

足利工業大学 正会員 西村友良

足利工業大学 学生会員 ○横尾将貴 柿崎佳和

1 まえがき

地盤表面から地中の地下水面までは不飽和領域であり、土中にはサクシヨンが存在し、その分布は深度によって異なる。本来、土粒子・間隙空気・間隙水の3相構成の不飽和土中のサクシヨンは、不飽和土のせん断特性、体積変化、浸透特性に深い関係があり、重要な応力変数である。サクシヨンの大きさは、地盤中の地下水面付近の毛管帯に比べると、地表面付近では高く、大気との境界部分に働く蒸発作用が関係している。蒸発作用を引き起こすのは、大気中の湿度に関係しているといえる。湿度の減少によってもたらされる土中のサクシヨンの大きさはかなり大きく、例えば湿度 75% の場合ではサクシヨンは 39000kPa である。このような大気中の湿度変化の影響を受けている地盤表層付近の不飽和土の見かけの粘着力の大きさを評価することは、工学的において重要であり、実際の地盤を取り巻く環境を評価する上で不可欠といえる。

そこで、本研究ではサクシヨン制御・測定の内、蒸気圧法を用いて 2830kPa 以上の高いサクシヨンを締固めた不飽和土に与え、一軸圧縮強度とサクシヨンの関係を明白にすることを目的としている。

2 試料と実験方法

試料には非塑性のシルト質土を用いた。突き固め試験 (JIS A 1210) 呼び名 a (乾燥法、繰返し) から得られた締固め曲線を用いて、試料の最適含水比を 17% に定めた。本実験では、最適含水比の乾燥側である含水比 10% を締固め含水比とした。供試体は、内面がフッ素樹脂加工された静的締固めモールド内で締固め、供試体間隙比を 0.91 とした。締固め含水比を乾燥側にした理由は、最適含水比よりも乾燥側で強度の発揮が高いという想定からである。サクシヨン制御・測定の方法は、土質試験の方法と解説の「土の保水性試験」の中に、制御サクシヨン範囲に応じてサクシヨン制御方法が記述されている。本実験では、1500kPa 以上のサクシヨン制御のために蒸気圧法が用いられた。ただし、本実験では塩薬品による湿度環境制御ではなく、恒温恒湿槽内で任意の湿度環境下に供試体を静置し、土間隙内に高サクシヨンを与えた。

供試体に平衡させた恒温恒湿槽内の湿度の値は 70% と 40% であった。ただし、槽内温度は 20℃ 一定に保った。湿度を 70% から 40% に低下させることは、サクシヨンを高める過程にあるので乾燥過程となる。それぞれの湿度環境下においては、供試体を 1 ヶ月間静置した。恒温恒湿槽から取り出した供試体は、二重セル構造の三軸圧縮試験機にセットし、ゴムスリーブを被せた状態で一軸圧縮試験を実施した。軸ひずみ速度は毎分 0.1% と設定し、湿度 40% に平衡した後は、逆に制御湿度を 70% に増加させた。いわゆる湿潤過程である。よって、本実験では、乾燥過程ならびに湿潤過程が一軸圧縮強度に与える影響について検討する。

3 実験結果

本実験では、供試体に高サクシヨンを与えたが、その際の土中の間隙と制御サクシヨンが平衡したことを含水比の変化から確認することにした。そこで予備実験を行った。図-1 には湿度 45%、温度 20℃ の一定環境下における供試体の含水比の経日変化を示す。湿度 45% 環境下に静置された供試体は、供試体周面から土中水が蒸発し、間隙内部とサクシヨンの間で平衡作用が働いていることを意味している。サクシヨンとの平衡過程での含水比変化を見ると、経過時間 10 分程度で 0.7% の含水比の減少が見られ、経過時間 43 分以降には含水比の低下がかなり大きく生じている。ところが、経過時間 1400 分付近では含水比の変化が見られなくなり、供試体が平衡していることが考えられる。

次に、湿度 45% 環境下で平衡した供試体を湿度 63% の環境下に静置した際の湿潤過程における含水比の変化を図-2 に示す。供試体は湿潤過程開始時からほとんど含水比増加を起こさず、1% 未満の含水比増大であった。本実験では、高サクシヨンとの平衡時間として約 1 ヶ月間供試体を恒温恒湿槽内に静置した。

キーワード: 不飽和土、サクシヨン、一軸圧縮強度、湿度

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

図-3は、締固めて作製した供試体に、まず湿度70%、次に湿度40%の順に与えたいわゆる乾燥過程のサクシジョン履歴を受けた不飽和供試体の応力-ひずみ曲線である。湿度70%および湿度40%に平衡した供試体は、いずれも一軸圧縮開始とともに軸差応力が急激に伸びており、一挙にピーク強度にまで増大している。また、ピーク強度に到達すると急な圧縮応力減少を示し、低下を見せている。あわせて、ピーク強度が発揮され降伏に至る時の軸ひずみ量も1%以下であったことから、小さな軸ひずみで破壊が生じたといえる。ピーク強度の大きさを比較すると、湿度70%に比べ湿度40%に平衡した供試体の方が高い一軸圧縮強度を示しており、湿度低下の影響(サクシジョン増大の影響)が見られた。

次に、湿度40%から湿度70%へ湿潤を受けた供試体の応力-ひずみ曲線は、図-4に示すとおりである。乾燥過程と同様の応力-ひずみ曲線の形状を示しており、一軸圧縮開始時の急な軸差応力の増加や明確なピーク強度、ならびに降伏後の大きな圧縮応力減少が確認できた。

応力-ひずみ曲線から求めた一軸圧縮強度とサクシジョンの関係を図-5に示す。また、サクシジョンと湿度の関係¹⁾から、湿度70%および湿度40%のサクシジョンは48159kPa、123719kPaとして求められた。図-5によると、供試体に与えた湿度が低くなりサクシジョンが高まると、一軸圧縮強度は大きくなる傾向が見られた。ところが、湿潤過程において湿度40%から湿度70%(123719kPaから48159kPa)へ変化しても、測定された一軸圧縮強度に大きな違いが生じなかった。

4 まとめ

本実験では、不飽和土の一軸圧縮強度とサクシジョンの関係、ならびに乾燥過程と湿潤過程のサクシジョン履歴の違いによる一軸圧縮強度への影響を検討するために、恒温恒湿槽による湿度環境制御を行い、締固めた不飽和供試体に対して高サクシジョンを与え、一軸圧縮試験を実施した。高サクシジョンを受けると供試体の一軸圧縮強度は増大したが、サクシジョン履歴の違いによる影響は見られなかった。

参考文献

1) Fredlund, D. G. and Rahardjo, H.: *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*, A Wile-Interscience Publication, JOHN WILEY & SONS, INC, 1993.

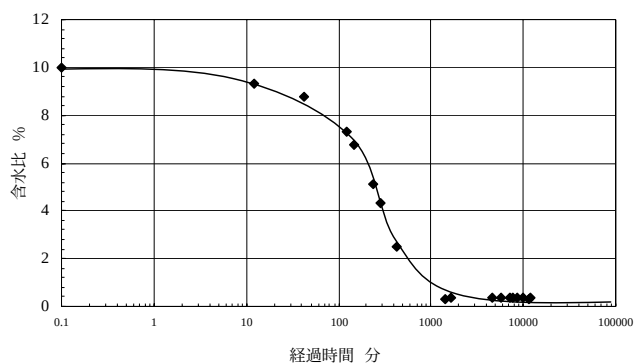


図-1 乾燥過程での含水比変化

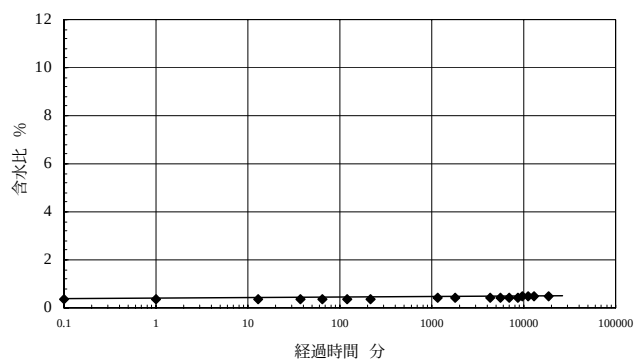


図-2 湿潤過程での含水比変化

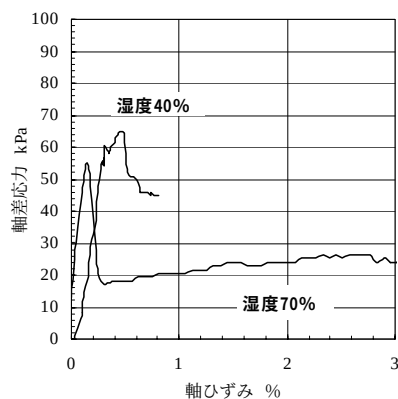


図-3 応力-ひずみ曲線(乾燥過程)

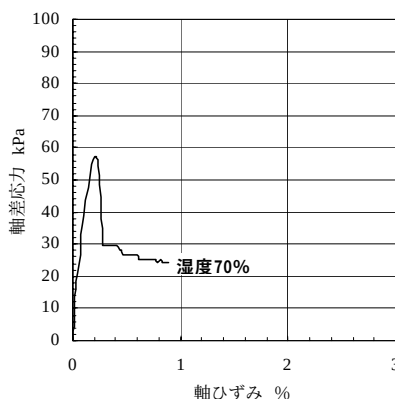


図-4 応力-ひずみ曲線(湿潤過程)

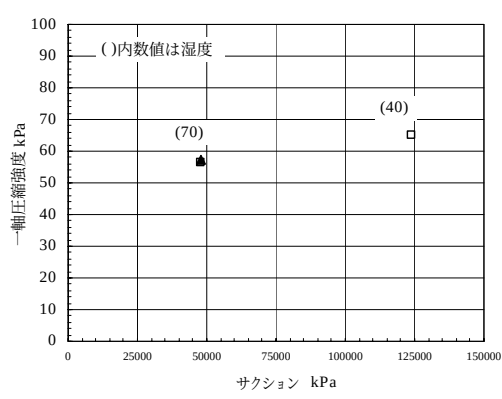


図-5 サクシジョンと一軸圧縮強度の関係