

1 まえがき

盛土・切り土斜面は勿論のこと自然斜面などは、常に降雨・熱・湿度などの環境の影響を受けている。このような大気中の変化は地盤表面に繰り返して与えられている。降雨やその後の乾燥は、土中の間隙水量の変動に関連し、いわゆる間隙水圧の変化またはサクションの変化として、土粒子間に影響を与える。サクションを応力変数として、不飽和土のせん断強度式がモールクーロンの式を拡張した形式で Fredlund, Morgenstern and Widger (1978)¹⁾ に提案されて以降、数多くの実験的研究が蓄積されてきている。そしてサクションにたいする不飽和土の非線形的な性質が明白になった。ところが最近では、1500kPa 以上の高サクションの制御・測定が注目を浴びている²⁾。

そこで、本実験では、独自に開発した湿度制御型三軸圧縮試験機³⁾を用いて締固めた非塑性の不飽和シルトに高サクションを与え、含水比をかなり減少させる過程で体積収縮を測定しその後、せん断試験を実施した。本報告では基底応力一定のもとでの不飽和シルトの応力-ひずみ関係を示すとともに、軸ひずみ速度がせん断強さに与える影響について述べている。

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。この試料を含水比 10%に調整した後、内面がフッ素樹脂加工された静的締固めモールド内で圧縮力を加えて締固めたものを供試体とした。作成した供試体を湿度制御型三軸圧縮試験機にセットした。本実験で用いた湿度制御型三軸試験機(図-1)は、高サクション制御と不飽和土の変形・強度測定を目的に開発された試験機である。これまで高サクションを制御する方法としては、「土質試験の方法と解説」土の保水性試験⁴⁾に記述されている。一般的にガラスデシケータを用いた蒸気圧法では、ガラスデシケータ内に塩を入れ、塩の化学的平衡によって実現される湿度制御を利用するものである。しかし、この手法では、湿度空間内で含水比低下時の試料の体積変化を経時的に測定することが困難である。ところが、湿度制御三軸圧縮試験機では、基底応力の载荷とともに供試体下端から湿度制御した空気を透気させることで乾燥過程での体積変化測定が可能である。

本試験機における湿度制御は、蒸留水中に空気を透気し、タンク内にエアバブルを発生させ、その発生量をコントロールすることで実施した。実際の湿度確認は、アクリル容器に、納められている湿度センサーを用いた。本実験では、供試体を三軸圧縮試験機にセットした後、排気・排水状態で基底応力 600kPa の等方圧縮を実施し、等方圧縮による体積収縮が終了した後で、基底応力を 100kPa まで除荷し、供試体の下端から湿度 75%の空気を供試体上端から流入させた。空気は試料キャップさらには管路を通り、三軸室外部に排出させた。この透気の際にも基底応力 100kPa 一定とし、同時に体積変化を経時的に測定した。供試体は湿度 75%の空気に触れることで 39000kPa のサクションを受けることになる。基底応力とサクションの両方を負荷した状態を約一ヶ月保った。その後、排気排水状態で軸ひずみ速度毎分 0.005%から毎分 1%の軸圧縮過程に入った。軸圧縮過程には、体積変化もあわせて測定した。

3 実験結果

図-2 に軸ひずみ速度を毎分 0.005%から毎分 1%に変化させた場合の応力-ひずみ曲線を示す。基底応力は 100kPa 一定としている。供試体中では 39000kPa のサクションによって間隙内のほとんどが空気で占められた。いずれの軸ひずみ速度の場合も応力-ひずみ曲線の形状や軸ひずみ発生時の軸差応力増大に差異が見られないことがわかる。また、破壊時の軸ひずみ量にたいしても軸ひずみ速度の影響が見られない。図-3 には軸圧縮過程での体

キーワード：不飽和土、サクション、三軸圧縮試験、ひずみ速度

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

積ひずみを示す。軸ひずみ速度の大きさに関わらず、軸ひずみ発生時には体積が収縮を生じている。その後軸ひずみ速度毎分 0.03%を除くと体積は膨張を示している。中でも毎分 1%、毎分 0.3%、毎分 0.1%の順に正の体積ひずみが大きく現われている。一方、毎分 0.005%と毎分 0.03%の場合には、体積変化が小さい。よって軸ひずみ速度が大きい方が正のダイレイタンスーが大きい傾向が見られる。

最大軸差応力と軸ひずみ速度との関係を図－4に示す。本実験では毎分 0.005%から毎分 1%の制御範囲であったが、図－4に示すように高いサクションを受けた不飽和シルトの最大軸差応力は軸圧縮過程での軸ひずみ速度の影響を受けていないことが明白である。

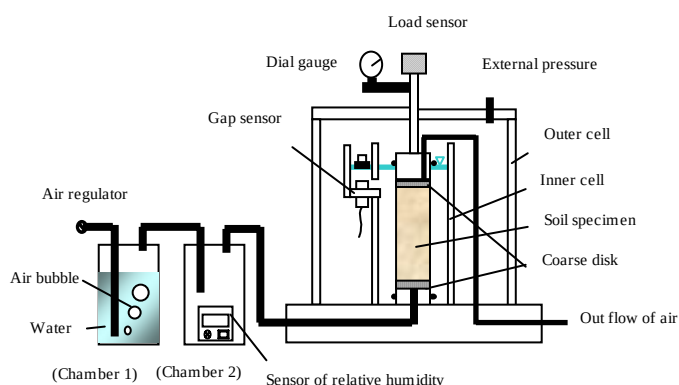
4 まとめ

本実験では湿度制御型三軸圧縮試験機を用いて高サクションを受けた非塑性のシルトのせん断強さと軸ひずみ速度の関係について検討を行い、せん断強さが軸ひずみ速度に影響されないことが明らかになった。

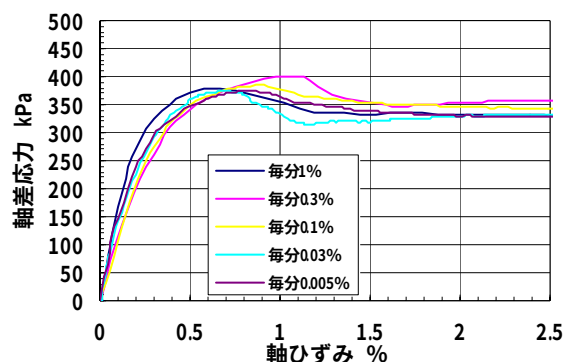
謝辞 本研究にたいして平成 13 年度科学研究補助金基盤研究 B（2）No. 13450196 南九州しらす地帯での斜面崩壊機構に関する基礎研究（研究代表者：鹿児島大学北村良介教授）の補助を得ました。ここに記して謝意を表します。また、平成 15 年度足利工業大学同窓会学内助成の補助を受けました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

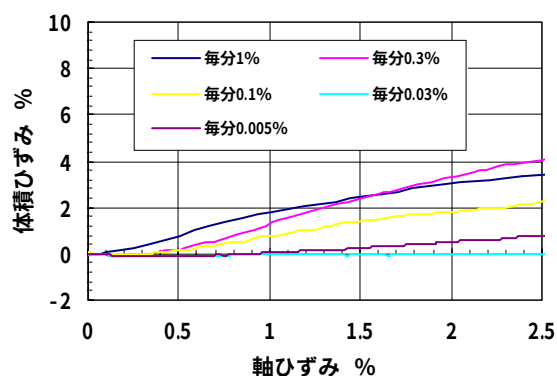
1)Fredlund,D.G., Morgenstern,N.R., and Widger,R.A., The shear strength of unsaturated soils, Canadian Geotechnical Journal, 15, pp.313-321, 1978. 2)Blatz, J. and Graham, J., A system for controlled suction in triaxial test, Geotechnique, 50, No.4, pp.465-469, 2000. 3)Nishimura, T. and Fredlund, D.G., A new triaxial apparatus for high total suction using relative humidity control, 12th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 4-8 August Singapore, pp.65-68, 2003. 4)地盤工学会, 土質試験の方法と解説第一回改訂版, 第 2 編物理試験, 第 7 章土の保水性試験, pp.118-135, 平成 12 年.



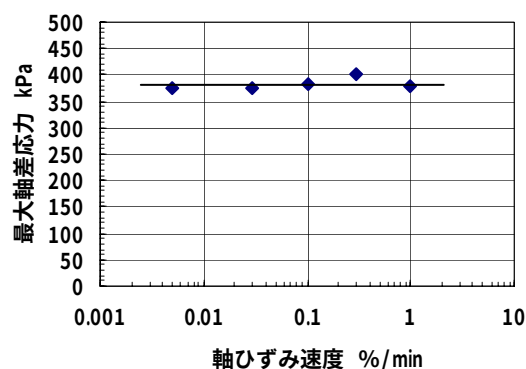
図－1 湿度制御型三軸圧縮試験機



図－2 応力-ひずみ曲線（基底応力100kPa）



図－3 体積ひずみ（基底応力100kPa）



図－4 最大軸差応力と軸ひずみ速度の関係