土粒子の堅い材料から構成される秋穂砂よりピーク時の応力比が高く、せん断時の体積収縮量も大きい。ただし、中間主応力係数の増加にともなう最大の応力比の低下割合は、カーボネイト砂の方が大きい。

2) 拘束圧の増加によりピーク時の応力比は低下し、体積の収縮量も大きくなる。

参考文献 1) C. R. Golightly and J. F. Nauroy: End Bearing Capacity of Pile in Calcareous Sand, OTC, pp. 1-14, 1990. 2) T. S. Hull, H. G. Poulos and H. Alehossein: The static behaviour of various calcareous sediments "Proc. Int. conf. calc. Sediments, Perth, Vol. 1, pp. 87-96, A. A. Balkema, Rotterdam, 1989. 3) 安福ら：中空ねじりせん断試験機の試作とその適用について，第41回土木学会中国四国支部研究発表会，1989。