

Ⅲ-28 中空ねじり試験機による砂質土の繰返し変形特性試験の方法

愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎 愛媛大学大学院 学生会員 ○岡崎 健
愛媛大学大学院 学生会員 門脇 慶典 防災科学技術研究所 正会員 御子柴 正

1.はじめに 現在、室内試験による土質材料の繰返し変形特性は、ステージテスト方式が多く用いられている。この方法は、1ステージに11サイクルの等振幅の正弦波を载荷し、ステージ終了時に排水の後、より大きい振幅の次のステージに移るという手順を踏む。しかし、この方法は手順が複雑で、供試体に多くの履歴を与え、サイクル数の具体的根拠も明確でないなど改善すべき点があると考えられる。この問題に対する既往の研究としては、安田ら¹⁾による履歴の影響に関する研究や、清田ら²⁾による排水状態で2波ごとにひずみ振幅を大きくする研究が行われている。本研究では、このような課題を解決することを目的として中空ねじり試験機を用いてステージテスト方式による試験と、振幅を1サイクルごとに大きくする漸増波载荷による試験を行い、2つの载荷方法の違いを調べた。

2.実験方法 本実験に使用した試料は豊浦珪砂 ($\rho_s=2.628 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{dmax}=1.640 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{dmin}=1.343 \text{ g/cm}^3$) である。供試体は内径6cm, 外径10cm, 高さ12cmの中空円筒状であり、空中落下法で作製した。ここで示す供試体のDrは52~55%であった。飽和化はCO₂置換の後、脱気水を注入した。B値は0.95以上とした。背圧は200kPaとした。拘束圧100kPaで等方圧密を行った後、せん断試験に移った。

繰返しせん断試験はトルク制御、非排水状態で図-1に示す漸増波载荷による試験とステージテスト方式を行った。ステージテスト方式の場合、周波数0.1Hzの正弦波を11波载荷した。また、ステージ間に排水した。実験結果は、1¹/₄, 2, 5, 11サイクル目の履歴ループよりせん断剛性G, 減衰比hを求めた。漸増波载荷の場合、求めたい現サイクル目の最大せん断ひずみと次サイクル目で現サイクル目とほぼ同じせん断ひずみの値を見つけその間で履歴ループを決定し、G, hを求めた。

また、Gは最大せん断ひずみ点と最小せん断ひずみ点で求めた。また、サンプリング周波数は10Hzとした。ノイズ処理は、Hanning ウィンドウを使用した。

3.実験結果と考察 実験結果の妥当性を確かめるために、先に拘束圧を50kPa, 100kPa, 200kPaと変化させたときの試験を行った。その実験結果として図-2にGと片振幅せん断ひずみ γ の関係を示す。また、Gの値は一斉試験³⁾の中空ねじり試験データと比較したところ3機関のばらつきのほぼ中央であった。図-3に拘束圧とGの関係を示す。これより、拘束圧が大きくなるとGは大きくなることがわかる。

図-4にステージテストと漸増波载荷のGと γ の関係を示す。これよりステージテストより漸増波载荷の方が初期せん断剛性G₀が小さくなっていることがわかる。このことよりステージテストの供試体の剛性が大きいと考えられる。また、Gは γ が大きくなるにつれて小さくなっている。ここで、 5×10^{-6} 以下で履歴ループに信頼できる結果が得られたGをG₀とした。図-5にGをG₀で正規化したG/G₀と γ , hと γ の関係を示す。図-5よ

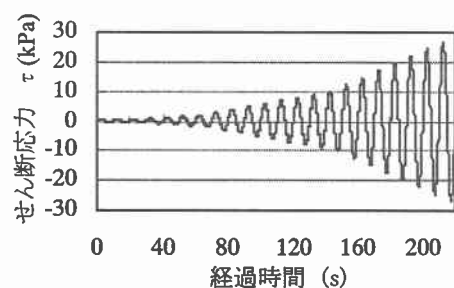


図-1 本実験に使用した漸増波

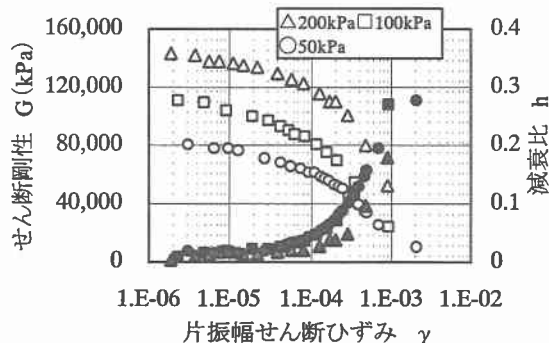


図-2 拘束圧をパラメータとする G, h ~ γ の関

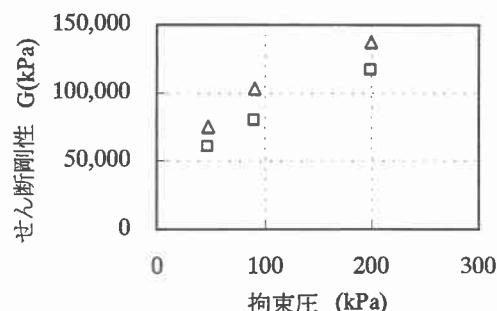


図-3 拘束圧と G の関係

り全てのひずみ領域で漸増波载荷とステージテストの 11 サイクルで求めた G/G_0 に違いが見られないことがわかる。 γ が 2×10^{-4} より小さいひずみ領域では漸増波载荷の場合とステージテストのサイクル別で求めた剛性の低下の割合はほぼ同じであると言えるが、それ以上になると $1^{1/4}$, 2, 5 サイクルの場合、若干低下の割合が小さくなっている。この原因について考察する。図-6 にステージテスト方式と漸増波载荷の各ひずみに対する各サイクル終了時の過剰間隙水圧比の関係を示す。これより 11 サイクルと漸増波载荷の過剰間隙水圧比がほぼ同じであり、そのため供試体中の有効応力がほぼ同じであるため剛性の低下の割合が同じであると考えられる。また、 $1^{1/4}$, 2, 5 サイクルの場合過剰間隙水圧比が小さいことより有効応力が 11 サイクルより小さいことため剛性の低下の割合が小さくなっていると考えられる。

図-7 に各 γ に対する h と繰返し回数の関係を示す。これよりステージテスト方式で h は繰返し回数が増えるにしたがって小さくなり、ある値に漸近すると考えられる。

図-5 より 2×10^{-4} より小さいひずみ領域で $1^{1/4}$ サイクルと漸増波の h の増加の割合の傾向はほぼ同じであると言える。漸増波は、図-1 に示したように 1 サイクルごとに振幅が大きくなることより現在受けている応力を初めて载荷された状態であり、 $1^{1/4}$ サイクルで求めた h は、漸増波とほぼ同じ状態で求めたためほぼ同じ増加率を示していると考えられる。 2×10^{-4} より大きいひずみ領域では過剰間隙水圧の影響により違いが現れてくると考えられる。

4. 結論 ステージテストの場合、 G は着目する繰返し回数による違いがほとんど認められないが、 h では、 3×10^{-5} 以上のひずみ領域では、着目回数が小さいときに大きく、回数が増えると小さくなり、ある値に収束することが確認された。また、 3×10^{-5} 未満でのひずみ領域では着目回数による h の違いは見られないことが確認された。漸増波について、 G/G_0 はステージテストとほぼ同じ値であることが確認され、また h はステージテストの $1^{1/4}$ とほぼ同じ値であることが確認された。

ただし、ここでの漸増波での試験は 1 ケースしかできていないので、今後、再現性を確かめる必要がある。

参考文献

- 1) 安田 進, 永瀬 英生, 木辻 浩二, 小田 真也: 動的変形特性試験におけるステージ载荷の影響, 第 28 回土質工学研究発表会, pp.901-902, 1993.6.
- 2) 清田 芳治, 荻原 庸嘉, 田村 英雄: 珪砂 6 号の動的変形特性に関する研究その 2 上載応力と相対密度の影響, 第 31 回地盤工学研究発表会, pp.1003-1004, 1996.7.
- 3) 土質工学会「土の動的変形定数試験法基準化委員会」: 室内繰返し载荷試験による豊浦砂の変形特性に関する全国一斉試験の実地と試験結果の解析, 土と基礎, Vol. 42, No. 11, pp. 85~88, 1994.

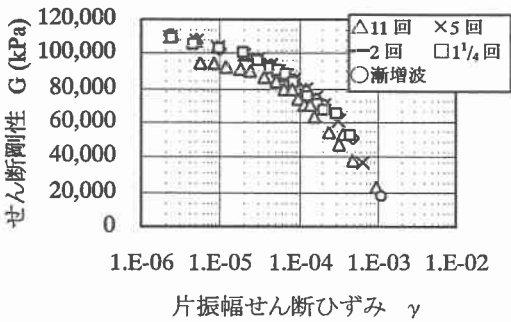


図-4 $G \sim \gamma$ の関係

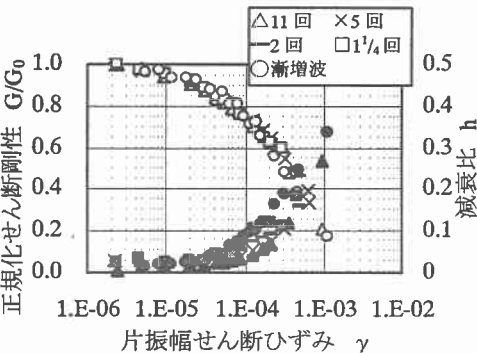


図-5 $G/G_0, h \sim \gamma$ の関係

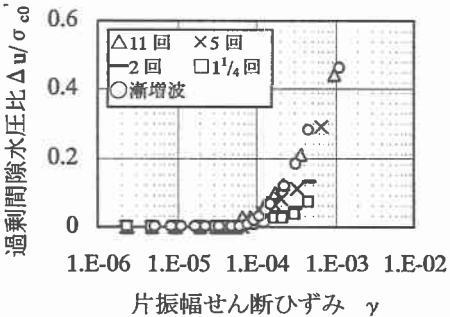


図-6 過剰間隙水圧比 $\sim \gamma$ の関係

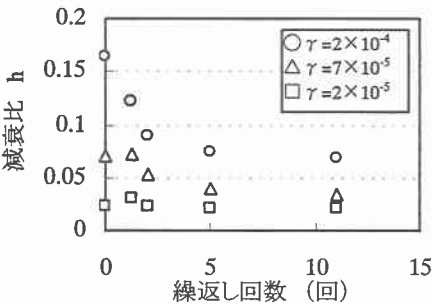


図-7 ステージテスト及び漸増波 (0 回のデータ) での $h \sim \gamma$ の関係