

カーボネイト砂の排水せん断挙動に与える主応力方向の影響

山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
第一復建（株） 正会員 板倉志保美
山口大学大学院 学生員 ○下野段朋恵 山田泰弘

1.はじめに

これまでにカーボネイト砂の力学特性を明らかにすることを目的として、三軸圧縮条件下における拘束圧の変化に着目した力学試験結果が数多く報告されている^{1),2)}。しかしながら、現実の地盤の応力状態を考慮すると、これまでの研究成果だけでは十分とは言い難い。一般に実地盤内における応力状態は、その境界条件によって、主応力の方向が様々な方向を向くことが知られている。また、せん断中の主応力の方向によって、特にシリカ系の砂については、せん断剛性の低下やダイレイタンスー量の変化、そして強度定数の低下を引き起こすことが明らかにされている。本研究では、以上のことを踏まえ、主応力方向の違いがカーボネイト砂の排水せん断挙動に与える影響を明らかにすることを目的としている。

2.試料および実験方法

表-1 試料の物性値

用いた試料はカーボネイト砂に分類される Dogs Bay 砂、Quiou 砂とシリカ系の秋穂砂である。用いた試験機は、自動制御・計測可能な中空ねじりせん断試験機である³⁾。供試体は、内径 6 cm・外径 10 cm・

SAMPLE	G _s	e _{max}	e _{min}	D ₅₀ (mm)	U _c	CaCO ₃ (%)	N _{max} (%)
Dogs Bay	2.723	2.451	1.621	0.22	1.92	95.0	13.68
Quiou	2.700	1.431	0.915	0.74	3.61	76.0	5.22
AIO	2.623	0.975	0.624	0.84	2.35	0.0	1.63

高さ 20 cm の中空円筒形のもので、相対密度 $D_r=65\%$ を目標に水中落下振動法により作成した。供試体の飽和は、脱気水の通水および 100kPa の背圧の負荷により行った。図-1 の主応力方向角 α_s は、最大主応力 σ_1 と鉛直軸とのなす角で定義される。図-2 は、本研究で行った試験の応力経路を示したものである。(a) は圧密経路、(b) はせん断経路を示している。圧密過程は応力制御で行い、 $p=30\text{kPa}$ から $p=100\text{kPa}$ まで等方圧密する。せん断過程は、 $p=100\text{kPa}$ 、中間主応力係数 $b=0.5$ 、および主応力方向角 $\alpha_s=15^\circ、30^\circ、45^\circ、60^\circ、75^\circ$ に固定してひずみ制御方式で行う。

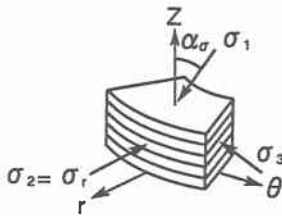
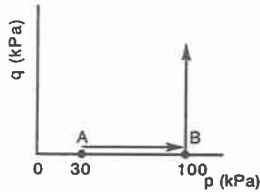


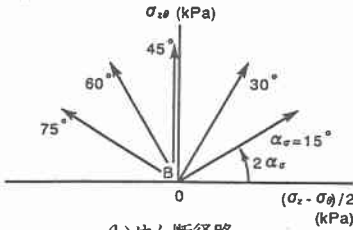
図-1 供試体要素に作用する力

3.実験結果と考察

図-3(a)(b)は、Dogs Bay 砂と Quiou 砂の応力比 η - 軸差ひずみ γ - 体積ひずみ ϵ_v 関係をそれぞれ示している。また、図中には、三軸圧縮($b=0,TC$)・伸張試験($b=1,TE$)の結果も併せて示している。せん断初期の応力ひずみ挙動は α_s に依存しないものの、ピーク時の応力比は α_s の増加に伴い Dogs Bay 砂で 1.6 から 1.1、Quiou 砂で 1.5 から 1.2 と低下している。 $\gamma - \epsilon_v$ 関係について、特性状態の体積ひずみは、両試料ともに α_s の増加に伴って減少していることがわかる。このような主応力方向による応力ひずみ挙動の違いは、これまでにシリカ系の砂を対象にして行われた初期構造異方性に関する研究で得られた挙動⁴⁾と類似していることから、重力下で堆積したときに現れる構造的な異方性に起因しているものと考えられる。図-4、図-5 はピーク時の内部摩擦角 ϕ_p および特性状態の内部摩擦角 ϕ_{CH} と主応力方向角 α_s の関係を示している。図中には秋穂砂の結果も



(a)圧密経路



(b)せん断経路

図-2 応力経路

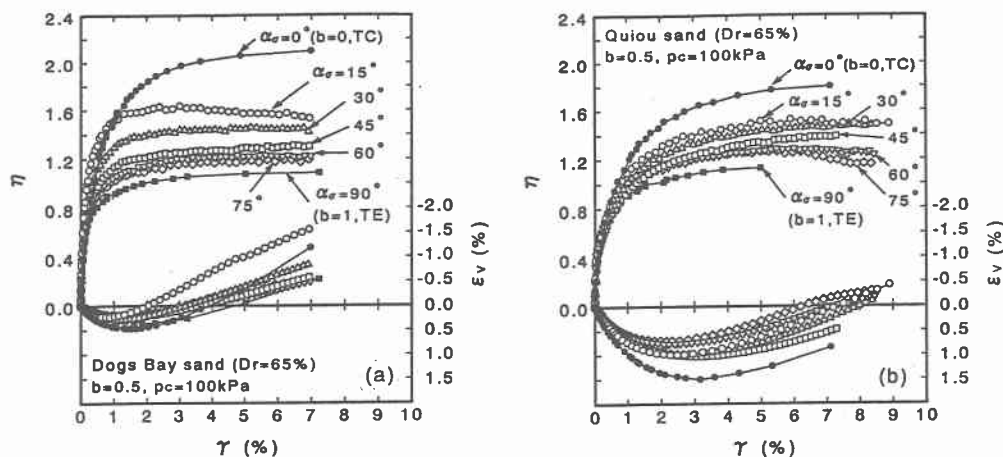
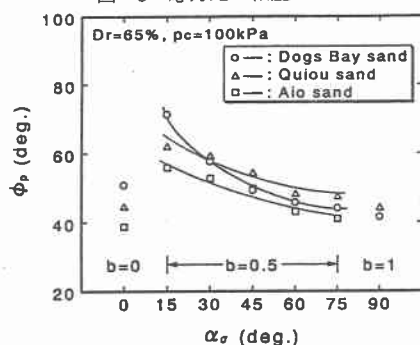
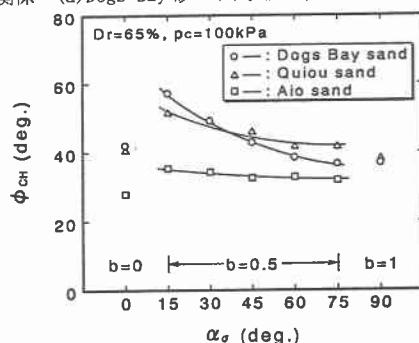


図-3 応力比-軸差ひずみ-体積ひずみ関係

(a) Dogs Bay 砂 (b) Quiou 砂

図-4 ピーク時の内部摩擦角と
主応力方向角の関係図-5 特性状態の内部摩擦角と
主応力方向角の関係

併せて示している。いずれの図においても ϕ_p および ϕ_{ch} はカーボネイト砂の方が秋穂砂よりも高いことがわかる。また、最大主応力方向が鉛直軸から水平軸に傾くにつれて ϕ_p および ϕ_{ch} が低下していることを示している。具体的に見てみると、図-4 では $\alpha_\sigma = 15^\circ$ から 75° に変化すると、 ϕ_p は Dogs Bay 砂で 28° 、Quiou 砂で 14° 、秋穂砂で 12° 低下しており、Dogs Bay 砂の低下率が最も大きいことがわかる。これは、Dogs Bay 砂が針状の粒子を多く含み、供試体作成時にそれらの粒子が水平方向に卓越して配列することによって、初期構造異方性の影響が強く現れたためと考えられる。図-5 においては、 $\alpha_\sigma = 15^\circ$ から 75° の ϕ_{ch} の低下は Dogs Bay 砂で 21° 、Quiou 砂で 10° 、秋穂砂で 4° となっており、カーボネイト砂の低下率が秋穂砂よりも大きいことが認められた。

4. まとめ

本研究では、カーボネイト砂を用いて主応力方向を固定した条件下における排水せん断試験を実施した。その結果、主応力方向の違いはカーボネイト砂の応力ひずみ挙動に影響を与え、主応力方向角の増加と共に、強度が低下することが認められた。また、2種類のカーボネイト砂の ϕ_p 、 ϕ_{ch} の低下は、シリカ系の秋穂砂よりも大きいことが認められた。さらに、Dogs Bay 砂は、Quiou 砂や秋穂砂と比較して、その粒子形状に起因して、主応力方向の違いによる影響を強く受けることが明らかとなった。

(参考文献) 1) C.R. Golightly & A.F.L. Hyde (1988): Engineering for Calcareous Sediments, Jewell & Andrews (eds), pp. 69-78; 2) T.S. Hull, H. G. Poulos & H. Alehossein (1988): Engineering for Calcareous Sediments, Jewell & Andrews (eds), pp. 87-96; 3) 中田幸男・安福規之・村田秀一・兵動正幸・永島剛圭 (1995): 土木学会論文集, No. 511/III-30, pp. 209-220; 4) Oda, M. (1972a): Soils and Foundations, Vol. 12, No. 1, pp. 17-36