

拘束圧の変化が低拘束圧下での砂の強度及びダイレイタンシー特性に与える影響

中央大学 学生会員 佐藤 拓
 中央大学 正会員 國生 剛治
 中央大学 学生会員 緒方 慎吾

1. はじめに

砂礫などの非粘性土からなる斜面における地盤表層部での破壊モードの検討及び重力場での模型地盤の結果の解釈をするうえで、低拘束圧下でのせん断特性を解明することは必要不可欠である。低拘束圧下でのせん断特性に及ぼす試験装置の機械的な摩擦の影響は極めて大きくなるため、既存の試験装置を用いての試験では、多くの問題を克服しなければならない。本研究では回転型の低拘束圧単純せん断試験装置を開発し、3段階の初期直応力下での単調載荷排水せん断試験を行い、低拘束圧下での砂の強度及びダイレイタンシー特性についての検討を行った。

2. 試験装置

図-1 は本研究で開発した低拘束圧下でのせん断試験を可能にする回転型の単純せん断試験装置の概念図を示したものである。この試験装置では複雑な載荷装置を用いるのではなく、回転底板上に下ペダスタル、供試体、載荷盤及びおもりを設置し、回転底板を徐々に傾けていくことによりせん断試験を行う。載荷盤及びおもりにかかる重力の斜面に平行な成分がせん断力 となり、垂直な成分は直応力 として供試体に作用する。試料に直応力とせん断応力をなるべく一様に加えるため、載荷盤やおもりなどの重心及び回転の中心は試料の中心に一致させている。回転底板の傾斜角を θ とし、 $\theta = 0$ の時の直応力を W_0 とすれば、 $W_s = W_0 \sin \theta$ 、直応力は $W_c = W_0 \cos \theta$ となる。角度 θ は、回転底板上に設置した定格容量 $\pm 1G$ の加速度計により測定できる。勾配の変化によってせん断応力とともに直応力も変化することになる点はこの試験機の短所であるが、斜面角度さえ正確に計測しておけば、微小応力下での高精度のせん断試験が可能である特長を持っている¹⁾。

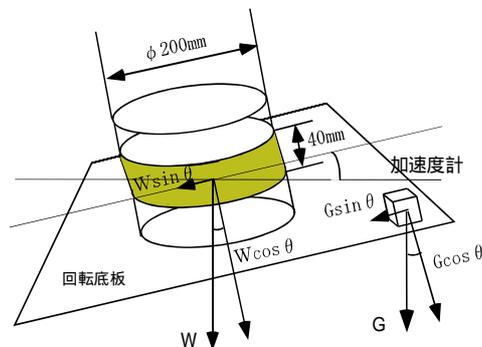


図-1 回転型低拘束圧単純せん断試験装置の載荷概念

3. 試料及び試験方法

試料に用いた豊浦標準砂の物理特性を表-1 に示す。供試体は直径200mm 高さ40mmの円盤形であり、試料を3から5層に分け、ウェットタッピング法により作成している。供試体の側方は厚さ0.2mmのメンブレンにより覆われており、更にその外側は、外径220mm 内径200mm 厚さ4mmのアクリル製拘束リングを10枚重ねることで拘束している。供試体上部に設置したおもりを調節することにより、9.3kPa、4.4kPa、2.0kPaの三段階の初期直応力で試験を行った。載荷速度は、排水条件を十分満足するように0.000265rad/sとしている。

表-1 豊浦標準砂の物理特性

試料名	s_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

4. 試験結果及び考察

図-2 は初期直応力9.3kPa 下における豊浦砂のダイレイタンシー特性を示したものである。縦軸の応力比は σ_1 / σ_3 とし、横軸のダイレイタンシー係数 d_v / d_h は、供試体上部に設置された非接触式変位計であるギャップセンサーにより計測した垂直ひずみの増分を、やはりギャップセンサーで測定したせん断ひずみの増分で除したものと定義している。土の排水せん断試験では、ダイレイタンシー特性図は右上がりの直線になり、ダイレイタンシー係数のピークは応力比のピークと一致するのが一般的であり、その最大値はピーク強度に相当する場合が多い。この図から、ある値までは、ダイレイタンシー係数と応力比の関係は右上がりの直線と見なせる。その後、ダイレイタンシー係数が最大値の状態では応力比は増加する過程を経て、ダイレイタンシー係数は急激に減少していく特異な傾向が見られる。この傾向は密な供試体ほど顕著である。体積収縮のみの供試体では、ダイレイタンシー係数が0以上にならない供試体では、その最大値は0にほぼ一致する。これらの傾向は、図-3、4に示す初期直応力4.4kPa、2.0kPa 下での試験結果においても同様である。また、拘束圧が減少するにつれて、

キーワード 砂，排水せん断，拘束圧

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3817-1799

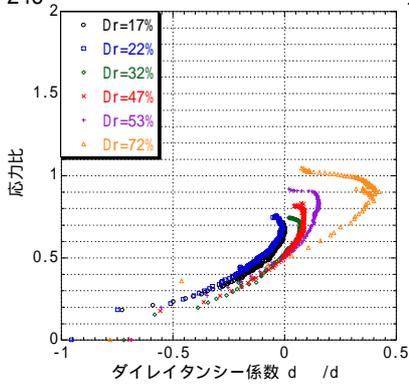


図-2 ダイレイタンスー特性
($\sigma_v0=9.3\text{kPa}$)

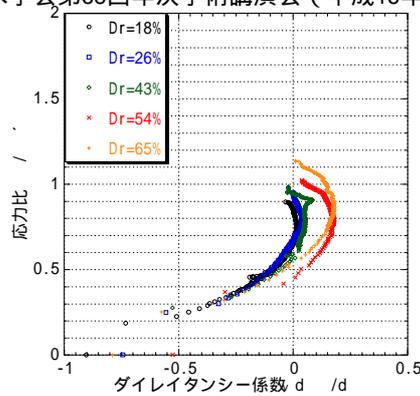


図-3 ダイレイタンスー特性
($\sigma_v0=4.4\text{kPa}$)

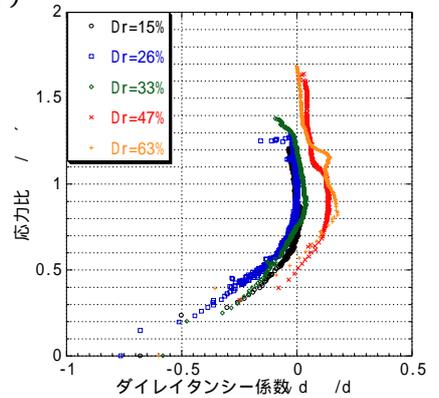


図-4 ダイレイタンスー特性
($\sigma_v0=2.0\text{kPa}$)

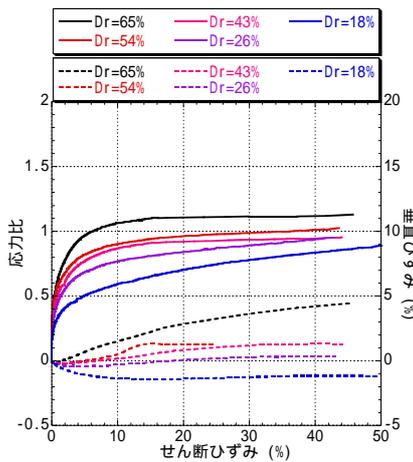
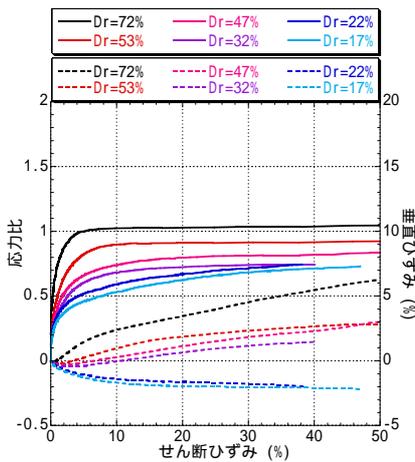


図-6 強度・体積変化特性
($\sigma_v0=4.4\text{kPa}$)

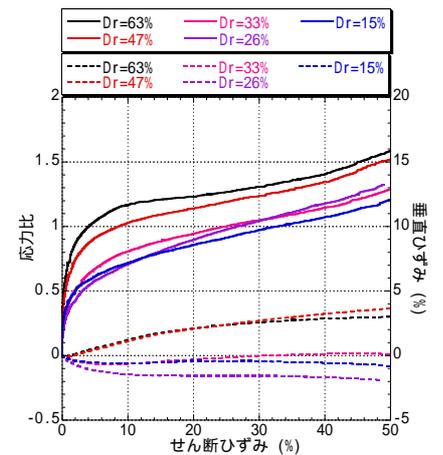


図-7 強度・体積変化特性
($\sigma_v0=2.0\text{kPa}$)

ダイレイタンスー係数がピーク値付近に留まったままで応力比が増加していく傾向がみられた。これは初期直応力2.0kPaで特に顕著である。3者とも直線部分の傾きは同程度であり、密な供試体ほどダイレイタンスー角のピークは大きな値をとった。これらの低拘束圧下での応力比とせん断ひずみ関係の特異性については、装置の機械的な問題との関係も含め、今後検討していく必要がある。

本研究では、応力制御のみの試験となるため何らかの方法で供試体の破壊を定義する必要がある。一般に、ダイレイタンスー係数のピークと応力比のピークは一致することから、図-2 から図-4 でダイレイタンスー係数が急激に減少する直前の応力比をピーク強度と見なして強度に関する考察を行った。この方法により定義した破壊点を、図-5 から図-7 に示す各初期直応力下における強度及び体積変化特性のグラフに印で示した。拘束圧が小さくなるにつれて、同程度の相対密度の供試体での破壊応力比は大きくなっていく傾向が見られる。初期直応力 2.0kPa 下での緩詰め供試体では、破壊ひずみが 50%付近にまで達する結果となった。低拘束圧下ではメンブレン張力の影響が非常に大きくなるため、その影響も補正する必要があると思われる²⁾。

5. まとめ

- ・低拘束圧下でのダイレイタンスー特性は、通常拘束圧下とは異なり、ある値までは右上がりの直線となり、その後応力比は増加し続けるが、ダイレイタンスー係数は急激な曲線を描いて減少していく傾向が見られた。一因としてメンブレン張力が考えられるため、この影響を補正する必要がある。
 - ・ダイレイタンスー特性により破壊点を定義した場合、緩詰め供試体の破壊ひずみは 50%程度になるものもある。
- 今後、データとの比較などによりその妥当性を検討する必要がある。

参考文献

1) 國生剛治、岩本一平、古尾谷幸史(2001)：低拘束圧単純せん断試験機の開発、第36回地盤工学研究発表会
 2) 國生剛治、緒方慎吾、佐藤拓(2003)：低拘束圧単純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 -、土木学会第30回関東支部技術研究発表会