

北海道大学大学院

学 ○高田増男・北島 明

北海道大学工学部

正 澁谷 啓・三田地 利之

はじめに：一面せん断試験方法の規準化のためには、供試体の断面形状および寸法が応力・変位・強度関係に及ぼす影響を明らかにする必要がある。密度を変えた豊浦砂供試体を用いた定圧（鉛直応力 σ_v 一定）試験結果によれば、 $\sigma_v \leq 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲でせん断強度は形状（円形／正方形）および直径（長さ）と高さの比（ $D/H=1.5 \sim 5$ 、 $D=10 \text{ cm}$ ）によらない、との報告がある¹⁾。ここでは、豊浦砂の定圧および定体積一面せん断試験結果に及ぼす供試体高さの影響について検討している。実験：空中落下法および多重ふるい法により作製した豊浦砂供試体を用いた。実験には、境界応力可測型一面せん断試験装置²⁾を使用した。供試体の断面は正方形（ $L=15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ ）であり、高さ（ H ）は 12 cm と 5 cm の2種類とした。所定の σ_v まで一次元圧密した供試体を水平変位速度一定（ 0.25 mm/min ）でせん断した。また、これまでの一連の定圧排気試験による知見³⁾からせん断時の上下せん断箱の間隔は 3 mm （一定）とし、せん断箱内壁と供試体との間には摩擦軽減層を設けた。試料の物理的諸性質および試験方法の詳細は文献 2)、4)、5) を参照されたい。

定圧排気試験結果の比較：図1は、密詰め供試体（初期間隙比 $e_0=0.642, 0.645$ ）およびゆる詰め供試体（ $e_0=0.768, 0.787$ ）のせん断面上の水平せん断応力 τ_h と鉛直応力 σ_v の比（ τ_h/σ_v ）～鉛直変位（ v ）～水平変位（ h ）関係の比較である。ここで、鉛直荷重載荷板の動きから求めた供試体の鉛直変位において、圧縮を正としている。いずれの場合も、 $H=12 \text{ cm}$ の供試体の方がせん断初期での圧縮量およびピーク強度発現時でのダイレイタンスーが若干大きい。これは、供試体のせん断変形が上下せん断箱の隙間（厚さ 3 mm ）部分だけに集中せず、せん断箱内部の砂もわずかにせん断変形している可能性を示唆している。

図2は、これまでの定圧排気試験におけるせん断抵抗角の最大値 $(\phi_{ds})_{\max} = \arctan(\tau_h/\sigma_v)_{\max}$ とその時のダイレイタンスー角 $\nu_f = \arctan(-\delta v/\delta h)$ の関係のまとめである。文献5)の図3も考慮すると、初期間隙比と破壊時の強度およびダイレイタンスー関係（ $e_0 \sim (\phi_{ds})_{\max} \sim \nu_f$ 関係）に及ぼす供試体高さの影響は少ないと言えよう。

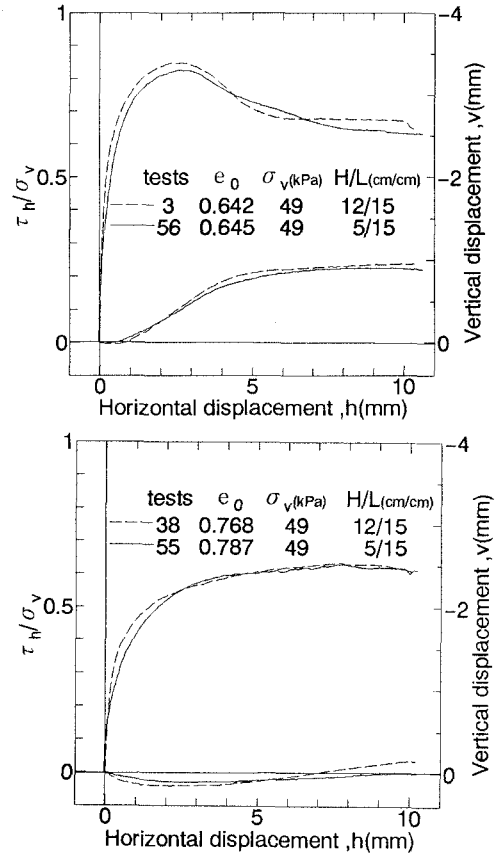


図1 定圧排気試験での応力比～垂直変位～水平変位関係の比較

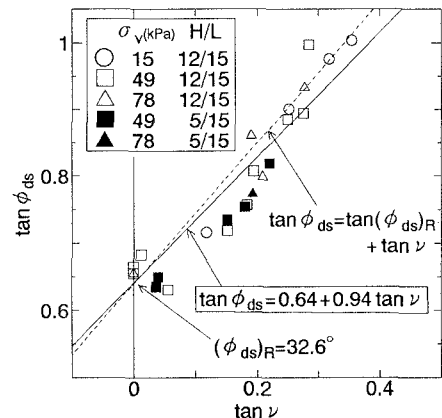


図2 定圧排気試験での強度とダイレイタンスー角関係のまとめ

図3は、下せん断箱の底面に設置した6分割のロードセルで測定した供試体境界面での鉛直応力 $\{(\sigma_v)_{inner}\}$ の分布の比較である。

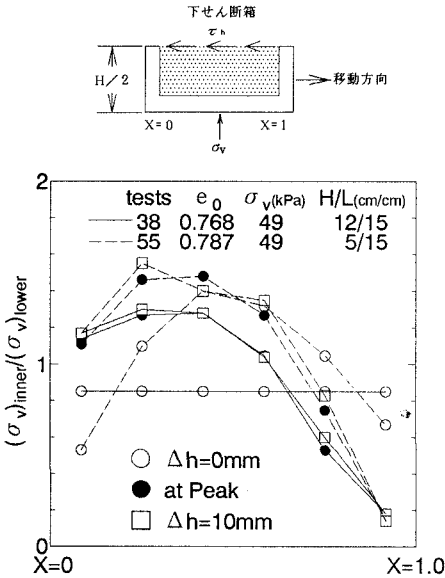


図3 供試体底面での鉛直応力分布の比較

それぞれの供試体(H=12cmと5cm)における圧密終了時(○)、 $(\phi_{ds})_{max}$ 発現時(●)および残留状態(□)での $(\sigma_v)_{inner}$ をせん断箱外部で測定した平均値 σ_v で除した値を測定位置 X(図3参照)に対してプロットしている。圧密終了時において、H=5cmの供試体では鉛直応力の分布が非一様である。これは、供試体内部の密度分布の非一様性(境界面近傍で相対的にゆるくなる傾向)の程度の差が原因かもしれない。いずれにしても、せん断時に供試体の側面および底面では十分な摩擦力が期待できないため、供試体高さによらず鉛直応力が相対的にX=0側で大きく、X=1側で小さくなっている。また、 $(\phi_{ds})_{max}$ 発現時および残留状態における境界面での鉛直応力分布の非一様性の程度は供試体高さによらないことがわかる。

定体積試験結果の比較：図4および図5は、ゆる詰め供試体($e_0=0.845, 0.833$)の $\tau_h/\sigma_v \sim h$ 関係およびそれぞれの初期圧密圧力 σ_{v0} で無次元化した水平せん断面上の応力経路の比較である。応力比の最大値に及ぼす供試体高さの影響は小さい(H=12cmとH=5cmの供試体で、それぞれ $(\phi_{ds})_{max}=35.3^\circ$ と 33.9°)。また、せん断中の応力経路も類似であり、残留状態の $(\phi_{ds})_R$ もほぼ等しかった。

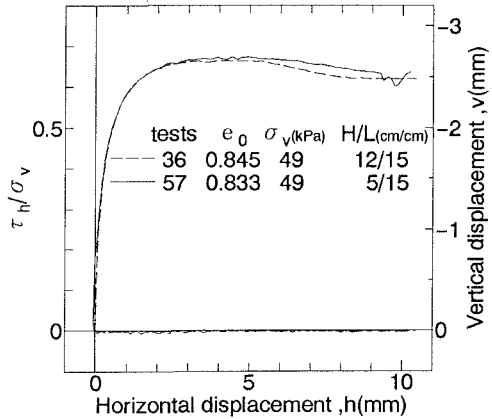


図4 定体積試験での応力比～水平変位関係の比較

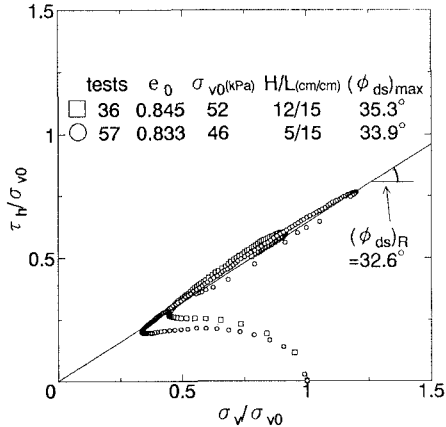


図5 定体積試験での応力経路の比較

まとめ：断面形状および寸法が同じ(15×15cm)で高さが12cmと5cmと異なる2種類の豊浦砂供試体を用いた定圧排気試験および定体積試験を行った。実験の範囲では、発揮される応力比の最大値、残留時のせん断抵抗角およびダイレイタンス特性に及ぼす供試体高さの影響は小さかった。

参考文献： 1)赤司六哉・高田真・山下伸二(1978)：標準砂およびロック材料の一面せん断試験結果について、第13回土質工学研究発表会、461-464頁。 2)澁谷・三田地・北島(1992)：境界応力可測型一面せん断試験装置の試作、第27回土質工学研究発表会、7-10頁。 3)北島・澁谷・三田地(1992)：砂の一面せん断強度に及ぼす上下せん断箱間隔の影響、第27回土質工学研究発表会、567-568頁。 4)澁谷・三田地・北島・高田(1993)：定圧一面せん断試験による豊浦砂の強度とダイレイタンス、第28回土質工学研究発表会。 5)澁谷・三田地・北島・高田(1993)：境界応力可測型一面せん断試験装置による豊浦砂の定体積試験結果、第48回土木学会。