

土の中空円筒供試体による繰返し非排水ねじりせん断試験方法

Method for cyclic undrained torsional shear test on hollow cylindrical specimens of soils

1 適用範囲

この基準は、等方あるいは異方応力状態で圧密された飽和供試体に対し、非排水状態における繰返しねじりせん断応力の片振幅又は繰返し応力振幅比と所定の両振幅せん断ひずみ並びに所定の過剰間隙水圧に達するまでの繰返し載荷回数との関係を求める試験方法について規定する。主として飽和砂質土を対象とする。

注記 1 ここでいう砂質土とは、主として砂分からなる土をいう。

注記 2 供試体作製後に飽和させた土を含む。また、本基準は、砂質土以外の飽和した地盤材料にも準用できる。

2 引用規格及び基準

次に掲げる基準は、この基準に引用されることによって、この基準の規定の一部を構成する。これらの引用基準は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS A 0207 地盤工学用語

この試験に用いる供試体は、次の基準によって作製及び設置する。

JGS 0550 土のねじりせん断試験用中空円筒供試体の作製・設置方法

この試験を実施する場合、本基準に規定されていない事項については、次の基準を参照する。

JGS 0520 土の三軸試験の供試体作製・設置方法

JGS 0522 土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法

JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験方法

3 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、次による。この基準で用いる主な用語で、この基準に定義していない用語は、JIS A 0207 の定義による。

3.1 繰返し非排水ねじりせん断試験

等方あるいは異方圧密した飽和供試体に、一定側方向応力と非排水条件のもとで、一定振幅かつ対称な繰返しねじりせん断荷重を一定の周期で加える試験をいう。

3.2 軸方向応力

供試体の円筒軸方向に作用する応力をいう。

3.3 ねじり力

供試体の円筒軸方向に沿ってねじり変形を与える力（トルク）をいう。

3.4 外圧及び内圧

それぞれ供試体外側面及び供試体中空部に加える圧力をいう。

3.5 側方向応力

外圧と内圧は等しいものとし、これらをいう。応力の値は、供試体中央高さで定義する。

3.6 軸差応力

軸方向応力と側方向応力の差をいう。応力の値は供試体中央高さで定義する。

3.7 軸力

装置の載荷軸にかかる軸方向の力をいう。

3.8 繰返しねじりせん断応力

繰返し非排水載荷過程における供試体水平面のせん断応力をいう。せん断応力は半径方向に一様でないため、断りがない限りその代表値をいう。

3.9 背圧

供試体内部の間隙水に付加する圧力をいう。背圧の値は供試体中央高さで定義する。

注記 1 バックプレッシャーとも呼ぶ。

注記 2 本基準における背圧は、供試体の飽和度を高める手段として、有効応力を一定に保ったまま供試体に加える間隙水圧をいう。

3.10 圧密応力

圧密を生じさせる、土要素に働く応力をいう。応力の値は供試体中央高さで定義する。

注記 本基準における圧密応力は、圧密過程において軸方向応力又は側方向応力から背圧を差し引いたものをいう。

3.11 軸方向圧密応力

供試体の円筒軸方向の圧密応力の値をいう。

3.12 側方向圧密応力

供試体の半径方向の圧密応力の値をいう。

注記 本基準では外圧と内圧を常に同じ値に保つことを想定しており、このとき円周方向の圧密応力は半径方向の圧密応力に等しくなり、これも側方向圧密応力とすることができる。

3.13 異方圧密応力比

圧密終了時の有効側方向応力を有効軸方向応力で除したものをいう。

3.14 有効拘束圧

三方向の垂直応力の平均値から背圧を差し引いたものをいう。特に繰返し非排水載荷過程の直前における有効拘束圧を初期有効拘束圧という。

3.15 繰返し応力振幅比

繰返しねじりせん断応力の片振幅を初期有効拘束圧で除したものをいう。

4 試験器具

繰返し中空ねじり試験装置は圧力室、セル圧・背圧供給装置、ねじり力（トルク）・軸力載荷装置、及びトルク・軸荷重・軸変位・回転角・体積変化量・間隙水圧の測定・記録装置から構成され、次に示す条件を満たすものとする。繰返し中空ねじり試験装置の例を図 1 に示す。

注記 必要に応じて、供試体中空部の体積変化を計れるものとする。

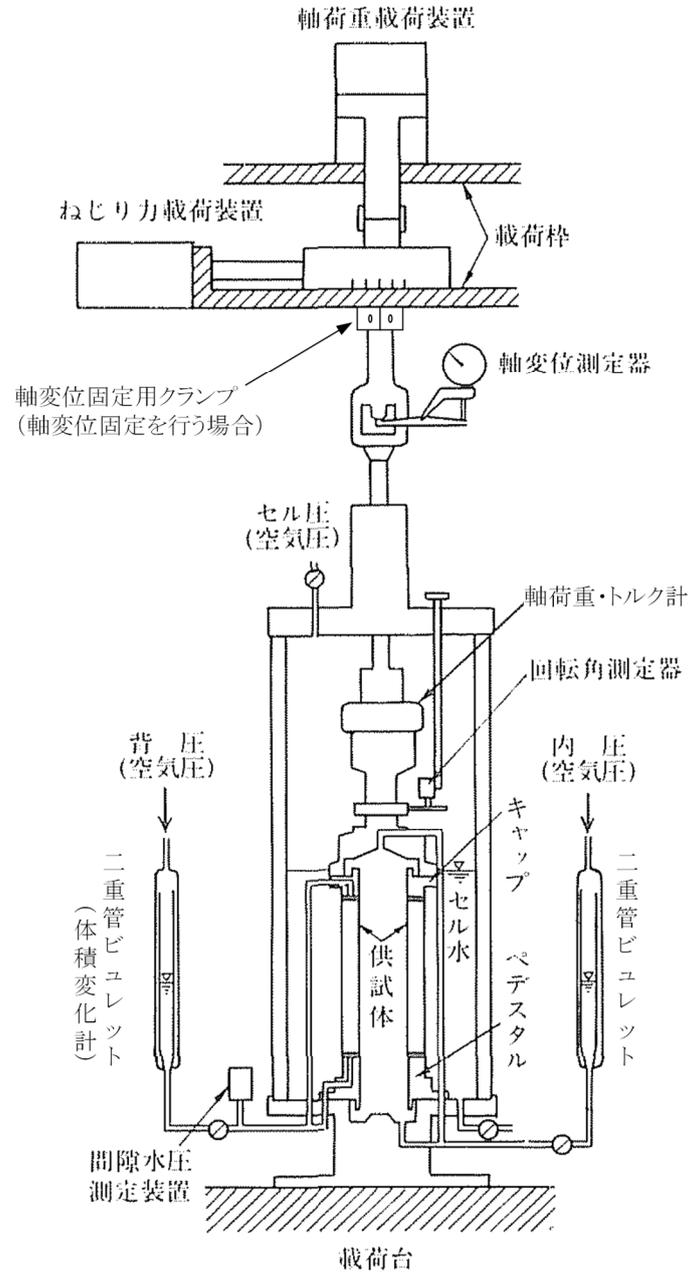


図1—繰返し中空ねじり試験装置の一例

- a) 最大外圧，内圧，背圧及び供試体の最大ねじり力，軸力に対し，十分な耐荷容量と負荷能力を有すること。ねじり力作用時に圧力室が回転することのないように，圧力室を荷重台などに固定すること。
- b) 供試体をキャップ，ペDESTアル及びゴムスリーブで覆い，これに所定の外圧，内圧，背圧，ねじり力（トルク）及び軸力を加えることができ，供試体の上下端から給排水が可能なこと。このとき，キャップ，ペDESTアルの外径及び内径は供試体の外径及び内径と同一であることを標準とし，キャップとペDESTアルの端面は平面で互いに平行であり，荷重ピストンの軸方向と直交しているものとする。排

水面には金属製リブの付いた十分大きい透水性を有する多孔板を用い、必要に応じ適切なる紙などを敷く。ただし、キャップ又はペDESTALと供試体の間にすべりが生じず、かつ供試体を過度に乱さない場合には、他の形式でもよい。また、間隙水圧測定経路の水圧変化による体積変化が十分に小さいこと。

注記 間隙水圧測定経路の水圧変化による体積変化は、**JGS 0541** 土の繰返し非排水三軸試験方法の**4 b)注記**を満足することが望ましい。

- c) 等方あるいは異方圧密中、所定の外圧、内圧、背圧、軸方向応力及びねじりせん断応力を 200kN/m^2 未満では $\pm 2\text{kN/m}^2$ 、 200kN/m^2 以上では $\pm 1.0\%$ の変動の範囲内で連続して加え得ること。また、圧密中の供試体の軸変位量と体積変化量は、供試体の高さと同体積のそれぞれ $\pm 0.02\%$ 、 $\pm 0.05\%$ の許容差で測定できること。供試体の体積変化はビュレット又はこれと同等以上の性能を有する測定装置ではかること。

注記 ビュレットは背圧を加え得る構造を有し、背圧の変化によってビュレット内の水位が変化しない構造であることが望ましい。

- d) 等方あるいは異方圧密後に非排水状態で、**6.4** で定義する両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が 7.5% 以上になるまで、繰返しねじり力を連続して載荷できること。このとき、繰返し載荷中に載荷ピストンが三軸圧力室の内部に出入りすることによるセル圧の変動が生じないようにすること。波形は正弦波で周波数は $0.1\sim 1.0\text{Hz}$ であることを標準とするが、繰返しねじり力振幅の正確な制御と測定ができることを確認した場合は、正弦波以外の繰返しねじり力を用いてもよい。ただし、矩形波と台形波は用いてはならない。繰返しねじり力は $\gamma_{DA}=3\%$ に達するまで次の条件を常に満足すること。

- 1) 時計回りのねじり力の片振幅 T_R (N・m) と反時計回りのねじり力の片振幅 T_L (N・m) の和 (T_R+T_L) の変動が 10% 以下
- 2) $0.9 \leq T_R/T_L$ かつ $0.9 \leq T_L/T_R$

ここで、時計回りのねじり力の片振幅 T_R と反時計回りのねじり力の片振幅 T_L は、**図 2** に示すようにねじり力がゼロの状態から定義する。図において、 T は中立応力状態のときをゼロとする繰返しねじり力である。いずれも正の値とする。

注記 載荷周波数は、試験結果に及ぼす影響が無視できることを確認した場合は、 $0.1\sim 1.0\text{Hz}$ の範囲でなくてもよい。

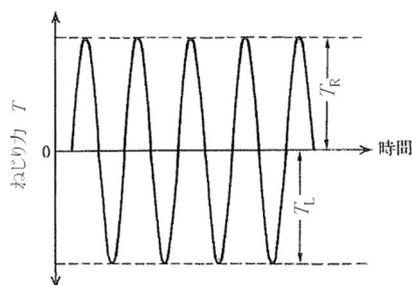


図 2—正弦波繰返し荷重に対する時計回りのねじり力の片振幅 T_R と反時計回りのねじり力の片振幅 T_L の定義

- e) 繰返し載荷中は所定セル圧を、 200kN/m^2 未満では $\pm 2\text{kN/m}^2$ 、 200kN/m^2 以上では $\pm 1.0\%$ 以内の圧力変動の範囲内で連続して加え得ること。
- f) 繰返し載荷中は間隙水圧と必要に応じてセル圧を 200kN/m^2 未満では $\pm 2\text{kN/m}^2$ 、 200kN/m^2 以上では \pm

1.0%の許容差で連続的に測定できること。繰返し载荷中の間隙水圧の測定には電気式圧力変換器を用いること。

- g) 繰返し中におけるねじり力の測定について、以下を満足すること。
- 1) 供試体に作用する繰返しねじり力を、所定の両振幅の±0.5%の許容差で連続的に測定できること。
 - 2) 繰返しねじり力の測定には電気式トルク計を用いること。
 - 3) トルク計は三軸圧力室の内部に設置し、セル圧の影響を検定してねじり力の測定値を補正すること。
 - 4) 軸変位計あるいは回転角計が軸荷重・トルク計と供試体の間に位置している場合は、反力を無視できる軸変位計あるいは回転計を用いること。
- h) 繰返し载荷中はねじり回転角をせん断ひずみに換算して±0.01%の許容差で連続的に測定できること。このとき、ねじり回転角は三軸圧力室の外部に設置した電気式回転角計ではかってもよいが、回転角計と供試体の間に位置する载荷ピストン、トルク計、軸荷重計などの変位、回転角計の設置位置の変位などは無視できる程度に小さくすること。
- i) 等方圧密状態から等方応力を保ったまま繰返し载荷を行う場合は、繰返し载荷中の軸力は軸方向応力あるいは軸差応力が j) に示す変動におさまるように連続して加え得ること。異方圧密状態から繰返し载荷を行う場合、あるいは等方圧密状態から軸変位を固定して繰返し载荷を行うことを選ぶ場合、繰返し载荷開始後に軸変位が軸ひずみにして±0.1%以上起こらないようにし得ること。
- j) 繰返し载荷中の軸方向応力は 200kN/m² 未満では±2kN/m²、200kN/m² 以上では±1.0%の許容差で連続的に測定できること。等方圧密状態から軸変位を固定せずに繰返し载荷を行う場合は、軸方向応力あるいは軸差応力は载荷開始直前の軸方向有効応力に対し±5.0%の変動の範囲内で連続して加え得ること。軸変位を物理的に固定して繰返し载荷を行う場合は、それにより軸のねじり運動に影響を与えないこと。また、軸固定の位置は軸力・ねじり力の計測に影響を及ぼさないように適切に設定すること。
- k) 繰返し载荷中の間隙水圧、繰返しねじり力、軸力、ねじり回転角、軸変位量及び必要に応じてセル圧を連続的に記録できること。このとき、データレコーダーなどの電気式記録装置を用いることを標準とするが、デジタルデータレコーダーを用いるときは、連続する二つのデジタル測定値の間の値が十分に内挿できるように、1周期のデータポイント数を 40 以上とすること。

5 試験方法

5.1 供試体の作製及び設置

供試体の作製及び設置は、JGS 0550 土のねじりせん断試験用中空円筒供試体の作製・設置方法によって行う。供試体の外径は 70mm 以上、内径は 30mm 以上、外径に対する内径の比は 0.4 以上を標準とし、供試体の高さは外径の 1~2 倍を標準とする。供試体の肉厚は、試料の最大粒径の 10 倍以上を標準とする。

注記 供試体の肉厚は、粒径幅の広い場合は最大の粒径の 5 倍程度以上とする。

5.2 飽和度の確認

圧密前及び必要に応じて圧密後に間隙圧係数 B (B 値) を測定する。ただし、 B 値は、等方応力状態で求める。

- a) 圧密前の B 値は次の方法で求める。
- 1) 排水バルブを閉じる。
 - 2) 等方応力を 1~2 分程度で $\Delta\sigma$ 増加する。 $\Delta\sigma$ は 10~50kN/m² 程度を標準とする。ただし、 $\Delta\sigma$ を加えた後のセル圧は等方圧密終了時のセル圧を超えないものとする。

- 3) 間隙水圧が一定値に落ち著いたときの間隙水圧の増加量 Δu をはかる。
- 4) 間隙圧係数 $B (= \Delta u / \Delta \sigma)$ を計算する。 B 値が 0.95 以上のときは、排水バルブを開いて等方圧密を開始するか、等方応力を所定の圧密終了時の値まで増加させてから排水バルブを開く。 B 値が 0.95 より小さいときは、等方応力を $\Delta \sigma$ 減少して元に戻し、**JGS 0520** 土の三軸試験の供試体作製・設置方法の **4.6 a)** で示す方法で飽和度を高め B 値が 0.95 以上になるようにする。
- b) 圧密開始前に B 値を求める代わりに、所定の圧密応力より低い応力段階で、上記の **5.2a)** の方法によって B 値を求めてもよい。ただし、その応力段階における一次圧密が終了していなければならない。
- c) 圧密前の B 値が 0.95 以上であり、かつ圧密時間が 8 時間以下の供試体に対しては、圧密後の B 値を求めなくてよい。ただし、三軸圧力室の上方に空気を残してセル圧を 8 時間以上加えることにより空気がセル水を通して供試体内に入り込むおそれがある場合は、圧密後の B 値も次の方法で求める。
 - 1) 供試体の一次圧密が終了した後、排水バルブを閉じる。
 - 2) 等方応力を 1~2 分程度で $\Delta \sigma$ 減少する。 $\Delta \sigma$ は 10~50kN/m² 程度を標準とする。
 - 3) 間隙水圧の減少量 Δu_0 をはかる。
 - 4) 等方応力を 2) と同じ時間で $\Delta \sigma$ 増加する。
 - 5) 間隙水圧の増加量 Δu_1 をはかる。
 - 6) 間隙圧係数 $B (= (\Delta u_0 + \Delta u_1) / (2\Delta \sigma))$ を計算する。
 - 7) 排水バルブを開く。
 - 8) B 値が 0.95 以上のときは **5.4** に移る。 B 値が 0.95 より小さいときは、**JGS 0520** 土の三軸試験の供試体作製・設置方法の **4.6 a)** に示す方法で飽和度を高め、 B 値が 0.95 以上になるようにする。

5.3 圧密過程

圧密過程については、以下の要求に従って試験を行う。最終的な背圧は 100kN/m² 以上を標準とする。圧密による供試体の体積変化量（供試体からの排水量と等しいものとする） ΔV_v (mm³) と供試体の軸変位量 ΔH_v (mm) をはかる。特に、圧密応力が 50kN/m² 程度以下の場合には、セル圧を入念に制御する。また、セル圧による载荷ピストンに作用する荷重や载荷ピストンなどの自重を考慮して軸力を正確に制御し、応力状態の確認を入念に行う。

a) 等方圧密過程

- 1) 排水状態で、等方応力状態を保ったまま側方向応力を所定の圧密終了時の値まで増加させる。あるいは非排水状態で等方的に圧力を上げ、その後に排水・圧密を許すという段階を繰り返すことで側方向応力を所定の圧密終了時の値まで増加させてもよい。
- 2) 少なくとも、一次圧密が終了するまで圧密を続ける。ただし、一次圧密が 30 分以内で終了する供試体は、30 分を超える適当な時間で打ち切る。一次圧密終了を定量的に求める必要がある場合は、圧密中の体積変化量及び可能なときは軸変位量の時間的な推移を測定して、**JGS 0522** 土の圧密非排水 (CU) 三軸圧縮試験方法の **5.2 d)** に規定する方法を準用する。

b) 異方圧密過程

異方圧密は、排水状態で次の方法で行うことを標準とする。

- 1) 初期等方圧密状態での有効側方向応力に対応する所定の異方圧密応力比 K を満足する軸方向応力を加える。
- 2) 初期圧密応力状態と最終圧密応力状態での有効側方向応力の差を 5 等分以上して、 $\Delta \sigma_r$ とする。ただし、 $\Delta \sigma_r$ は 20kN/m² を超えないこと。
- 3) 側方向応力を $\Delta \sigma_r$ だけ増加する。

- 4) 所定の異方圧密応力比となるまで、軸方向応力を増加させる。
- 5) 最終圧密応力状態となるまで、上記 3) と 4) の操作を繰り返す。
- 6) 異方圧密時の軸方向応力と側方向応力の載荷速度は、軸ひずみの変化率が 0.1%/min 以下であることを目安とし、次の段階に移る。
- 7) 少なくとも、一次圧密が終了するまで圧密を続ける。

注記 2)~5)の過程は、自動制御により軸方向応力と側方向応力を連続的に変化させることで置き換えてもよい。

5.4 繰返し非排水載荷過程

繰返し非排水載荷過程については、以下の要求に従って試験を行う。

- a) 所定の圧密応力状態であることを確認する。
- b) 排水バルブを閉じる。
- c) 異方圧密状態から繰返し載荷を始める場合、これ以降、試験終了まで軸方向変位が軸ひずみにして±0.1%以上起こらないようにする。等方圧密状態から繰返し載荷を始める場合は、必要に応じて同じ軸制御を適用してよい。あるいは、軸方向応力あるいは軸差応力が 4j) に示す変動におさまるように制御する。
- d) 繰返しねじり力を加え、ねじり力、回転角、軸力、軸変位、間隙水圧及び必要に応じてセル圧を連続的に記録する。ただし、繰返し載荷中のセル圧が変動しないことを確認した場合は、セル圧を連続的に記録しなくてもよい。繰返し非排水中空ねじりせん断試験の記録例を図 3 に示す。

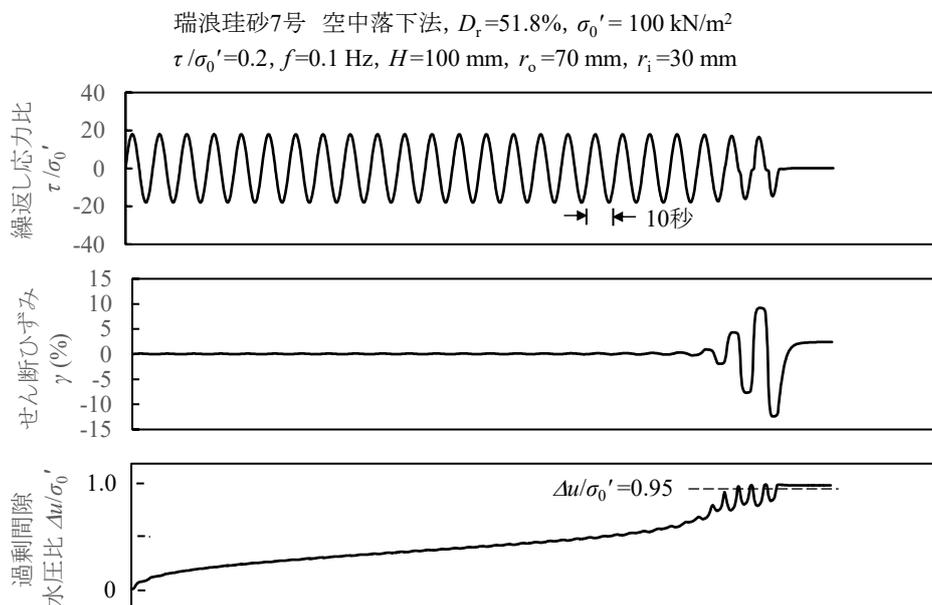


図 3—繰返し非排水中空ねじりせん断試験の記録例

- e) 繰返し載荷回数が 200 回程度を超えるか、又は後述の式で計算される両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が 7.5% 以上になるまで繰返し載荷を行う。

注記 最大繰返し載荷回数は供試体の状態と試験の目的によって適宜決めてよい。

- f) 供試体の変形・破壊状況などを観察し、記録する。

g) 供試体の炉乾燥質量 m_s (g) をはかる。

5.5 供試体の必要個数

必要な供試体の数は、4 個を標準とする。このとき、同質の供試体を用いて同一の有効拘束圧のもとで、繰返しねじり力振幅を適切に変えた一連の試験を行う。

注記 繰返しねじり力振幅の大きさは、最低 2 個の供試体で繰返し载荷回数がおおよそ 5~50 回の間で両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が 7.5% になるように調整するとよい。

6 試験結果の整理

6.1 圧密前の供試体の状態

圧密前の供試体の状態は、次式により求める。

a) 圧密前の供試体体積 V_0 (mm³) を次式で算定する。

$$V_0 = V_i - \Delta V_i$$

ここに、
 V_i : 供試体の初期体積 (mm³)
 ΔV_i : 初期状態から圧密前までに生じた供試体の体積変化量 (mm³) (体積減少を正とする)

b) 圧密前の供試体高さ H_0 (mm) を次式で算定する。

$$H_0 = H_i - \Delta H_i$$

ここに、
 H_i : 供試体の初期高さ (mm)
 ΔH_i : 初期状態から圧密前までに生じた供試体の軸変位量 (mm) (圧縮を正とする)

c) 圧密前の供試体の外径 D_{o0} (mm) と内径 D_{i0} (mm) を次式で算定する。

$$D_{o0} = D_{oi} \times \sqrt{(1 - \varepsilon_{vi}/100)/(1 - \varepsilon_{ai}/100)}$$

$$D_{i0} = D_{ii} \times \sqrt{(1 - \varepsilon_{vi}/100)/(1 - \varepsilon_{ai}/100)}$$

ここに、
 D_{oi} : 供試体の初期外径 (mm)
 D_{ii} : 供試体の初期内径 (mm)
 ε_{vi} : 初期状態から圧密前までに生じた体積ひずみ
 (= $\Delta V_i/V_i \times 100$) (%) (体積減少を正とする)
 ε_{ai} : 初期状態から圧密前までに生じた軸ひずみ
 (= $\Delta H_i/H_i \times 100$) (%) (圧縮を正とする)

6.2 間隙圧係数 B

圧密前の供試体の B 値を次式で算定し、四捨五入によって有効数字 2 桁に丸める。

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma}$$

ここに、 $\Delta \sigma$: 等方応力の増加量 (kN/m²)
 Δu : $\Delta \sigma$ に伴う間隙水圧の増加量 (kN/m²)

6.3 圧密過程

圧密後の供試体の状態は、次式により求める。

- a) 圧密後の供試体体積 V_c (mm³) を次式で算定する。

$$V_c = V_0 - \Delta V_c$$

ここに、 ΔV_c : 圧密による体積変化量 (mm³)
 (体積減少を正とする)

- b) 圧密後の供試体高さ H_c (mm) を次式で算定する。

$$H_c = H_0 - \Delta H_c$$

ここに、 ΔH_c : 圧密による軸変位量 (mm)
 (圧縮を正とする)

- c) 圧密後の供試体断面積 A_c (mm²) を次式で算定する。

$$A_c = \frac{V_c}{H_c}$$

- d) 圧密後の供試体の外径 D_{oc} (mm) と内径 D_{ic} (mm) を次式で算定する。

$$D_{oc} = D_{o0} \times \sqrt{(1 - \varepsilon_{vc}/100)/(1 - \varepsilon_{ac}/100)}$$

$$D_{ic} = D_{i0} \times \sqrt{(1 - \varepsilon_{vc}/100)/(1 - \varepsilon_{ac}/100)}$$

ここに、 ε_{vc} : 圧密による体積圧縮ひずみ ($= \Delta V_c / V_0 \times 100$) (%)
 (体積減少を正とする)
 ε_{ac} : 圧密による軸圧縮ひずみ ($= \Delta H_c / H_0 \times 100$) (%)
 (圧縮を正とする)

- e) 圧密後の供試体の乾燥密度 ρ_{dc} (Mg/m³) を次式で算定し、四捨五入によって小数点以下 2 桁に丸める。

$$\rho_{dc} = \frac{m_s}{V_c} \times 1000$$

ここに, m_s : 供試体の炉乾燥質量 (g)

注記 必要に応じて, 圧密後の供試体の間隙比 e_c と相対密度 D_{rc} (%) を次式で算定する。

$$e_c = \frac{\rho_s}{\rho_{dc}} - 1$$

$$D_{rc} = \frac{e_{\max} - e_c}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$$

ここに, ρ_s : 土粒子の密度 (Mg/m³)
 e_{\max} : 最小密度試験による試料の間隙比
 e_{\min} : 最大密度試験による試料の間隙比

6.4 繰返し非排水載荷過程

繰返し非排水載荷過程の計算及び整理方法は, 次による。

a) ひずみと応力を次式で計算する。

1) 供試体の軸ひずみ ε_a (%) を次式で算定する。

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta H}{H_c} \times 100$$

ここに, ΔH : 繰返しせん断過程における軸変位量 (mm)
(圧縮を正とする)

2) 供試体の外径 D_o (mm) と内径 D_i (mm) を次式で算定する。

$$D_o = D_{oc} \times \sqrt{1/(1 - \varepsilon_a/100)}$$

$$D_i = D_{ic} \times \sqrt{1/(1 - \varepsilon_a/100)}$$

3) 供試体のせん断ひずみ γ (%) を次式で算定する。

$$\gamma = \frac{2\Delta\theta(r_o^3 - r_i^3)}{3H(r_o^2 - r_i^2)} \times 100$$

ここに, $\Delta\theta$: 供試体の回転角 (rad)
 r_o : 供試体の外半径 (mm) (= $D_o/2$)

r_i : 供試体の内半径 (mm) ($= D_i / 2$)
 H : 供試体高さ (mm) ($= H_c - \Delta H$)

- 4) ゴムスリーブ張力によるせん断応力の補正量 (減少分) $\Delta\tau_m$ (kN/m²) を次式で算定する。

$$\Delta\tau_m = \frac{2E_m t_m (r_o^3 + r_i^3)}{(r_o^3 - r_i^3)(r_o + r_i)} \times \frac{\gamma}{100}$$

ここに, E_m : ゴムスリーブのヤング率 (kN/m²)
 t_m : ゴムスリーブの厚さ (mm)

- 5) せん断応力 τ (kN/m²) を次式で算定する。

$$\tau = \frac{3T}{2\pi(r_o^3 - r_i^3)} \times 10^6 - \Delta\tau_m$$

ここに, T : ねじり力 (N・m)

- 6) 軸差応力 σ_d (kN/m²) を次式で算定する。

$$\sigma_d = \frac{P}{A_c} \left(1 - \frac{\varepsilon_a}{100}\right) \times 1000$$

ここに, P : 供試体に作用している軸力 (N)

注記 供試体の自重による軸方向応力への影響が無視できないはその効果を適宜補正し, 供試体中央高さでの値となるようにする。

- 7) 軸方向応力 σ_a (kN/m²) を次式で算定する。

$$\sigma_a = \sigma_d + \sigma_r$$

ここに, σ_r : 側方向応力 (kN/m²)

- b) 両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が 1.5, 3, 7.5%, 及び必要に応じて 15% のとき, 又は他の適切な γ_{DA} のときの繰返し載荷回数 N_c を求める。

- 1) 両振幅せん断ひずみ γ_{DA} (%) は次式で算定し, 四捨五入によって有効数字 2 桁に丸める。

$$\gamma_{DA} = \frac{2\Delta\theta_{DA} (r_o^3 - r_i^3)}{3H (r_o^2 - r_i^2)} \times 100$$

ここに, $\Delta\theta_{DA}$: 繰返し载荷中の供試体の回転角 $\Delta\theta$ の両振幅 (rad)

- 2) 所定の両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が生じたとき, 繰返し载荷回数 N_c を次式で算定し, 四捨五入によって整数に丸める。

$$N_c = \frac{\gamma_{DA} - \gamma_{DA}(N_i)}{\gamma_{DA}(N_i + 0.5) - \gamma_{DA}(N_i)} \times 0.5 + N_i$$

ここに, γ_{DA} は 1.5, 3, 7.5%又は 15%などの所定の両振幅せん断ひずみであり $\gamma_{DA}(N_i)$, $\gamma_{DA}(N_i+0.5)$ は, それぞれ N_i 回, $(N_i+0.5)$ 回における γ_{DA} の値, N_c は γ_{DA} に対応する回数である (図4参照)。ただし, 1回以上で10回より小さい N_c に対しては算定した N_c を0.5の単位でまとめる。また, $N_c=1$ 回で既に所定の大きさの γ_{DA} よりも大きな両振幅せん断ひずみ $\gamma_{DA}(1)$ が生じ, その所定の γ_{DA} に対する1回以下の N_c を定義する必要があるときは, 次式で算定し, 0.1の単位でまとめる。

$$N_c = \frac{\gamma_{DA}}{\gamma_{DA}(1)}$$

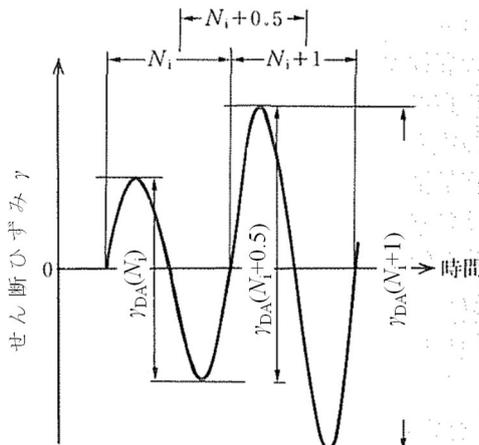


図4—所定の γ_{DA} に対する繰返し载荷回数 N_c の定義の説明図

- c) 必要に応じて各繰返しサイクルにおける過剰間隙水圧 Δu の最大値が初期有効拘束圧 σ'_0 の95%になったときの繰返し载荷回数 N_{95} を求め, 整数でまとめる。
- d) 次のときの繰返しせん断応力の片振幅 τ_d (kN/m²)を次式で算定し, 有効数字3桁に丸める。

$$\tau_d = \frac{3(T_R + T_L)}{4\pi(r_o^3 - r_i^3)} \times 10^6 - \Delta\tau_m$$

- 1) 両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が1.5%になるまでの平均値
- 2) 必要に応じて, $\gamma_{DA}=1.5, 3, 7.5\%$ のときの値

注記 両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が1.5%になるまでの τ_d の平均値は、連続記録したせん断応力のピーク値の包絡線から求めてもよい。

- e) $\gamma_{DA}=1.5\%$ までの時計回りのねじり力の片振幅 T_R 及び反時計回りのねじり力の片振幅 T_L の比 T_R/T_L の平均値を求め、四捨五入によって有効数字3桁に丸める。

6.5 結果の図示

一連の供試体について、繰返しせん断応力の片振幅 τ_d 又は繰返し応力振幅比 τ_d/σ'_0 の $\gamma_{DA}=1.5\%$ になるまでの平均値を縦軸に、所定の両振幅せん断ひずみ γ_{DA} のときの繰返し载荷回数 N_c 及び必要に応じて N_{u95} の対数を横軸にとって図示する。ここで、一連の供試体とは同質であり、同一の有効拘束圧 σ'_0 で繰返し非排水ねじりせん断試験を行った複数の供試体をいう。

7 報告

試験結果について、次の事項を報告する。

- a) 供試体の作製方法
 b) 圧密前の供試体寸法
 c) B 値及びその測定方法
 d) 圧密による体積変化量 (mm^3) 及び軸変位量 (mm)
 e) 供試体の炉乾燥質量 (g) 及び圧密後の乾燥密度 (Mg/m^3)
注記 必要に応じて、圧密後の間隙比と相対密度 (%) を報告する。
 f) 圧密応力 (kN/m^2)、有効拘束圧 (kN/m^2)、背圧 (kN/m^2)、载荷周波数 (Hz) 及び载荷波形。異方圧密の場合は軸方向圧密応力 σ'_{ac} (kN/m^2)、側方向圧密応力 σ'_{rc} (kN/m^2) 及び必要に応じて異方圧密応力比 $\sigma'_{rc}/\sigma'_{ac}$ ($=K$)
 g) 繰返し载荷中のねじり力と回転角の測定方法
 h) 繰返し载荷中のせん断応力 (kN/m^2)、せん断ひずみ (%), 軸差応力 (kN/m^2)、軸方向ひずみ (%), 間隙水圧 (kN/m^2) の連続記録, 及び必要に応じてセル圧 (kN/m^2) の連続記録
 i) 繰返し载荷中のせん断応力 (kN/m^2) - せん断ひずみ (%) 曲線, 及びせん断応力 (kN/m^2) - 有効拘束圧 (kN/m^2) 曲線
 j) $\gamma_{DA}=1.5\%$ になるまでの T_R/T_L の平均値
 k) $\gamma_{DA}=1.5\%$ になるまでの繰返しせん断応力の片振幅 τ_d (kN/m^2) の平均値
注記 必要に応じて、 $\gamma_{DA}=1.5, 3, 7.5\%$ のときの繰返しせん断応力の片振幅 τ_d の値を報告する。
 l) 繰返しせん断応力の片振幅 τ_d 又は繰返し応力振幅比 τ_d/σ'_0 の $\gamma_{DA}=1.5\%$ になるまでの平均値と所定の両振幅せん断ひずみ γ_{DA} のときの繰返し载荷回数 N_c との関係

注記 必要に応じて、繰返しせん断応力の片振幅 τ_d 又は繰返し応力振幅比 τ_d/σ'_0 の $\gamma_{DA}=1.5\%$ になるまでの平均値と N_{u95} との関係を報告する。一連の試験結果をまとめた標準的な例を図5に示す。

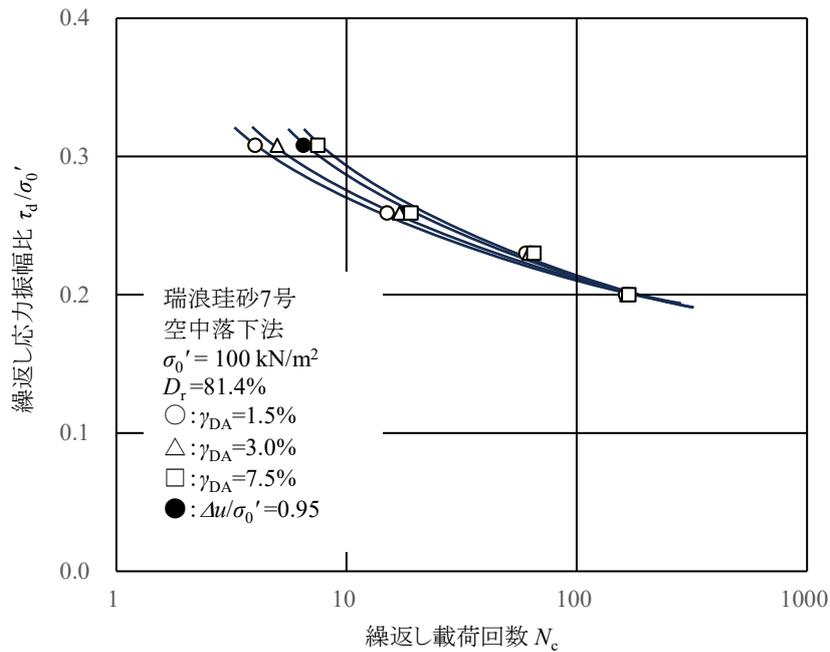


図5—1連の試験結果をまとめた例

m) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は，その内容を報告する。

n) その他特記すべき事項

- 1) 試験装置の概要，供試体の飽和方法，軸荷重・トルク計・回転角測定器の位置，載荷ピストンの摩擦補正，間隙水圧測定経路の体積変化，ゴムスリーブの材質と厚さ及びゴムスリーブ貫入量に関する補正の有無，ペDESTAL・キャップに設置されたリブの枚数について報告する。
- 2) 供試体の互層状態，供試体上部の水膜発生状況などの破壊状況などを報告する。
- 3) 等方応力状態からの繰返し載荷を行った場合，繰返し載荷中の軸方向の制御方法について，軸力一定条件・軸変位固定条件のいずれかを報告する。