

京都大学工学部 学生会員 ○森本 恭弘
 京都大学大学院 フェロー会員 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 竹内 正之

1. 研究の背景と目的

不飽和土の非排気-非排水条件下における力学挙動については未解明な部分が多い。本研究では河川堤防の改修に用いられている砂質土を用いて非排気-非排水条件下で初期サクシオン及びひずみ速度を変えて不飽和土の三軸圧縮試験を行い、その強度・変形特性について調べた。

2. 試験の概要

2.1 試験用土試料

本研究では淀川堤防の改修に用いられる砂質土を用いた。試料の物理特性を表 1 に、粒径加積曲線を図 1 に示す。

表 1 物理特性

砂分(%)	70.33
シルト分(%)	21.35
粘土分(%)	8.32
最大粒径(mm)	2.0
平均粒径(mm)	0.29
土粒子密度(g/cm ³)	2.661
最適含水比(%)	13.7
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.861

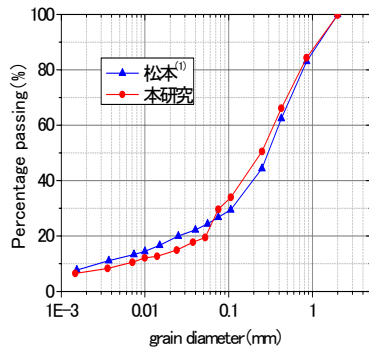


図 1 粒径加積曲線

2.2 試験方法

最適含水比である 13.7%に調整した試料をモールドに入れ、高さ 100 mm、直径 50 mm、締固め度が 85%となるように静的締固め機を用いて締固め、供試体を作製した。作製した供試体を三軸試験機に設置し、セル圧 300kPa、間隙空気圧 u_a を 200kPa、間隙水圧 u_w を所定のサクシオン $s(=u_a-u_w)$ となるように与え、排水圧密過程を行い、その後せん断試験を行った。

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、体積ひずみを算定している。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(A.E.V. 100kPa)を用いることで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供試体上部のキャップに設置した間隙空気圧計で計測しており、非排気条件時は、空気作動式バルブにセル外から空気圧を与えてバルブを閉じる。

本研究では、応力変数として次式で定義される骨格応力 $\sigma'_{i,j}$ ²⁾³⁾を用いている。

$$\sigma'_{i,j} = \sigma_{i,j} - P^F = \sigma_{i,j} - [(1 - S_r)u_a + S_r u_w] \quad (1)$$

ここで、 $\sigma_{i,j}$ は全応力、 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。

2.4 試験条件

初期サクシオンの影響の検証ではひずみ速度 0.1%/min で、ひずみ速度の影響の検証では、初期サクシオン 10kPa でせん断試験を行った。本報では初期サクシオン 10、30、50、70kPa、そしてひずみ速度 0.1、0.01、0.005%/min の結果について示す。また、2.2 節で述べたようにせん断試験前に初期サクシオンで排水圧密過程を行った。表 2 に排水圧密過程後の供試体諸量を示す。

表 2 排水圧密過程後の供試体諸量

略号	飽和度 S_r (%)	含水比 w (%)	間隙比 e	排水量 (cm ³)
U10-0.1	51.52	13.04	0.673	1.775
U30-0.1	51.84	13.05	0.670	1.730
U50-0.1	51.82	12.93	0.664	2.274
U70-0.1	51.21	12.73	0.662	3.058
U10-0.01	53.99	13.62	0.671	0.145
U10-0.005	54.03	13.57	0.668	0.485

3. 試験結果

3.1 初期サクシオンの影響

図2に各初期サクシオンにおける試験結果を示す。応力-ひずみ関係を見ると、初期サクシオンが大きいほど軸差応力が大きくなり、骨格応力径路においても大ひずみ時の平均骨格応力が大きくなっている。また、大ひずみ時の応力比は、初期サクシオンの小さい2ケースでは1.51、大きい2ケースでは1.46となった。軸ひずみ-体積ひずみ関係では、どのケースもほぼ同じ値を示している。間隙圧は共に初期サクシオンが大きいほど小さくなっており、サクシオンでは逆に初期サクシオンが大きいほど大きくなり、また初期サクシオンが大きいケースではせん断開始時にサクシオンが大きく低下した。

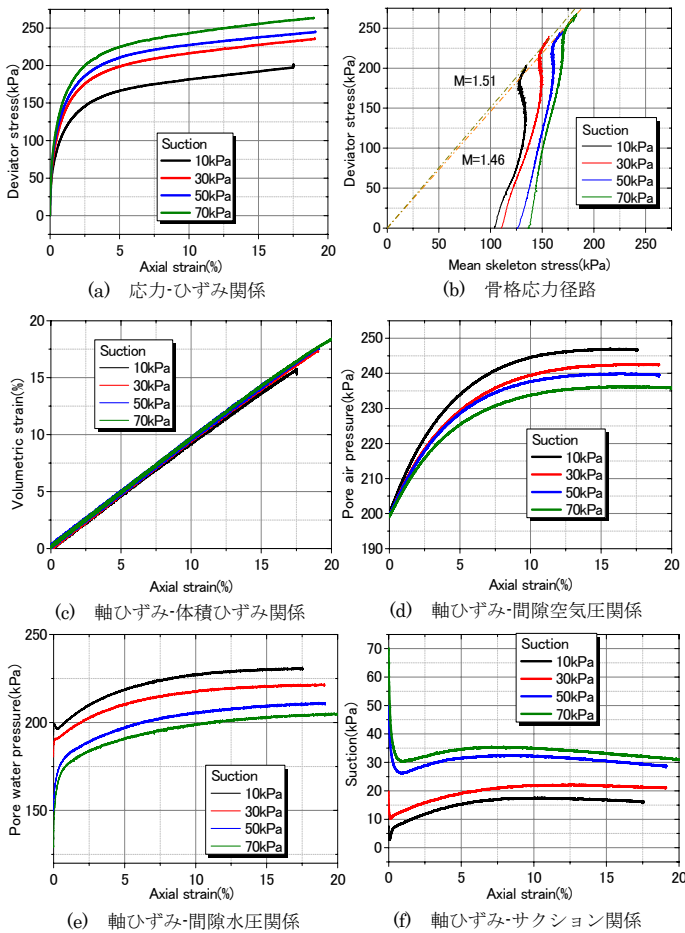


図2 初期サクシオンの影響

3.2 ひずみ速度の影響

図3に各ひずみ速度における試験結果を示す。応力-ひずみ関係を見ると、大ひずみ時の軸差応力はひずみ速度 0.1%/min のケースで最も小さく、ひずみ速 0.01、0.005%/min のケースではほぼ同じ値を示した。骨格応力径路を見ると、ひずみ速度 0.1%/min では一旦平均骨格応力が減少しているが、他のひずみ速度の小さいケースでは見られず、大ひずみ時の平均骨格応力はひずみ速度 0.1%/min のケースで最も小さい。以上のように、飽和土の時間依存性とは異なる傾向を示す理由として

は、体積圧縮による効果や間隙流体の時間依存性の影響が考えられるが、今後さらに種々の条件で試験を行い検討する必要がある。大ひずみ時の応力比はひずみ速度の違いによらず 1.51 と得られた。軸ひずみ-体積ひずみ関係では、大ひずみ時にひずみ速度が小さいほどより体積ひずみが大きくなっている。間隙水圧は、ひずみ速度が大きいほど大きく発生している。

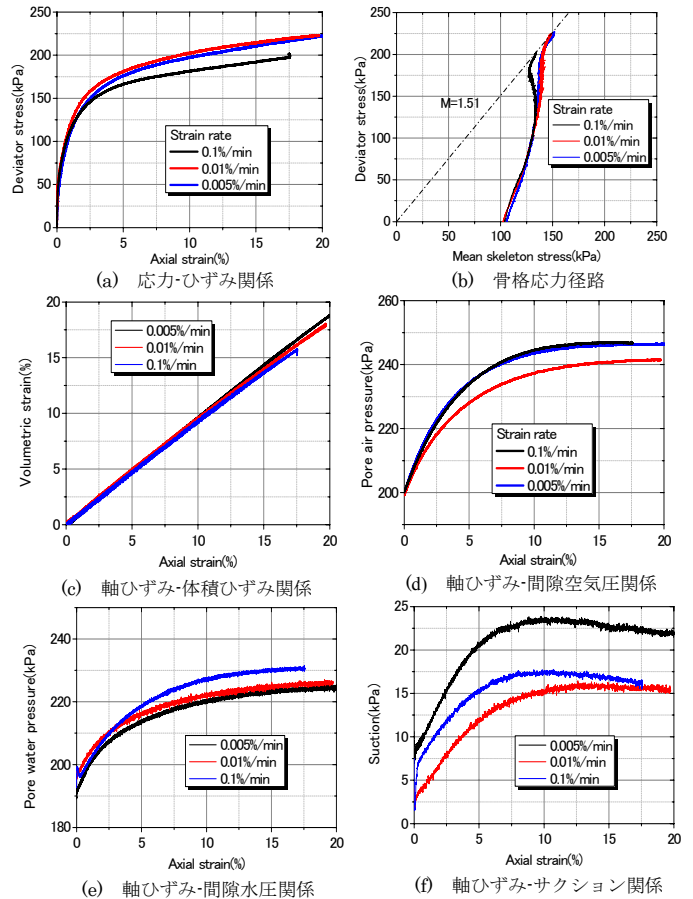


図3 ひずみ速度の影響

4. まとめ

不飽和砂を用いて非排気-非排水条件下で種々の初期サクシオン、ひずみ速度で三軸試験を行った。その結果、初期サクシオンが大きいほど強度が大きくなり初期サクシオン依存性が確認された。ひずみ速度依存性についてはひずみ速度が大きいケースで軸差応力が小さくなる傾向を示した。

5. 参考文献

- 1) 松本真明：平成21年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，III-6.
- 2) Jommi, C.: Experimental Evidence and Theoretical Approaches in Unsaturated Soils, Tarantino, A. and Mancuso, C. eds., Balkema, pp.139-153, 2000.
- 3) Oka, F. et al.: Proc. 1st European Conference on Unsaturated Soils, Balkema, CRC Press, pp. 735-741, 2008.