

Ⅲ-A43 高いサクシオンを受けた不飽和土のサクシオンと一軸圧縮強度の関係

足利工業大学 正会員 西村友良

1 まえがき

不飽和地盤表面は蒸発や降雨によって乾燥と湿潤を繰り返し受けている。土中水の蒸発は大気中の相対湿度や気温と密接な関係があり、Fig. 1 に示すような相対湿度とサクシオンの関係がある¹⁾。気象観測によれば大気中の相対湿度は 50%程度まで低下する²⁾。相対湿度 50%を全サクシオンに換算すると 93,600 kPa のサクシオンが地盤表面に作用していることになる。このような高サクシオンを受けた土は土の水分保持曲線において残留状態にあると考えられる。そこで本研究では、含水比の低い残留状態の不飽和シルトに対して一軸圧縮試験を行い、残留状態の不飽和シルトの応力-ひずみ曲線や一軸圧縮強度を明白にし、一軸圧縮強度の変化をシルト質土の水分保持曲線とあわせて考察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 (DL-Clay) を用いた。試料を 9.6%の含水比に調整した後、静的に締め固めて供試体を作製した。供試体の間隙比は 0.947、飽和度 27%であった。また供試体の初期サクシオンは 41 kPa であった。20%から 90%の相対湿度の制御が可能な恒温恒湿槽内に供試体を静置した。制御した相対湿度は 88%、80%、70%、60%、50%であった。これらの相対湿度に対する全サクシオンは Table 1 に示している。所定の相対湿度の環境下に置かれた供試体は時間の経過とともに土中水が蒸発するため乾燥する。約 1 カ月、恒温恒湿槽内で静置した後、槽内から取り出し、0.5mm/min のひずみ速度で一軸圧縮試験を行い、応力-ひずみ曲線および一軸圧縮強度を求めた。さらに残留状態の不飽和シルトの一軸圧縮強度と比較するために静的締め固め直後の一軸圧縮強度を測定している。また一軸圧縮試験後供試体の含水比を測定した。

試料の飽和状態から残留状態にいたるまでのサクシオンと含水比の関係を把握するために水分保持曲線を求めた。サクシオンが 200 kPa までは、加圧板法を用いた。また 4 種類の塩飽和溶液（塩化マグネシウム、塩化ナトリウム、塩化リチウム、硝酸マグネシウム）と試料をデシケータに入れ、試料を平衡状態にいたらせることで、200 kPa よりも大きなサクシオンを試料に負荷させ乾燥させている。

3 実験結果

Fig. 2 に一軸圧縮試験によって求められた応力-ひずみ曲線を示している。Table 1 に一軸圧縮強度と破壊時の軸ひずみ量を示す。締め固め直後の不飽和シルトの応力-ひずみ曲線は軸ひずみの増大とともに軸差応力が大きくなり、曲線の形状はゆるやかなカーブを示している。一方、相対湿度の制御により高サクシオンを受けた不飽和土の応力-ひずみ曲線は明確なピークを示していることがわかる。また破壊に至った後、軸差応力が急激に減少することが見られる。Table 1 に示されるように最大軸差応力に至った時の軸ひずみ量を比較すると明らかに締め固め直後の不飽和土の破壊時の軸ひずみ量が多いことがわかる。さらに測定された一軸圧縮強度は高いサクシオンを受けた不飽和土の方が大きいこともいえる。

4 考察

Fig. 3 に測定された試料の水分保持曲線を示す。水分保持曲線は乾燥過程および湿潤過程における土中水の変化とサクシオンの関係を示しているとともに不飽和土のせん断強度にも密接な関係を有している。本実験では加圧版法、蒸気圧法、相対湿度制御方法によって広い範囲のサクシオンと含水比の関係を求めている。測定値とともに Fredlund and Xing (1994)³⁾ によって提案されたモデル式を用いて水分保持曲線を Fig. 3 に示している。モデル

キーワード：不飽和土、サクシオン、水分保持曲線、一軸圧縮強度、残留状態

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

式のパラメータを Fig. 3 中に示している。求められた水分保持曲線から試料の Air-entry Value が 30 kPa、残留状態に至るときのサククションが 200 kPa が求められた。残留状態に至る時のサククションが 200 kPa であるので供試体に与えたサククションと比較しても供試体は十分に残留状態に至っていることがわかる。ただし、残留状態のサククションの大きさは土質によって異なるが低塑性の土の場合には 1500 kPa 以上になると土は残留状態にあると述べられている⁴⁾。

乾燥によって土が残留状態になると土中の間隙のほとんどが空気中で占められており、またサククションが増大しても土粒子間に付着する土中水量の減少量はわずかである。このような残留状態でのサククションと一軸圧縮強度との関係を Fig. 4 に示す。Fig. 4 を見ると残留状態での不飽和土はサクション（全サクション）の増大とともに一軸圧縮強度を増大させている。サクションと強度との関係を示す破壊線から求められた勾配は 0.02 度であり、破壊線はほぼ水平であるといえる。残留状態において強度増加が非常に小さいのは土粒子間の水分量がサクションが増大しても変わらないためと考えられる。

Table 1 Summary of test results

Relative humidity %	Total suction kPa	Unconfined compressive strength kPa	Axial strain at failure %
88	17260	25.4	0.26
80	30129	32.4	0.12
70	48158	38.8	0.19
60	68972	58.3	0.15
50	93590	59.2	0.32
Initial condition	41	28.8	0.65

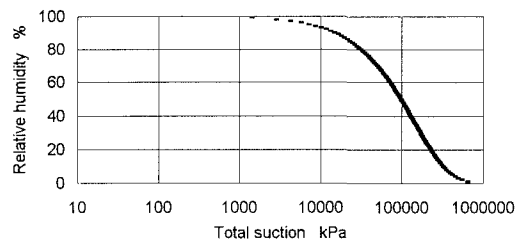


Fig.1 Relative humidity versus total suction

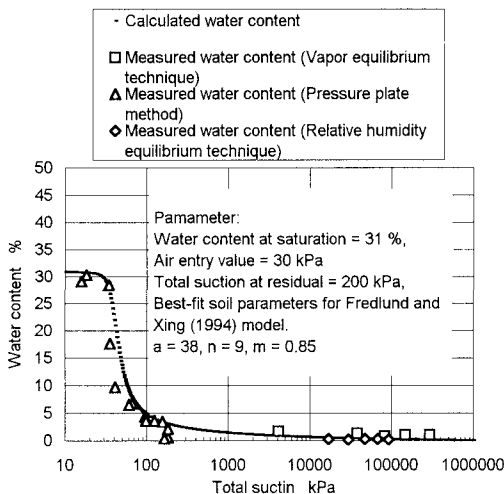


Fig.3 Soil-water characteristic curve

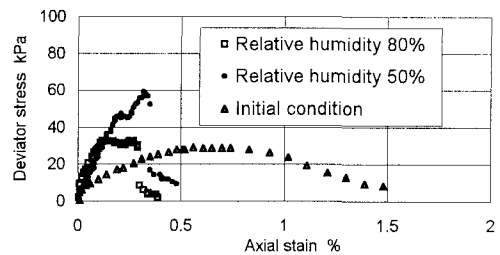


Fig.2 Stress-strain curve

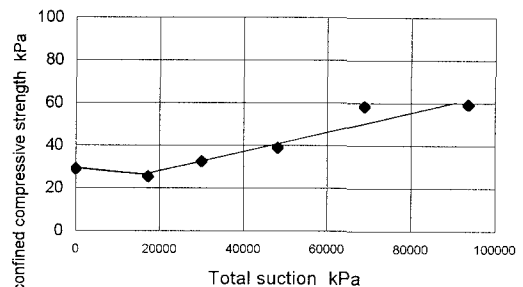


Fig.4 Unconfined compressive strength versus soil suction in the residual state

参考文献 1)Fredlund,D.G. and Rahardjo,H. 1993. Soil Mechanics for Unsaturated Soils, JOHN WILEY & SONS, INC. 517pp. 2)1996 年地上観測データ (C) 気象庁. 3)Fredlund,D.G. and Xing, A. 1994. Canadian Geotechnical Journal, Vol.31,pp.521-532. 4)Van Genuchten,M.Th. 1980. Soil Science Society of American Journal, Vol.44,pp.892-898.