

III-159 密な砂の繰返し変形係数に及ぼす排水履歴の影響

福岡大学 正会員 ○佐藤研一

茨城大学 正会員 安原一哉、学生員 高木 操

神戸市

平岡呂晃

1.はじめに

著者ら^{1), 2)}はこれまでに、波浪荷重を受ける海洋構造物下海底地盤の挙動を解明するために、密な砂供試体を用いて主応力方向角の異なる静的な非排水繰返しせん断試験を行い、その挙動を調べ、報告している。特に、海底地盤は海洋の気象の変化によって、急激な繰返し荷重を受ける場合と大きな繰返し荷重をほとんど受けない静穏時とに分けられ、この非排水、排水の2つの挙動を繰返し受けていると考えられる。したがって、繰返し载荷を伴う排水履歴の現象を把握することは、海底地盤の安定性の評価において必要不可欠なものであると考えられる。そこで、波の特性と防波堤下の砂地盤の応力状態³⁾を考慮して、主軸を固定した非排水繰返しせん断試験を行った後に、発生間隙水圧を消散させ、再び同一の条件下で非排水の繰返しせん断試験を実施した。ここでは、実験結果において求められた繰返し変形係数に及ぼす排水履歴の影響について報告する。

2.実験概要

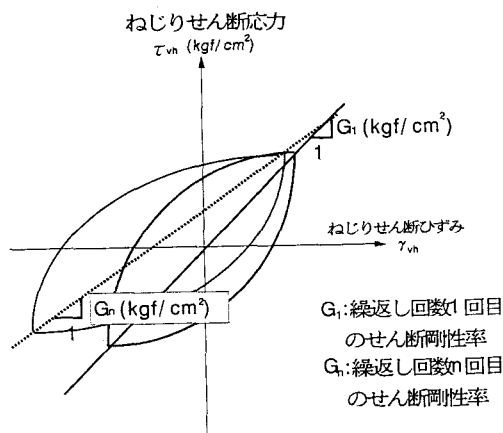
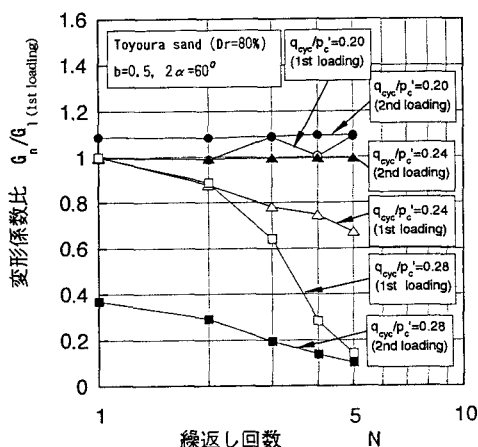
実験は、豊浦標準砂の密な供試体(約 $Dr=80\%$)を用いて、主応力軸方向角 α を一定に保ち、中間主応力係数(b 値)を0.5で、一定の応力比で非排水繰返し载荷を5回行った。その後、発生間隙水圧を消散させるために排水コックをゆっくりと開け、再圧密させて供試体の体積変化量の測定を行う。その後、約24時間圧密した後に再び非排水状態で、一回目の繰返し载荷と同じ条件で繰返しせん断試験を行った。実験手法の詳細な概要と供試体の作成方法については、別報^{1), 2)}で報告しているので、ここでは省略する。今回実施した実験は、主応力方向角 2α は、 $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 135^\circ, 150^\circ$ の7種類、繰返し応力比は q_{cyc}/p'_c は、昨年度行った防波堤下砂地盤の応力解析の結果³⁾から0.20, 0.24, 0.28の3種類の計21種類の実験を行っている。

3.実験結果及び考察

今回、主応力軸の異なる砂の非排水繰返しせん断変形特性を調べるために、図-1に示すようなねじりせん断応力 τ_{vh} とねじりせん断ひずみ γ_{vh} の応力平面に於ける履歴ループの両端の傾きをもって、これをせん断剛性率 G として変形係数を定義した。また、データを整理するにあたり、排水履歴を受ける前(1st loading)の最初の载荷($N=1$)で求められた初期せん断剛性率と繰返し载荷途中及び排水履歴後(2nd loading)のせん断剛性率の比較を行うため、前者を G_1 、後者を G_n として定義している。

図-2に、主応力方向角 $2\alpha=60^\circ$ における繰返し応力比 $q_{cyc}/p'_c=0.20, 0.24, 0.28$ の排水履歴前後のそれぞれの変形係数比 G_n/G_1 と繰返し回数 N の関係を示している。この結果によると、排水履歴前(1st loading)の変形係数は、繰返し応力比が大きくなるにつれて、繰返し回数の増加に伴う変形係数の低下率は顕著になり、繰返し応力比が0.28のものについては、 $N=5$ 回で変形係数比が約1割程度まで低下してしていることが分かる。

一方、排水履歴後の繰返し载荷(2nd loading)時の変形係数比に着目すると、排水履歴前に比べて変形係数が増加している供試体と減少している供試体との大きく分けることができる。これは、非排水の繰返しに伴って、発生した間隙水圧の消散に伴う再圧密を受け、供試体密度が増加しているにも関わらず、排水履歴を受

図-1 せん断剛性率 G の定義図-2 繰返し回数と変形係数比の関係
(主応力方向角 $2\alpha=60^\circ$)

ける前の供試体の変形の状態によっては、排水の履歴を受けても変形係数は低下することを示している。これは、非排水繰返しせん断変形と発生間隙水圧の消散に伴い、供試体の初期構造が失われてしまうためと思われる。

次に、変形係数に及ぼす主応力方向角の影響を調べるために、5種類の主応力方向角をパラメータにして、繰返し応力比0.24について変形係数比と繰返し回数の関係を排水履歴前後の結果について取りまとめたものを図-3、4に示している。これらの図より、変形係数は排水履歴の前後において、主応力方向角の影響を受け、繰返しに伴う低下率が異なっていることが分かる。しかし、前述したように排水履歴前の変形係数の低下率の割合によって、排水履歴後の変形係数が増加しているものと減少しているものがあることがわかる。これら図-2、3、4の結果において注目すべき点は、排水履歴前の最後の載荷($N=5$ 回)において変形係数比が0.6以下になっている供試体については、排水履歴を受けても、供試体の変形抵抗が失われてしまうことである。このことは、波浪等の影響によって繰返し荷重を受けた砂地盤において、その変形抵抗が6割以下に低下した砂地盤は、排水履歴を受けても、その変形抵抗は増加せずに、逆に低下する傾向があることを示している。その原因として排水履歴を受ける前の非排水の繰返しの際に生じた間隙水圧の発生量が大きく関係していると考えられる²⁾。

最後に、今回行った全ての実験より求められるせん断剛性率 G とせん断ひずみ γ_{DA} の関係を排水履歴を受ける前後について取りまとめたものを図-5、6に示している。これらの結果より、排水履歴の前後において、せん断剛性率とせん断ひずみの間には繰返し応力比及び主応力方向角の影響に依存しない一義的な関係が存在していることが分かる。

4.まとめ

波浪等の影響によって非排水繰返し荷重を受けた砂地盤において、その変形係数が6割以下に低下した砂地盤は、排水履歴を受けた後に、地盤密度が増加しても、その変形抵抗は増加せずに、逆に低下する傾向があることが分かった。また、この時の G - γ 関係は主応力方向角の影響を受けないことも明かになった。

参考文献

- 1) 高木、佐藤、安原、平岡(1994)：密な砂の非排水繰返しせん断挙動に及ぼす主応力方向角の影響、第29回土質工学研究発表会（投稿中）。
- 2) 佐藤、安原、高木、平岡(1994)：密な砂の非排水繰返しせん断特性に及ぼす排水履歴の影響、第29回土質工学研究発表会（投稿中）。
- 3) 佐藤、高木、安原、見郷(1994)：波浪荷重を受ける防波堤下砂地盤の挙動に関する研究、茨城大学工学部研究集報、Vol.41, pp. 1-15。

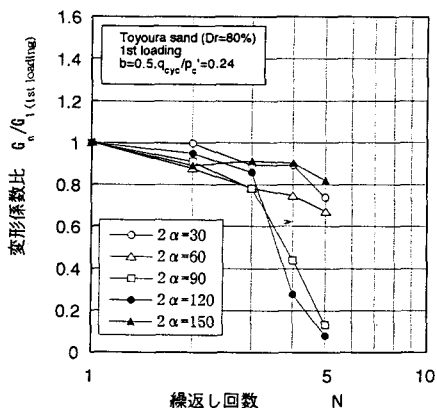


図-3 繰返し回数と変形係数比の関係
(排水履歴前：1st loading)

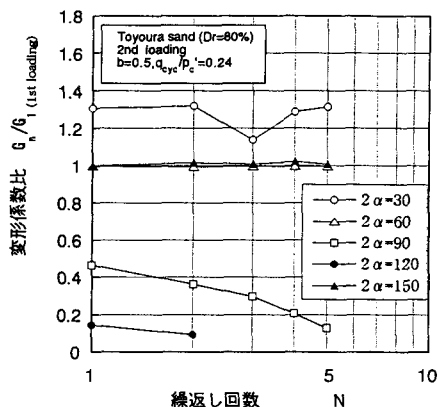


図-4 繰返し回数と変形係数比の関係
(排水履歴後：2nd loading)

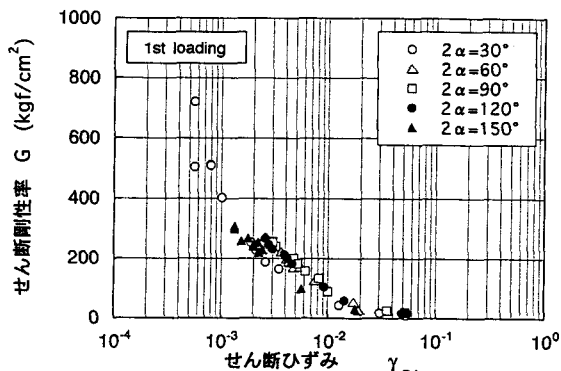


図-5 せん断剛性率とせん断ひずみの関係
(排水履歴前：1st loading)

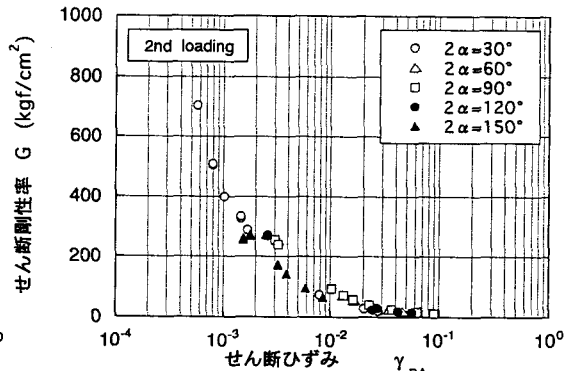


図-6 せん断剛性率とせん断ひずみの関係
(排水履歴後：2nd loading)