

湿潤作用による不飽和シルトの一軸圧縮強度の変化

足利工業大学 正会員 西村友良

1 まえがき

盛り土・切り土斜面表層部分や地盤表面付近では、降雨による浸透作用を受ける一方で、土中水の蒸発が起きている。土中水が蒸発すると気体となり水蒸気として移動する。土中水の蒸発量は大気湿度に密接に関連する。我が国での平均湿度は70%～80%といわれ、時には30%付近まで低下する。たとえば湿度80%の場合、換算されるサクション値は約30000kPaという高いサクション値である。このように高いサクションを受けた不飽和土の強度を検討することは斜面表層部分・地盤表層部分の安定性を評価する上で重要であると考えられる。著者は締め固めた非塑性シルト質土と締め固めたカオリンに高サクションを与えた後に一軸圧縮試験を行った。その際乾燥過程および湿潤過程における一軸圧縮強度の比較を行い、ヒステリシスの存在を明示している¹⁾²⁾。本研究では、初期含水比が最適含水比を含む乾燥側と湿潤側の3種類の含水比に対して間隙比一定で締め固めた不飽和供試体を作製し、蒸気圧法の原理を利用して湿潤制御によって高サクションの増加および減少による一軸圧縮強度の変化について示している。

2 試料と実験方法

本実験に用いた試料は非塑性のシルト質土である。締め固め試験から求めたこの試料の最適含水比17%、最大乾燥密度1.50g/cm³を参考にして不飽和供試体の初期条件を定めた。締め固め含水比10%、17%、20%いわゆる最適含水比、それに対する乾燥側、湿潤側の3種類の含水比を選択した。供試体の間隙比は0.91一定とした。締め固めた供試体を20℃一定温度、一定湿度に制御された恒温恒湿度槽内に一ヶ月以上静置し、土中の間隙空気と湿度制御された恒温恒湿度槽内空気を平衡させることによって土中水を蒸発させて含水量を低下させ供試体に高サクションを与えた。本実験で設定された湿度は乾燥過程において、80%、70%、60%、50%、40%であった。湿潤過程では、50%、60%、70%、80%まで湿度を増大させた。湿度(RH)とサクション(ψ)の関係は式(1)より算出することができる。

$$\psi = -135022 \ln(RH) \quad (1)$$

実験で用いた試料の水分保持曲線を求めるために加圧板法および蒸気圧法によってサクションの変化による含水比の変化を測定した。図-1には乾燥過程の測定値と湿潤過程における測定値を示している。特に低サクション領域における湿潤過程の測定値はマトリックサクション180kPaの後、40kPaと20kPaにマトリックサクションを減少させたものである。一方、高サクション領域は表-1に示す7つの塩から蒸気圧法によって乾燥過程および湿潤過程の含水比の変化を測定した。結果を初期含水比10%、17%、20%それぞれについて図-2、3、4に示す。高サクション領域における含水比変化は乾燥過程および湿潤過程において大きなヒステリシスは存在していないことがいえる。

3 実験結果

初期含水比10%、17%、20%でかつ間隙比が全て同一である不飽和供試体に対して高サクションの変化を与えた。異なるサクションを有する不飽和供試体に一軸圧縮試験を実験したところ、わずかな軸ひずみ量で、ピーク値を発揮した後、一軸圧縮強さを示し供試体は一挙にせん断面あるいは亀裂が生じ、その直後には崩れてしまった。このような状態の供試体から得られた一軸圧縮強度とサクションの関係を初期含水比ごとに図-5、6、7に示す。図中の記号□は乾燥過程、記号▲は湿潤過程を意味する。それぞれの図の縦軸上にプロットされている測定値は締め固め直後の一軸圧縮強度であり、いわゆるサクション制御を受けていない状態である。湿度80%に平衡し、サクション約30000kPaを受けたことで供試体は含水比のかなりの低下を生じ、その結果として一軸圧

キーワード 不飽和土、サクション、一軸圧縮強度

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

縮強度が増加したものといえる。しかし、湿度が 80%から 40%まで減少（サクシオン増加）しても一軸圧縮強度は明確な傾向の存在を示していない。このような結果は、高サクシオン領域において含水比の変化が見られないことが関連していると考えられる。よって、本研究に用いた試料は高サクシオン領域におけるサクシオン効果が小さい土質材料であるといえる。一方、湿潤過程では一軸圧縮強度が乾燥過程の強度よりも小さく現れる傾向が見られる。いわゆる強度に関するヒステリシスである。ヒステリシスの原因として乾燥過程と湿潤過程での含水比の相違が考えられるが、図－ 2、 3、 4 に示すように含水比のヒステリシスが非常に小さいため、湿潤作用による強度減少の原因についてさらに検討が必要である。

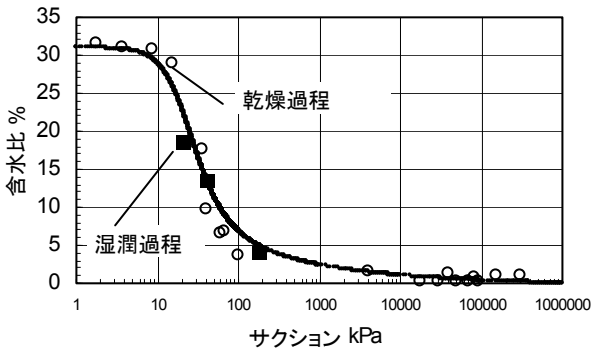
4 まとめ

間隙比一定条件で初期含水比の異なる不飽和供試体にたいして高サクシオン領域での乾燥過程および湿潤過程の一軸圧縮強度の変化について検討を行った。その結果わずかであるがヒステリシスが存在し湿潤作用によって強度低下の存在が明らかとなった。

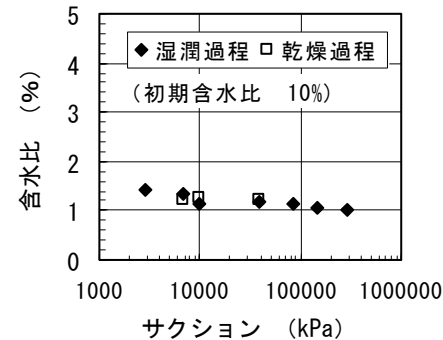
参考文献 1)西村友良:初期含水比が異なる不飽和シルトの一軸圧縮強度,土木学会第 57 回年次学術講演会, 671-672,平成 14 年 9 月. 2)Nishimura and Fredlund: Hysteresis effects resulting from drying and wetting under relatively dry conditions, UNSAT2002, 301-306, 2002.

表－ 1 実験に用いた塩とその湿度およびサクシオン

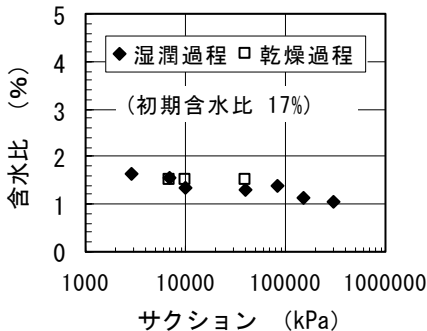
塩	湿度 %	サクシオン kPa
硫酸カリウム	98	2830
硝酸カリウム	95	6940
リン酸二水素アンモニウム	93	9800
塩化ナトリウム	75	39000
硝酸マグネシウム	54	83400
塩化マグネシウム	33	148000
塩化リチウム	11	296000



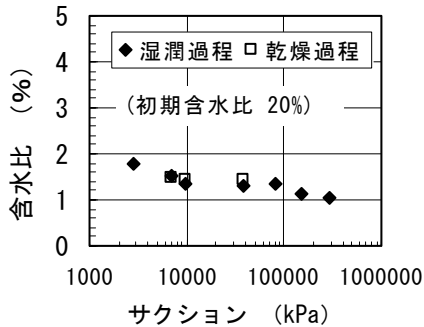
図－ 1 水分保持曲線



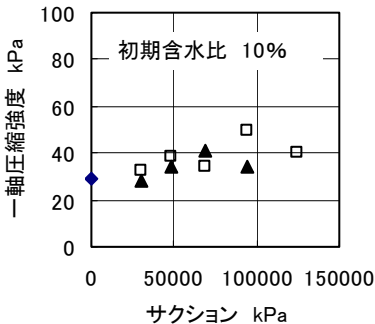
図－ 2 含水比とサクシオンの関係



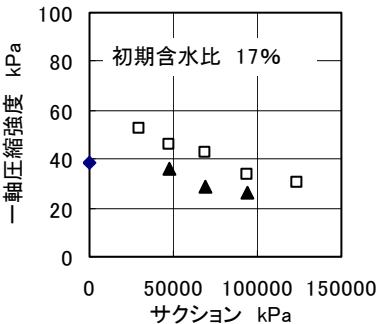
図－ 3 含水比とサクシオンの関係



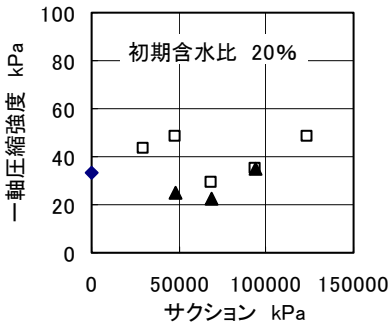
図－ 4 含水比とサクシオンの関係



図－ 5 一軸圧縮強度の変化



図－ 6 一軸圧縮強度の変化



図－ 7 一軸圧縮強度の変化