

不飽和砂質土の非排気-非排水条件下における繰返し三軸試験

京都大学大学院 学生会員 ○狩野 修志  
 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  
 (現西日本旅客鉄道) 京都大学大学院 正会員 松本 真明

1. 研究の目的および背景

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十分解明されていない。本研究では砂質土を用いて非排気-非排水条件下で繰返し載荷試験を行い、その強度・変形特性について調べた。また、従来三軸試験装置のペDESTALに用いられているセラミックディスクの代わりに排水性の高い微細多孔質膜<sup>1)</sup>を用い、その影響について検討した。

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。

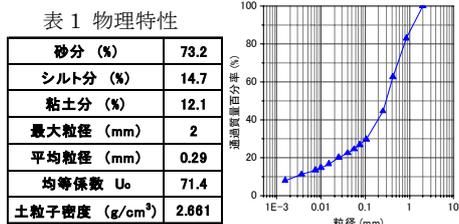


図1 粒径加積曲線

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100mm、直径50mm、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/吸水過程を行い、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、体積変化を算定している。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微細多孔質膜を挟んだペDESTAL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で計測しており、非排気試験を行う際は、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、応力変数として骨格応力 $\sigma'_{ij}$ <sup>2) 3)</sup>を用いている。平均骨格応力 $\sigma'_m$ は次式で定義される (1)

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

ここで、 $\sigma_m$ は平均全応力、 $P^F$ は平均間隙圧<sup>2)</sup>、 $S_r$ は飽和度、 $u_a$ は間隙空気圧、 $u_w$ は間隙水圧である。

2.3 微細多孔質膜

本研究では微細多孔質膜を2重にして試験を行った。

膜とセラミックディスクの仕様を表2に、写真を図2に示す。

	微細多孔質膜	セラミックディスク
A.E.V.(kPa)	250	200
厚さ(mm)	0.14	7
直径(mm)	20	42
透水係数(cm/sec)	$2.1 \sim 4.1 \times 10^{-6}$	$1.5 \sim 1.8 \times 10^{-7}$

図2 試験に用いたペDESTAL (a)セラミックディスク付きペDESTAL (b)微細多孔質膜装着時のペDESTAL



2.4 試験条件

ひずみ速度0.1%/min、応力振幅50kPaでせん断試験を行った。本報では初期サクシオン10,50kPa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/吸水過程を行った。表3に排水/吸水過程前後の供試体諸量を示す。

表3 排水/吸水過程前後の供試体諸量

	排水/吸水過程前			排水/吸水過程後			圧密時間 (hour)
	w (%)	Sr (%)	e	w (%)	Sr (%)	e	
微細多孔質膜サクシオン10kPa	13.6	53.8	0.672	13.2	53.7	0.651	120
セラミックディスクサクシオン10kPa	12.9	53.0	0.645	12.8	53.5	0.632	24
微細多孔質膜サクシオン50kPa	13.7	55.1	0.659	12.6	52.8	0.630	48
セラミックディスクサクシオン50kPa	13.1	52.7	0.662	12.7	52.5	0.642	24

3. 試験結果

3.1 初期サクシオン10kPa

図3にひずみ速度0.1%/min、応力振幅50kPa、初期サクシオン10kPa、微細多孔質膜とセラミックディスクのケースの試験結果を示す。軸ひずみ-体積ひずみ関係をみると、両者ともほぼ同様の挙動を示した。間

キーワード 不飽和土, 繰返し三軸試験, サクシオン  
 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学4CクラスターC1棟

TEL 075-383-3193

隙空気圧と間隙水圧については、セラミックディスクの場合は初期には上昇するが 100 (min)以降はほぼ一定となっているのに対し、微細多孔質膜の場合は水圧、空気圧とも上昇し続けた。また、微細多孔質膜のケースでは間隙水圧の上昇量が間隙空気圧の上昇量よりもやや大きいため、サクシオンは若干減少している。図 3 (c) に示す骨格応力経路では、間隙圧力の上昇により、微細多孔質膜のケースのほうが平均骨格応力の減少が大きい。

少が大きくなった。

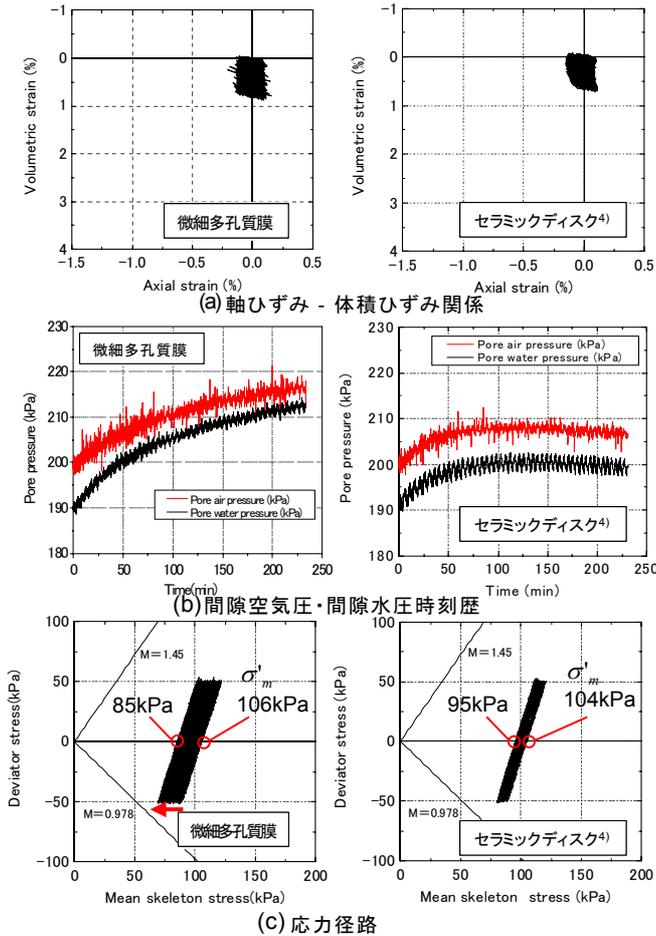


図 3 初期サクシオン 10kPa

3.2 初期サクシオン 50kPa

図 4 にひずみ速度 0.1%/min, 応力振幅 50kPa, 初期サクシオン 50kPa のケースの試験結果を示す。軸ひずみ-体積ひずみ関係をみると、微細多孔質膜の方が体積ひずみは圧縮側に大きく出た。間隙空気圧と間隙水圧は、微細多孔質膜のケースでは間隙空気圧が上昇して、間隙水圧が間隙空気圧に漸近しサクシオンが減少していった。セラミックディスクのケースでは間隙空気圧は上昇せず、間隙水圧が上昇することでサクシオンが減少した。応力経路は初期サクシオン 10kPa のケースと同様に、微細多孔質膜の方が平均骨格応力の減

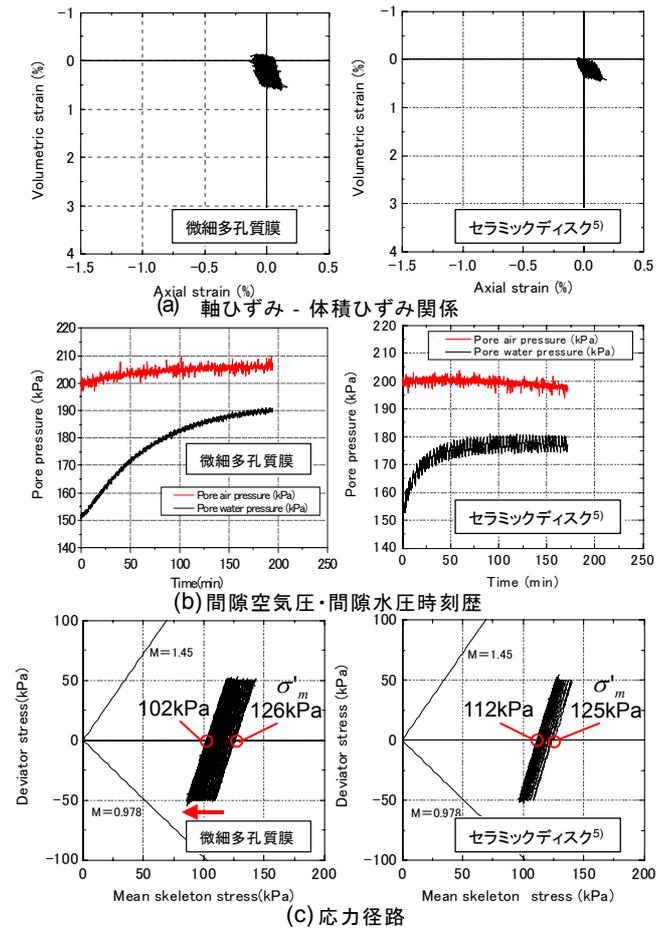


図 4 初期サクシオン 50kPa

4. まとめ

初期サクシオン 50kPa のケースの方が圧縮体積ひずみの発生量が小さく、サクシオンによる強度増加が確認できた。また、微細多孔質膜のケースのほうがセラミックディスクのケースに比べて、せん断中の間隙水圧、間隙空気圧の上昇が大きいという傾向がみられた。

謝辞

本研究は「平成 22 年度国土交通省道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の一部として実施した。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 西村友良, 古関潤一: 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集, 3-009, pp.197-198, 2007.
- 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, Durham, pp.735-741, 2008.
- 4) 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, 2009.
- 5) 松本真明: 第 44 回地盤工学研究発表会, 平成 21 年度発表講演集, pp.657-658, 2009.