

京都大学工学部	学生会員	○矢吹太一
京都大学大学院	フェロー	岡二三生
京都大学大学院	正会員	木元小百合
京都大学大学院	正会員	肥後陽介
京都大学大学院	学生会員	渡部泰介

1.研究の背景

土は土粒子骨格及びその間隙を埋める間隙流体から構成されている。地震動により不飽和状態の斜面・盛土が崩壊することがあり、不飽和土の繰返し変形特性の解明が求められている。そこで、不飽和シルトに様々なサクション、応力振幅を与えて排気-排水条件、非排気-非排水条件下で繰返し三軸試験を行った。本報ではその試験結果について述べる。

2.試験の概要

シルト分90%の均一な粒径を持つDLクレーを試料として用い、DLクレーに含水比が20%となるよう蒸留水を混合したものを金属パイプと木製の円柱を用いて静的に締め固めて高さ100mm、直径50mmの供試体を作製した。完成した試料は三軸室に設置し、拘束圧200kPa、間隙空気圧 u_a を250kPa、所定のサクション $s(=u_a - u_w)$ となるよう間隙水圧 u_w を与えた。また、本試験ではセル内にギャップセンサーを設置して供試体の体積変化を算定するために側方変位を測定している¹⁾。間隙空気圧は供試体上部にポリフロンフィルターを、間隙水圧は供試体下部にセラミックディスクを用いて分離して計測している。なお、間隙空気圧はより正確に測定するためにセル内で計測している。下図にせん断時のひずみ速度、応力振幅、初期サクションを示す。

	ひずみ速度 (%/min)	応力振幅 (kPa)	初期サクション(kPa)		
			0	10	50
非排気-非排水試験	0.5	40	○	○	○
		80	○	○	○
	0.05	100	○	○	○
		80	○	○	○

3.応力変数

本研究では、応力変数として次式で定義される平均骨格応力²⁾を用いている。

$$\sigma''_m = \sigma_m - P^F = \sigma_m - [(1 - S_r)u_a + S_r u_w]$$

ここで、 σ_m は平均全応力、 P^F は平均間隙圧、 S_r は

飽和度、 u_a は間隙空気圧、 u_w は間隙水圧である。

4.試験結果

4.1 排気-排水試験

図1にひずみ速度0.5%/min、応力振幅100kPa、初期サクション10kPa、50kPaで行った排気-排水試験結果を示す。a)に示す応力~ひずみ関係より、いずれも圧縮軸ひずみが卓越していること、および初期サクションが大きい方が繰返し回数50回目の圧縮軸ひずみが小さいことがわかる。また、b)に示す軸ひずみ体積ひずみ関係からも初期サクションが大きい方が繰返し回数50回目の体積ひずみが小さいことがわかり、初期サクションにより変形に対する強度が増加していることがわかる。

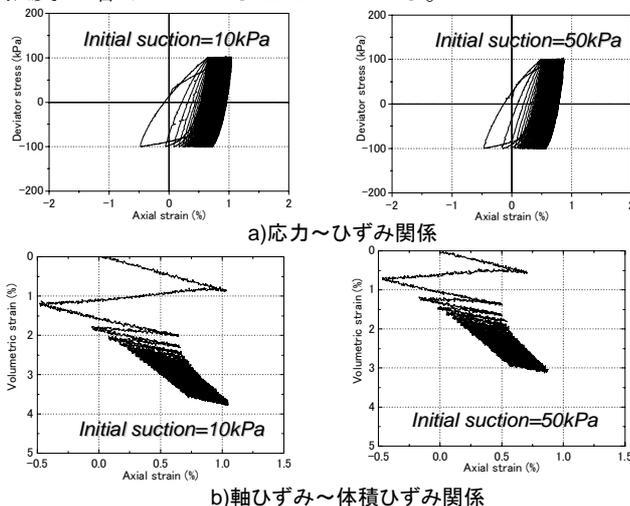


図1 排気-排水繰返し載荷試験結果

4.2 非排気-非排水試験

図2にひずみ速度0.5%/min、応力振幅100kPa、初期サクション10kPa、50kPaで行った非排気-非排水試験結果を示す。a)に示す応力~ひずみ関係において初期サクション50kPaでは圧縮軸ひずみが、初期サクション10kPaでは伸張軸ひずみが卓越している。b)に示す応力径路において初期サクション10kPaでは伸張側の破壊応力比に接近して破断し

ていることがわかる。c)に示す間隙空気圧，間隙水圧時刻歴においては，間隙空気圧よりも間隙水圧の方が振幅が大きくなっている。これは間隙空気が圧縮性，間隙水が非圧縮性であるためと考えられる。また，間隙空気圧に関して初期サクシオン 10kPa の場合の方が 50kPa の場合よりも振幅が大きくなっているが，これはサクシオンが小さいため間隙空気が不連続的に存在し，大きな応力を載荷した際に，間隙空気が局所的に増大したのではないかと考えられる。

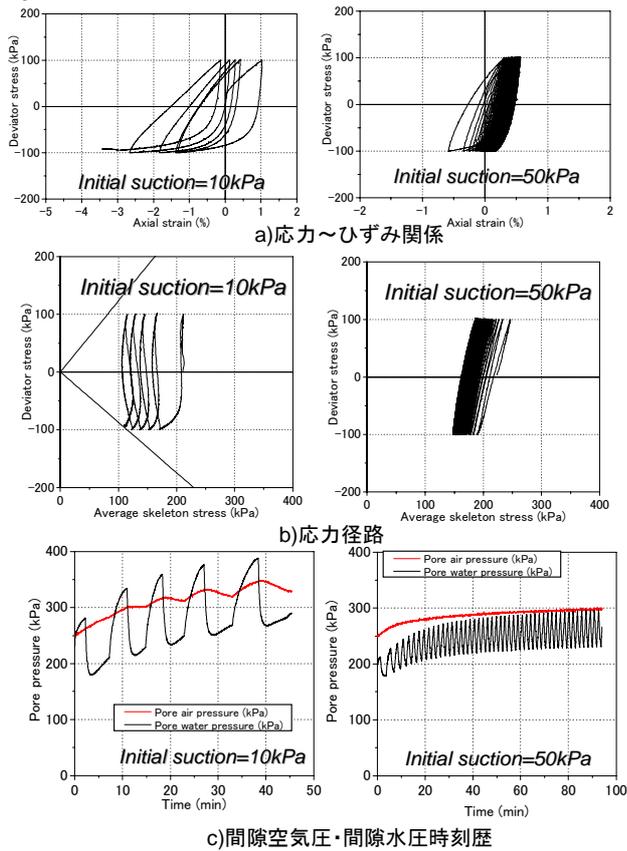


図2 非排気-非排水試験結果

4.3 ひずみ速度依存性

図3に応力振幅80kPa，初期サクシオン10kPaにおけるひずみ速度0.5%/minと0.05%/minの試験結果を示す。a)に示す排気-排水試験の軸ひずみ～体積ひずみ関係において，ひずみ速度の小さい方が圧縮軸ひずみ，体積ひずみともに大きく発生している。b)に示す非排気-非排水試験の応力径路においては，ひずみ速度が大きい場合，徐々に平均骨格応力が減少しているのに対して，ひずみ速度が小さい場合，平均骨格応力が増加と減少を繰返しているこ

とが分かる。また，c)に示す間隙空気圧・間隙水圧の時刻歴においては，ひずみ速度が大きい方では，間隙空気圧・間隙水圧ともに上昇傾向にあるのに対して，ひずみ速度が小さい方では上昇が見られない。これは，ひずみ速度が小さい方では試験時間が長時間のため間隙空気が間隙水に溶解していることと，空気がゆっくり圧縮されていることの2点が原因であると考えられる。

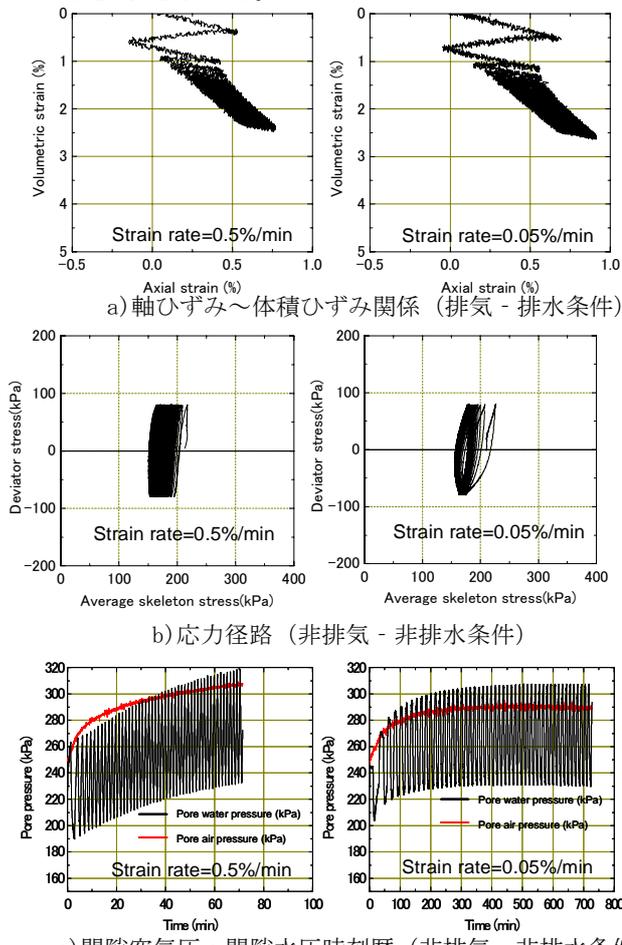


図3 応力振幅80kPa，初期サクシオン10kPa試験結果

5.まとめ

排気-排水試験においては，初期サクシオンが大きいほど圧縮軸ひずみ，体積ひずみの発生が小さくなり，非排気-非排水試験においても小さな初期サクシオンの場合破断に至るなど，初期サクシオンの影響により強度に違いが現れた。また，ひずみ速度を変えた試験結果の比較により排気-排水条件下では圧縮軸ひずみ，体積ひずみの発生量に違いが現れ，非排気-非排水条件下では応力径路，間隙空気圧，間隙水圧などの挙動に違いが見られた。

参考文献 1)西松範介：不飽和シルトの三軸圧縮挙動に及ぼすサクシオンの影響，京都大学大学院修士論文，2004
 2)Jommi, C.：Remarks on the constitutive modeling of unsaturated soils, *Experimental Evidence and Theoretical Approaches in Unsaturated Soils*, Tarantino, A. and Mancuso, C. eds., Balkema, 139-153, 2000.