

低拘束圧下における砂の強度・体積変化特性

中央大学
同上
同上

正会員
学生会員
学生会員

國生
岩本
○佐藤

剛治
一平
拓

1.はじめに

低拘束圧下での土の物性を求めるためには微少な応力を高精度で制御できる試験機が必要であり、10kPa程度以下の極低拘束圧下での力学特性は十分に解明されていない。本研究では、きわめて単純な動作原理に基づいて新たに開発した低拘束圧せん断試験機を用いて、極低拘束圧下での実地盤や模型地盤を対象に初期拘束圧 9.3kPa 下での飽和砂の単調載荷排水せん断試験を行った。今回は初期拘束圧 9.3kPa 下での 3 種類の砂の強度・体積変化特性について検討した。

2.試験装置

本研究で用いている単純せん断型の低拘束圧せん断試験機を図-1 に示す。この試験機では、複雑な載荷装置を用いることなく供試体上部に載せた載荷盤及びおもりの自重のみで直応力とせん断応力を加える。回転底板の上に下ペDESTAL、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載荷盤及びおも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 とし、 $\theta = 0$ の時の直応力を σ_0' とすれば、せん断応力は $\tau = \sigma_0' \sin \theta$ 、直応力は $\sigma' = \sigma_0' \cos \theta$ 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する。勾配の変化によって、せん断応力とともに、直応力も変化する点はこの試験機の短所であるが、傾斜角度さえ正確に計測しておけば、微小応力下の高精度のせん断試験が可能である点はこの試験機の大きな特長といえる。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、載荷盤やおもりの重心及び試料の中心は回転軸に一致させている¹⁾。

3.試料及び試験方法

供試体は高さ 40mm 直径 200mm の円盤形であり、供試体作成には試料を 4 層に分け、ウェットタンピング法を用いて規定の密度に調整している。側方拘束には高さ 5mm 厚さ 0.05mm のリン青銅板拘束リング 9 枚を用いている。試料には豊浦標準砂、それと粒度分布の等しくなるように人工配合した利根川砂(試料 A)、及び豊浦標準砂と相似粒度で平均粒径が約 3.8 倍になるよう人工配合した利根川砂(試料 B)の 3 種類の砂を用いた。表-1 に各試料の物理特性を示す。載荷速度は約 1(°/min)とし、排水条件を満足するようにした。

4.試験の結果と考察

図-2 は豊浦砂の初期直応力 9.3kPa 下における応力比とせん

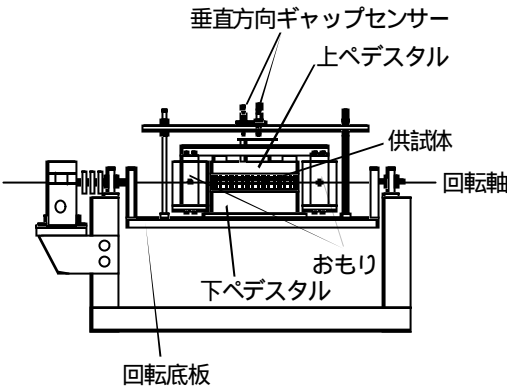


図-1 低拘束圧せん断試験機図

表-1 各試料の物理特性

試料名	$\rho_s(g/cm^2)$	e_{max}	e_{min}	D_{50}	U_c
豊浦砂	2.640	0.977	0.605	0.18	1.7
試料 A	2.696	1.106	0.655	0.18	1.71
試料 B	2.657	0.990	0.656	0.65	1.55

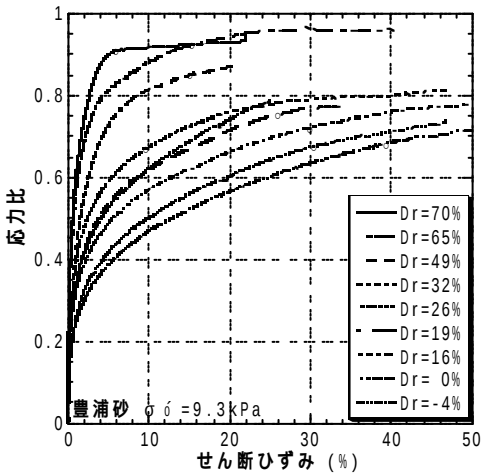


図-2 応力比とせん断ひずみの関係

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 (03) 3817-1799

断ひずみの関係を示したものである。この試験は応力制御で行っているため、本研究ではひずみ速度が 0.1%/s に達した時点破壊点と定義しており、破壊に達した時点を図中に○印で示した。この図から、密詰めの供試体ほどせん断強度及びせん断剛性が大きくなっていくことが分かる。これらの傾向は各試験結果に対しても同様に見られた。試料 A と試料 B の間に大きな差はなかったが豊浦砂と試料 A では後者の方が大きな破壊応力比を発揮した。

図-3 は豊浦砂の初期直応力 9.3kPa 下での垂直ひずみ及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。横軸をせん断ひずみとし縦軸の垂直ひずみ及び体積ひずみは膨張側を正とした。図-2 と同様に図中の○印は破壊点である。この図から、供試体が密になるにしたがって破壊点での勾配 $d\varepsilon_v/d\gamma$ は大きくなっていくことが分かる。相対密度が 10% から 20% の比較的緩詰めの供試体でも激しい膨張傾向を示していることが分かる。これは、低拘束圧下特有のものであるとも考えられるが、この試験装置では試験に際して直応力が減少することも多少影響している可能性がある。この傾向は試料 A 及び試料 B にも同様に見られ、特に試料 B ではほとんど沈下することなく極めて大きな膨張傾向を示した。

図-4 は各試料における初期直応力 9.3kPa 下での破壊応力比と相対密度の関係を示したものである。この図から、各試料とも供試体が密になるにつれて破壊応力比が大きくなること、豊浦砂と試料 A では粒度分布が同じでも破壊応力比は後者の方が 0.12 程度大きくなること、試料 A 及びそれと粒径の異なった試料 B では前者の結果に多少バラツキがあるものの有意な差は見られないことなどが分かる。排水せん断試験では、せん断応力の一部は直応力に抗して供試体の体積を変化させるために使用されているため、この体積変化に相当する仕事量の補正を行った²⁾。その結果、供試体が密になるにしたがって破壊応力比の低下割合が大きくなっていくのが分かる。

エネルギー補正後の豊浦砂と試料 A では前者の破壊応力比の方が大きく低下したため両者の差は 0.15 程度と大きくなった。試料 A 及び粒径がその約 3.8 倍の試料 B では、後者の方が著しい正のダイレイタンスを発揮したため補正後の破壊応力比は後者の方がより大きく低下した。

5. まとめ

- ・ 低拘束圧下では、 $Dr=10\sim 20\%$ といった緩詰めの供試体でも著しく大きな体積膨張が見られた。
- ・ 破壊応力比は各試料とも供試体が密になるに従って大きくなった。
- ・ 同じ利根川砂である試料 A 及び試料 B の粒径の違いによる破壊応力比の有意な差は見られないが、同じ粒度分布の利根川砂と豊浦砂では後者の破壊応力比の方が小さくなった。
- ・ 粒度分布の等しい豊浦砂と試料 A では、エネルギー補正による破壊応力比の変化量に大きな違いは見られない。
- ・ 粒径が大きくなるにつれて供試体の体積が膨張しやすくなり、エネルギー補正の影響は大きくなった。

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) 最上武雄：土質力学(技報堂)

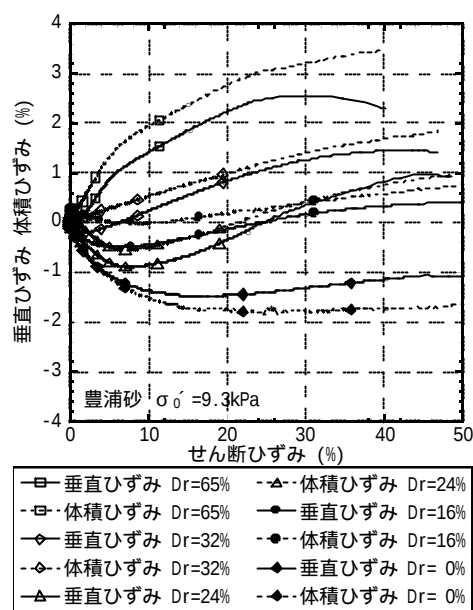


図-3 垂直ひずみ及び体積ひずみとせん断ひずみの関係

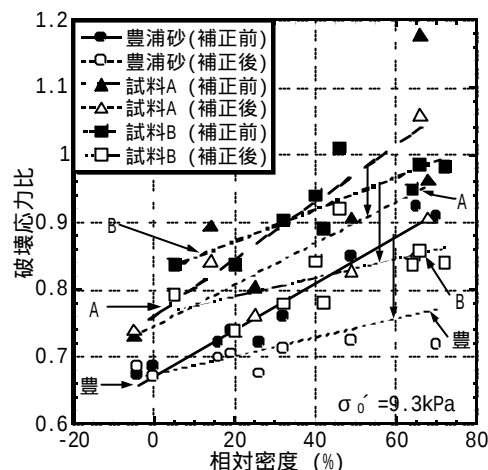


図-4 エネルギー補正による破壊応力比の低下