

低拘束圧条件下における豊浦砂の繰返し特性に関する実験的研究

名古屋工業大学 学生会員 ○白井 勇有, 細谷 旭弘
 非会員 顧 琳琳
 正会員 張 鋒, 岩井 裕正

1. はじめに

地震時における地盤の挙動や液状化を精巧に評価するために、要素試験だけでなく、数値解析を用いることがある。地盤材料の変形特性を精度よく表現するために、要素試験によって種々の拘束圧条件下で土の力学挙動を把握しなければならない。これまで、あまり試験が実施されていない低拘束圧条件下 ($\sigma'_{m0} \leq 49\text{kPa}$) に着目し、密度の異なる砂の非排水繰返し三軸試験を行い、豊浦砂の力学挙動を検証してきた。その結果、特に、低拘束圧条件下ではメンブレンの張力が結果に影響していると考えられ、今回、より薄いメンブレン (0.15mm) を用いて、メンブレンの違いによる影響を検討した。

2. 試験概要

本試験では、動的三軸試験機を用いて非排水繰返し三軸試験を行った。試験には豊浦砂を試料とした直径 5cm, 高さ 10cm の円柱供試体を使用している。Table 1 に豊浦砂の物理特性を示す。供試体は水中落下法で作製し、突固めなしの緩詰め状態と 3 層に分けて 15 回ずつ突固めた中密な状態とした。また、本試験ではラテックス製のメンブレン(厚さ 0.20mm と 0.15mm)の 2 種類を使用している。

Table 1 豊浦砂の物理特性

土粒子の比重 G_s	2.65	最大間隙比 e_{max}	0.975
平均粒径 $D_{50}(\text{mm})$	0.173	最小間隙比 e_{min}	0.609
均等係数 U_c	1.65		

3. 試験結果

緩詰めと中密な砂を対象に、初期拘束圧が 5kPa, 10kPa, 20kPa の条件下で、繰返しせん断応力比 $q/2\sigma'_{m0} = 0.15, 0.20, 0.25$ における非排水繰返し三軸試験を行った。緩詰め供試体の試験条件を Table 2, 中密供試体の試験条件を Table 3 に示す。ここで、 $DA=5\%$, $DA=10\%$ はそれぞれの両振幅ひずみが 5%, 10% に達するまでの繰返し回数を示す。両振幅ひずみが 10% に達するか収束した場合、試験終了としている。載荷周波数は全試験で 0.01Hz である。メンブレンによる比較を示した緩詰め供試体, 中密供試体における試験結果をそれぞれ Fig.1, Fig.2, 液状化強度曲線を Fig.3 に示す。なお、本稿では紙面の都合上、 $\sigma'_{m0} = 5, 10, 20\text{kPa}$, $q/2\sigma'_{m0} = 0.25$ にお

ける試験結果のみ掲載する。

Table 2 試験条件(緩詰め)

membrane (mm)	0.20			0.15		
σ'_{m0} (kPa)	5	10	20	5	10	20
Dr (%)	34	17	16	37	34	20
$DA=5\%$	1.64	1.07	1.06	0.55	1.08	0.98
$DA=10\%$	2.24	2.69	2.15	0.65	2.08	1.00

Table 3 試験条件(中密)

membrane (mm)	0.20			0.15		
σ'_{m0} (kPa)	5	10	20	5	10	20
Dr (%)	83	61	60	64	51	63
$DA=5\%$	7.14	5.67	6.20	22.70	8.76	14.84
$DA=10\%$	—	16.22	16.40	54.58	22.14	37.72

[a]は有効応力経路, [b]は偏差応力～軸ひずみの関係を表すグラフである。

まず、緩詰め砂の有効応力経路に着目すると、20kPa ではメンブレンの違いに依らず、どちらでもサイクリックモビリティを経て液状化している。一方、5kPa, 10kPa では、載荷直後から有効応力が 0 に向かい、液状化している。また、Fig.1[b]の応力～ひずみ関係より、メンブレンが薄い方が軸ひずみは大きく発生している。

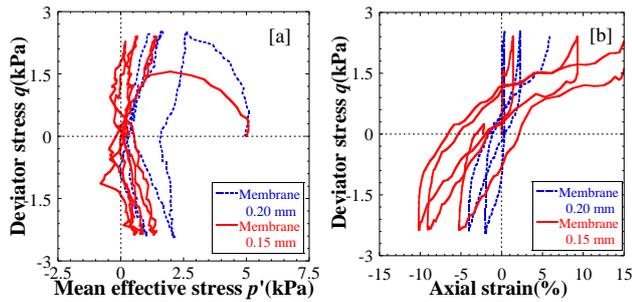
次に、中密な砂に着目すると、20kPa ではメンブレンの違いによる結果の差は小さいが、5kPa, 10kPa のケースでは伸張側へのひずみが大きくなっており、メンブレンを改良した効果が確認できる。しかし、5kPa の場合では依然として圧縮側にひずみが偏る傾向があり、メンブレンの影響が残っていると考えられる。

次に、緩詰め、中密それぞれの 5kPa に着目すると、サイクリックモビリティ挙動が原点を超えた負の位置で発生している。これより、薄いメンブレンを用いても、拘束圧が小さいほど、メンブレンの引張に対する抵抗力が無視できないことがわかる。

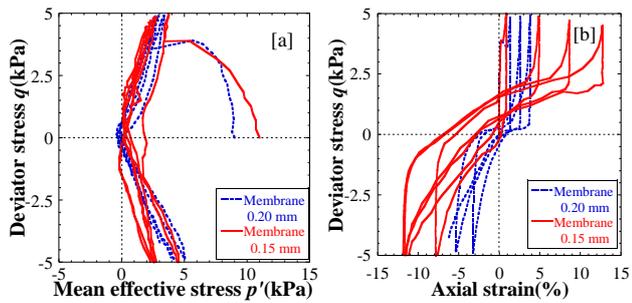
最後に、液状化強度曲線に着目すると、0.20mm メンブレンでは応力比が大きくなるほど $DA=5\%$ に達するまでの繰返し載荷回数が小さくなる結果が得られたが、0.15mm メンブレンでは不規則な結果となった。

4. まとめ

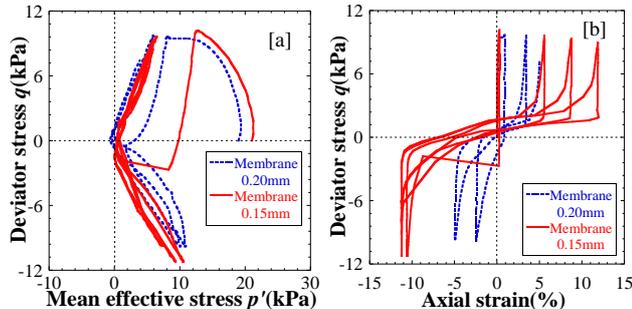
メンブレンを薄くすることにより、その剛性による影響が従来と比べて小さくなったと考えられるが、拘束圧が小さくなるほど、その影響は依然として無視できないことがわかった。また、繰返し載荷回数においては結果に規則性が見られなかったため、今後は、0.15mmメンブレンを使用した繰返し三軸試験の再現性を、繰返し載荷回数も含めて確認し、供試体に与える影響を検討していきたい。



[1] 初期拘束圧 5kPa

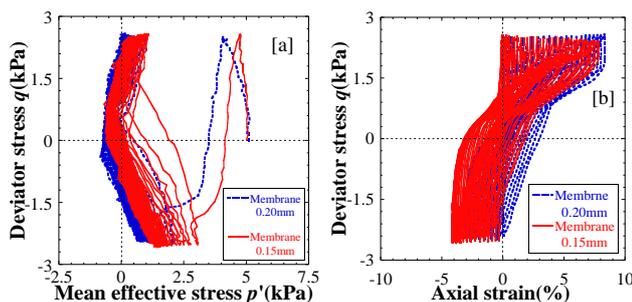


[2] 初期拘束圧 10kPa

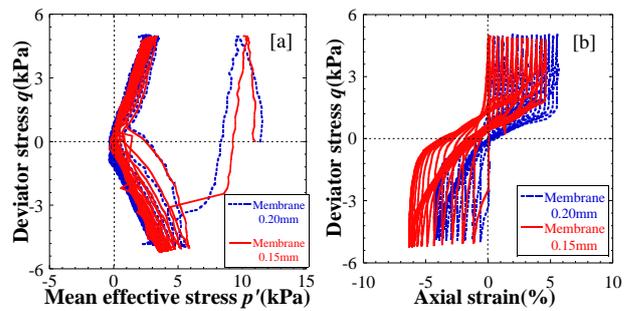


[3] 初期拘束圧 20kPa

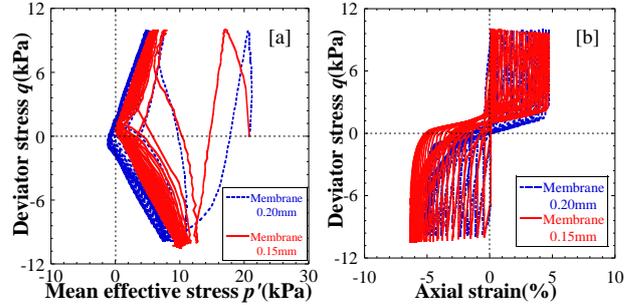
Fig. 1 非排水繰返し三軸試験(緩詰め)



[1] 初期拘束圧 5kPa



[2] 初期拘束圧 10kPa



[3] 初期拘束圧 20kPa

Fig. 2 非排水繰返し三軸試験(中密)

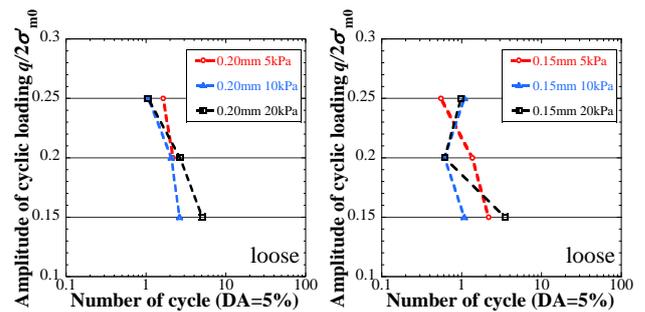


Fig. 3-1 緩詰めの液状化強度曲線
(左 : 0.20mm, 右 : 0.15mm)

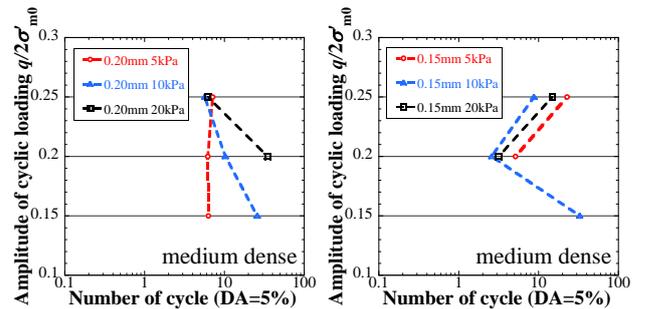


Fig.3-2 中密の液状化強度曲線
(左 : 0.20mm, 右 : 0.15mm)

参考文献

1) Ye, B.(2007): Experiment and Numerical Simulation of Repeated Liquefaction – Consolidation of Sand, Doctoral Dissertation, Gifu University