

加圧法による不飽和豊浦砂の三軸圧縮試験

徳島大学工学部 正会員 鈴木 壽

徳島大学工学部 正会員 山上拓男

西条市役所 正会員 ○松田 敏

1.はじめに 不飽和三軸圧縮試験におけるサクシヨン制御方法としては、通常加圧法が用いられている。この方法は、等方圧密およびせん断過程を通してサクシヨンを正の間隙空気圧 u_a で制御するもので、多くの場合間隙水圧 u_w は大気圧に等しいとされる。しかしながら、非常に圧縮性の高い正の間隙空気圧 u_a を強制的に加えるこの加圧法の純粋なサクシヨン効果は、あまり詳細に検討されていない。そこで本報告では、比較的供試体内の u_a 、 u_w が均質に制御できると考えられる豊浦砂の不飽和供試体と飽和供試体のせん断特性を比較することから、不飽和三軸試験における加圧法のサクシヨン効果を実験的に検証する。なお、不飽和豊浦砂ではサクシヨン効果があまり顕著に見られないと予想されるので、供試体作製時の初期間隙比については十分注意を払い、ほぼ同一の値とした。

2.試験方法 まず、供試体の作製方法について説明する。用いた試料は6時間以上煮沸した完全脱気状態の飽和豊浦砂で、飽和供試体の作製は水中落下法で行った。供試体の自立に 0.2kgf/cm^2 程度の負圧を作用させたので、供試体の飽和状態を回復するために 1.0kgf/cm^2 のバックプレッシャーを作用させた。飽和供試体に対してはこの状態から等方圧密、せん断試験を実施したが不飽和供試体に対しては、これらの過程の前に 0.2kgf/cm^2 の初期圧密終了後に所定のサクシヨン($u_a = 0.1\text{kgf/cm}^2$)を作用させた。せん断試験は不飽和供試体の均質性を確保するために応力制御方式とし、各荷重段階では軸ひずみの変化量が10分間に0.02%以下であるという条件を設けた。試験は側圧 $0.5, 1.0, 1.5, 2.0\text{kgf/cm}^2$ の4供試体で実施し、各供試体に対するサクシヨンは 0.10kgf/cm^2 でせん断中一定とした。4供試体の初期間隙比 e_0 、サクシヨン作用後の間隙比 e_s および等方圧密後の間隙比 e_c は表-1に示している。また、同様な作製手順による飽和供試体の間隙比は表-2に示している。これらの表の間隙比を比較すると、供試体作製時における間隙比 e_0 は全ての場合に対してほぼ等しいと見なせる。

3.試験結果 2.で説明した飽和および不飽和供試体に対するせん断試験の結果を比較することによって、加圧法による不飽和豊浦砂の変形・強度特性を明らかにする。まず最初に、応力～ひずみ関係の比較を行う。図-1(a),(b)は、それぞれ側圧が 0.5 および 1.5kgf/cm^2 の場合における応力～ひずみ関係を比較したものである。両ケースとも応力～ひずみ曲線の形状はよく似ており、飽和および不飽和状態の強度差は顕著でないことから、加圧法による土粒子骨格構造の硬化はあまりないと考えられる。また図-2(a),(b)は、それぞれ図-1(a),(b)に対応するダイレイタンス特性を示したものである。図から分かるように拘束圧の低い(a)の場合では、不飽和供試体は飽和の時よりも体積膨張が著しく、逆に拘束圧の高い(b)の場合には飽和供試体

表-1 不飽和供試体の間隙比

側 圧 (kgf/cm^2)	初期間隙比 e_0	サクシヨン作用 後の間隙比 e_s	等方圧密後の 間隙比 e_c
0.5	0.683	0.691	0.689
1.0	0.697	0.699	0.694
1.5	0.698	0.698	0.691
2.0	0.713	0.704	0.685

表-2 飽和供試体の間隙比

側 圧 (kgf/cm^2)	初期間隙比 e_0	等方圧密後の 間隙比 e_c
0.5	0.702	0.651
1.0	0.699	0.699
1.5	0.703	0.700
2.0	0.712	0.698

の方が体積膨張が著しくなっている。この側圧の増大によるダイレイタンスー特性の顕著な変化は、不飽和供試体内に存在する空気の高縮性に起因していると考えられる。なお、側圧 1.0 および 2.0 kgf/cm² の場合の応力～ひずみ関係とダイレイタンスー特性においても上記と同様な傾向が得られた。次に不飽和豊浦砂の強度と有効応力について考察する。飽和および不飽和豊浦砂の試験結果を p - q 平面で整理して比較すると図-3 となる。ただし、この図の不飽和供試体に対する平均垂直応力はサクシオンを考慮しない全応力で表示している。図から分かるように、不飽和の場合の限界状態線の M_u の方がわずかに大きい。これは飽和の場合には平均垂直応力が有効応力で表示されているのに、不飽和の場合には全応力で表示されていることに起因していると考えられる。本来土質材料が同じであれば、限界状態線が唯一決定できるという観点から、有効応力表示の場合の不飽和豊浦砂の限界状態線が飽和状態におけるそれと等しいと見なせば、

Bishop の有効応力式から以下のような

議論が成立する。すなわち、加圧法では間隙水圧を大気圧としているので $u_w = 0$ 、また供試体には正の間隙空気圧を作用させているので $u_a = 0.10$ kgf/cm² となり、これらの値を Bishop の有効応力式に代入しても $\chi > 1$ になってしまう。算出された χ の値は $0 \leq \chi \leq 1$ の範囲に存在せず、加圧法によるサクシオン制御方式には疑問が残る。

4. おわりに 本報告は、加圧法で作製した不飽和豊浦砂の供試体に対するサクシオン制御三軸圧縮試験を実施し、飽和豊浦砂の変形・強度特性と比較したものである。その結果、サクシオンの作用を受けた不飽和豊浦砂の強度増加はあまり確認されなかったが、ダイレイタンスー特性においては不飽和砂の特徴がみられた。また、これらの試験結果を Bishop の有効応力式で整理しても $\chi < 1$ の条件を満たさず、加圧法によるサクシオン制御方式の妥当性は検証されなかった。

参考文献 1) 鈴木 壽・山上拓男：吸引法による不飽和豊浦砂の三軸圧縮試験、三軸試験方法に関するシンポジウム発表論文集、pp.145-148, 1991.

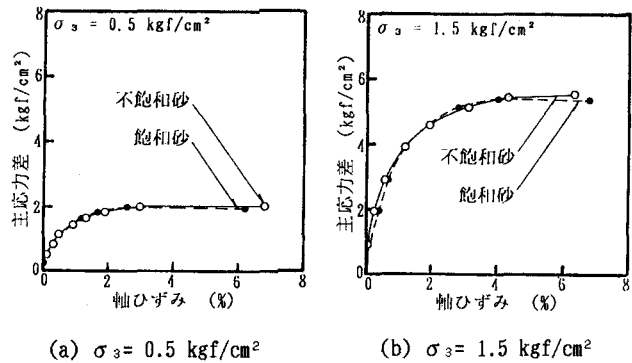


図-1 応力～ひずみ関係の比較

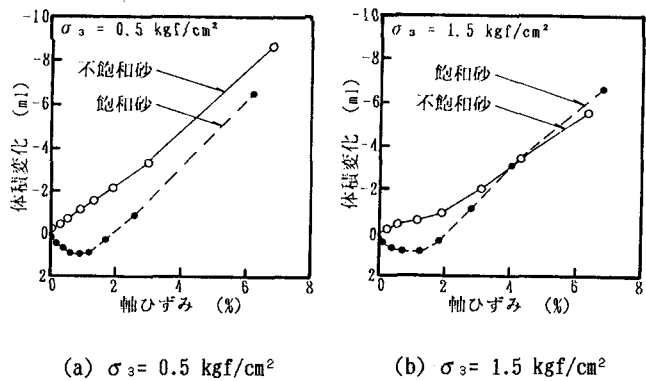


図-2 ダイレイタンスー特性の比較

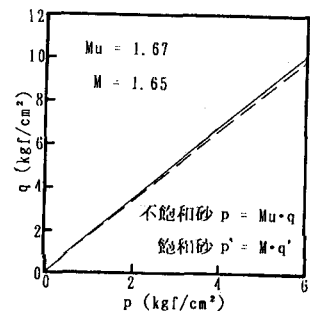


図-3 限界状態線の比較