

III-348

不飽和豊浦砂のせん断特性

信州大学大学院 学生員 榎 本 雅 夫
 信州大学工学部 正 員 阿 部 廣 史
 信州大学工学部 正 員 川 上 浩

1. はじめに 不飽和砂質土のせん断特性に及ぼすサクシジョンの影響¹⁾について調べているが、今回は細粒分を含まない砂質土として豊浦砂を用い、サクシジョン・水分保持特性と強度特性との関係について調べている。

2. 供試体と試験方法 強度試験に用いた供試体は、いずれもφ70×H150 (mm)とし、15層 (各層1cm)、全断面プレスによる締固めにより作成している。供試体の間隙比は一種類のみであり、その平均間隙比は、 $e_o = 0.770$ 、その変動量は $\Delta e = \pm 0.004$ 以内であり、相対密度は、 $D_r = 0.56$ ($e_{max} = 0.970$, $e_{min} = 0.616$) である。いずれの試験においても、締固めた供試体は、いったん凍結させたものを用いている。一軸圧縮試験では、一定間隙比となるよう含水比を変えて締固めた供試体を用いており、供試体下部にセラミックディスク付き間隙水圧計を設置してサクシジョン (負の間隙水圧) を測定している。供試体は、セラミックディスクの上に置き、解凍した後、メンブレンをかけずに軸圧縮速度 0.5 mm/min でせん断している。供試体はサクシジョンのみで自立した状態にある。三軸圧縮試験では、供試体は、いずれも初期含水比 21 % で、一定間隙比となるよう締固めている。供試体設置方法は一軸試験と同様であるが、メンブレンをかけ、0.1 kgf/cm² の負圧を加えた状態で解凍を行っている。拘束圧は、0.20, 0.40, 0.80kgf/cm² の3種類とし、4種類のサクシジョン (0.015, 0.030, 0.060, 0.200kgf/cm²) が加えられた。サクシジョンは $u_a > 0$, $u_w = 0$ として制御している。供試体のサクシジョンはせん断時も一定に保ち、飽和土における圧密排水試験 (CD-test) に対応した試験である。水分保持特性を調べるためあらかじめ実施した pF 試験 は三軸試験と同じ供試体を用いているが、供試体高さは2cmとしている。pF 試験はセラミックディスクを用いた加圧法を採用し、脱水過程と吸水過程を連続して実施している。砂質土の場合、対象となるサクシジョンの範囲は一般にごく低い圧力である。ここでは、空気圧の測定・制御に複合音叉振動子を使用した高精度デジタル圧力計 (容量: 2 kgf/cm², 分解能: 0.00001 kgf/cm², Model 2661, 横河電機) を用いている。また、ここで示したサクシジョンは、供試体下部を基準として表示している。

3. 試験結果 a. サクシジョンを測定した一軸圧縮試験 一軸圧縮試験時の応力-ひずみ-サクシジョン (負の間隙水圧) 関係をまとめて図-1に示す。これを初期サクシジョンと一軸強度で示すと、図-2が得られる。ここで強度のピークを示した供試体の初期含水比は 23.7 % ($Sr_o = 82$ %) であり、これ以後においては、初期サクシジョンが増加するにもかかわらず一軸強度は減少する。初期サクシジョンと破壊時サクシジョンの対応を供試体

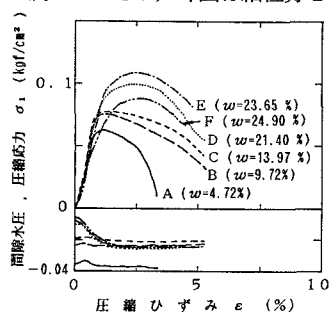


図-1 一軸試験時の応力・ひずみ関係

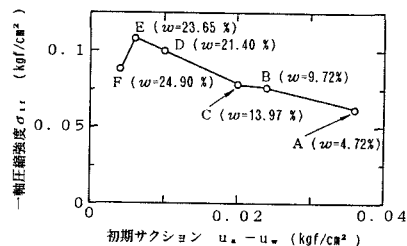


図-2 一軸強度と初期サクシジョン

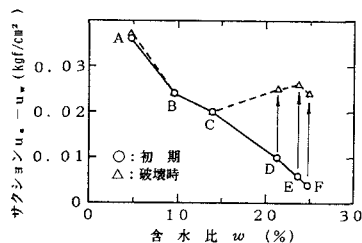


図-3 初期・破壊時サクシジョンと含水比

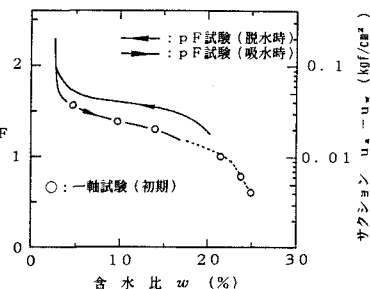


図-4 pF試験結果と初期サクシジョン

含水比との関係（図-3）で見ると、高い含水比状態にある2点では強度特性と一致した挙動を示すのに対し、それ以後では破壊時サクシオンと強度特性との関連が見られなくなる。これは、サクシオンの増分が強度増加に100%寄与しなくなるためであり、含水比の

減少とともにその寄与率も急激に減少することを示している。供試体の初期状態をpF試験により得られた水分保持特性とともに図-4に示した。締め固め供試体の初期状態はいずれも吸水過程の水分保持特性と一致している。

b. サクシオン一定三軸圧縮試験 供試体はまず拘束圧が加えられ、その後、間隙空気圧を増すことにより所定のサクシオンが負荷される。図-5は所定のサクシオンを与えた後の排水状況の一例を示している。排水の終了は、飽和粘土の圧密と同様な目安で判断できる。サクシオンを負荷することにより生じた排水量と供試体の体積変化の関係が図-6である。排水量はサクシオンの増加とともに著しく増加するがやがて一定値に落ち着く傾向を示す。これに対して、供試体自体の体積変化はごくわずかで

あり、サクシオンの増加が粒子接点における粒子間力に置き変わり、変形に対する剛性を増加させていると言える。サクシオンによる排水が終了した後、引き続きサクシオンを一定に保ったせん断試験を開始する。軸圧縮速度は0.013 mm/minを採用している。図-7は応力-ひずみ、体積変化・排水量関係の一例を示した。強度特性としては、サクシオンを変えてもさほど顕著な影響は現れてこない。一方、せん断時の排水は0.030 kgf/cm²のサクシオンを与えた供試体で顕著な排水傾向を示している。これは、以下において示すように、水分保持特性曲線がフラットになる範囲に属し、供試体の体積膨張の影響を受け、一定サクシオンを保つため排水が生じたと考える。破壊時の主応力差を拘束圧で割った強度とサクシオンとの関係が図-8である。一軸試験結果の傾向と比較すると、三軸試験の場合、サクシオンが増加しても強度の減少傾向をほとんど示さない。これは、メンブレンの張力が微妙に影響していると言える。この影響を除去して考えねばならないが、拘束圧に依存するこの傾向は、強度定数として、 ϕ を一定とし、サクシオンによる影響を c の変化として捕らえるべきことを示している。図-9は、せん断前の含水比とサクシオンの関係を水分保持特性曲線とともに示す。この場合、一軸試験用供試体の場合とは異なり、せん断前の含水比は水分保持特性の脱水曲線とほぼ一致している。

4. まとめ 細粒分を含まない豊浦砂においても、不飽和状態となることにより1 tf/m²程度の強度増加が見込める。水位低下工法あるいは圧気工法の採用に当たっては、不飽和状態での強度特性を十分把握すると、より経済的で安全な施工が可能となるであろう。

<参考文献>阿部廣史, 他(1989): 不攪乱砂の不飽和時の変形と強度, 土木学会第44回全国大会, III, pp. 492-493.

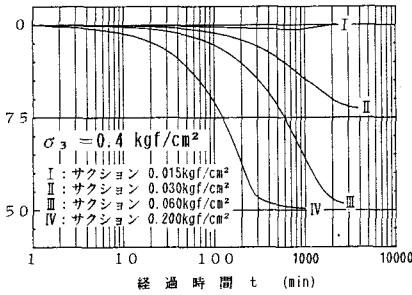


図-5 サクシオンによる排水量・時間関係

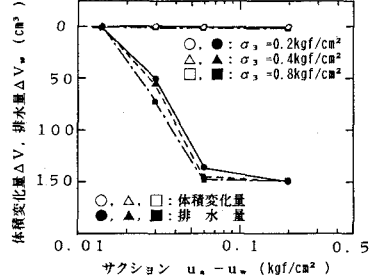


図-6 供試体の体積変化と排水量

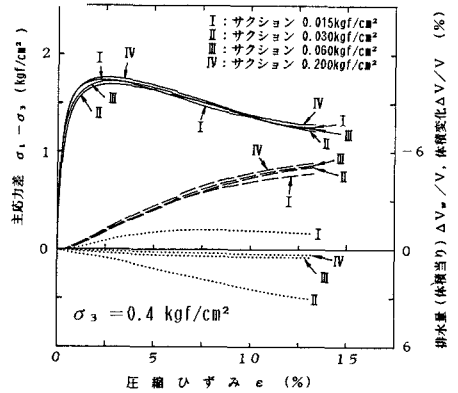


図-7 三軸試験時の応力・ひずみ・体積変化

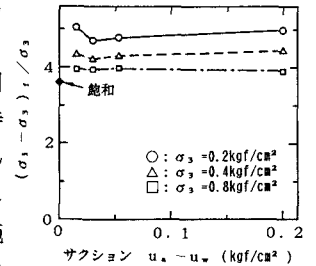


図-8 サクシオンと強度

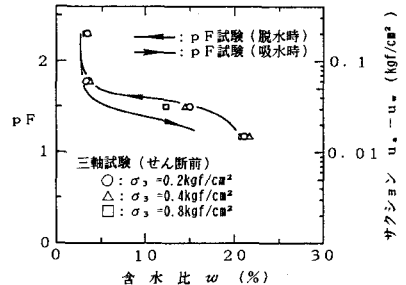


図-9 pF試験結果とせん断前サクシオン