

1. まえがき 不飽和土のせん断強さを表わす式はFredlund¹⁾によって以下のように提案されている。

$$\tau = c' + (\sigma - Ua) \tan \phi' + (Ua - Uw) \tan \phi^b \quad (1)$$

(1)式には、拘束圧力とサクシジョン力の二つの有効応力成分が含まれており、それゆえ不飽和土のせん断特性を把握するためには拘束圧力とサクシジョン力を直接的に測定・制御してせん断試験を行なう必要がある。そして、この二つの有効応力成分とせん断強さを三次元空間で表現することで不飽和土の破壊状態における規準線が明確になると考えられる²⁾。本研究では改良した定圧型直接せん断試験機を用い、拘束圧力とサクシジョン力を直接的に制御してせん断試験を行ない、正規圧密状態における不飽和土のせん断応力を拘束圧力とサクシジョン力を用いて三次元空間で表現して不飽和土の直接せん断特性を明きらかにするとともに、強度定数 c' 、 ϕ' 、 ϕ^b について検討している。

2. 試料・試験方法 本研究に用いた試料はDL-clayである。また、実験に用いた試験機はサクシジョン力が制御可能な直接せん断試験機である。試験方法は、試料をせん断箱に緩詰めにして作成した不飽和供試体を拘束圧力100～400 kPaでサクシジョン力を30.1～400 kPaまで制御して一次元的に圧縮し、その後せん断を行なった。直接せん断は変位速度0.05 mm/minで水平変位12 mmまで行なった。供試体の寸法は、直径6.00 cm、高さ5.13 cmである。

3. 結果 せん断試験より得られた不飽和土のせん断強さを、拘束圧力とサクシジョン力を用いて三次元空間で表現すると図-1のようになる。不飽和土のせん断強さは、拘束圧力またはサクシジョン力の増加に伴って増加していることが分かる。これは、拘束圧力の増加により間隙比が減少し、またサクシジョン力の増加により土粒子間力が増大し土粒子同士の結合力が増すためである。また、せん断強さ、拘束圧力およびサクシジョン力の関係は一つの面で表現することができる。図-2はせん断強さと拘束圧力の関係を表わしたもので破壊線を直線で近似することができる。そして、破壊線の切片を有効粘着力 c' 、破壊線の傾きを拘束圧力に関する内部摩擦角 ϕ' と定義し、その大きさをそれぞれ求めサクシジョン力との関係を図-3に示した。 c' の値は、サクシジョン力の増加に伴って高くなることが分かる。一方、 ϕ' の値は、サクシジョン力が増加してもほとんど変化しないことが分かる。図-4はせん断強さとサクシジョン力の関係を表わしたものである。破壊線は、図-3では直線で近似することができたが、図-4では直線で近似することができない。それは、不飽和土のせん断強さの増加量は供試体の飽和度に関係しているためである³⁾。飽和度が高い時、すなわち土が飽和状態に近いときは土のせん断強さはサクシジョン力の増加に伴って傾き ϕ^b で直線的に増加していくが、飽和度の低下に伴ってその傾きは徐々に緩やかになっていく。本研究においても図-5に示すようにサクシジョン力の増加に伴って飽和度が低下している。飽和度はサクシジョン力が100 kPaまでで急激に減少しており、サクシジョン力が100 kPaを越えると飽和度はあまり大きな変化を示さなくなることから、サクシジョン力が100 kPaまでは破壊線は直線で近似し、その後は徐々に傾きが緩やかになっていく曲線で近似している。この破壊線の傾きをサクシジョン力に関する内部摩擦角 ϕ^b と定義し、サクシジョン力が0～100 kPaの時の ϕ^b とサクシジョン力が300～400 kPaの時の ϕ^b を求め、拘束圧力との関係を図-6に示した。 ϕ^b の値は拘束圧力が増加してもほとんど変化せず、サクシジョン力の増大に伴って小さくなっていくことが分かる。

4. まとめ 本研究より明らかになったことを以下に示す。(1)正規圧密状態における不飽和土のせん断強さの増加は、拘束圧力の増加による間隙比の減少とサクシジョン力の増加による土粒子間力の増大によってもたらされる。(2)正規圧密状態における不飽和土の c' の値はサクシジョン力に依存しており、 ϕ' の値はサクシジョン力が増加しても変化しない。(3)正規圧密状態における不飽和土の ϕ^b の値は拘束圧力が増加しても変化せず、サクシジョン力の増加に伴って小さくなっていく。

参考文献 1) Fredlund, D.G., Morgenstern, N.R. and Widger, R.A. : The shear strength of unsaturated

soils, Canadian Geotechnical Journal, 15, pp.313-321, 1978. 2) 佐々木健一, 西村友良, 桃井徹: 不飽和土のせん断特性に与える拘束圧力とサクシジョン力の影響, 第31回地盤工学研究発表会, pp.831-832, 1996. 3) Vanapalli, S.K., Fredlund, D.G., Pufahl, D.E. and Clifton, A.W.: Model for the prediction of shear strength with respect to soil suction, Canadian Geotechnical Journal, 33, pp379-392, 1996.

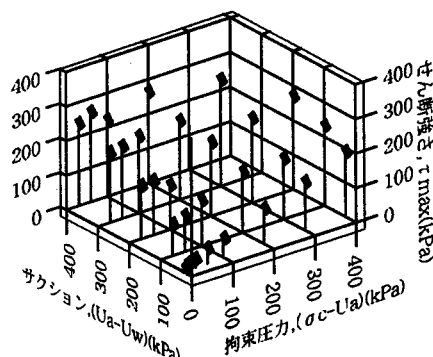


図-1 せん断強さ～拘束圧力～サクシジョン力

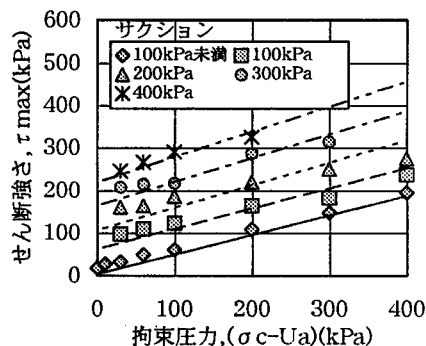


図-2 せん断強さと拘束後力の関係

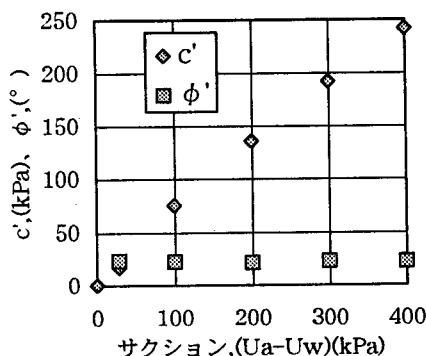


図-3 c' 、 ϕ' とサクシジョン力の関係

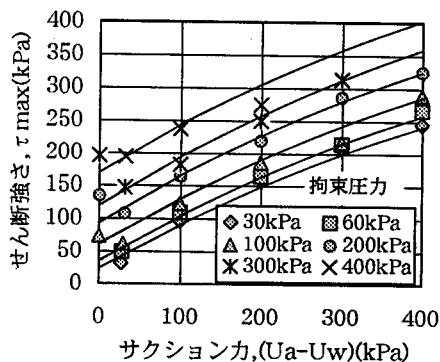


図-4 せん断強さとサクシジョン力の関係

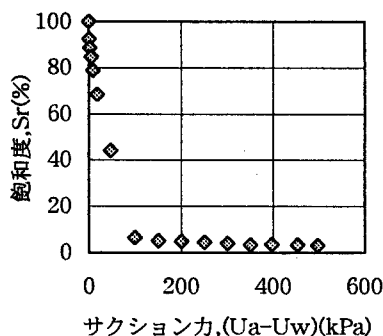


図-5 飽和度とサクシジョン力の関係

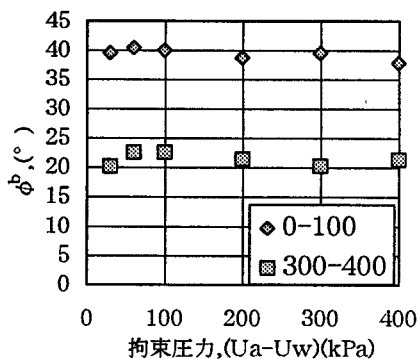


図-6 ϕ^b と拘束圧力の関係