

III-249

不飽和土の力学特性 その2. ～せん断特性に及ぼすサクシ ョ ンの影響

山口大学工学部 正 員 ○村田 秀一
山口大学工学部 正 員 安福 規之
日特建設（株） 正 員 近藤 保徳
名古屋大学大学院 学生員 岡本 達也

I. まえがき 前報告では、¹⁾ 圧密過程における不飽和土の圧縮特性について明らかにした。そこで、本報告では、せん断過程における不飽和土の強度変形特性を圧密過程における圧縮特性と関連づけ、サクシ ョ ンに着目して実験的検討を加えた。

II. 試料および実験方法 試料は、山口県的美祢市郊外で採取した粘土質シルトで、その主な指数的性質を表-1に示す。供試体は、含水比 $w = 36\%$ の試料をモールド内で間隙比 $e = 1.32$ になるように締固めて作成した。せん断は、サクシ ョ ン S_u を一定に保ち有効拘束圧 σ_3 一定および平均有効主応力 p' 一定試験を行なった。载荷は、各試験において、8～10段階の応力レベルに分けた応力制御方式を採用し、各段階で、体積変化および吸排水量が 0.01cc/h 以内になったら次の段階に進むという方法を用いた。载荷時間は、1段階最高8時間までとし全体として約50時間を要した。本研究においてサクシ ョ ンは、間隙水圧を大気圧に解放し、間隙空気圧を供試体上部より、強制的に負荷することにより、任意にコントロールした。

表-1 試料の指数的性質

比 重 G_s	2.692
液 性 限 界 $W(\%)$	57.25
塑 性 限 界 $W(\%)$	38.33
塑 性 指 数 I	18.92
砂 $(\%)$	13.90
シルト $(\%)$	59.10
粘 土 $(\%)$	27.00
乾燥密度 $\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	1.081-1.289
間隙比 e	1.121-1.490
含水比 $W(\%)$	35.9-38.4
飽和度 $S_r(\%)$	70.0-75.0

III. 実験結果と考察 図-1は、 $p' = 50\text{ kPa}$ の場合の p' 一定せん断試験の結果をサクシ ョ ンをパラメーターにして示したものである。(a)図の軸差応力 q および体積ひずみ v と軸ひずみ ϵ の関係より、サクシ ョ ンの増加に伴って $q - \epsilon$ 曲線の立ち上りは急になり、破壊時の軸差応力も高くなり、かつ、体積収縮量が小さくなっていることが分る。したがって、サクシ ョ ンは土粒子間に結合力として作用し土構造の剛性を高める方向に働くと言える²⁾なお、ここでは軸ひずみが15%の時を破壊時としている。

(b)図には q と吸排水率 V_w の関係を示している。ここに、 V_w とは吸排水量を供試体の体積で割った値であり、せん断中の含水状態の変化率を表わしたものである。サクシ ョ ンの大きいものほど変化率が小さく、サクシ ョ ンは供試体の含水比変化を抑制する方向に作用していると考えられる。これらの傾向は、軽部³⁾によっても指摘されているが、筆者らが行った他の p' 一定試験および有効拘束圧一定のせん断試験結果にも表われている。これより、サクシ ョ ンは供試

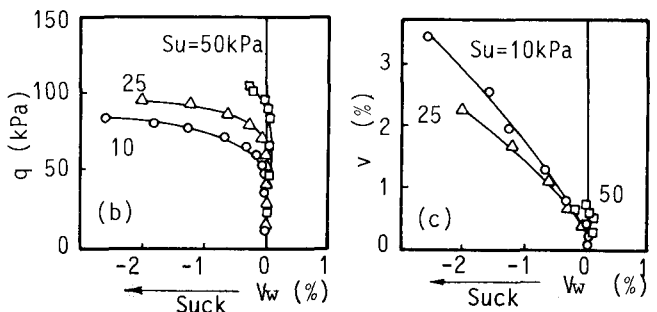
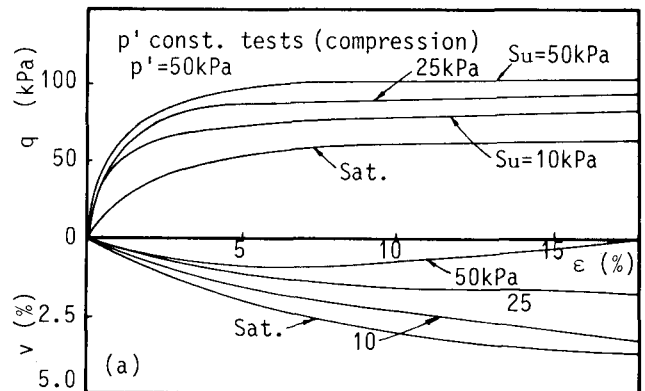


図-1 不飽和土の三軸圧縮試験結果

体の軸ひずみ、体積ひずみおよび含水比変化を抑制する方向に働くと考察できる。せん断中の体積ひずみに対する吸排水率の関係を示したのが(c)図である。供試体の体積が収縮すると排水が生じると考えるのが一般的であるが、これらの供試体では、供試体としては体積収縮傾向にあるにもかかわらず吸水と言った不飽和土特有の挙動が現われている。この理由として主に次の2つが考えられる。1) 供試体の体積が収縮すると土粒子相互の接触点および接触面積が増え、接触点に生ずるメニスカスの存在する体積が増えるために吸水する、2) 供試体の体積が収縮すると土粒子相互の接触角が鋭角になり、メニスカスの曲率半径が減少するためにサクションが増加する。ゆえに、サクションを一定に保つために吸水を必要とする。

図-2は、 $S_u=50\text{kPa}$ 時の応力経路および破壊時の軸差応力を示したものである。どの応力経路でせん断した場合も破壊時の軸差応力は、1本の直線として表わすことができる。つまり、強度包絡線は、応力経路に依存せずユニークに決定できることが明らかとなった。また、これと同様の結果が他のサクション状態および飽和状態の供試体についても得られており、今回行なった応力範囲においては、強度包絡線の形状は、サクションの大きさに依存するものの、サクション一定であれば応力経路には依存しないことが明らかとなった。また、図-3は、 $S_u=50\text{kPa}$ 時の等方圧縮試験によって得られた $e-\ln p'$ 曲線、せん断中の間隙比変化経路および破壊時の間隙比を示したものである。破壊時の間隙比は、応力経路が異なっても1本の直線で近似できる。この傾向は、他のサクション状態および飽和状態の供試体でも同様で、破壊時の間隙比を結ぶ直線は、サクションが一定であれば、応力経路に依存せずユニークに決定できると言える。

最後に、破壊時の応力状態を状態面として(p' , q , S_u)空間に表わしたのが図-4である。サクションの増加に伴い強度包絡線の傾きおよび軸差応力軸切片が増加しており、サクションが強度特性にかなり影響を及ぼすことを示唆している。しかし、サクションの増加に伴う強度増加は、ある値に収束する傾向が見られる。すなわち、サクションの強度増加に寄与する効果には、限界があることも示唆している。この状態面は、今回の応力範囲内では、応力経路によらずユニークに決定でき、この状態面を用いれば、任意の応力経路でせん断を行なったときの破壊時の軸差応力を求めることができると考えられる。

参考文献 1) 村田他：不飽和土の力学特性-その1. 第38回土木学会中四国支部研究発表会概要集, pp.221-222 1986 2) 村田他：不飽和まき土の強度特性に関する一考察. 第37回土木学会中四国支部研究発表会概要集, pp.247-248 1985 3) 軽部他：不飽和の力学的性質に関する基礎的研究. 土木学会論文報告集, No.269, pp.105-119, 1978

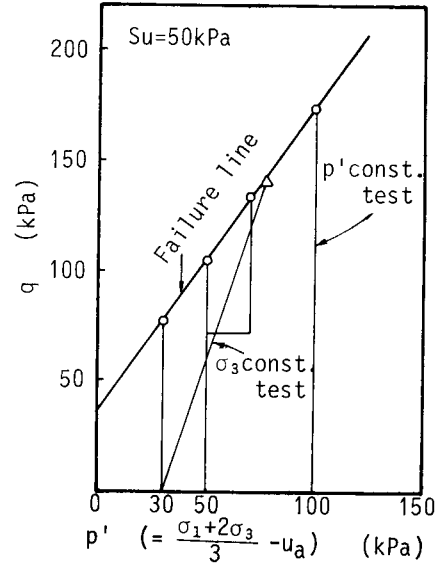


図-2 $p-q$ 関係 ($S_u=50\text{kPa}$)

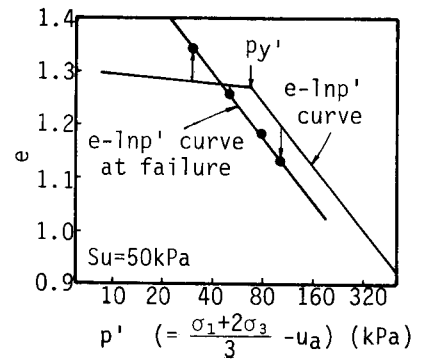


図-3 不飽和土の $e-\ln p$ 関係 ($S_u=50\text{kPa}$)

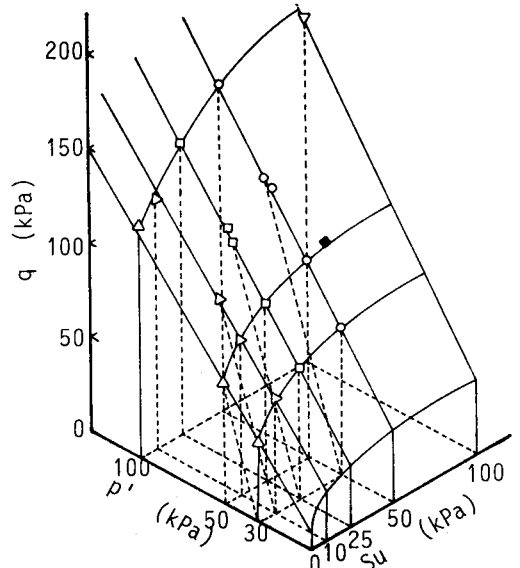


図-4 破壊時の状態面 ($p-q-S_u$ 関係)