

福岡大学 正員 ○佐藤 研一
 茨城大学 学生員 樋口 徹
 茨城大学 正員 安原 一哉・村上 哲

1. はじめに

著者らは、これまでに等方圧密状態にある密な砂を対象に、非排水条件下における主応力方向角を固定した静的及び繰返しせん断特性を明らかにしてきた^{1), 2), 3)}。その結果、せん断中に主応力の方向角が 90° 反転する非排水繰返しせん断試験では、密な供試体でも十分に液状化状態に達し、設定した主応力方向角によって液状化に至るまでの挙動に大きな差が生じ、その挙動は非排水静的せん断試験によって求められた変相線と密接な関連性があるという有益な知見を得ている。そこで、本報告では巨大構造物下などのような異方的な圧密履歴を受けた密な砂地盤の非排水せん断強度を調べるため、せん断経路を種々に変化させた非排水静的せん断試験を行った。まず〔その1〕では、紙面の都合上、今回実施した異方圧密過程の実験方法を説明した後に、等方圧密砂の試験結果との比較を行う。

2. 実験概要

実験は中空ねじり試験装置を用いて行い、供試体は内径6cm、外径10cm、高さ20cmの中空円筒形である。試料には、豊浦標準砂($G_s=2.642$, $e_{max}=0.991$, $e_{min}=0.623$)を用いた。供試体は、空中落下法により作成し、炭酸ガスを循環させた後に脱気水で飽和させる。本研究で行った実験の圧密経路を〔p~q〕平面と $[(\sigma_v - \sigma_h)/2 \sim \tau_{vh}]$ 平面を用いて図-1(a), (b)に表現している。〔p~q〕平面上の応力経路図は、圧密過程の応力比の勾配を示しているものであり、供試体作成時における $p=0.2\text{kgf/cm}^2$ の等方圧密状態から今回の実験では、応力比 $\eta=0.592$ を一定に保ち、平均有効主応力 $p=2\text{kgf/cm}^2$ まで異方圧密させた。また、今回の異方圧密過程においては、異方圧密中の主応力の方向にも着目し、図-1.(b)に示すように $\alpha_c=0^\circ$ と 45° の2タイプの圧密を実施した。その後、 $p=2\text{kgf/cm}^2$ 、中間主応力係数 $b=0.5$ を一定にして、図-2に示すそれぞれ5方向に β 一定条件で計10種類の実験を応力制御で行った。

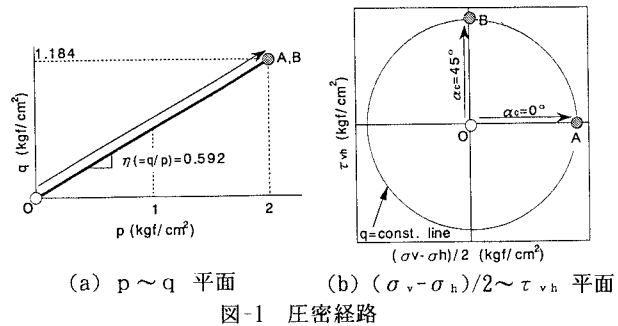


図-1 圧密経路

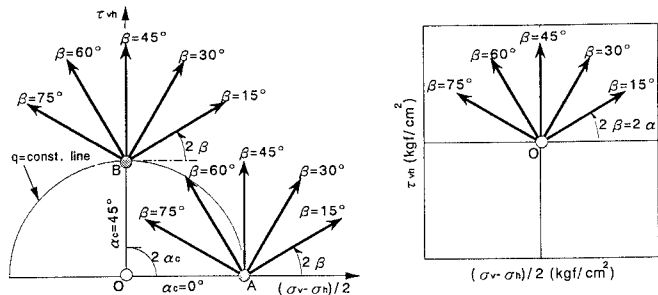


図-2 異方圧密砂のせん断経路 図-3 等方圧密砂のせん断経路

表-1 供試体の初期条件

Test No.	中間主応力係数 b 値	圧密方向 $\alpha_c (^\circ)$	せん断方向角 $\beta (^\circ)$	初期相対密度 $D_r (\%)$	間隙水圧係数 B 値
ST0015	0.5	0	15	77.0	0.960
ST0030			30	79.0	0.978
ST0045			45	80.6	0.982
ST0060			60	78.0	0.960
ST0075			75	79.2	0.994
ST4515		45	15	78.0	0.978
ST4530			30	78.7	0.964
ST4545			45	79.1	0.984
ST4560			60	78.9	0.986
ST4575			75	81.1	1.002

表-1に供試体の初期条件を示している。ここで、 β は $[(\sigma_v - \sigma_h)/2 \sim \tau_{vh}]$ 平面における軸差応力 $\{(\sigma_v - \sigma_h)/2\}$ 軸との傾きを表し、せん断方向角と称する。図-3は、比較のために行った等方圧密砂のせん断経路を示しており、異方圧密砂の場合と同じく $p=2\text{kgf/cm}^2$, $b=0.5$ 一定で5方向にせん断を行っている。この場合、せん断方向角 β は主応力方向角 α と一致する。また、今回の全ての計測及び結果の整理において、別途実施しているメンブレン張力の補正とメンブレン貫入量の補正を行っている。

3. 実験結果と考察

ここではまず、等方圧密を受けた供試体と異方圧密を受けた供試体のせん断挙動の比較検討を行うことにする。

図-4は、せん断方向が $\beta=45^\circ$ のときの等方圧密及び異方圧密を受けた砂の有効応力経路図である。両者は、変相点に至るまでの経路が異なり、等方圧密の場合はゆっくりと有効応力が低下していくのに対し、異方圧密を受けた場合は、有効応力の低下が急激である。しかし、変相点に達したときの応力状態は、圧密過程に関係なくほぼ等しいことがわかる。

次に、図-5は q とせん断ひずみ γ_{oct} の関係を示している。この応力～ひずみ関係をみると、異方圧密を受けたことによる影響が現れており、異方圧密を受けた供試体では同一ひずみにおけるせん断強度が大きく発揮されている。両圧密条件の変相点に達した後のグラフの傾きはほぼ等しいが、異方圧密を受けた砂の方が若干ひずみが生じ難くなっている。これは圧密中の供試体にある程度のひずみが生じたためと考えられる。また、変相点に達するまでの異方圧密砂のひずみの発生の方が等方圧密砂に比べ著しく早いことがわかる。

次に、間隙水圧比 u/p' と γ_{oct} の関係を図-6に示す。この関係を見ると、間隙水圧とせん断ひずみの発生状況に及ぼす異方圧密の影響がさらによく観察することができる。等方圧密砂は、同一ひずみにおける間隙水圧比が常に大きく、供試体が不安定な状態にあることがうかがえる。

4. まとめ

図-2, 3に示す $[(\sigma_v - \sigma_h)/2 \sim \tau_{vh}]$ 平面において、せん断経路が等しい2つの圧密条件の砂供試体について、非排水静的せん断試験を行った結果、異方圧密を受けた砂は、等方圧密砂に比べると、わずかながら間隙水圧の発生及び変形量が小さくなる挙動を示すことが明らかとなった。

<参考文献>

- 1) 見郷・佐藤・安原(1993):砂の非排水せん断挙動に及ぼす主応力方向角の影響(その1), 第28回土質工学研究発表会講演概要集, Vol. 2-1, pp. 565-566.
- 2) 見郷・佐藤・安原(1993):砂の非排水せん断挙動に及ぼす主応力方向角の影響(その2), 第28回土質工学研究発表会講演概要集, Vol. 2-1, pp. 567-571.
- 3) 佐藤・安原・吉田・高木(1994):波浪荷重を受ける防波堤下地盤の繰返しせん断挙動, 第39回土質工学シンポジウム発表論文集, pp. 211-218.

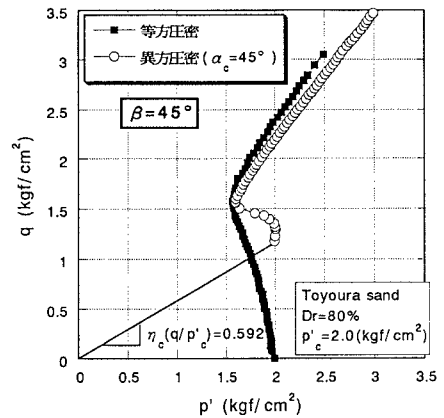


図-4 $q \sim p'$ 関係

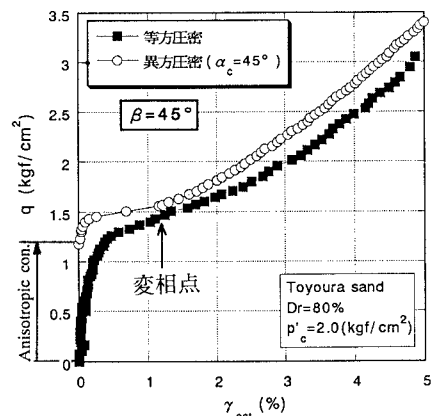


図-5 $q \sim \gamma_{oct}$ 関係

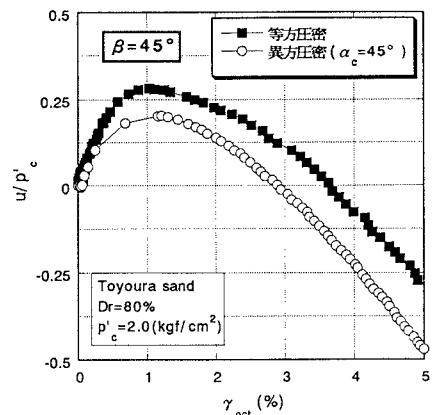


図-6 $u/p'c \sim \gamma_{oct}$ 関係