

不完全飽和状態にある砂質土の弾性変形特性

東京理科大学大学院	学生会員	○齋藤 朋子	東京理科大学大学院	学生会員	鎌田 敏幸
東京理科大学		平岡 優多	東京理科大学	正会員	塚本 良道
東京理科大学	正会員	石原 研而	東京理科大学	正会員	龍岡 文夫

1. はじめに

地盤の原位置飽和度を再現する目的で、原位置 PS 検層結果をもとに室内三軸試験にてベンダーエレメント、コンプレッショントランスデューサを用いて弾性波速度を求めることが行われている¹⁾。しかし、室内三軸試験での弾性波速度測定では B 値と弾性波速度の関係が、多孔質弾性理論²⁾から求まる値と一致しない部分がある。また、現在までに乾燥および飽和状態における砂質土については LDT 等を用いた弾性定数についての検討がされているが³⁾、不飽和状態における検討はほぼ皆無である。そこで、本研究では任意の B 値において微小繰返し三軸試験を行うことにより、ポアソン比、ヤング率およびせん断弾性係数を求め B 値との関係を求め、多孔質弾性理論から求まる弾性定数との違いについて検討を行った。

2. 試験概要

本研究で使用した試料は、豊浦砂(平均粒径 $D_{50}=0.18$ mm, 土粒子密度 $G_s=2.641$, 最大間隙比 $e_{max}=0.971$, 最小間隙比 $e_{min}=0.607$)である。供試体は、直径 75 mm・高さ 150 mm で、多重ふるいによる空中落下法で相対密度 $Dr=80\%$ になるように作製した。試験では、2 対の LDT を用いて軸ひずみを、水平方向の 3 つのクリップゲージを用いて側方ひずみを、それぞれ局所的に測定した。有効拘束圧 100 kPa まで等方圧密し、有効拘束圧を保持しながら、背圧を段階的に 100 kPa ずつ上昇させ、排水クリープ载荷を行った後に、B 値計測と弾性変形特性を求めるための微小繰返し载荷を非排水状態で行った。

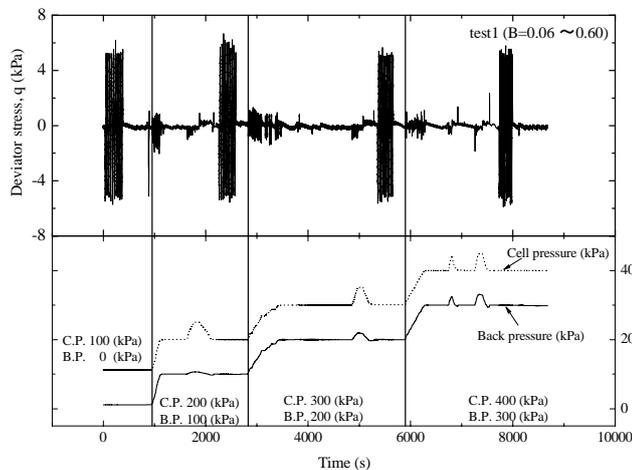


図-1 軸差応力, セル圧, 背圧の時刻歴の例

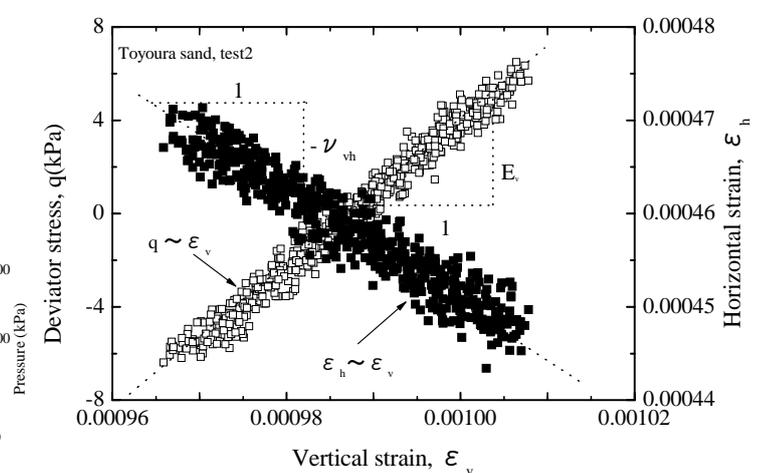


図-2 ポアソン比, ヤング率算出例

3. 試験結果および考察

図-1 に、軸差応力, セル圧, 背圧の時刻歴の例を示す。各段階での繰返し载荷は軸ひずみ振幅 0.00004 ~ 0.00005 程度で、軸ひずみ速度 0.033 %/min で応力振幅は ± 5 kPa で、载荷回数は 10 回である。各試験の各载荷段階から、図-2 のようにポアソン比 ν_{vh} , ヤング率 E_v を求めて、その後、式(2)からせん断弾性係数 G を求めた。図-3 に、 ν_{vh} と B 値の関係について示す。図-3 から B 値が大きくなるほど、つまりは飽和度が高くなるほど ν_{vh} が大きくなることを確認できる。また、図中には、多孔質弾性理論によって得られるポアソン比と B 値の関係式(3)から求めた理論値も併記している。3 種の骨格のポアソン比 $\nu_b=0.25, 0.30, 0.35$ に対して、B 値によりばらつきが認められる。

キーワード 不完全飽和, B 値, ポアソン比, ヤング率, せん断弾性係数, 微小繰返し三軸試験

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学土木工学科 TEL 0471-24-1501(ex4032)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \dots (2)$$

$$\nu = \frac{3\nu_b + (1-2\nu_b)B}{3 - (1-2\nu_b)B} \quad \dots (3)$$

図-4, 5 に E_v , G と B 値の関係をそれぞれ示す. ν_{vh} と同様に E_v (図-4) も B 値が大きくなるにつれて大きくなる. 図-5 の B 値と G の関係については, B 値に依らずつまり飽和度に依存せずほぼ一定の値をとり, 灰色で示した範囲に分布する. したがって, せん断弾性係数は供試体の間隙の状態の影響を受けていないことがわかる. さらに, 図中には豊浦砂 (空中落下法 $Dr = 70\%$) のベンダーエレメント試験から得られた V_s による G の値も示してある¹⁾. ここで, V_s の値は骨格構造を伝播するため B 値に依存せずに, ほぼ一定の値をとるため, G も一定の値を示しているが, 密度状態, 弾性波の伝播・振動方向による影響のため, 微小繰返し載荷から求まる G より小さい値となっていると考えられる. 図-4 には, 図-5 における G の最小・最大値と式(2), (3)を用いて骨格のポアソン比 $\nu_b = 0.25$ の時のヤング率 E を求めたものを灰色のゾーンで示す. 全てのデータが, 理論式によって求められる値の範囲にプロットされることがわかる.

4. まとめ

多孔質弾性理論から求まる種々の弾性定数について, 室内三軸試験を用いた微小繰返し三軸試験より求めた値と比較を行った. その結果, B 値によるばらつきが多少は認められるが, ポアソン比 ν_{vh} は多孔質弾性理論と同様な傾向を示した. また, せん断弾性率 G から理論式を用いて求めたヤング率 E に関しても, 妥当な関係であった. 今後, 乾燥および飽和条件についても同様な検討を行う予定である. さらに, ベンダーエレメント, コンプレッショントランスデューサを用いた弾性波速度計測から求める弾性定数についても同様な検討を行う必要がある.

参考文献 1) Tsukamoto, Y. Ishihara, K. Nakazawa, H. Kamada, K. Huang, Y. (2002): Resistance of partly saturated sand to liquefaction with reference to

longitudinal and shear wave velocities, *Soils and Foundations*, Vol.42, No.6, pp.93-104. 2) Ishihara K. (1996): Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, *Oxford Science Publications*, p.120. 3) 例えば Hoque, E. and Tatsuoka, F. (1998): Anisotropy in elastic deformation of granular materials, *Soils and Foundations*, Vol.38, No.1, pp.163-179.

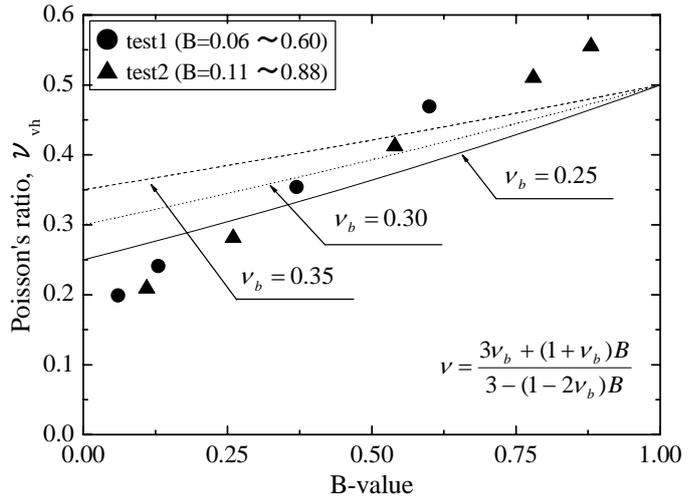


図-3 B 値とポアソン比の関係

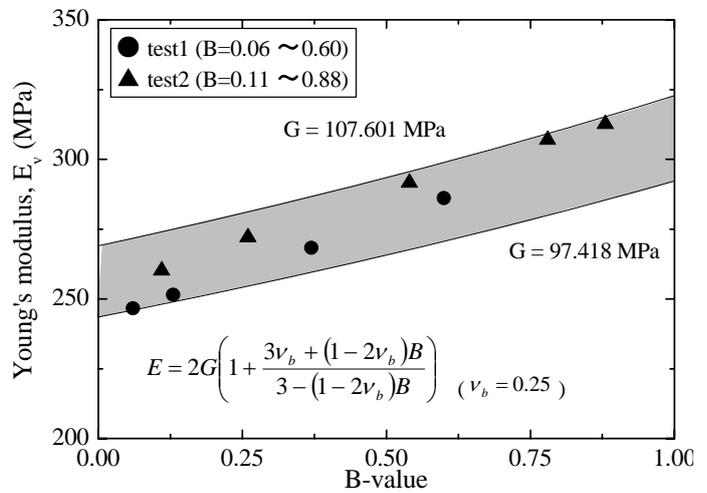


図-4 B 値とヤング率の関係

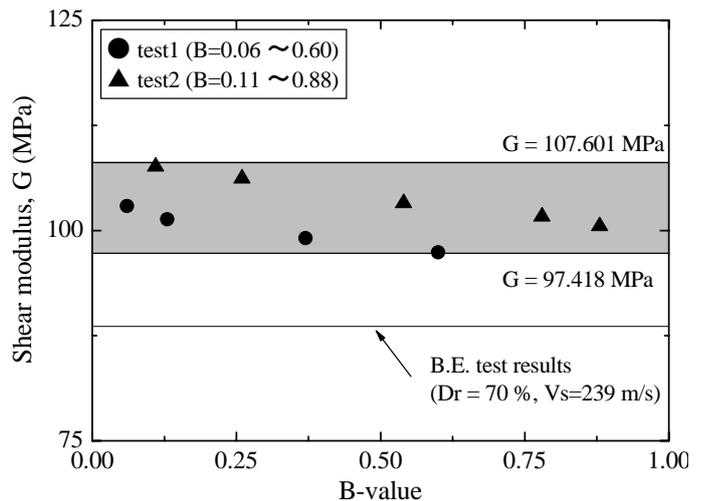


図-5 B 値とせん断弾性係数の関係