

低拘束圧せん断試験装置の改良

- 側方拘束条件とメンブレンの張力が低拘束圧下でのせん断特性に及ぼす影響 -

中央大学理工学部土木工学科 正会員 國生 剛治

中央大学理工学部土木工学科 学生会員 佐藤 拓

中央大学理工学部土木工学科 学生会員 ○緒方 慎吾

1. はじめに

非粘性土から成る斜面では地盤表層から破壊が発生する場合が多く、この現象を解明する上において、また重力場での模型実験の結果の解析においても、低拘束圧下での力学特性を知ることは重要である。現在、既存の試験装置を用いて低拘束圧下でのせん断試験を行うのは困難であることからあまり行われておらず、その力学特性は十分に解明されていない。

これまで本研究では載荷装置に機械的な問題が少なくなるように考案された低拘束圧せん断試験装置を用いて低拘束圧下での飽和砂の排水単調載荷せん断試験を行ってきた。しかし側方拘束が不十分である等の機械的問題が残ることから、今回、側方拘束の方法にさらに改良を加え初期直応力 9.3kPa 下で飽和砂の排水単調載荷せん断試験を行い、結果についての比較を通して試験装置の改良方法を検討した。

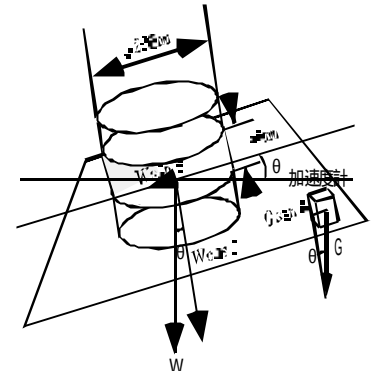


図-1 低拘束圧せん断試験装置概念図

2. 試験方法

本研究で用いている低拘束圧せん断試験装置の概念図を図-1に示す。この試験装置では、ゴムメンブレンの中に作成した直径 200mm 厚さ 40mm の供試体の上部に載荷盤および重りをのせ、回転底板と共に傾けていくことにより自重のみで直応力とせん断応力を加える。側方拘束リング、載荷盤および重りにかかる重力の傾斜面に平行な成分がせん断応力 τ として供試体に作用する。回転底板の傾斜角を θ 、 $\theta = 0$ の時の直応力を σ_0' とおくと、せん断応力は $\tau = \sigma_0' \sin \theta$ 、直応力は $\sigma' = \sigma_0' \cos \theta$ と定義される。角度 θ は、回転底板上に設置した容量 1 G の加速度計により測定する。勾配の変化によって、直応力も変化してしまう点を考慮する必要があるが、 θ を正確に計測しておくことで、微小応力下の高精度のせん断試験が可能である¹⁾。

表-1 豊浦砂の物理特性

試料名	ρ_s (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}	D_{50}	U_c
豊浦砂	2.640	0.977	0.605	0.18	1.7

今回、供試体側方の拘束方法としてリン青銅板拘束リングと、アクリル製拘束リングの二種類を試み、さらに後者の場合、ゴムメンブレンの厚さを通常の 0.5mm と 0.2mm とした場合との比較も行った。供試体のせん断および垂直ひずみはギャップセンサーにより非接触状態で計測した載荷盤の変位から求め、体積ひずみは供試体の排水量を測定することにより求めた。本研究で用いた豊浦標準砂の物理特性を表-1に示す。試料はウェットタンピング法により規定の密度に調整した。

今回、供試体側方の拘束方法としてリン青銅板拘束リングと、アクリル製拘束リングの二種類を試み、さらに後者の場合、ゴムメンブレンの厚さを通常の 0.5mm と 0.2mm とした場合との比較も行った。

供試体のせん断および垂直ひずみはギャップセンサーにより非接触状態で計測した載荷盤の変位から求め、体積ひずみは供試体の排水量を測定することにより求めた。本研究で用いた豊浦標準砂の物理特性を表-1に示す。試料はウェットタンピング法により規定の密度に調整した。

3. 試験結果及び考察

本研究では回転角速度を約 1(°/min)に固定した応力制御で試験を行うため、何らかの方法で破壊点を定めることが必要である。図-2 のひずみ速度時刻歴から相対密度、拘束条件、メンブレン厚によらずひずみ速度が 0.1(%/s)に達した時点でひずみが急激に増加しているため、本研究ではこのひずみ速度に達した時点をもって破壊とする。図-3 は初期直応力 9.3kPa 下での応力比とせん断ひずみの関係を示したものである。側方拘束にはリン青銅板を用い、メンブレンは厚さ 0.5mm とした。

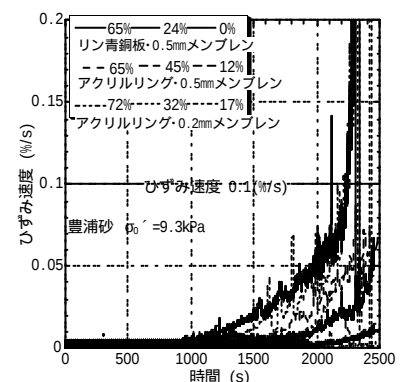


図-2 ひずみ速度時刻歴

図-3 は初期直応力 9.3kPa 下での応力比とせん断ひずみの関係を示したものである。側方拘束にはリン青銅板を用い、メンブレンは厚さ 0.5mm とした。縦軸には τ/σ' で定義される応力比をとっている。図中の○印は、本研究で定義した破壊点である。この図から供試体が密になるにつれてせん断強度、せん断剛性は大きくなっていき、破壊点以降の応力比の増加も見られなく

キーワード 拘束圧 砂 相対密度 排水せん断強度

連絡先 中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel03-3817-1799

なる。これらの傾向は図-4 のアクリルリング・0.5mm 厚のメンブレンを用いた時や図-5 のアクリルリング・0.2mm 厚のメンブレンを用いた試験結果においても同様である。図-3 と図-4 から、同程度の Dr では後者の方が大きなせん断強度を発揮している。これはリン青銅板の場合せん断ひずみの増加に伴い面外座屈が生じるため、アクリルリングの方が側方拘束が大きくなったと考えられる。図-4 と図-5 から後者の方が破壊点以降の応力比の増加は少なく、せん断強度が小さいことがわかる。これはせん断変形に対してメンブレンの張力が抵抗しており、後者の方がメンブレンの張力が低いことからせん断強度が小さくなったと考えられる。

図-6 は初期直応力 9.3kPa 下での垂直および体積ひずみとせん断ひずみの関係を示したものである。側方拘束にはリン青銅板を用いメンブレンは厚さ 0.5mm とした。この図から緩詰め供試体であっても一度沈下した後に膨張傾向を示すことが分る。この傾向は図-7 のアクリルリングを用いた時や図-8 のアクリルリング・0.2mm 厚のメンブレンを用いた場合でも同様であり、 $Dr=0 \sim 20\%$ 程度の緩い供試体でも低拘束圧下では正のダイレイタンスが起きやすい事が分る。図-6 では体積ひずみは膨張及び沈下の挙動を示すが図-7 では膨張のみの挙動を示す。これは供試体内の間隙水がアクリルリングの隙間に入り込むことが一因だと考えられる。これにより垂直ひずみと体積ひずみは図-6 程には一致しない。図-8 では Dr によっては大きな沈下の挙動を示し、膨張、沈下の幅も大きく生じている。これは垂直および体積ひずみにはメンブレンの垂直方向の張力の違いが影響しているためと考えられる。

4. まとめ

以上より供試体側方の拘束方法として、大ひずみ域においても側方拘束を十分に行えるアクリルリングを使用し、張力の小さな 0.2mm のゴムメンブレンを用いることが適当であることが分った。ただし排水量測定による体積ひずみの信頼性は低いいため、ギャップセンサーを用いた垂直ひずみに注視すべきであると思われる。

<参考文献>

- 1) 國生剛治、佐藤拓、岩本一平 (2002): 低拘束圧下における排水単調載荷試験での砂の強度特性

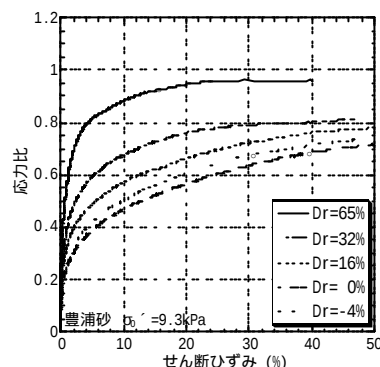


図-3 応力比-せん断ひずみ関係
(リン青銅板・0.5mm メンブレン)

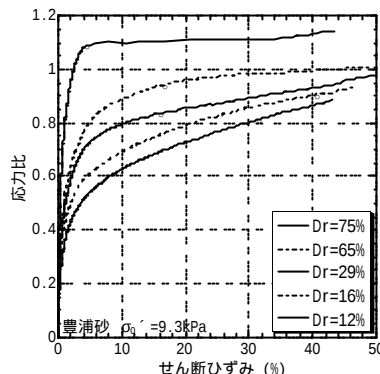


図-4 応力比-せん断ひずみ関係
(アクリルリング・0.5mm メンブレン)

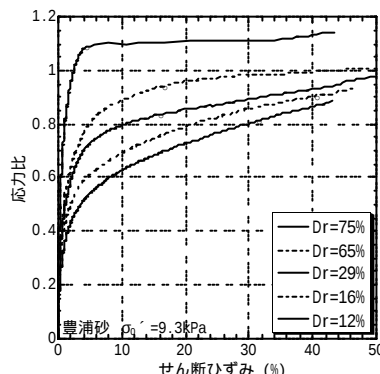


図-5 応力比-せん断ひずみ関係
(アクリルリング・0.2mm メンブレン)

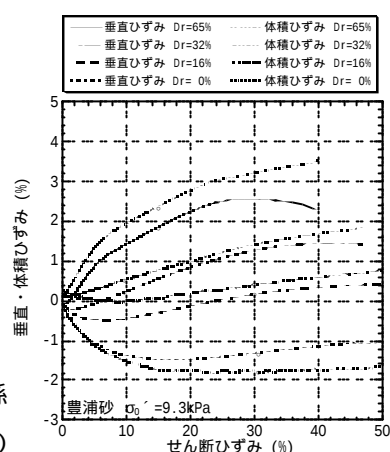


図-6 垂直・体積ひずみ-せん断ひずみ関係
(リン青銅板・0.5mm メンブレン)

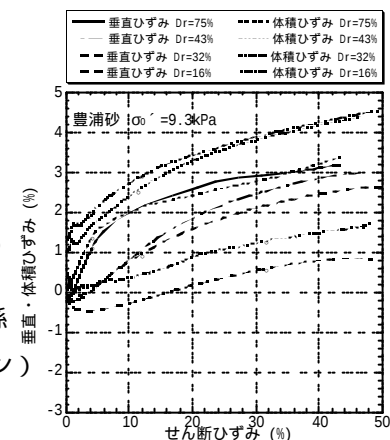


図-7 垂直・体積ひずみ-せん断ひずみ関係
(アクリルリング・0.5mm メンブレン)

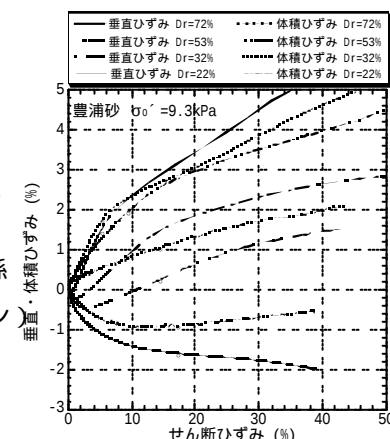


図-8 垂直・体積ひずみ-せん断ひずみ関係
(アクリルリング・0.2mm メンブレン)