

低サクシオン領域における土の定圧一面せん断強度と含水比の関係

足利工業大学 正会員 ○西村友良

足利工業大学 学生会員 柿崎佳和 和栗将貴

1 まえがき

不飽和地盤の安定評価に土中のサクシオン測定値が取り入れられるようになり、サクシオンの重要性が高まりつつある¹⁾。また室内試験では基底応力およびサクシオンを制御した強度・変形特性が検討され、最近の研究成果ではサクシオンの理論値範囲（0～10⁶kPa）を低サクシオン領域と高サクシオン領域に区別し、せん断強度とサクシオンの関係はそれぞれの領域で特徴があることが報告されている²⁾。さらに水分保持特性においてBoundary effect領域、Transition領域、Residual領域のそれぞれの領域における不飽和土のせん断強さについても検証が必要である。一般的に水分保持曲線から定められるTransition領域での不飽和土の工学的性質に関する報告が多く見られ、土の空気侵入値（AEV）付近ならびにResidual領域内での実験的検討はTransition領域を対象にした場合と比較すると研究成果が少ないのが現状である。本研究では、上述の内容を踏まえてAEV付近のサクシオンを有する土のせん断強さに着目した。この領域は飽和状態に近いこともあり強度評価には飽和土の強度定数とその役割を果たすこともある。そこで本実験では制御サクシオンの範囲を試料のBoundary effect領域付近としてスラリー状態の試料に加圧法によってサクシオンの変化を与えた場合の含水比の変化と一面せん断強度の変化を検討する。

2 試料と実験方法

本研究に用いた試料は空気侵入値 10kPa の非塑性シルト質土であった。試料に蒸留水を加えスラリー状態にしたものを供試体の初期状態とした。供試体に対するサクシオン制御は一面せん断箱内で行った。その一面せん断箱を図-1に示す。一面せん断箱の主構成は上箱と下箱、さらに上下箱の間に置かれたリング状のテフロンシートである。その厚さ 0.1mm のテフロンシートをスペーサとして用いた。図-1ではスペーサの高さが大きく描かれている。なお、スペーサと上下箱の摩擦については上下箱の繰返し可動を行い1kPaの値を確認している。上箱には脱着可能なガイドが設けられ供試体上端に接する有孔加圧プレートおよびピストンロッドの垂直性を保持する役割を有している。有孔加圧プレートはポーラスストーンと有孔のSUS304のプレートで構成されポーラスストーンは供試体上端と接し、SUS304プレートにはピストンロッドが結合されている。またピストンロッドは一面せん断箱ガイド内のボールベアリングによって可能な限り摩擦軽減が図られている。下箱には配管チューブが取り付けられ、開閉弁を経由して一面せん断試験機底部の配管経路に接続している。

一面せん断箱を一面せん断試験機にセットした後セルを被せセル内に空気圧を作用させた。この空気圧が供試体上面から作用し土中の間隙水のみがセラミックディスクを透過し排水される。この時セル圧と間隙水圧の差が供試体に与えたサクシオンとなる。供試体中の間隙水は二重管ビューレットに排水され、二重管ビューレット目盛りの測定からサクシオン制御の平衡を確認した。本実験において制御したサクシオンは0kPa, 5kPa, 10kPa, 15kPaであり、垂直応力は3.5kPaであった。

3 実験結果

図-2にサクシオン0kPa, 5kPa, 10kPa, 15kPaを与えた供試体によるせん断変位～せん断応力の関係を示す。せん断変位～せん断応力曲線の特徴としてはせん断変位発生とともにせん断応力が急激に増大し、ピーク強度を示した後、せん断応力が1～2kPaの程度減少し残留状態に至っている。このようなせん断変位～せん断応力曲線の形状はサクシオン5kPa～15kPaの条件において見られるものである。比較としてサクシオン0kPaのケースでは

そのせん断変位～せん断応力関係はサクシオンが載荷した場合と非常に似ていることがわかる。それぞれのサクシオンに対するピーク強度（定圧一面せん断強度）を示した結果が図-3である。サクシオン0kPaの場合の定圧一面せん断強度を含めてサクシオンに対する破壊線が直線で示されることになる。得られた破壊線の傾きはいわゆるFredlundらが提案した不飽和土のせん断強度式³⁾の強度パラメータ、 ϕ^b となり、 ϕ^b の大きさが22.6度として評価された。この22.6度に対する検証方法として試料の有効内部摩擦角をクーロン則から求めることが考えられる。

次に異なるサクシオンの供

試体の含水比を調べると図-4のように含水比はサクシオン増大とともに減少しているがBoundary effect 領域の中でも特にサクシオン0kPaから5kPaの範囲において含水比低下は小さい。最後に定圧一面せん断強度と含水比の関係（図-5）を見ると、含水比の低下によって定圧一面せん断強度は増大しており、測定された範囲内では定圧一面せん断強度は直線的に増加している。

4 まとめ

本研究は非塑性シルトのBoundary effect 領域内でサクシオンを制御し、定圧一面せん断強度に与えるサクシオンおよび含水比の影響を不飽和土用一面せん断試験機を用いて検討した。その結果、サクシオンに対して直線的な破壊線として示され一方、含水比減少に対して定圧一面せん断強度が直線的に増加することが明白になった。

謝辞 本研究にたいして足利工業大学総合研究センター平成16年度共同研究費の補助を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1)地盤工学会:不飽和地盤の挙動と評価,地盤工学会,平成16年。 2) T. Nishimura and S. K. Vanapalli: Shear strength behavior of an unsaturated silty soil under constant volume conditions, 57th Canadian Geotechnical Conference, GeoQuebec 2004, pp.17-24, 2004。 3) Fredlund, Morgenstern and Widger.: The shear strength of unsaturated soils, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 15, pp.313-321, 1978。

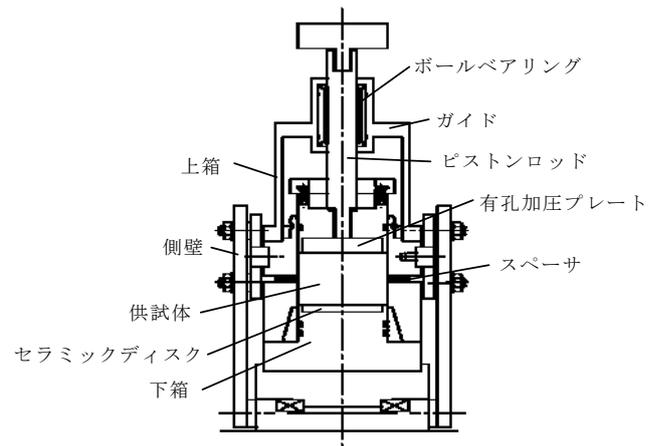


図-1 不飽和土用一面せん断箱

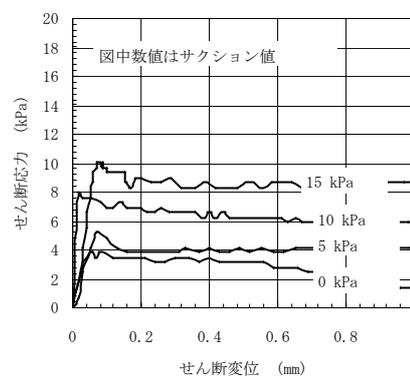


図-2 せん断変位～せん断応力曲線

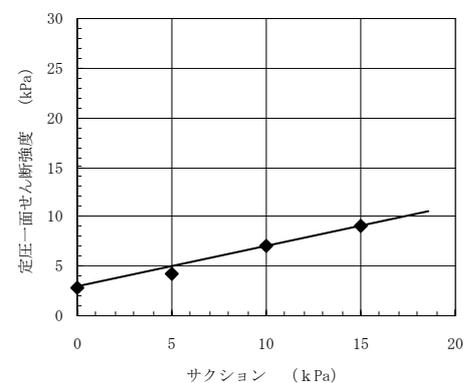


図-3 サクシオンと定圧一面せん断強度の関係

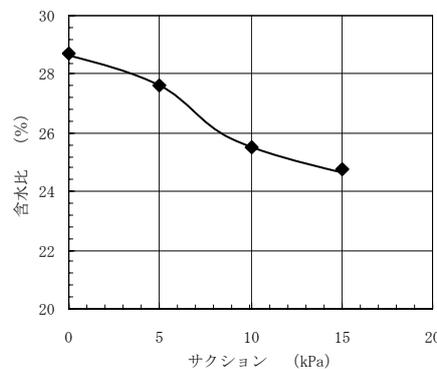


図-4 水分保持曲線

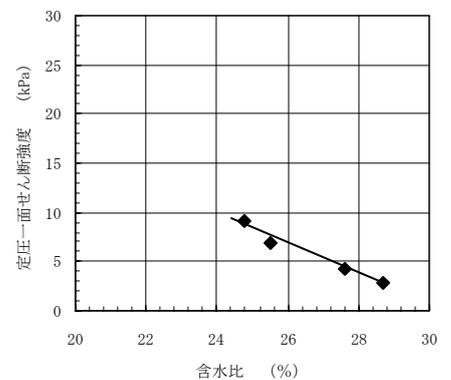


図-5 含水比と定圧一面せん断強度の関係