

京都大学工学部

学生会員 ○松本真明

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

正会員 矢吹太一

1. 研究の背景

地盤材料は、基本的に土粒子骨格、間隙水、間隙空気圧で構成される三相混合体であるが、間隙空気圧を正確に制御・測定するのは困難であるため、不飽和土については研究途上である。また、不飽和地盤における地震や豪雨による斜面、盛土の崩壊などが発生しており、不飽和土の力学特性を解明する必要がある。本研究では、淀川堤防の改修に用いられている砂質土を使用し、非排気 - 非排水条件下における繰返し載荷試験を行った。本報ではその試験結果について述べる。

2. 試験の概要

淀川堤防砂を 2mm 以下にふるい分けし、最適含水比 13.7% になるように蒸留水を加えたものをモールドに入れ、静的締固めによって供試体を作製した。高さは 10cm で、直径は 5cm である。作成した供試体を三軸試験機に設置し、拘束圧 100kPa、間隙空気圧 u_a を 200kPa、所定のサクシオン $s(=u_a - u_w)$ 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、供試体の側方変位を測定し、体積変化を算定している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。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。なお、空気作動式バルブに約 600kPa 与えてバルブを閉じ、非排気状態にしている。表 1 にせん断時のひずみ速度、応力振幅、初期サクシオンを示す。

表1 実験条件

非排気・非排水試験	ひずみ速度	0.1%/min			0.01%/min	0.75%/min
	締固め度	85%			85%	85%
	応力振幅	50kPa	60kPa	60kPa	50kPa	50kPa
	初期サクシオン0kPa	○	○	○	○	○
	初期サクシオン10kPa	○	○	○	—	—
	初期サクシオン50kPa	○	○	○	—	—

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) 3)}を用いている。

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

ここで、 σ_m は平均全応力、 P^F は平均間隙圧²⁾、 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 初期サクシオンによる影響

図 1 にひずみ速度 0.1%、締固め度 85%、応力振幅 50kPa、初期サクシオン 0kPa、10kPa のケースの試験結果を示す。応力 - ひずみ関係を見てみると、初期サクシオン 0kPa のケースの方が伸張側軸ひずみの発生量は大きい。応力径路では、初期サクシオン 0kPa の場合、平均骨格応力減少量が大きく、軸ひずみ - 体積ひずみ関係では、初期サクシオン 0kPa の場合、圧縮側体積ひずみの発生量が大きい。間隙空気圧と間隙水圧は同様な挙動を示しており、サクシオンがほぼ一定に保たれていることが分かる。また、初期サクシオン 0kPa のケースでは、式(1)から分かるように、間隙空気圧が大きく増加した後、減少しており、平均骨格応力は減少した後、増加した。

4.2 ひずみ速度依存性

図 2 にひずみ速度 0.01%/min、0.1%/min、0.75%/min、締固め度 85%、応力振幅 50kPa、初期サクシオン 0kPa のケースの試験結果を示す。ひずみ速度 0.75%/min のケースでは、繰返し回数 11 回目で破断した。応力径路を見てみると、ひずみ速度 0.01%/min のケースでは、繰返し回数 1 回目で平均骨格応力が減少した後、増加した。ひずみ速度 0.1%/min では、繰返し回数 23 回目までは、平均骨格応力は伸張時に約 44.6 kPa まで減少していたが、

その後は約 59.4kPa まで増加した。

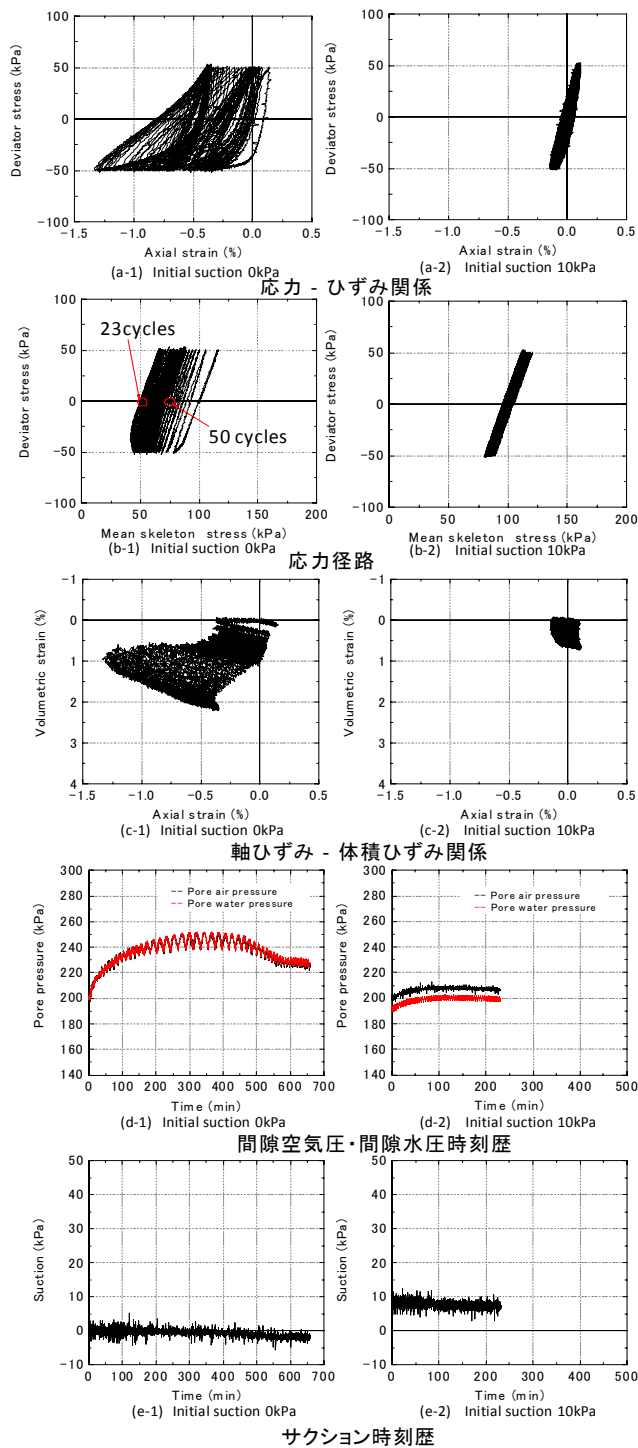


図1 初期サクシオンによる比較

これは 4.1 で述べたように間隙空気圧の増減による影響であると考えられる。また、ひずみ速度 0.75%/min のケースでは、平均骨格応力が徐々に減少していき、繰返し回数 11 回目で破断に至った。軸ひずみ - 体積ひずみ関係を見てみると、圧縮側体積ひずみはどのケースも約 2%発生しているが、ひずみ速度 0.75%/min のケースでは破断し、ひずみ速度

0.1%/min では軸ひずみ、体積ひずみともに振幅が大きい。ひずみ速度 0.01%/min のケースでは軸ひずみの発生量は小さい。以上より、ひずみ速度依存性の影響としては、ひずみ速度が速いほど、変形しやすくなった。

5.まとめ

初期サクシオンによる影響では、初期サクシオン 0kPa のケースより、10kPa のケースの方が軸ひずみ、体積ひずみの発生量は抑えられ、平均骨格応力の減少量も小さい¹⁾。間隙空気圧と間隙水圧は、せん断中同じ挙動を示し、サクシオンは一定に保たれていた。ひずみ速度による影響では、ひずみ速度が大きくなるほど、平均骨格応力の減少量が大きくなり、軸ひずみ、体積ひずみが大きく生じ、ひずみ速度依存性が見られた。

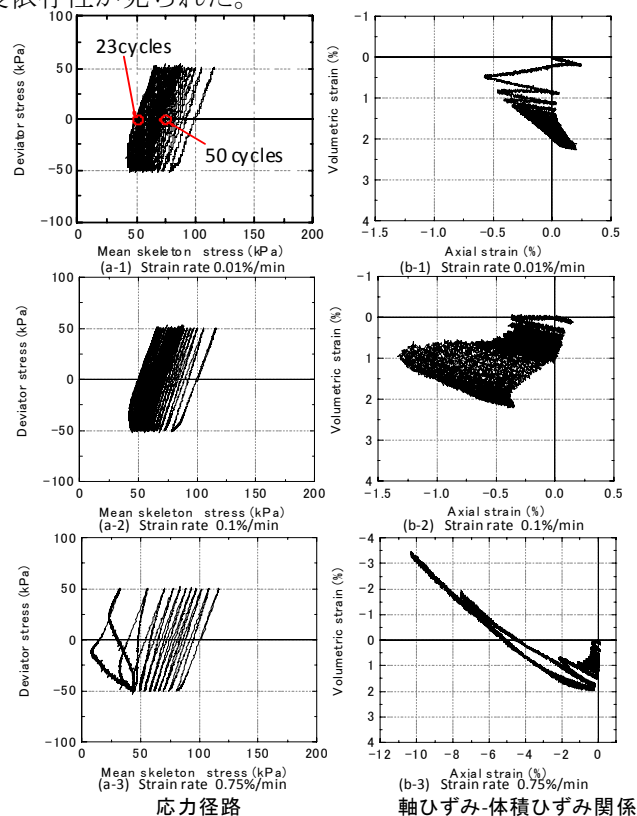


図2 ひずみ速度による比較

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. : *Experimental Evidence and Theoretical Approaches in Unsaturated Soils*, Tarantino, A. and Mancuso, C. eds., Balkema, 139-153, 2000.
- 3) Oka, F. et al.: Proc. 1st European Conference on Unsaturated Soils, Durham, pp.735-741, 2008.