

堆積角と粒子の扁平率が異なる供試体を用いた一面せん断試験

神戸市立工業高等専門学校 正会員 ○野並 賢
 神戸市立工業高等専門学校 正会員 河原 輝虎
 神戸市立工業高等専門学校 正会員 鳥居 宣之

1. はじめに

一面せん断試験は三軸圧縮試験より簡便にできる特長があるが、両者は堆積面に対するせん断面の方向が異なり、異方性の影響で同じ試料、密度でも異なる強度定数が得られることがある^{例えば 1)}。本研究は一面せん断試験の実用性を高めるため、粒子長軸方向の卓越配列である固有異方性と結びつく粒子の扁平率（最小径 c /中間径 b 、図-1 参照）のみが異なる試料を用い、堆積面とせん断面がなす堆積角 δ が異なる供試体を作製して試験を行い、異方性が一面せん断強度に与える影響について実験的検討を行うものである。

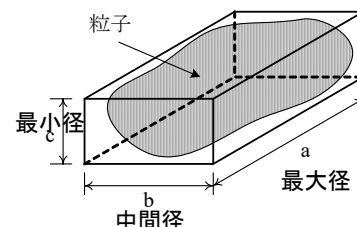


図-1 Zingg の分類法

2. 試料および供試体作製方法

粗粒土の粒子形状は強度特性に影響を与えるが、自然材料である土は粒子の凹凸度合や表面の微小なギザの状態がそれぞれ異なり、扁平率のみが異なる試料を揃えることは容易でない。また、扁平率の違いのみに着目するためには粒子破碎の影響を除くことが望ましい。そこで粒径 2.0, 1.5, 1.0mm のステンレス球を質量比で等分に混ぜ、コンクリート圧縮試験機でプレスして、扁平率 $c/b=1.0$, 0.7, 0.55 の 3 種類の試料を作製した。写真-1 に試料の写真を示した。



写真-1 試料の接写写真

供試体の作製は、一面せん断試験装置の供試体と同じ大きさのモールドに空中落下法で気乾状態の試料を投入し、側方打撃で締固めて行った。堆積角は図-2 に示すようにモールドを傾けることにより調整した。 $\delta=60^\circ$, 90° の供試体は、モールド側面に設けた孔から試料を投入して作製した。この供試体を約 5 分浸水したのち引き上げて不飽和状態とし、凍結させてから試験装置にセットした。試験は解凍してから行ったが、不飽和状態であった。

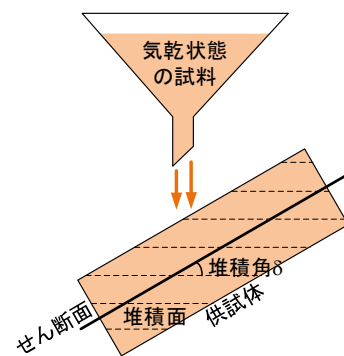


図-2 供試体作製方法模式図

一面せん断試験は定圧条件でせん断速度を毎分 1.0mm とした。垂直応力は 50, 100, 200kN/m² とし、圧縮過程では全て 1 段階で作用させた。供試体寸法は直径 6cm, 高さ 2cm で、相対密度を全て $D_r=100\%$ とした。

3. 試験結果

図-3 に $\delta=0^\circ$, $c/b=1.0$ のせん断変位～せん断応力・垂直変位関係を示した。図-4 には同様に $\delta=90^\circ$, $c/b=0.55$ の関係を示した。これより、図-4 の方が最大せん断応力および垂直変位の膨張量が大きく、同じステンレス球でも扁平率と堆積角が異なれば、それらの傾向に差を生じることがわかる。また、自然材料の粗粒土は垂直応力の増加に対し膨張量は抑えられる傾向があるが、今回の試料はそのような関係は見られなかった。これは、ガラスビーズのように固くて丸い試料はせん断抵抗角の拘束圧依存性がほとんどない²⁾が、その主因となるダイレイタンス特性と関連する体積変化量も垂直応力の大きさと関係しないことと、粒径が比較的揃った試料は同じ密度でも内部構造がばらつきやすく、その影響が垂直変位の発生量の差に現れたためと考えられる。

供試体の破壊はせん断応力の最大値で評価した。サクシヨンの影響と粒径が供試体に対し比較的大きいことに起因し、粘着力 c がいずれの試料でも見られたため、最小二乗法によって得られる c の平均値 8kN/m² を固

キーワード 一面せん断試験, 異方性, せん断抵抗角, 扁平率, 堆積

連絡先

〒651-2102 神戸市西区学園東町 8-3 神戸市立工業高等専門学校 TEL 078-795-3267

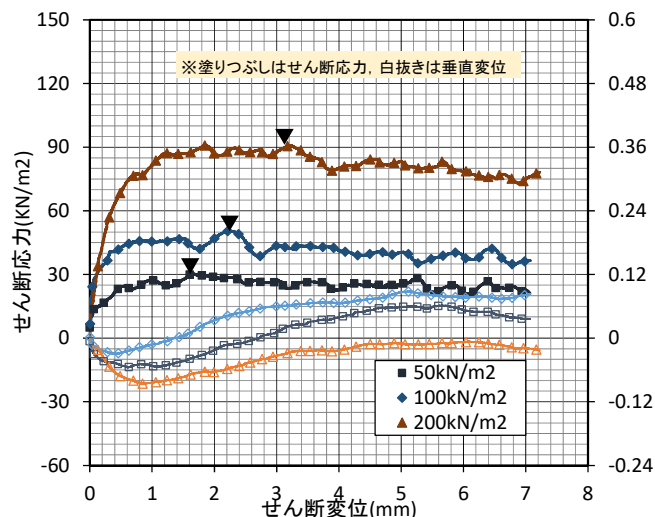


図-3 $\delta=0^\circ$, $c/b=1.0$ のせん断変位～せん断応力・垂直変位関係

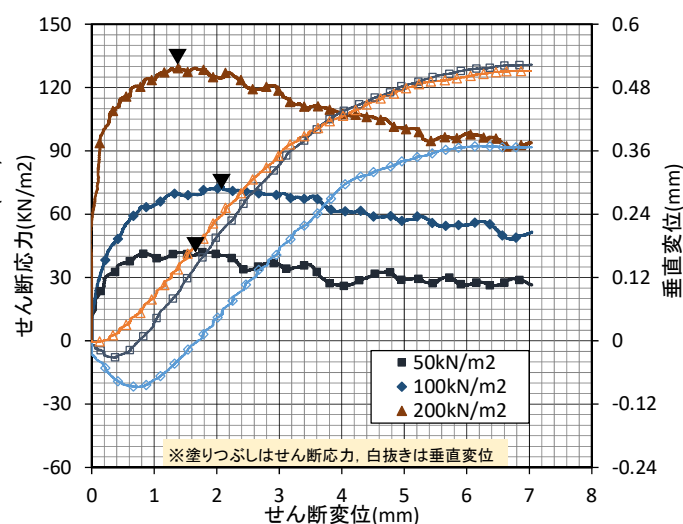


図-4 $\delta=90^\circ$, $c/b=0.55$ のせん断変位～せん断応力・垂直変位関係

定しせん断抵抗角 ϕ を得た。図-5 に堆積角毎に整理した扁平率 c/b ～せん断抵抗角 ϕ の関係を示した。これより、粒子が扁平になるほど(c/b が小さいほど) ϕ は概ね大きくなっている。また、 $\delta=30^\circ$, $c/b=0.7$ と $\delta=60^\circ$, $c/b=1.0$ の結果を除き、堆積角 δ と ϕ は比例関係にあり、これらは三軸圧縮試験と同様の傾向である。図-6 には扁平率 c/b ～堆積角毎に整理した垂直変位/せん断変位の増分 dh/ds を示した。なお、 dh/ds はダイレイタンスに起因する強度成分の大きさを表すものである。白抜きは垂直応力毎の値であり、それらの平均値を黒塗りとしてプロット間をつなぐ線としている。全体的な傾向として、粒子が扁平なほど dh/ds は大きくなっているが、同じ試料間のばらつきが大きく、個々の堆積角の整理では傾向を読み取ることが難しい。これは先述のように、供試体の内部構造のばらつきがダイレイタンス特性に現れたためと考えられる。また、図-5 で述べた他の傾向と外れた ϕ について図-6 の傾向と照らし合わせると、該当の試料はばらつきの影響で dh/ds が同じ扁平率の試料よりも大きくなっており、結果的に ϕ が大きくなったものと考えられる。

図-7 には $\delta=90^\circ$ の ϕ で正規化したせん断抵抗角 $\phi/\phi_{\delta=90^\circ}$ と堆積角 δ の関係を示した。これより、堆積角が大きいほど $\phi/\phi_{\delta=90^\circ}$ は概ね小さくなっている。特に、粒径がほぼ真円で固有異方性がない $c/b=1.0$ の試料も堆積角の影響を受けることから、粒子間接点の卓越配列に起因する誘導異方性が強度特性に影響を与えていると考えられる。また、同一の堆積角に着目すると、 $\phi/\phi_{\delta=90^\circ}$ は扁平な粒子ほど小さくなることから、固有異方性も強度特性に影響を与え、その程度は粒子の扁平率の影響を受けることがわかった。

参考文献：1) 澁谷啓：土の一面せん断試験と結果の解釈における最近の進展，直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム論文集，pp.67-86，1995。2) 軽部ら：相似粒度に調整した粗粒材料の強度特性に及ぼす粒子形状と粒子破碎の影響，土木学会論文集 No.617/III-46，pp.201-211，1999。

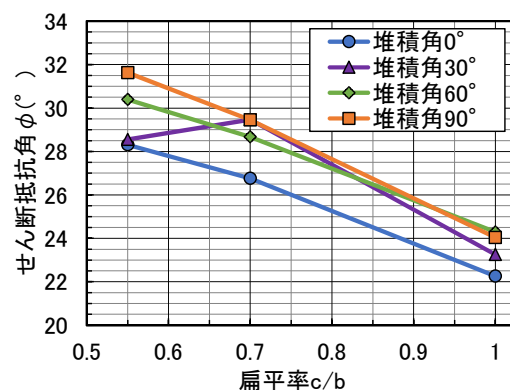


図-5 扁平率 c/b ～せん断抵抗角 ϕ の関係

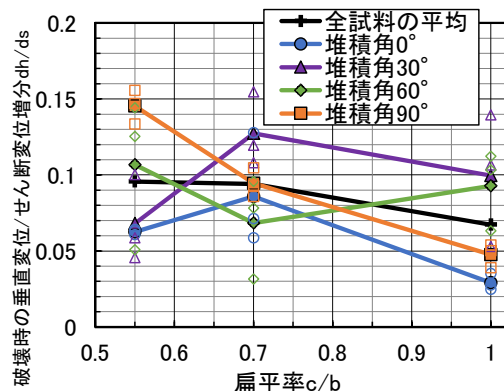


図-6 扁平率 c/b ～ dh/ds の関係

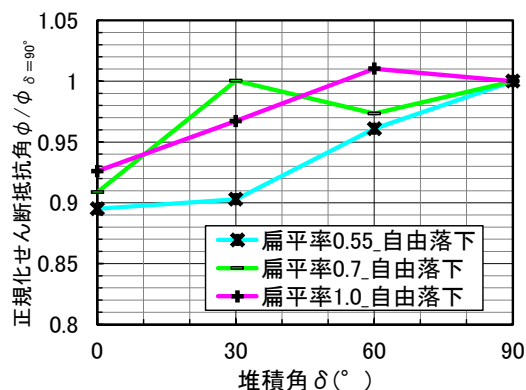


図-7 扁平率 c/b ～ $\phi/\phi_{\delta=90^\circ}$ の関係