

(Ⅲ - 5) セル圧一定における不飽和土の三軸圧縮試験

足利工業大学 正会員 ○西村友良
正会員 高橋 忠
学生会員 田口哲司

1. まえがき

不飽和土は土粒子、間隙空気、間隙水の3相構造であり、間隙空気圧を測定することが飽和土の力学試験と異なり、また計測上困難であるとされている。しかし、最近の室内試験機の開発、整備によって精度良く測定することが可能になり、不飽和土の力学的特性に関する研究が主に三軸圧縮試験機を用いて盛んに行われている¹⁾。測定された間隙空気圧 (u_a) と間隙水圧 (u_w) の差異がサクション力であり、サクション力は拘束圧力とともに不飽和土の有効応力であり、力学的挙動を支配する要因となっている。そこで本研究では三軸圧縮試験機を用い、供試体に等方圧縮時において載荷する拘束圧力 ($\sigma_c - u_a$) とサクション力 ($u_a - u_w$) との和をセル圧 (σ_c) に等しくして、せん断強さと拘束圧力、サクション力の関係を明白にすることを目的としている。

表-1 試料の物理的性質

	市販粘土
比重	2.650
液性限界(%)	NP
塑性限界(%)	NP
塑性指数(%)	NP
砂含有率(%)	0.1
シルト含有率(%)	90.4
粘土含有率(%)	9.5

2. 試料と実験方法

実験に用いた試料はシルト質ロームに分類される市販粘土で、物理的性質を表-1に示す。供試体は17%の含水比に調整した試料を静的に締固めて作製している。実験には図-1に示す三軸圧縮試験機を用いた。排気・排水条件における等方圧縮過程では1.0、2.0、3.0kgf/cm²の大きさのセル圧 (σ_c) と同時に供試体の上端面に間隙空気圧 (u_a) を載荷し、供試体の下端面よりセラミックディスクを介して間隙水を排水し、土中の間隙水圧を大気圧に等しくして ($u_w=0$)、せん断前の供試体に図-2に示す所定の拘束圧力とサクション力を載荷している。また、等方圧縮後に排気・非排水条件の三軸圧縮試験を行った。

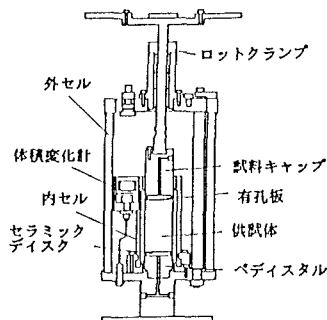


図-1 三軸圧縮試験機

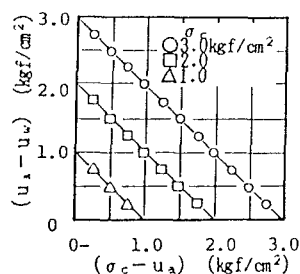


図-2 応力条件

3. 応力-ひずみ関係

拘束圧力を一定に保ち軸ひずみを増大させると図-3に示すように、サクション力大きいと最大軸差応力を発揮した後で応力-ひずみ曲線に明確な急変部分が見られ、粒子間レベルでは大きなサクション力でせん断作用に抵抗していたが、せん断変形が生じるとせん断抵抗力が急に減少すると考えられる。一方、サクション力が小さいと間隙構造の変形とともに土粒子間隔が小さくなり、徐々にせん断抵抗力を増していくので、応力-ひずみ曲線に明確なピークが現れず、また最大軸差応力を示す軸ひずみ量が増大すると考えられる。せん断中の不飽和土のサクション力は図-4のようにせん断前に大きなサクション力を有していると軸ひずみの増大とともに減少しているが、小さなサクション力の場合はせん断前とせん断後ではほとんど変化がみられない。一方、体積ひずみはサクション力が大

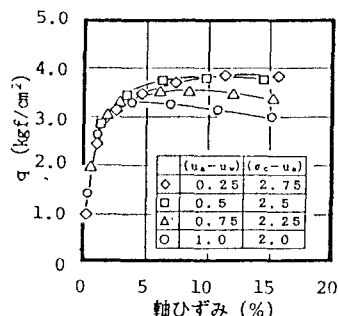


図-3 応力-ひずみ関係

きく、拘束圧力が小さいと膨張し、正のダイレイタンスーを示している。しかし、サクシジョン力が小さく、拘束圧力が大きいと負のダイレイタンスーを生じる傾向にある（図-5）。

このように不飽和土のせん断特性は有効応力成分の影響を受けることが明白である。さらにせん断強さ（ $q f$ ）と拘束圧力、サクシジョン力の関係を図-6に示すと $q f$ は拘束圧力の増加にともない大きくなっているが、サクシジョン力が増加しても $q f$ は減少している。これは応力条件がサクシジョン力の増加にともない拘束圧力が減少しているためであり、不飽和土のせん断強さにはサクシジョン力よりも拘束圧力による影響が大きいと考えられる。

4. せん断強さと有効応力成分との関係

不飽和土の土粒子間の力の釣合いをモデル的に取り扱うと、サクシジョン力は土粒子接点の接平面の法線方向に働く力であり、拘束圧力は土塊全体に等方的に作用しても粒子間レベルでは必ずしも法線方向に一致せず、サクシジョン力と平行に作用しないと考えられる²⁾。そこで、土粒子間に働くサクシジョン力と拘束圧力の比を有効応力成分比 $(u_a - u_w) / (\sigma_c - u_a)$ と称して、せん断強さとの関係を示すと図-7のように、式（1）で示される直線的な関係が求められる。しかし、直線の係数の α 、 β はセル圧が大きいほど小さくなっている。

$$\frac{q f}{(\sigma_c - u_a)} = \alpha \frac{(u_a - u_w)}{(\sigma_c - u_a)} + \beta \quad (1)$$

5. あとがき

不飽和土のせん断強さは拘束圧力、サクシジョン力によって定量的に示されるが、直線の係数についての力学的な意味について考察を行う必要性がある。

参考文献 1) 足立, 岡: 不飽和土の試験法と力学挙動, 土と基礎, Vol.29, No.6, pp.27-33, 1981. 2) 軽部, 苗村, 森田, 岩崎: 不飽和土の力学的性質に関する研究, 土木学会論文報告集, 第269号, pp.105-119, 1978.

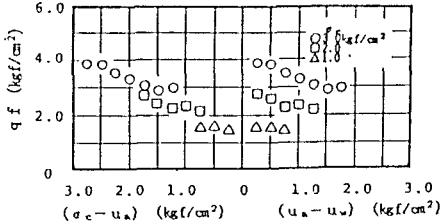


図-6 $q f$ と有効応力成分の関係

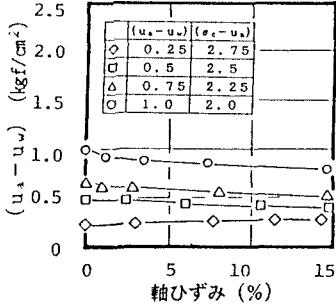


図-4 サクシジョン力-ひずみ関係

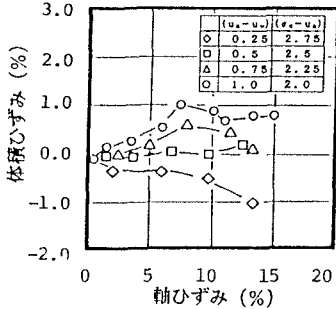


図-5 体積ひずみ-ひずみ関係

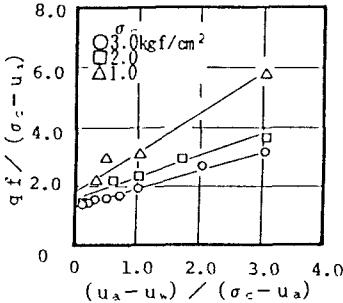


図-7 $q f$ と有効応力成分の関係