

主応力の反転を伴わない密な砂の非排水繰返しせん断特性

福岡大学工学部 正 員○佐藤研一 吉田信夫
 茨城大学工学部 正 員 安原一哉
 茨城大学工学部 学生員 樋口 徹

1.はじめに

荒天時の外洋の波浪は短い周期でかつ大きな波圧が海洋構造物に作用すると考えられ、地盤は非排水条件下での繰返し応力の作用による間隙水圧の発生から、地盤支持力の低下が生じ、海洋構造物の安定性に支障をきたすと考えられる。著者ら¹⁾のこれまでの研究によれば、(1)構造物を媒体として、地盤に伝達される波浪による繰返し応力の作用方向と大きさは、構造物の底部の位置や深さ方向によって異なり、波の作用方向によっても変化するといった特徴を持っており、(2)最大主応力の作用方向は、波が一周期変化するあいだ常に一定で、かつ作用する波が押し波時から引き波時に変化する際に主応力が90度反転すると行った特徴を持っていることが明らかになった。また、中空ねじりせん断試験によるこの応力状態を再現した密な砂の非排水繰返し試験の結果^{2), 3)}において、主応力方向角が砂の非排水の繰返しせん断特性に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。そこで本報告では、波が押し波時から引き波時に変化する際に主応力が90度反転する影響を明らかにするために繰返し時に主応力の反転を伴わない片振り試験を行い、両振りの試験結果と比較し、繰返し中の主応力の反転の影響について考察する。

2.実験概要

砂の繰返し非排水せん断挙動に及ぼす主応力方向角の反転の影響を調べるために用いた実験装置は、中空ねじり試験装置である。今回実施した主応力方向が繰返しせん断中に反転しない片振り試験とこれまでに実施している主応力方向角が反転する両振り試験の応力経路図を図-1に示す。

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、一定の繰返し応力比で静的に応力制御による非排水繰返し載荷を5回行った。実験方法の概要と供試体の作成方法の詳細については、別報^{2), 3)}で報告しているため、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、 $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ の5種類、繰返し応力比は q^*/p_c' は、0.28である。表-1に今回考察を行った供試体の初期条件を示す。

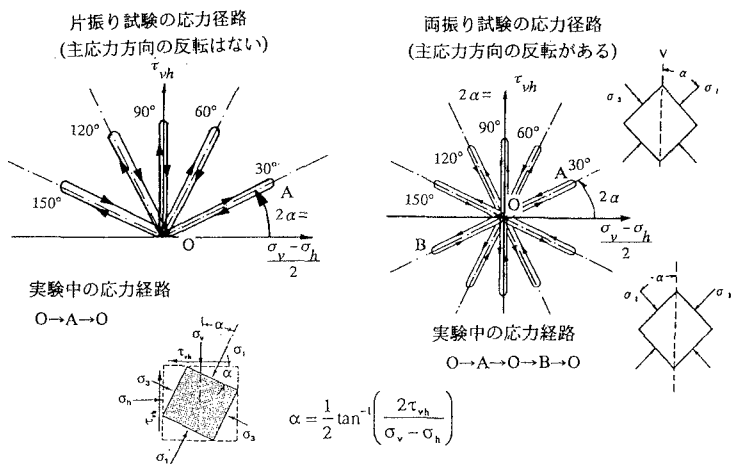


図-1 実験に用いた応力経路

3.実験結果および考察

図-2、3に主応力方向角 $2\alpha=60^\circ$

および 90° の片振りおよび両振りの試験における有効応力経路図を示す。これらの図より同じ繰返し応力比で実験を行った供試体において、主応力の反転を伴わない片振りの試験結果と主応力の反転を伴う両振りの試験結果では、有効応力の挙動に大きな違いが見られることがわかる。いずれの供試体についても最初の半

表-1 実験に用いた供試体

Test No.	主応力方向角 2α	中間主応力係数 b 値	繰返し応力比 q^*/p_c'	初期相対密度 $Dr(\%)$	主応力反転の有/無
UR155C	30	0.5	0.28	79.4	無
UR302C	60	0.5	0.28	78.3	無
UR155C	90	0.5	0.28	80.2	無
UR155C	120	0.5	0.28	80.9	無
UR155C	150	0.5	0.28	78.0	無
CD303	30	0.5	0.29	80.2	有
CD603	60	0.5	0.27	79.3	有
CD903	90	0.5	0.28	80.6	有
CD1203	120	0.5	0.28	78.6	有
CD1503	150	0.5	0.28	81.6	有

サイクルに生じる有効応力の低下量に主応力方向角の影響が見られ、片振り、両振り試験ともにこの時点における有効応力の低下量はほぼ等しいことがわかる。しかし、片振り試験の有効応力経路がその後のせん断においてほとんど変化しないのに比べ、主応力方向を 90° 反転させることにより、有効応力の低下はより一層大きくなり、どちらの主応力方向角においても有効応力経路が変相線にした後にサイクリックモビリティ現象が現れ、ほぼ液状化状態に至っている。また、この傾向は他の主応力方向角の結果においても見られた。次に、図4、5に主応力方向角 $2\alpha=90^\circ$ における繰返しせん断中に発生する間隙水圧 w/p_c' とせん断ひずみ γ_{oct} の繰返し回数に伴う発生量の変化を示している。これらの図より、片振り試験の結果における間隙水圧の発生量は、最初の半サイクルの载荷において発生した後は、繰返し回数の増加とともにほとんど変化せず一定であり、繰返し回数5回終了時の間隙水圧比はわずか0.2程度であった。この間隙水圧の発生に伴うせん断変形量の大きさもわずか0.4%程度でほとんど変形していないことがわかる。一方、片振り試験と同じ繰返し応力比で繰返した両振り試験の結果を見ると半サイクルおきに、すなわち、主応力方向角 2α が 180° 反転する毎に間隙水圧量が上昇し続け、各サイクル毎の残留間隙水圧が大きくなっている。また、有効応力経路が変相線に達した後にサイクリックモビリティ現象が現れ、間隙水圧は上昇と下降を繰返ししながら間隙水圧比が1.0に達して液状化状態に至っていることがわかる。同時に発生するせん断ひずみ量は、間隙水圧の発生と共に大きくなり、有効応力経路が変相線に達した後に最大4%生じている。特に最初の载荷時の主応力方向角から 180° 反転した状態において繰返し応力を载荷される時に大きな変形が生じていることがわかる。これらの結果から、主応力方向角がある任意の方向で一定の角度のままで繰返し载荷中に主応力方向角の反転を伴うような繰返し荷重を供試体が受ける場合、主応力の方向角の影響は载荷の最初の半サイクルに現われ、間隙水圧とせん断ひずみの発生挙動は主応力を反転させることによって、大きな影響を受け、主応力の反転は、両者を増加させる大きな原因であることが明らかになった。

4.あとがき 実験では、片振り試験及び両振り試験ともに繰返し回数最大5回のもとの結果の比較から検討を行ったが、今後は繰返し回数を多くし、繰返し応力比の大きさを変化させた実験を行い、さらなる検討を行う予定である。

参考文献 (1)佐藤ら(1993): 波浪荷重を受ける防波堤下砂地盤の挙動に関する研究、茨城大学工学研究集報、Vol.41, pp.1-15. (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. (3)佐藤、見郷、安原 (1993): 砂の非排水せん断挙動に及ぼす主応力方向の影響(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.

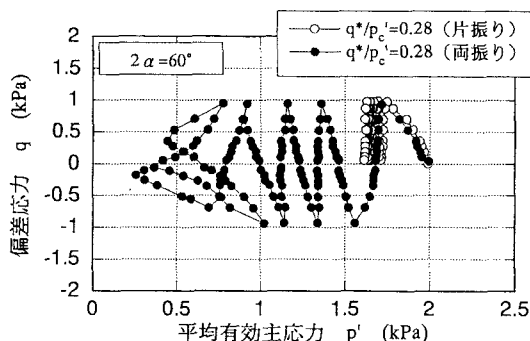


図-2 有効応力経路($2\alpha=60^\circ$)

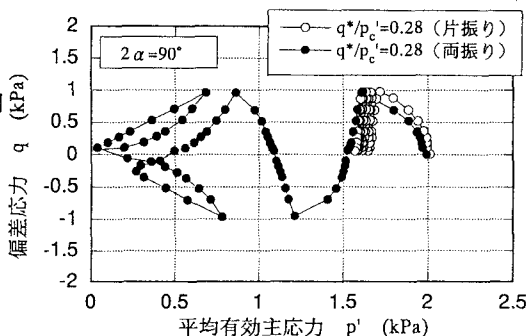


図-3 有効応力経路($2\alpha=90^\circ$)

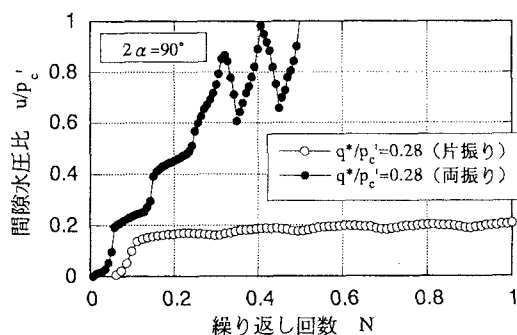


図-4 繰返し中に発生する間隙水圧

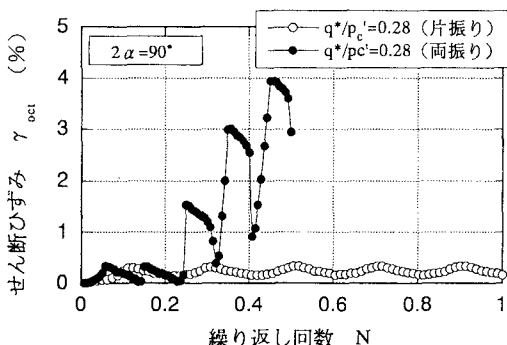


図-5 繰返し中に発生するせん断ひずみ