

### Ⅲ-A9

#### 主応力方向の違いが砂の排水せん断強度に与える影響

（財）大阪土質試験所 正会員 ○下野段朋恵

山口大学工学部

正会員

中田幸男 兵動正幸 村田秀一

山口大学大学院

学生員

林勝彦

#### 1. はじめに

実地盤は初期に構造的な異方性を有しており、またその地盤内の応力状態はその境界条件によって主応力が様々な方向を向く。これらのことは地盤の変形強度特性に無視できない影響を与えることが指摘されている<sup>1),2)</sup>。しかしながら、物理的性質、粒子形状や粒子の堅さ等の異なる試料に対して、拘束圧に着目した初期構造異方性の影響の研究は十分とはいえない。そこで本研究では、カーボネイト砂である Dogs Bay 砂とシリカ系の秋穂砂、豊浦砂について中空ねじりせん断試験機を用いて主応力方向固定せん断試験を行い、主応力方向の違いが排水せん断挙動に与える影響について拘束圧に着目して検討を行う。

#### 2. 試料および実験方法

本研究で用いた試料は、カーボネイト砂である Dogs Bay 砂とシリカ系の秋穂砂、豊浦砂である。Dogs Bay 砂は、珊瑚礁や貝殻などの海洋生物の死骸を起源とし、粒子自体に空隙を有した脆弱な砂で、またその形状は針状や扁平な形状から球状まで様々である。実験は、中空ねじりせん断試験機を用いて行った。供試体は、概ね高さ 20cm、内径 6cm、外径 10cm の中空円筒形で、Dogs Bay 砂、秋穂砂は相対密度  $Dr=65\%$ 、豊浦砂は  $Dr=60\%$  を目標に作成した。また、本研究では鉛直軸  $z$  と最大主応力  $\sigma_1$  とのなす角を主応力方向角  $\alpha_\sigma$  と定義している(図 1 参照)。図 2 は主応力方向固定試験の応力径路を  $p$ - $q$  関係、 $\sigma_{z\theta} - (\sigma_z - \sigma_\theta)$  関係に示したものである。圧密は応力制御方式を用い、自立時の拘束圧 29kPa から所定の拘束圧まで等方圧密を行った。その後せん断は、平均主応力  $p$ 、中間主応力  $b=0.5$  および主応力方向角  $\alpha_\sigma=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$  に固定し、ひずみ制御方式で排水条件下で行った。

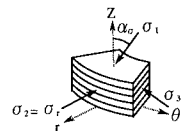


図 1 供試体要素に作用する応力

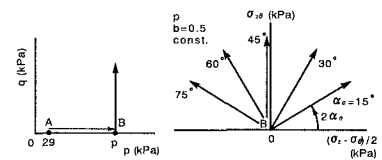


図 2 試験に用いた圧密経路とせん断経路

#### 3. 実験結果と考察

図 3(a),(b)は、それぞれ Dogs Bay 砂と秋穂砂のピーク時におけるひずみ増分比  $(-d\varepsilon/d\gamma)_p$  と平均有効主応力  $p$  の関係を示している。図より、いずれの試料についても拘束圧の増加とともにピーク時のひずみ増分比は減少していることがわかる。しかし、その減少量は Dogs Bay 砂の方が大きく、Dogs Bay 砂について顕著な拘束圧依存性が認められる。また、主応力方向角  $\alpha_\sigma$  が  $15^\circ$  から  $75^\circ$  に増加するにつれてピーク時のひずみ増分比は減少しており、異方性の影響が現れていることがわかる。2つの試料を比較すると、拘束圧の低い範囲では秋穂砂と比較して Dogs Bay 砂の方が、主応力方向角の増加に伴うひずみ増分比の減少量が大きく、異方性の影響が強く現れているものの、拘束圧の増加に伴い Dogs Bay 砂の異方性は薄れ、拘束圧 300kPa 付近では秋穂砂の方が異方性の影響が強く現れていることが明らかである。図 4(a),(b)は、それぞれ Dogs Bay 砂、秋穂砂のピーク時の内部摩擦角  $\phi_p$  と平均有効主応力  $p$  の関係を示している。いずれの試料においても拘束圧が増加するとピーク時の内部摩擦角は低下している。しかしその低下量から、Dogs Bay 砂は秋穂砂と比較して強い拘束圧依存性を示していることがわかる。また、主応力方向角  $\alpha_\sigma$  の増加に伴う  $\phi_p$

キーワード：初期構造異方性、拘束圧依存性、主応力方向、砂

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557 山口大学工学部 TEL0836-22-9724

の低下量は、拘束圧 49kPa では Dogs Bay 砂の方が大きく、異方性の影響が強く現れているのに対し、294kPa では若干秋穂砂の方が異方性の影響が強く現れている。図 3, 図 4 から、Dogs Bay 砂の方が秋穂砂よりも拘束圧依存性や初期構造異方性の影響が強く現れていること、また、拘束圧が異方性に与える影響が強いことがわかる。また、以上のことより、砂のダイレタンシー特性とせん断強度との間には密接な関係があるといえる。図 5(a)-(c) は、Dogs Bay 砂、秋穂砂、豊浦砂のピーク時と限界状態の内部摩擦角の差( $\phi_p - \phi_{crit.}$ )と平均有効主応力  $p$  の関係を示している。図より、いずれの試料においても( $\phi_p - \phi_{crit.}$ )と  $p$  の関係は直線で表され、また、 $\phi_p = \phi_{crit.}$  となる  $p$  は主応力方向角の違いによらず等しくなることがわかる。また、その直線の傾きは、豊浦砂、秋穂砂、Dogs Bay 砂の順に大きくなっており、豊浦砂、秋穂砂、Dogs Bay 砂の順に拘束圧依存性が強くなっていることを示している。 $\phi_p = \phi_{crit.}$  となる平均有効主応力  $p$  を試料について比較すると、Dogs Bay 砂、秋穂砂、豊浦砂の順に大きくなっている。特に Dogs Bay 砂については今回実験を行った拘束圧の範囲においてピーク時の内部摩擦角と限界状態の内部摩擦角が等しくなる  $p$  が現れていることがわかる。

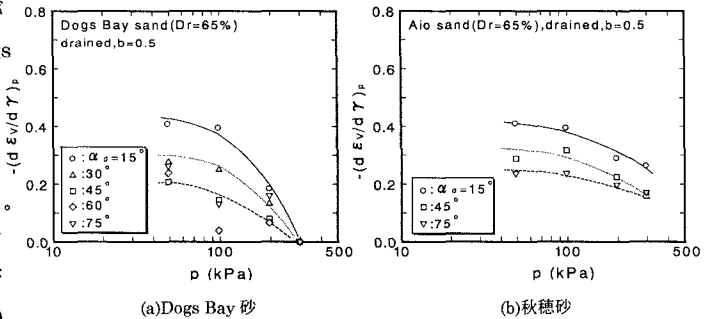


図 3 ピーク時のひずみ増分比-平均有効主応力関係

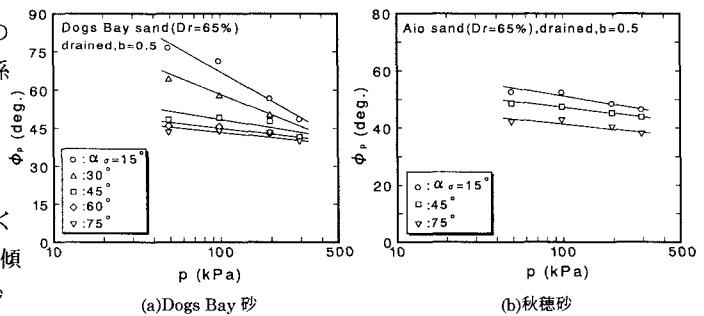


図 4 ピーク時の内部摩擦角-平均有効主応力関係

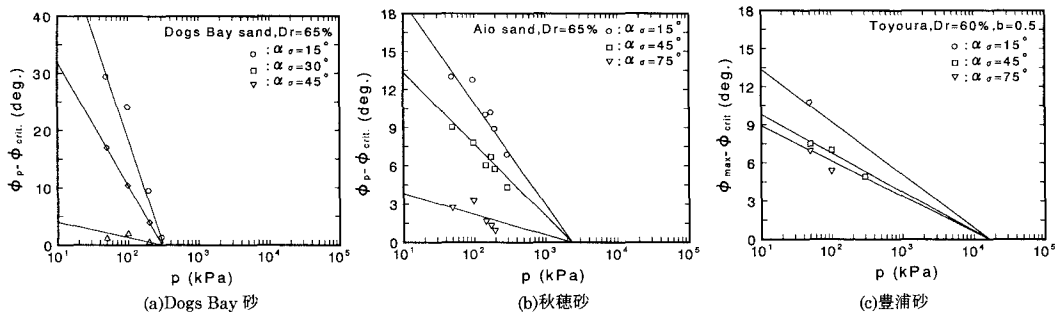


図 5 ピーク時と限界状態の内部摩擦角の差-平均有効主応力関係

#### 4. まとめ

初期構造異方性の影響、拘束圧依存性、拘束圧が異方性に与える影響は秋穂砂よりも Dogs Bay 砂の方が強い。また、( $\phi_p - \phi_{crit.}$ )と  $p$  の関係は直線で表され、 $\phi_p = \phi_{crit.}$  となる  $p$  は主応力方向角の違いによらず試料によって決まる。 $\phi_p = \phi_{crit.}$  となる  $p$  は Dogs Bay 砂、秋穂砂、豊浦砂の順に大きくなる。

〈参考文献〉1) C.R. Golightly & A.F.L. Hyde (1988): Engineering for Calcareous Sediments, Jewell & Andrews (eds), pp. 69-78; 2) 中田幸男・安福規之・村田秀一・兵動正幸・板倉志保美・山田泰雄 (1997): 山口大学工学部研究報告第 48 巻第 1 号, pp. 57-64; 3) 板倉志保美・中田幸男・兵藤正幸・村田秀一 (1997): 第 32 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp. 473-474.