

不飽和シルトの定体積せん断強度

足利工業大学 正会員 西村友良

1 まえがき

不飽和土のせん断強度に関する研究はこれまでに多くの報告があり、最近では水分保持曲線や粒径加積曲線を使って不飽和土のせん断強度の予測も試みられている。不飽和土のせん断強度はサクシオンと基底応力の2つの応力変数が重要である。また、応力経路の制御と同時に不飽和土の体積変化の測定も行った三軸圧縮試験の報告もある。

本研究では、サクシオン制御が可能な直接せん断試験機（一面せん断試験機）を用いて、締め固めたシルト質土に水浸作用を与えた後、サクシオンを制御し不飽和シルトのせん断強度を求めた。特に、本実験では直接せん断中の条件として、せん断中に不飽和供試体の垂直変位が生じないように定体積を試み、せん断作用によって発生する垂直応力の変化についても報告する。

2 試料と実験方法

本実験において、非塑性のシルト質土を試料として用いた。本試料の最適含水比は17%、最大乾燥密度は、 14.4 kN/m^3 であった。本実験ではまず、試料の含水比を乾燥側の10%に調整した後、内径60mmのせん断箱の中で1387kPaの圧縮応力で締め固めた。締め固めた供試体の乾燥密度は 13.7 kN/m^3 であった。Air Entry Valueが200kPaのセラミックディスクが装着されたせん断箱を不飽和土用に改良した直接せん断試験機（一面せん断試験機）にセットし、48時間にわたり供試体に水浸作用を与えた。ただし、セラミックディスクの飽和透水係数および水浸後の供試体の透水係数は、 $1.61 \times 10^{-8} \text{ (cm/sec)}$ と $4.14 \times 10^{-7} \text{ (cm/sec)}$ であった。水浸後、20kPa、40kPa、60kPaのサクシオンを加圧板法によって制御し、サクシオン載荷による土中水の排水が平衡に至った後で1分間に0.5mmの比較的速い水平変位（せん断変位）を供試体に作用させた。ただし、直接せん断中はサクシオン一定および定体積とし、せん断力とダイレイタンシーによる垂直力の変化を計測した。

3 実験結果

図—1～3にそれぞれのサクシオンにおける不飽和シルトの定体積直接せん断試験による定体積せん断応力・垂直応力と水平変位の関係を示す。不飽和シルトに水平変位を与えることによって定体積せん断応力が増加し、明確な降伏に至っている。サクシオンが20kPaの場合は、降伏時の水平変位量は非常に小さいが、サクシオンが40kPaの場合と60kPaの場合には降伏に至るまでの水平変位量が1mm程度である。降伏を過ぎると水平変位にたいする定体積せん断応力の増分が減少しながらゆるやかに大きくなっており、やがて定体積せん断強度（ピーク強度）に至る。降伏応力および直接せん断強度（ピーク強度）はサクシオンの増大とともに大きくなっていることがわかる。また、サクシオンが20kPaと60kPaの場合においてひずみ軟化現象が見られる。

不飽和土はせん断作用を受けると体積変化を生じるので定体積試験を行うと垂直応力の変化が発生する。そのような垂直応力の変化を図—1～3に示している。サクシオン20kPaの場合、水平変位の発生とともに供試体体積が膨張しようとして垂直応力が計測された。しかし、サクシオン40kPa、60kPaの場合にはせん断開始とともに供試体体積が収縮したために垂直応力がゼロを示している。供試体が降伏に至るまでは水平変位にたいする垂直応力の増分が大きいが、供試体が降伏を過ぎると垂直応力の増分が小さくなってきている。さらに供試体が定体積せん断強度（ピーク強度）に至った状態では、垂直応力—水平変位曲線の傾きはゼロに近づいていることがわかる。

キーワード：不飽和土、サクシオン、定体積せん断試験、シルト

連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町268 足利工業大学 土木工学科 Tel 0284-62-0605 Fax 0284-64-1061

供試体に与えたサクシジョンの大きさとせん断時に発生した最大垂直応力の関係は、サクシジョンの増大によって垂直応力が高いといえる。このようにサクシジョンは土粒子間の結合力を高め、土のせん断強さを増大させる働きがあると同時に、土のダイレイタンシー特性にも影響があることが明らかとなった。

4 考察

Atkinson (1993) によれば、飽和土のピーク強度はせん断変形にたいする体積変化の増分が最も大きい時に見られることを示している。しかし、本実験の結果では垂直応力—水平変位曲線の傾きが減少している状態において定体積せん断強さが示されている。このような現象の違いについて以下のように考える。本実験では締め固めた不飽和土に 48 時間の水浸作用を与えた後、サクシジョンを作用させている。しかし、供試体の水浸にともなう膨張圧を長期間にわたり測定を実施したところ、図—4 に示したように約 200 時間を超えないと膨張圧が平衡状態に至っていないことがわかった。よって、48 時間では水浸期間が不十分な状態で、サクシジョン制御および定体積直接せん断試験が行われたことになる。このような点が飽和土のダイレイタンシー特性と異なる結果が得られた理由の一つとして考えられる。

5 まとめ

本実験においてサクシジョンが異なる不飽和シルトの定体積直接せん断試験を行い、サクシジョンが定体積せん断強さやせん断時の垂直応力に影響することを明らかにした。しかし、飽和土と異なるダイレイタンシー特性を示した点についてはさらに検討する必要性が大いにある。

参考文献

Atkinson, J.: An Introduction to The Mechanics of Soils and Foundations, McGraw-HILL Book Company Europe, 1993.

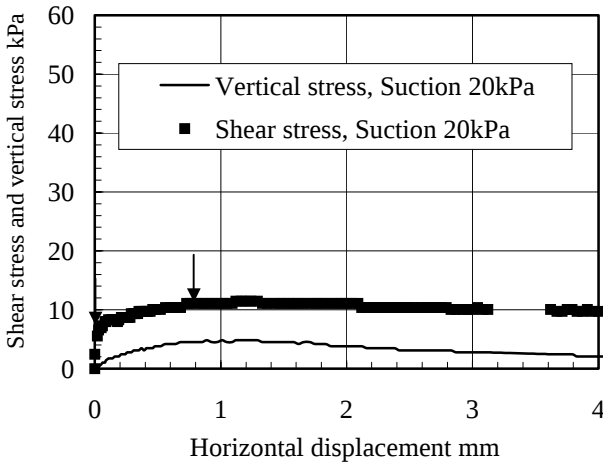


図-1 せん断応力・垂直応力-水平変位

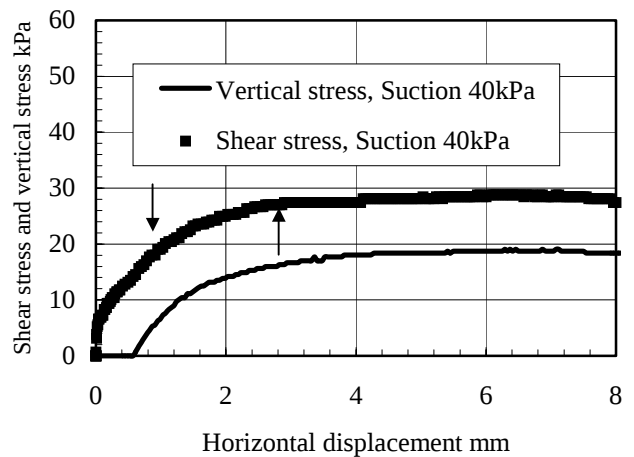


図-2 せん断応力・垂直応力-水平変位

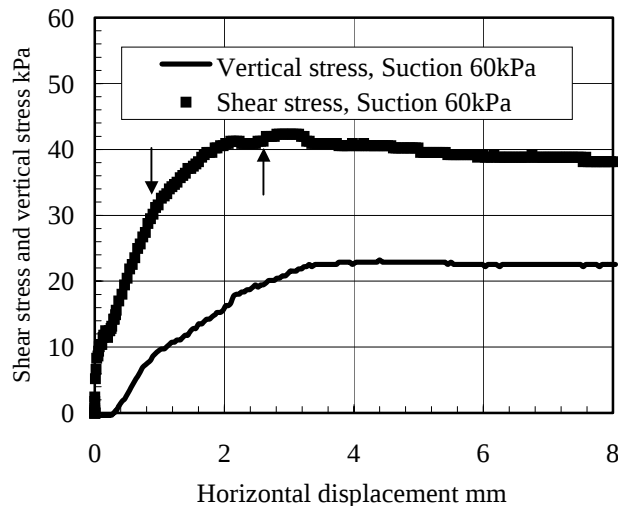


図-3 せん断応力・垂直応力-水平変位

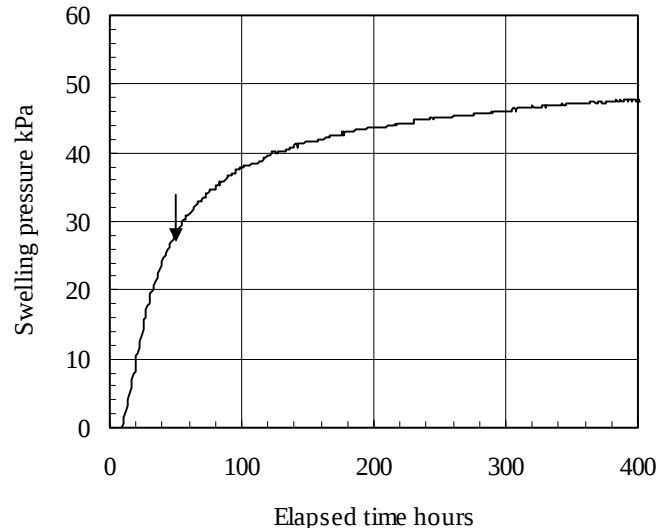


図-4 水浸時の膨張圧力の経時変化

土木学会第56回年次学術講演会（平成13年10月）