

非排気-非排水条件下における不飽和砂質土のせん断特性に関する実験的研究

京都大学大学院
京都大学大学院
京都大学大学院
京都大学大学院
(現竹中土木) 京都大学大学院

学生会員
正会員
フェロー会員
正会員
正会員

○森本 恭弘
木元 小百合
岡 二三生
肥後 陽介
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ジョ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。

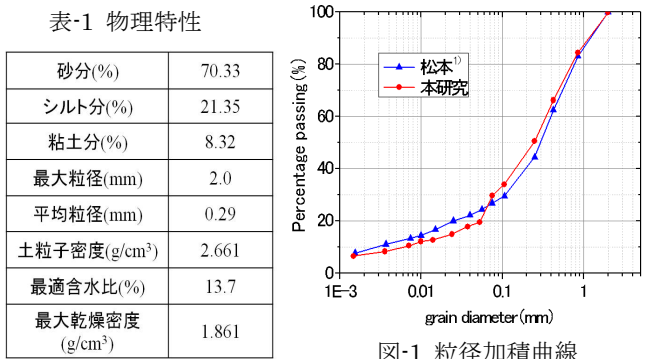


図-1 粒径加積曲線

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 を所定のサクシジョン $s = u_a - u_w$ 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 σ'_{ij} ²⁾³⁾を用いている。

$$\sigma'_{ij} = \sigma_{ij} - P^F \delta_{ij} = \sigma_{ij} - [(1 - S_r)u_a + S_ru_w] \delta_{ij} \quad (1)$$

ここで、 σ_{ij} 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、 δ_{ij} はクロネッカーのデルタである。

2.2 試験条件

初期サクシジョ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、初期サクシジョン 10kPa でせん断試験を行った。本報では初期サクシジョン 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、2.1 節で述べたようにせん断試験前に初期サクシジョ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

初期サクシジョン (kPa)	ひずみ速度 (%/min)	飽和度 S_r (%)	間隙比 e	排水量 (cm ³)
10	0.1	51.52	0.673	1.775
30	0.1	51.84	0.670	1.730
50	0.1	51.82	0.664	2.274
70	0.1	51.21	0.662	3.058
10	0.01	53.99	0.671	0.145
10	0.005	54.03	0.668	0.485

3. 試験結果

3.1 初期サクシジョンの影響

図-2 に各初期サクシジョンにおける試験結果を示す。応力-ひずみ関係を見ると、初期サクシジョンが大きいほ

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、初期サクシジョンの小さい2ケースでは1.51、大きい2ケースでは1.46と、初期サクシジョンの大小で差が発生した。軸ひずみ-体積ひずみ関係では、各ケースともほぼ同じ値を示した。間隙空気圧、間隙水圧は共に初期サクシジョンが大きいほど小さくなり、サクシジョンでは逆に初期サクシジョンが大きいほど大きくなっているが、せん断開始とともに大きく減少するという共通の挙動を示した。

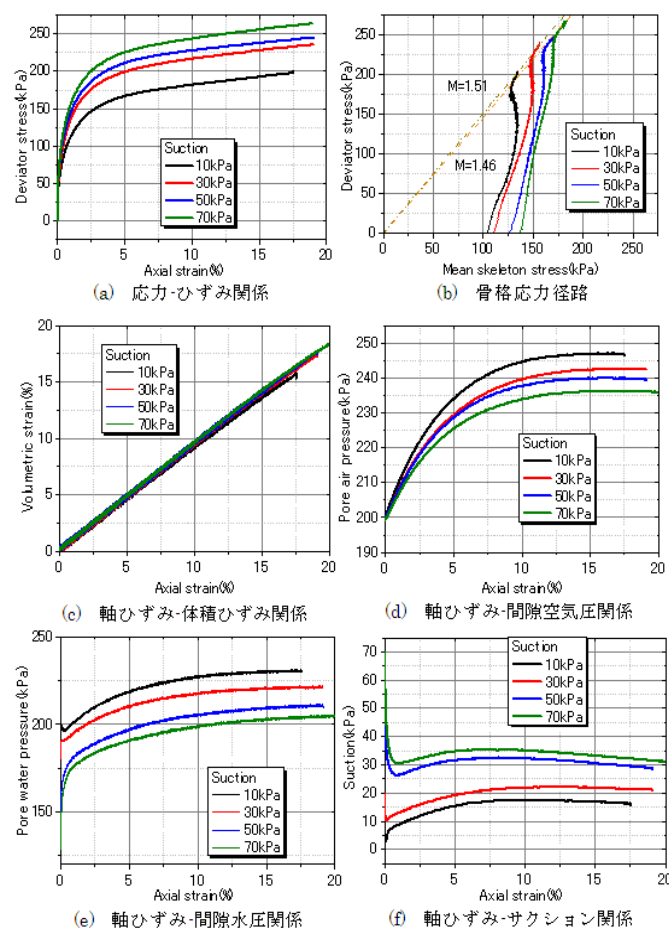


図-2 初期サクシジョンの影響

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、ひずみ速度 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減少せず、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。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なった。

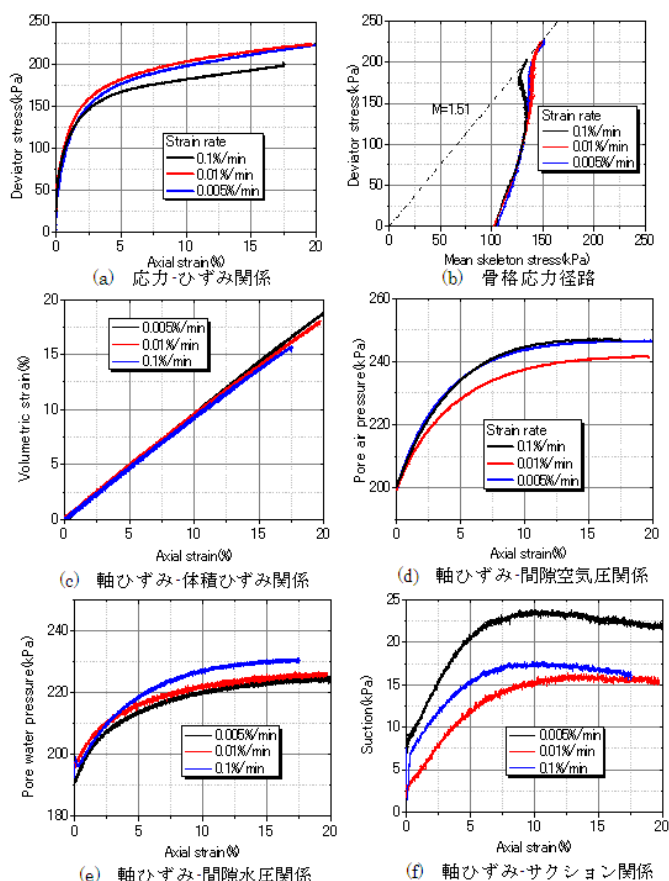


図-3 ひずみ速度の影響

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ジョン、ひずみ速度で三軸試験を行った。その結果、初期サクシジョンが大きいほど強度が大きくなり初期サクシジョ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。このように飽和土のひずみ速度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ひずみ速度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。

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，第Ⅲ部門，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., Feng, H., Kimoto, S., Kodaka, T and Suzuki, H.: Proc. 1st European Conference on Unsaturated Soils, Balkema, CRC Press, pp. 735-741, 2008.