

東京電機大学 学生員○森本 弘光，宇田 将人
東京電機大学 正会員 安田 進，小林 利雄

1. はじめに

著者らは、繰返しねじりせん断試験装置を用いて液状化前後の土の応力～ひずみ関係を比較し、液状化にともなう地盤のせん断剛性低下率を求めている。豊浦砂を用いた実験では、液状化前のせん断剛性に対して液状化後では、 $F_L=1.0$ で 1/1200 程度に低下するという結果を得ている¹⁾。但し、これは液状化層を対象とした実験であり、実地盤ではその上部に非液状化層が存在すると考えられる。

そこで、本実験は繰返しねじりせん断試験装置を用いて、液状化にともなう非液状化層のせん断剛性の低下を想定した幾つかの実験結果を報告するものである。

2. 実験概要

実験には、空圧を用いた応力制御の繰返し载荷装置とひずみ制御による静的载荷装置を備えた中空繰返しねじりせん断試験装置を用いた。供試体は外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形である。

試料は豊浦砂($G_s=2.65, e_{\max}=0.973, e_{\min}=0.608$)を用いた。供試体は、空中落下法を用いて $Dr=50\%$ となるように作製した。

実験は、地下水位以下の地盤における間接液状化(シリーズ 1)および地下水位以浅の地盤における液状化にともなう地下水面の上昇(シリーズ 2)によるせん断剛性の低下を想定した場合の 2 通り行った。シリーズ 1 は、飽和させた供試体を背圧 2.0kgf/cm^2 、有効拘束圧 1.0kgf/cm^2 のもとで等方圧密した後、それぞれ所定の過剰間隙水圧比($\Delta u/\sigma'_c=0.8, 0.9, 1.0$)になるように間隙水圧を上昇させた後、非排水状態で単調载荷を行った。また、シリーズ 2 は、乾燥砂に有効拘束圧 1.0kgf/cm^2 のもとで等方圧縮した後に通水し、その後、それぞれ所定の過剰間隙水圧比($\Delta u/\sigma'_c=0.8, 0.9, 1.0$)になるように間隙水圧を上昇させた後、非排水状態で単調载荷を行った。なお、両シリーズともに载荷速度 $v=10\%/min$ とした。

3. 実験結果

(1) 応力～ひずみ関係(シリーズ 1)

図 1(a)～(c)に $\tau \sim \gamma, u \sim \gamma$ 関係を示す。なお、同図中の(b)は(a)を拡大したものである。同図に示されるように、静的に水圧を加えて所定の過剰間隙水圧比にした供試体にせん断力を加えると、小さいせん断応力で大きなせん断ひずみが発生している。そして、あるせん断ひずみが発生した後は、曲線は立ち上がり、強度が回復している。また、過剰間隙水圧比は強度が回復する時点までそれぞれ所定の値を保ち、強度回復時点あたりから減少している。これは、せん断ひずみがある程度大きくなると、土粒子が再び接触し、正のダイレタンシーが発生したためと考えられる。また、 $\tau \sim \gamma$ 関係は、過剰間隙水圧比が大きいほど強度回復までのせん断ひずみが大きくなり、また、そこまでの初期勾配は小さくなっている。

(2) 応力～ひずみ関係(シリーズ 2)

図 2(a)～(c)に $\tau \sim \gamma, u \sim \gamma$ 関係を示す。なお、同図中の(b)

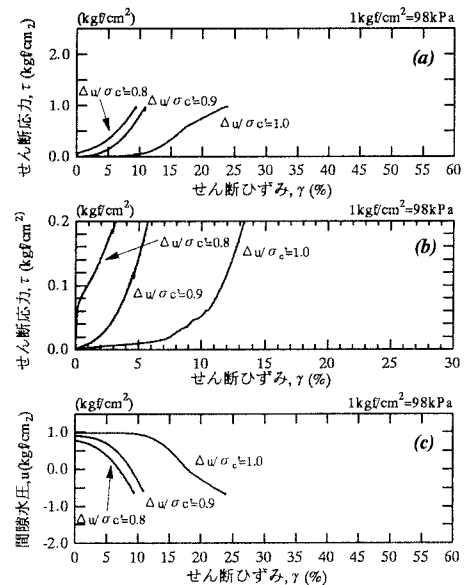


図 1 $\tau \sim \gamma, u \sim \gamma$ 関係(シリーズ 1)

キーワード：液状化，地震，室内試験

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911 FAX 0492-96-6501

は(a)を拡大したものである。シリーズ2は、土粒子の骨格構造が崩されていないことや不飽和であることから、 $\tau \sim \gamma$ 関係の初期勾配は前述したシリーズ1や繰返し载荷を行った実験ケースに比べ、大きくなっている。また、その勾配は過剰間隙水圧比が大きいものほど小さくなっている。

(3) 応力～ひずみ関係のモデル化

図3に示すように、単調载荷時の $\tau \sim \gamma$ 関係をバイリニアでモデル化した。このようなモデル化では、強度回復時点(以後、抵抗変曲点と呼ぶ)までの $\tau \sim \gamma$ 関係の割線勾配 G_1 を用いて、液状化にともなうせん断剛性の低下割合(以後、せん断剛性低下率と呼ぶ)を求めた。

(4) せん断剛性低下率のまとめ

せん断剛性低下率を求める場合には、初期のせん断剛性の求め方によってその値が異なってくる。そこで、初期のせん断剛性を以下の2通りでとって試験結果を整理した。

【整理法1】静的な単調载荷を行い、せん断ひずみ0.1%でのせん断剛性を用いる。この値を $G_{0.1}$ とし、せん断剛性低下率を $G_1/G_{0.1}$ とする。【整理法2】標準貫入試験によって求められたN値をもとに道路橋示方書に示されている弾性定数の推定式 $E_N = 28N \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \cdots (1)$ でヤング率 E_N を求め、 $\nu = 0.33$ と仮定して、せん断剛性 $G_N = E_N / 2(1 + \nu)$ (kgf/cm²) $\cdots (2)$ を求める。この値を G_N とし、せん断剛性低下率を G_1/G_N とする。

各実験結果について上述した2通りによって $G_1/G_{0.1}$, G_1/G_N を求め、過剰間隙水圧比に対してプロットしたものを図4に示す。 $\Delta u/\sigma'c = 1.0$ での $G_1/G_{0.1}$ はシリーズ1で1/700程度、シリーズ2で1/20程度となっている。なお、同図中には繰返し载荷を行った後に非排水状態で静的载荷を行った場合の結果¹⁾($F_L = 1.0$ で $G_1/G_{0.1} = 1/1200$ 程度)も併せて示す。同図から静的に水圧を加えて液状化させた場合のせん断剛性低下率は繰返し载荷で液状化させた場合に比べて小さいことが分かる。

4. まとめ

供試体内に静的に水圧を加えて液状化させた場合のせん断剛性の低下は、繰返し载荷で液状化させた場合に比べて小さかった。今後、更にデータを追加させていきたいと考えている。

《参考文献》

- 1) 安田進, Erken, A., 寺内哲也, 森本弘光: 液状化後の変形特性に与える粒度の影響, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp.1335~1358, 1998.
- 2) 西川修・安田進・小林利雄・浅香寛之・内藤福隆: 相対密度とN値の関係に関する模型実験, 土木学会第51回年次学術講演会集, pp.290~291, 1996.

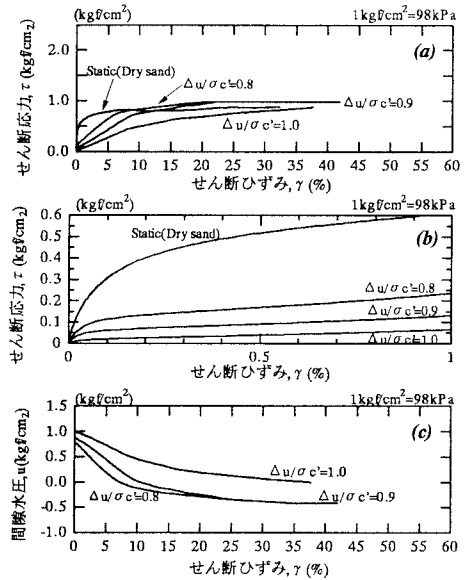


図2 $\tau \sim \gamma, u \sim \gamma$ 関係(シリーズ2)

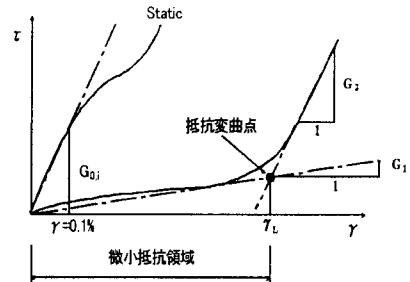


図3 γ_L と G_1, G_2 の定義

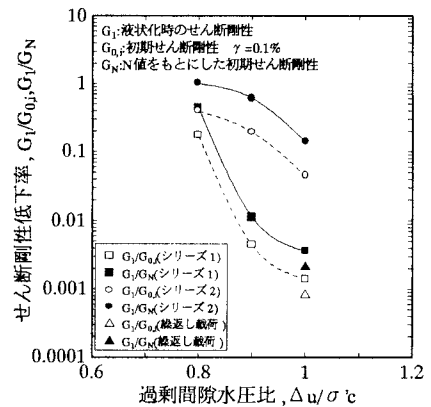


図4 $G_1/G_{0.1}, G_1/G_N \sim \Delta u/\sigma'c$ 関係