

# 新規制定の地盤工学会基準

## 「軟岩の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法」素案について

### 地盤工学会基準部

#### 1. はじめに

ここに公示する学会基準案は、新たに制定することを提案する「軟岩の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法」(以降、「軟岩繰返し三軸」と呼ぶ)に関するものである。原案は、「室内試験規格・基準委員会 WG4: 力学特性」の瀧谷 WG リーダー(神戸大学)、川口 WG 幹事(北見工業大学)のもと、岩石の力学特性に関する試験の改定作業メンバー(委員構成は表-1)により作成され、「室内試験規格・基準委員会」及び「基準部」において審議されたものである。以下に基準案の作成の経緯及び基準案の概要を述べる。

基準案については、学会のホームページに掲載するとともに、本部図書館においても閲覧可能とした。ここに公示された基準案に対する意見は、平成30年1月1日までに書面にて基準部宛にご提出いただきたい。会員から意見が出された場合には、その内容を慎重に検討したうえで、基準部及び理事会における所定の審議手続きを経た後、学会基準として制定される。

表-1 岩石の力学特性に関する試験の改定作業メンバー

委員	岡本 敏郎	芝浦工業大学
委員	谷 和夫	東京海洋大学
委員	小野 正樹	応用地質
委員	城下 学	西日本技術開発
委員	吉田 淳	サンコーコンサルタント
委員	納谷 朋広	ダイヤコンサルタント
委員	島田 徹也	基礎地盤コンサルタント
幹事	岡田 哲実	電力中央研究所

#### 2. 基準案作成の経緯

「軟岩繰返し三軸」については、全く新しい基準という訳ではなく、繰返し三軸試験については、「地盤材料の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法(JGS0542)」から、対象地盤として軟岩を分離したものである。他の三軸試験については土と岩石の試験法が別々に存在するが、この試験方法だけは一緒の基準となっており、かつ現行の試験基準(JGS0542)を岩石に適用することが困難だからである。

改定作業メンバーは、計8回のWGを開催し、試験の内容について議論を重ねた。本試験は、地震動や交通振

動などによる繰返し荷重を受ける軟岩を対象として、数値解析を適用する際に必要となる変形特性を求める目的としている。これまで繰返し載荷を受ける軟岩の変形特性は、JGS 0542によって求められてきたが、軟岩に適用する際には2つの課題があった。1つ目の課題は、軟岩は土質材料に比べてベディングエラーの影響が大きく、キャップやピストン変位から求めた軸ひずみは過大評価となりやすいことである。2つ目の課題は、等方応力状態にある軟岩に対して両振りの繰返し載荷を行った場合、供試体端面とキャップが分離してしまい、大きなひずみレベルまで試験を実施することが困難な場合があることである。そこで、旧基準の試験方法を踏襲しつつ、これらの課題に対応した内容となっている。現行の基準(JGS 0542)との大きな違いは、繰返し載荷中の軸ひずみの測定は供試体側面で行うことを必須とした点と、繰返し載荷前に軸差応力を加える方法を注記に記した点である。特に後者については、①繰返し載荷過程の前に軸差応力を加える方法、②繰返し載荷過程の途中から軸差応力を加える方法、③圧縮荷重だけで繰返し載荷を行う方法等があることを記載した。しかしながら、①～③の方法を並列してあるので、本基準案を契機として、①～③の方法が変形特性に及ぼす影響が明らかになり、より良い基準となることを期待したい。

#### 3. 基準案の概要

本基準案は、等方あるいは異方応力状態にある軟岩に対して、三軸試験機を用いて排水又は非排水条件のもとで繰返し載荷中の変形特性を求める試験方法について規定するものであり、以下の9章で構成されている。

- 1 適用範囲
- 2 引用規格及び基準
- 3 用語及び定義
- 4 試験器具
- 5 供試体の測定
- 6 供試体の設置と飽和
- 7 試験方法
- 8 試験結果の整理
- 9 報告

# 軟岩の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法

この基準は、等方あるいは異方応力状態にある軟岩に対して、三軸試験機を用いて排水又は非排水条件のもとで繰返し載荷中の変形特性を求める試験方法について規定する。主として、飽和した軟岩及び岩石質地盤材料を対象とする。

**注記** 破碎帶のように岩盤中に存在する固結度の低い地盤材料にも準用できる。

## 2 引用規格及び基準

次に掲げる規格及び基準は、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。これらの引用規格及び基準は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**JIS A 0207** 地盤工学用語

**JIS B 7507** ノギス

**JGS 2132** 岩石の密度試験方法

**JGS 2134** 岩石の含水比試験方法

**JGS 25XX** 岩石の弾性波速度計測方法

**JGS 2532** 軟岩の圧密非排水（CU）三軸圧縮試験方法

**JGS 2533** 軟岩の圧密非排水（ $\overline{CU}$ ）三軸圧縮試験方法

**JGS XXXX** 岩石の供試体の作製方法

## 3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、**JIS A 0207**によるほか、次による。

### 3.1

#### 軟岩

一般に、岩石の一軸圧縮強さが  $25 \text{ MN/m}^2$  未満の岩盤をいう（**JIS A 0207** 参照）。

**注記** 本基準における軟岩は、一軸圧縮強さが  $25 \text{ MN/m}^2$  未満の岩石をいう。

### 3.2

#### 岩石質地盤材料

G

Y YYYY :  $\epsilon\epsilon\epsilon\epsilon$

岩石と同程度の一軸圧縮強さを有するように改良あるいは人工的につくられた地盤材料。

3.3

### 変形特性

繰返し軸差応力振幅と繰返し軸ひずみ振幅から求める等価ヤング率と軸差応力と軸ひずみの履歴曲線から求める履歴減衰率。

**注記 1** 本基準における等価ヤング率は、1つの繰返しサイクルにおいて、軸差応力と軸ひずみから描かれる履歴曲線の両端を結んだ直線の勾配。

**注記 2** 本基準における履歴減衰率は、1つの繰返しサイクルにおける履歴曲線の面積を、その繰返しサイクルでの等価弾性エネルギーで除したものに  $1/(2\pi)$  を乗じたもの。

3.4

### 軸方向応力

供試体の長軸方向に作用する応力。

3.5

### 側方向応力

供試体の半径方向に作用する応力。なお、側方向応力はセル圧に等しい。

3.6

### 軸差応力

軸方向応力と側方向応力の差。

3.7

### セル圧

三軸圧力室内に加える圧力。

3.8

### 背圧（バックプレッシャー）、 $u_b$

供試体内部の間隙水に付加する圧力（JIS A 0207 参照）。

3.9

### 圧密応力

圧密が生じる際、地盤中のある面上に働く有効応力（JIS A 0207 参照）。

**注記** 圧密過程において供試体の外側から作用している応力から背圧を差し引いたもの。

3.10

### 軸方向圧密応力

圧密過程において供試体の長軸方向に作用している応力から背圧を差し引いたもの。

3.11

### 側方向圧密応力

圧密過程において供試体の半径方向に作用している応力から背圧を差し引いたもの。

3.12

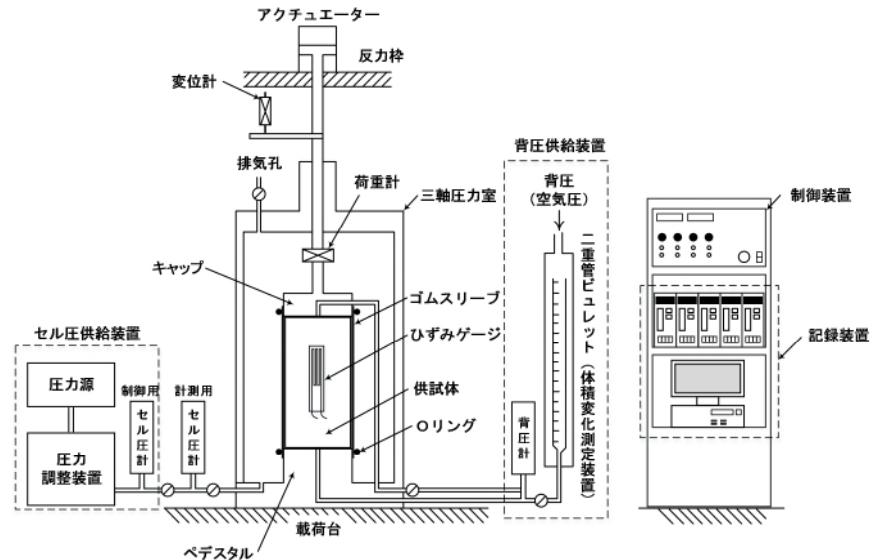
### 異方圧密応力比

側方向圧密応力を軸方向圧密応力で除したもの。

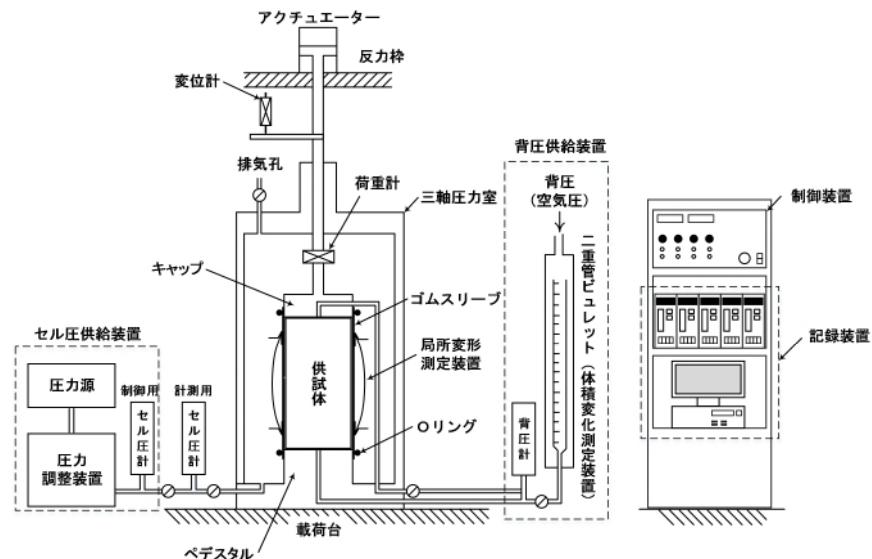
## 4 試験器具

### 4.1 繰返し三軸試験機

繰返し三軸試験機の構成例を図1に示す。繰返し三軸試験機は三軸圧力室、セル圧・背圧供給装置、圧縮装置、荷重計、変位計、圧力計、体積変化測定装置、**制御装置**、**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。



(a) ひずみゲージを用いて測定する例



(b) 局所変形測定装置を用いて測定する例

図1-繰返し三軸試験機の構成例

- a) 最大セル圧、背圧及び供試体の最大圧縮軸荷重と最大伸張軸荷重に対して、十分な耐荷容量と負荷能力を有すること。
- 1) 最大伸張軸荷重作用時に三軸圧力室が浮き上がることがないように、三軸圧力室を載荷台などに固定する。
  - 2) 繰返し載荷中は三軸伸張応力状態を作り出せ、かつ載荷ピストンとキャップの間に遊びがないよう

に、供試体を三軸圧力室にセットする前に載荷ピストンとキャップが剛結された形式（**JGS 2532 の図 2**）を用いる。

- b)** 供試体をキャップ、ペデスタル及びゴムスリーブで覆い、これに所定のセル圧、背圧及び軸荷重を加えることができ、供試体の上下端から給排水が可能のこと。また、飽和供試体の繰返し載荷試験を非排水状態で行う場合は、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。
- 1)** キャップ、ペデスタルの直径は供試体の直径と同一であることを標準とする。キャップとペデスタルの両面は平面で互いに平行であり、載荷ピストンと直交しているものとする。
- 注記** 排水面には十分大きい透水性を有する多孔板を用い、必要に応じて適切なろ紙またはフィルターを敷いても良い。
- 2)** 間隙水圧測定経路の水圧変化による体積変化特性は、**JGS 2533 の 4.1 g)**による。
- c)** 等方あるいは異方圧密中、所定のセル圧、背圧、軸方向応力を  $200 \text{ kN/m}^2$  未満では  $\pm 2 \text{ kN/m}^2$ 、 $200 \text{ kN/m}^2$  以上では  $\pm 1.0\%$  の圧力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、供試体の高さと体積のそれぞれ  $\pm 0.01\%$ 、 $\pm 0.03\%$  の許容差で測定できること。
- d)** 等方あるいは異方圧密中の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測る。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。
- e)** 等方あるいは異方圧密後に排水あるいは非排水状態で、一載荷周期中の **8.3** で定義する片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  が  $0.001\%$  以下から  $0.1\%$  以上の一定振幅の繰返し軸荷重あるいは繰返し軸変位を連続して載荷できること。波形は正弦波あるいは三角波で、周波数は  $0.05\sim1.0 \text{ Hz}$  であることを標準とする。
- 1)** 圧縮荷重の片振幅  $P_C$  と伸張荷重の片振幅  $P_E$  は、**図 2** に示すように繰返し載荷前の応力状態から定義する。いずれも正の値とする。 $\Delta P$  ( $=P_C+P_E$ ) は繰返し軸荷重の両振幅である。**図 2**において、 $P_0$  は繰返し載荷前の応力状態のときに供試体に加わっている軸差荷重（軸差応力と供試体断面積の積）である。

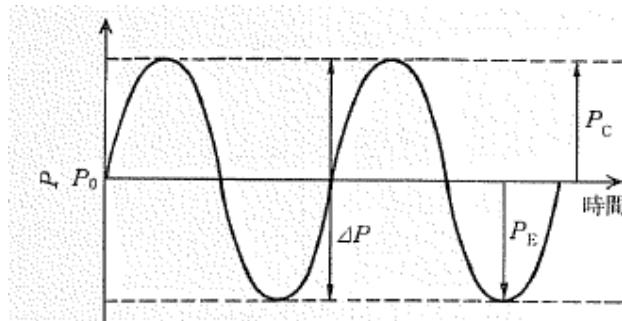


図 2—正弦波繰返し軸荷重に対する圧縮荷重の片振幅  $P_C$  と伸張荷重の片振幅  $P_E$  の定義

- 2)** 圧縮軸変位の片振幅  $\Delta L_C$  と伸張軸変位の片振幅  $\Delta L_E$  は**図 3** に示すように繰返し載荷前の状態から定義する。いずれも正の値とする。 $\Delta L$  ( $=\Delta L_C + \Delta L_E$ ) は繰返し軸変位の両振幅である。

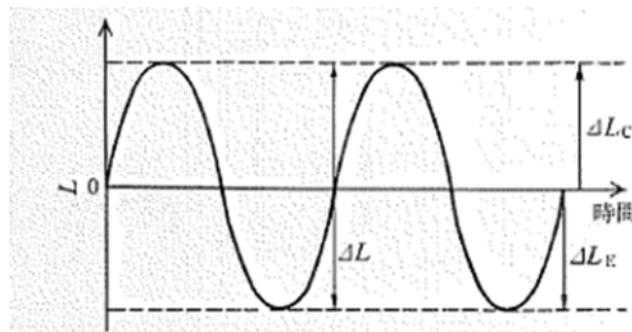


図3—正弦波繰返し軸変位に対する圧縮軸変位の片振幅  $\Delta L_C$  と伸張軸変位の片振幅  $\Delta L_E$  の定義

- 3) 繰返し軸荷重あるいは繰返し軸変位の載荷波形として、正弦波と三角波以外の矩形波や台形波は用いてはならない。

**注記** 載荷周波数は、本基準に示す測定精度が満足できることを確認した場合は、0.05～1.0 Hzの範囲でなくてもよい。

- f) 繰返し軸荷重を制御して加える試験では、次の条件を常に満足すること。

- 1) 繰返し載荷開始時の応力状態から定義した圧縮荷重の片振幅  $P_C$  と伸張荷重の片振幅  $P_E$  の和 ( $P_C+P_E$ ) の変動が 10%以下

- 2)  $0.8 \leq P_C/P_E \leq 1.2$

- g) 繰返し軸変位を制御して加える試験では、次の条件を常に満足すること。

- 1) 繰返し載荷開始から定義した圧縮変位の片振幅  $\Delta L_C$  と伸張変位の片振幅  $\Delta L_E$  の和 ( $\Delta L_C+\Delta L_E$ ) の変動が 10%以下

- 2)  $0.8 \leq \Delta L_C/\Delta L_E \leq 1.2$

- h) 繰返し載荷中は所定のセル圧を、200 kN/m<sup>2</sup>未満では±2 kN/m<sup>2</sup>、200 kN/m<sup>2</sup>以上では±1.0%の圧力変動の範囲内で連続して加え得ること。

- i) 繰返し載荷中は、セル圧を（及び飽和供試体の非排水繰返し載荷試験を行う場合は間隙水圧も）200 kN/m<sup>2</sup>未満では±2 kN/m<sup>2</sup>、200 kN/m<sup>2</sup>以上では±1.0%の許容差で連続的に測定できること。

- j) 片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ )<sub>SA</sub> が 0.01%以上の繰返し載荷の場合に、供試体に作用する繰返し軸荷重を、三軸圧力室内に設置した履歴特性が無視できる荷重計を用いて、所定の荷重の両振幅の±1.0%の許容差で連続的に測定できること。

- 1) 繰返し軸荷重の測定には、三軸圧力室内に設置した荷重計を用いる。

- 2) 荷重計の出力は、セル圧の変化により変化しないこと。また、軸荷重の偏心によるモーメントや水平力に影響されないこと。

- 3) 荷重計の出力に対する実荷重の関係を静的な載荷・除荷に対して求め、図4に示す方法で求めた繰返し載荷に対する履歴特性  $h_{LC}$  を求める。 $h_{LC}$  の値は、片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ )<sub>SA</sub> が 0.01%の時の供試体の履歴減衰率  $h$  の 5%以下であることを確認する。荷重計に加える荷重の最大値は実際の試験で加える荷重の最大値とする。荷重計の履歴特性は次式で算定する。

$$\text{荷重計履歴特性 } h_{LC} = (1/2\pi) \cdot \Delta X / X$$

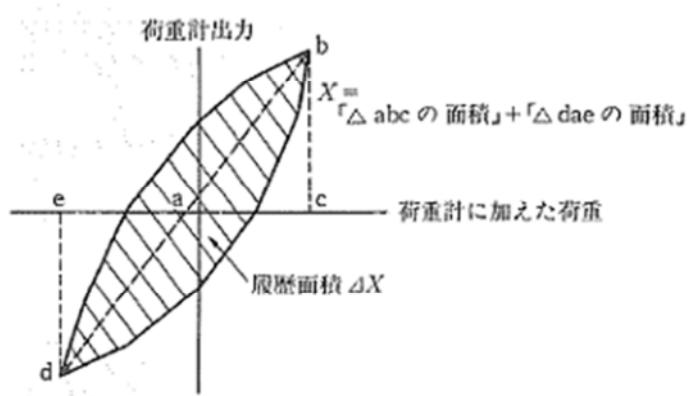


図 4—荷重計の履歴特性の定義

- k) 片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  が 0.01% 以上の繰返し載荷の場合に、供試体の軸変位量を、履歴特性が無視できる変位計を用いて、所定の軸変位の両振幅の  $\pm 1.0\%$  の許容差で連続的に測定できること。軸変位量は、ひずみゲージ、局所変形測定装置または非接触式・リング式などの変位計を用いて供試体の側面で測定できること。

**注記 1** 正確な軸ひずみを求めるためには、供試体の端面の不整や不陸あるいは端面近傍のゆるみによるベディングエラーの影響を受けないように、供試体の中央高さで軸ひずみや局所的な軸変位量を測定する必要がある。

**注記 2** 各繰返し載荷段階で得られた等価ヤング率  $E_{eq}$  を、本試験で得られる微小ひずみレベル  $(\varepsilon_a)_{SA}$  が 0.001% 程度以下) での等価ヤング率  $E_0$  で正規化した  $E_{eq}/E_0$  と片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  の関係を求める目的とする場合には、供試体の軸変位量を、三軸圧力室内に設置した変位計により測定したキャップあるいは載荷ピストンの軸変位から求めても良い。

- 1) 軸変位量を、局所変形測定装置または非接触式・リング式などの変位計を用いて供試体の側面で測定する場合には、図 5 を参考にして供試体の直径方向の両端位置で、供試体軸に平行なゴムスリーブ上の線上の二点間での軸変位量  $\Delta L_{local}$  を測定する。 $\Delta L_{local}$  は供試体高さの 50%~80% 程度を測定長とする。この場合、ゴムスリーブと供試体の間のすべりが軸変位の測定値に対して影響が無いこと。また、測定器が供試体の変形に影響を与えないこと。

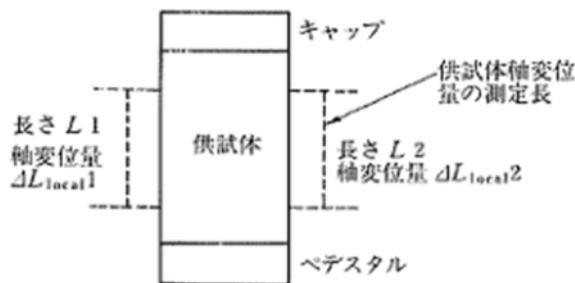


図 5—供試体側面での供試体軸変位量の測定例

- 2) 変位計の出力は、セル圧の変化により変化しないこと。

- 3) 軸変位計の出力とマイクロメーターで測定した軸変位計に加えた変位の関係を静的な変位の増加・減少に対して求め、図6に示す方法で繰返し載荷に対する履歴特性  $h_{DT}$  を求める。 $h_{DT}$  の値は、片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  が 0.01% の時の供試体の履歴減衰率  $h$  の 5% 以下であることを確認する。加える変位の最大値は、実際の試験で加える軸変位の最大値とする。軸変位計の履歴特性は次式で算定する。

$$\text{軸変位計の履歴特性 } h_{DT} = (1/2\pi) \cdot \Delta Y/Y$$

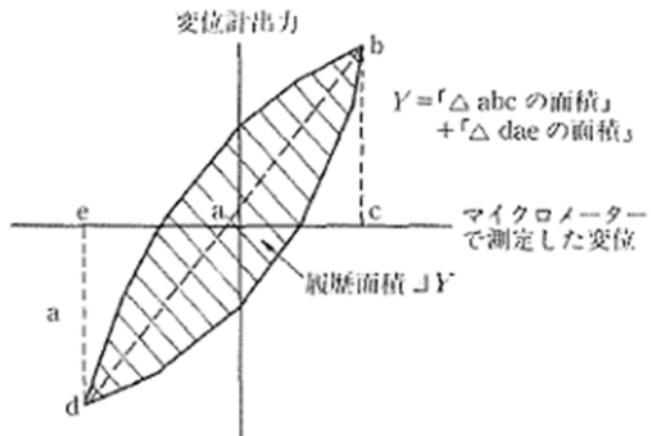


図6ー軸変位計の履歴特性の定義

- I) 繰返し載荷中の繰返し軸荷重及び繰返し軸変位量を連続的にかつ同時に記録できること。必要に応じて、セル圧及び間隙水圧の連続的記録ができること。
- 1) 繰返し載荷中の軸荷重、軸変位、及び必要に応じて測定するセル圧と間隙水圧の測定値は、デジタルデータレコーダーなどの記録装置を用いて連続的に記録すること。ただし、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、一周期のデータポイント数を 40 以上とする。
  - 2) 周波数の増加に伴って履歴減衰率が線形に増加（減少）する場合は、荷重  $P$  と変位  $\Delta D$  の記録の間に時間遅れ（進み）があることになる（図7）。軸荷重と軸変位の測定結果の間の位相のずれによる履歴減衰率の誤差が、片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  が 0.01% の時の供試体の履歴減衰率の 5% 以下であることを確認する。

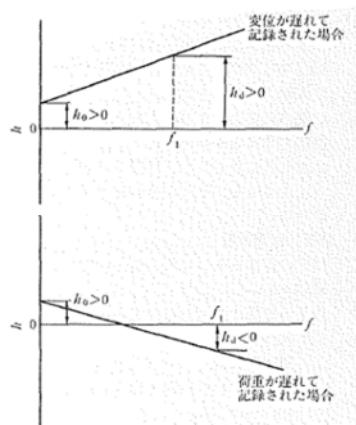


図7ー $h$  に周波数依存性がない場合の荷重と変位の測定結果の間の位相ずれにより測定された履歴減衰率の見かけの載荷周波数依存性 ( $h_0$  は正しい値,  $h_d$  は  $f_1$  の時の見かけの値)

## 4.2 その他の器具

供試体の設置などで使用する器具は、以下の要求に従つたものを用いる。

### a) 供試体の被覆材

供試体の被覆材には、ゴムスリーブを用いる。ゴムスリーブの自然状態での寸法は、長さがゴムスリーブ拡張器よりも長く、内径は供試体の直径の95%程度で、厚さは0.25~1.0mm程度とする。

**注記1** ゴムスリーブの代わりに、熱収縮チューブ、シリコンゴムなどを用いることもできる。

**注記2** 被覆材をキャップ及びペデスタルに固定する場合には、Oリング、ゴムひも、鋼製リングなどを用いて締め付ける。

### b) ゴムスリーブ拡張器

ゴムスリーブ拡張器は円筒形とし、その長さ及び内径は供試体の高さ及び直径よりも5~10%程度大きいものとする。また、負圧を与えることによりゴムスリーブを拡張器の内面に密着できる構造とする。キャップとピストンが剛結されている場合には、二つ割りの構造のものを用いることが望ましい。この場合、二つ割りの部分は気密構造になるものとする。

### c) フィルター

フィルターは、供試体に比べて十分に高い透水性を有するものとする。キャップ及びペデスタルに付けるフィルターは、圧縮性が小さく摩擦が少ない材質を用いる。供試体の側面に巻くフィルターは、スリットを入れるなどせん断変形ができるだけ拘束しない形状とする。

### d) Oリング

Oリングは、その内径が締付け部の直径の90%程度で、漏れを防止するのに十分な締付け力を有するものとする。

**注記** Oリングの代わりに、ゴムひも、鋼製リングなどを用いることもできる。

### e) 供試体の寸法測定器具

供試体の直径及び高さの測定はノギスによる。ノギスは、JIS B 7507による。

**注記** バーニア付きスチールテープなどを用いることもできる。

### f) はかり

供試体の質量が100g未満では0.01gまで、100g以上では0.1gまで読み取れるもの。

**注記** 供試体の直径が100mmを超える場合には、質量の0.1%まで読み取れるものを用いる。

## 5 供試体の測定

供試体の作製は、JGS XXXXによる。

### 5.1 供試体の形状及び寸法

供試体の形状及び寸法は、次による。

#### a) 供試体の形は直円柱とする。

**注記** 直四角柱の供試体にも準用できる。

#### b) 供試体の直径は、50~100mmを標準とする。

**注記1** 直径20~150mmの直円柱の供試体にも準用できる。

**注記2** 粗粒結晶を持つ岩石や礫岩を対象とする場合には、供試体の直径は、構成粒子の最大寸法の5倍以上が望ましい。

- c) 供試体の高さは、直径の2倍を標準とし、直径の1.8～2.5倍を許容範囲とする。

## 5.2 供試体の測定

供試体の測定は次による。

- a) 供試体の初期の直径  $D_0$  (mm), 初期の高さ  $H_0$  (mm), 初期の質量  $m_0$  (g) を **JGS XXXX** により求め る。
- b) 供試体の初期のかさ密度  $\rho_0$  (Mg/m<sup>3</sup>) を **JGS 2132** により求める。
- c) 必要に応じて、弾性波速度  $V_p, V_s$  (m/s) を **JGS 25XX** により求める。
- d) 必要に応じて、供試体を作製する際に削り取った岩片の中から代表的な試料を分取し、供試体の初期 の含水比  $w_0$  (%) を **JGS 2134** により求める。

**注記** 試験後の供試体を炉乾燥して含水比を求める場合には、削り取った岩片の含水比の測定を省 いてもよい。

- e) 供試体の初期状況を観察し、記録する。

**注記** 作製した供試体について岩質及び層理、葉理、亀裂などの性状、風化や変質の程度などの観 察を行い、軸方向に対する層理、葉理、亀裂の角度を測定する。

## 6 供試体の設置と飽和

供試体をペデスタルに置いたときからセル圧を供試体に加えるまでは、供試体に過大なせん断力を加え ないように注意する。圧縮強さが小さいと予想される場合には、供試体の上端面に作用する軸方向応力は 10 kN/m<sup>2</sup> 以下とする。

### 6.1 供試体の設置

供試体の設置は、次による。

**注記** 供試体の被覆方法により、6.1 a)と b)の順序を入れ替えてよい。

- a) 供試体の側面を被覆材で覆う。

**注記** ひずみゲージなどの計測装置やフィルターを供試体に設置する場合には、この段階で行う。

- b) 供試体をペデスタルの中央に置き、キャップと供試体の中心線を一致させる。被覆材の両端をペデス タルとキャップに O リングなどで締め付ける。

**注記** 必要に応じて、供試体の上下面及び側面にフィルターを設置する。

- c) 供試体の端面の研磨ができなかった場合には、供試体の上下端面に1～3 mm 程度の厚さで石膏などを 用いたキャッピングを行う。キャッピング材の強度及び剛性は、供試体よりも大きいものを用いる。
- d) 三軸圧力室を組み立て、三軸圧力室内にセル圧媒体を入れる。

**注記 1** セル圧媒体には水か油を用いることが多い。

**注記 2** 装置の組立ての手順は、それぞれ試験機の構造に合わせて行う。

### 6.2 供試体の飽和

供試体の飽和は、次による。

- a) 必要に応じて、岩石の種類、供試体の状態に応じて、次の四つの方法を適切に組み合わせて供試体の 飽和度を高める。

1) セル圧を加えた供試体の内部に脱気水を通水する方法。

2) 背圧を十分に加える方法。

3) セル圧を加えた供試体内の間隙の空気を炭酸ガスと置き換えてから、1), 2)の方法を用いる方法。

- 4) 有効等方応力を変えずに供試体と圧力室内に  $0.09 \text{ MN/m}^2$  程度の負圧を加えて、供試体内部の空気を吸い出す方法。必要に応じて、負圧を与えたまま脱気水を通水する。
- b) 供試体の有効等方応力を変化させないように背圧  $u_b$  ( $\text{MN/m}^2$ ) と等方応力を同時に作用させる。

**注記** 背圧の値は  $0.05 \sim 1.0 \text{ MN/m}^2$  程度とし、供試体の有効応力の変動を避けるために、次のように徐々に加えることが望ましい。体積変化測定装置に通じる排水バルブを閉じて、最終的な背圧の値の  $1/4 \sim 1/2$  程度に相当する等方応力の増分を供試体に加える。次に同量の背圧を加えておいてバルブを開く。このように、常に供試体に作用する等方応力と背圧との差を最初に設定した圧力差に保ちながら、背圧が所定の値に達するまでこの操作を繰り返す。

## 7 試験方法

試験室内の温度環境が試験結果に影響を与えることがないように、温度環境を常温で一定に保つように留意する。

### 7.1 圧密過程

#### a) 等方圧密過程

等方圧密過程は、次による。

- 1) 各計測装置の設置状況を確認し、必要に応じて初期値を読み取る。所定の背圧  $u_b$  が作用していることを確認する。

**注記** 所定の等方応力状態にするために、セル圧とともに、ピストンを介して軸圧縮力を加える。加える軸圧縮力とセル圧の関係はピストンの直径と自重により異なるので、この関係を求めておく必要がある。

- 2) 体積変化測定装置に通じる排水バルブを閉じ、等方応力と背圧との差が所定の圧密応力になるよう加圧する。
- 3) 排水バルブを開いて圧密を開始する。
- 4) 圧密中の体積変化量  $\Delta V_t$  ( $\text{mm}^3$ ) 及び可能な場合は軸変位量  $\Delta H_t$  (mm) を適当な経過時間  $t$  毎に測定し、片対数グラフ上に図示する。

**注記 1** 測定の時間間隔は、 $\Delta V_t - \log t$  曲線を滑らかに描くことのできる程度とする。

**注記 2** 軸変位量  $\Delta H_t$  (mm) の代わりに、供試体側面に貼付したひずみゲージの値  $\varepsilon_{at}$  (%) を用いてもよい。

- 5) 十分な時間が経過したら圧密を終了し、圧密による体積変化量  $\Delta V_c$  ( $\text{mm}^3$ ) 及び可能な場合は軸変位量  $\Delta H_c$  (mm) を求める。

**注記** 圧密の打ち切り時期の判断は、 $3t$  法によることを標準とする。すなわち、 $\Delta V_t - \log t$  曲線の最急勾配線に平行で時間が  $3t$  となる直線( $3t$ 線という)に達した時点を圧密打切り点とする。ただし、一次圧密が明確に求められない場合には、体積変化量、過剰間隙水圧、供試体表面でのひずみなどの間隙量の変化に密接に関連した計測値の収束状況を調べ、打ち切り時間を判断する。

#### b) 異方圧密過程

排水状態で、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を満足する軸方向応力を加える。側方向応力及び軸方向応力を所定の異方圧密応力比となる組み合わせで、最終の異方圧密応力状態になるまで、段階的に増加させる。少なくとも、一次圧密が終了するまで圧密を続ける。異方圧

密は、次の方法で行うことを標準とする。

**注記** 本基準における異方圧密は、原位置における応力状態を再現することを目的とする。

- 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との差を5等分以上して、 $\Delta\sigma_r$ とする。
- 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) 軸ひずみの変化率が0.1%/min以下になったことを確認する。
- 6) 最終圧密応力状態となるまで、上記3), 4), 5)の操作を繰り返す。

以下の簡易的な異方圧密方法が適用できる場合には、これを用いてもよい。

- 1) 最終圧密応力状態での有効側方向応力（＝側方向圧密応力 $\sigma_{rc}'$ ）まで、等方圧密する。
- 2) 最終圧密応力状態での有効軸方向応力（＝軸方向圧密応力 $\sigma_{ac}'$ ）と側方向有効応力 $\sigma_{rc}'$ の差を5等分して、 $\Delta q$ とする。
- 3) 供試体を排水状態にして、軸応力を $\Delta q$ だけ増加する。この際、載荷速度は供試体内の過剰間隙水圧 $\Delta u$ が常に $\sigma_{rc}'$ の10%以下であること。
- 4) 軸ひずみの変化率が0.1%/min以下になったことを確認する。
- 5) 最終圧密応力状態になるまで、上記3)と4)の操作を繰り返す。

### c) 飽和度の確認

- 1)  $B$ 値測定のために、体積変化測定装置に通じる排水バルブをいったん閉じ、等方応力を $\Delta\sigma$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) 増加させ、それによって生じる間隙水圧の変化が落ち着くのを待って、その時間及び間隙水圧の増加量 $\Delta u$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) を測定する。
- 2) 供試体が異方圧密状態にある場合は、体積変化測定装置に通じる排水バルブをいったん閉じ、所定の異方圧密応力比を保ったまま、側方向応力及び軸方向応力をそれぞれ $\Delta\sigma_{rc}$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) 及び $\Delta\sigma_{ac}$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) 増加させ、それによって生じる間隙水圧の変化が落ち着くのを待って、その時間及び間隙水圧の増加量 $\Delta u$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) を測定する。

**注記** 一連の操作の模式図を図8に示す。等方応力の増分量 $\Delta\sigma$ または軸方向応力の増分量 $\Delta\sigma_{ac}$ は背圧の1/4～1/2程度の値を用いる。

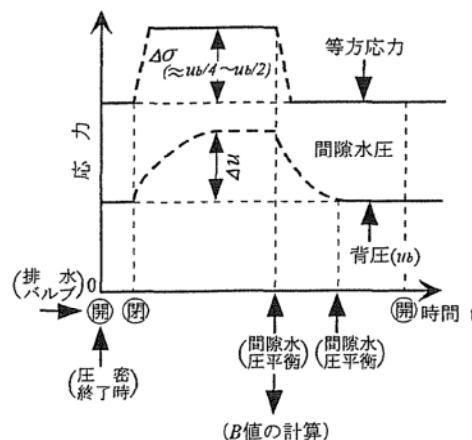


図8—等方応力状態での $B$ 値の測定方法

3) 等方応力または異方応力を元の値に戻し、間隙水圧の値が落ち着くのを待って、排水バルブを開く。

## 7.2 繰返し載荷過程

繰り返し載荷過程は、排水又は非排水条件で実施する。

**注記 1** 最大繰返し軸荷重振幅あるいは軸変位振幅は、供試体の状態と試験の目的によって適宜決めて良い。

**注記 2** 供試体に加えられる繰返し載荷振幅の範囲を大きくする目的で、背圧を大きくすることができる。

**注記 3** 繰返し三軸試験の記録例を図 9 に示す。

- a) 所定の等方あるいは異方応力状態であることを確認する。
- b) 以下の要領で繰返し軸荷重あるいは繰返し軸変位を加える。

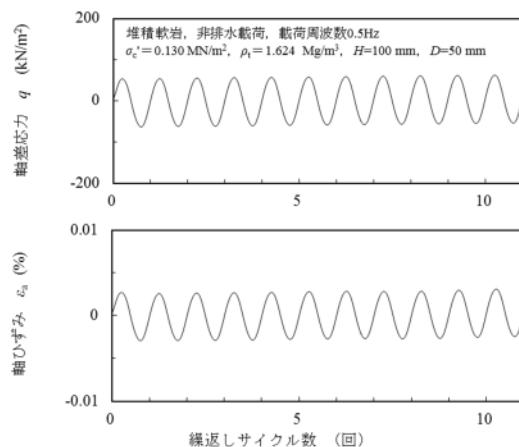


図 9—繰返し軸荷重の振幅が一定で、波形が正弦波である繰返し三軸試験の記録例

**注記** 繰返し載荷過程の途中で軸方向応力が負になり、求めたいひずみレベルまで繰返し載荷が行えない場合は、以下に示すいずれかの方法で試験を行っても良い。

### 1) 繰返し載荷過程の前に軸差応力を加える方法（載荷方法 1）

全ての繰返し載荷段階において、供試体に対して軸差応力を加えたのちに繰返し載荷を行う方法である。加える軸差応力は、同じ排水条件で得られた三軸圧縮強さの 0.5 倍を超えない範囲で可能な限り小さくすることが望ましい。1 回の試験の中で軸差応力の大きさを変えないことを標準とする。

### 2) 繰返し載荷過程の途中から軸差応力を加える方法（載荷方法 2）

伸張側の繰返し軸差応力が圧密応力よりも大きな繰返し載荷段階に限って軸差応力を加える方法である。加える軸差応力は、同じ排水条件で得られた三軸圧縮強さの 0.5 倍を超えない範囲で可能な限り小さくすることが望ましい。この方法では、繰返し載荷段階ごとに軸差応力の大きさを変えても良い。

### 3) 圧縮荷重だけで繰返し載荷を行う方法（載荷方法 3）

等方応力状態にある供試体に対して、圧縮荷重だけで繰返し載荷を行う方法である。この方法では、載荷波形としてハーバーサイン波または三角波を用いる。

## 1) 第1回載荷

以下の要領で繰返し軸荷重あるいは繰返し軸変位を加える。

1.1) 非排水試験の場合は、排水バルブを閉じる。

1.2) 片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ )<sub>SA</sub> が 0.001%程度以下となるように、一定振幅で 0.05~1.0 Hz の間の一定の周波数で、正弦波あるいは三角波の繰返し軸荷重あるいは繰返し軸変位を 11 波載荷する。載荷中の軸荷重及び軸変位と、必要に応じて間隙水圧を連続的に記録する。

1.3) 繰返し載荷による供試体の高さ変化を（飽和供試体の排水試験の場合は体積変化も）測定する。非排水状態で繰返し載荷を行った場合は、繰返し載荷終了後、排水状態とし、それによって生じた供試体の高さ変化と体積変化を測定する。

## 2) 第2回載荷

2.1) 非排水試験の場合は、軸ひずみの変化率が 0.01%/min 以下になったことを確認してから、排水バルブを閉じる。

2.2) 第1回載荷での片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ )<sub>SA</sub> の 1.5~2 倍程度になるように、第1回載荷と同様な繰返し載荷を行う。

2.3) 繰返し載荷による供試体の高さ変化を（飽和供試体の排水試験の場合は体積変化も）測定する。非排水状態で繰返し載荷を行った場合は、繰返し載荷終了後、排水状態とし、それによって生じた供試体の高さ変化と体積変化を測定する。

## 3) 第3回以降の載荷

第2回載荷と同様に載荷する。載荷が可能な限り、この繰返し載荷段階を繰り返す。

**注記** 各繰返し載荷方法の模式図を図 10 に示す。

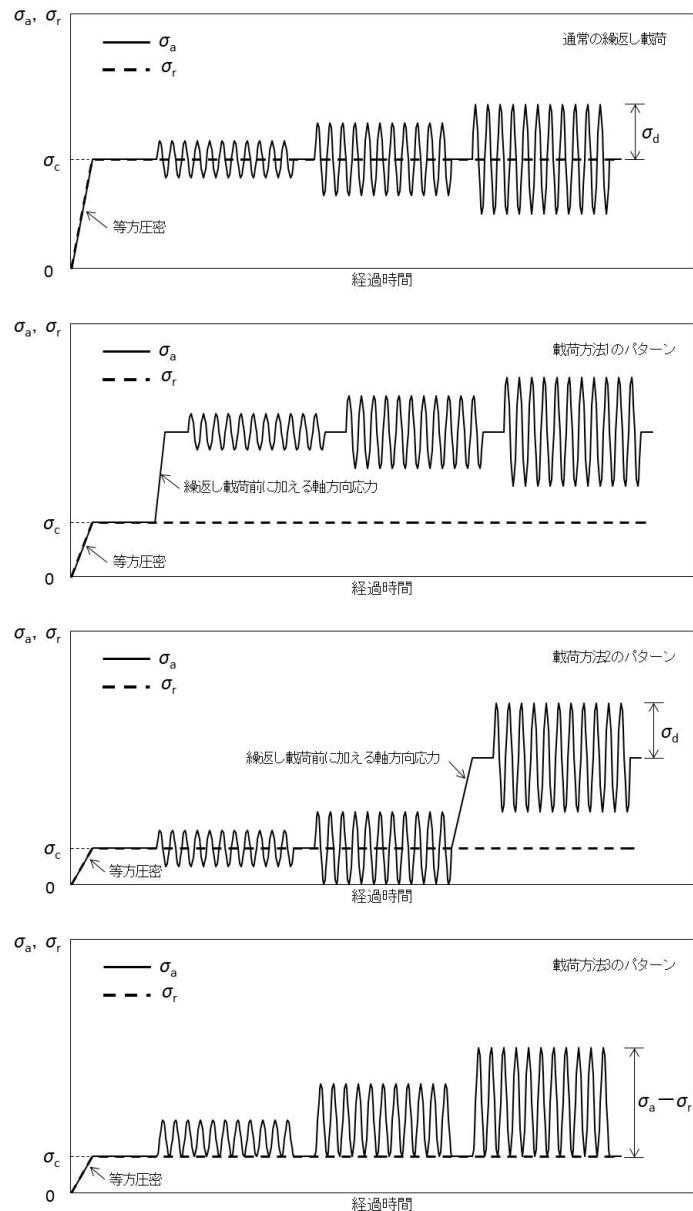


図 10—各繰返し載荷方法の模式図

- c) 供試体を三軸圧力室から取り出し、供試体の変形・破壊状況などを観察し、記録する。

**注記** 繰返し載荷終了後の供試体の変形・破壊状況は、それらの状況が最も顕著に見える方向から観察を行い、記録する。また、破断面（すべり面）が見られる場合は、勾配が最も急に見える方向から観察を行い、おおよその角度が読み取れる程度に記録する。供試体の不均質状態や異物の混入状況などを観察し、記録する。

- d) 試験終了後、必要に応じて供試体の炉乾燥質量  $m_s$  (g) を測定する。ただし、削り屑を用いて含水比を求めた場合はこれを省いてよい。

## 8 試験結果の整理

### 8.1 圧密過程

圧密過程の計算及び整理方法は、次による。

- a) 圧密後の供試体体積  $V_c$  (mm<sup>3</sup>) を次式で算定する。

$$V_c = V_0 - \Delta V_c$$

ここに、  
 $\Delta V_c$  : 圧密による体積変化量 (mm<sup>3</sup>)  
 $V_0$  : 供試体の初期の体積 (mm<sup>3</sup>) で、JGS XXXX  
 により求める。

- 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、  
 $\Delta H_c$  : 圧密による軸変位量 (mm)

- c) 圧密後の供試体断面積  $A_c$  (mm<sup>2</sup>) を次式で算定する。

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

- d) 必要に応じて、圧密後の供試体の乾燥状態におけるかさ密度  $\rho_{dc}$  (Mg/m<sup>3</sup>) を次式で算定する。

$$\rho_{dc} = \frac{m_s}{V_c} \times 10^3$$

ここに、  
 $m_s$  : 供試体の炉乾燥質量 (g)

## 8.2 間隙圧係数 $B$

圧密後の供試体の  $B$  値を次式で算定し、四捨五入によって小数点以下 2 術に丸める。

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

ここに、  
 $\Delta \sigma$  : 等方応力の増加量 (MN/m<sup>2</sup>)  
 $\Delta u$  :  $\Delta \sigma$  に伴う間隙水圧の増加量 (MN/m<sup>2</sup>)

## 8.3 繰返し載荷過程

繰返し載荷過程の計算及び整理方法は、次による。

**注記** 供試体の軸ひずみが 1%以下の場合は、 $\sigma_d$  のゴムスリープに作用している力に対する補正は、通常は必要がない。

- a) 一定振幅の繰返し軸荷重あるいは軸変位で行った各載荷段階の開始時の供試体の体積、高さ、断面積

を算定する。

- 1) 各載荷段階開始時の供試体体積  $V_n$  ( $\text{mm}^3$ ) を次式で算定し、**四捨五入によって有効数字4桁**に丸める。

$$V_n = V_c - \Delta V_n$$

ここに、 $\Delta V_n$  : 圧密終了時から各載荷段階開始時までの供試体の体積変化量 ( $\text{mm}^3$ )

- 2) 各載荷段階開始時の供試体高さ  $H_n$  ( $\text{mm}$ ) を次式で算定し、**四捨五入によって有効数字4桁**に丸める。

$$H_n = H_c - \Delta H_n$$

ここに、 $\Delta H_n$  : 圧密終了時から各載荷段階開始時までの軸変位量 ( $\text{mm}$ )

- 3) 各載荷段階開始時の供試体断面積  $A_n$  ( $\text{mm}^2$ ) を次式で算定する。

$$A_n = \frac{V_n}{H_n}$$

b) 一定振幅の繰返し軸荷重あるいは軸変位で行った各繰返し載荷段階での載荷回数5回目と10回目の繰返しサイクルでの軸差応力の片振幅、軸ひずみの片振幅、等価ヤング率、履歴減衰率を算定する。

- 1) 繰返し軸荷重振幅が一定の試験において、連続する2回の繰返しサイクルの間での供試体の軸変位量  $\Delta H$  が図 11 のようにずれて、ずれ量  $\alpha$  が軸変位両振幅  $\Delta L$  の 2% 以上の場合には、次の方法で  $\Delta L_{\text{corrected}}$  を求める。

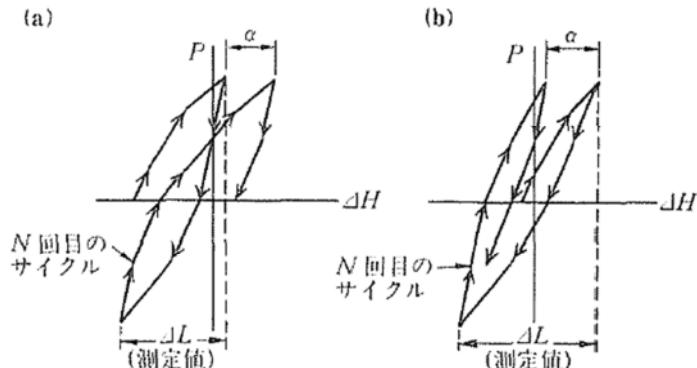


図 11—連続する2回の繰返しサイクルにおける軸変位のずれ量  $\alpha$  の説明

- 例 1)** 連続する繰返しサイクルにより供試体が圧縮していく場合 (図 11 (a))

$$\Delta L_{\text{corrected}} = \Delta L_{\text{measured}} + \alpha / 2$$

ここに,  $\Delta L_{\text{corrected}}$  : N回目の繰返しサイクルで補正された  $\Delta L$   
 $\Delta L_{\text{measured}}$  : N回目の繰返しサイクルで測定された  $\Delta L$

**例 2)** 連続する繰返しサイクルにより供試体が伸張していく場合 (図 11 (b))

$$\Delta L_{\text{corrected}} = \Delta L_{\text{measured}} - \alpha / 2$$

- 2) 繰返し軸変位振幅が一定の試験において, 連続する 2 回の繰返しサイクルの間での供試体の繰返し軸荷重  $P$  が図 12 のようにずれて, ずれ量  $\beta$  が軸荷重両振幅の 2% 以上の場合, 次の方法で  $\Delta P_{\text{corrected}}$  を求める。

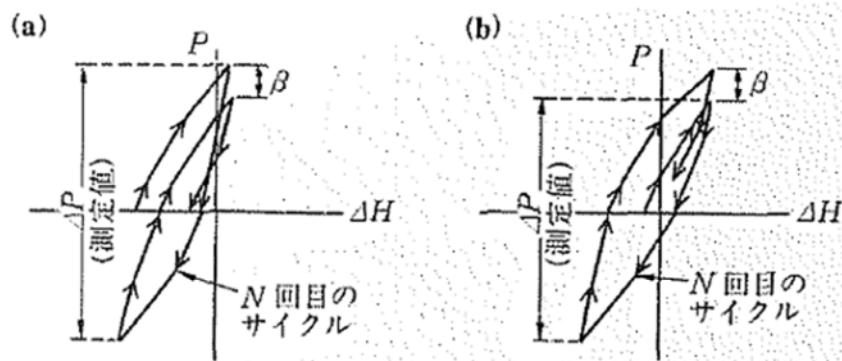


図 12—連続する 2 回の繰返しサイクルにおける軸荷重のずれ量  $\beta$  の説明

**例 1)** 連続する繰返しサイクルにより供試体軸荷重が減少する場合 (図 12 (a))

$$\Delta P_{\text{corrected}} = \Delta P_{\text{measured}} - \beta / 2$$

ここに,  $\Delta P_{\text{corrected}}$  : N回目の繰返しサイクルで補正された  $\Delta P$   
 $\Delta P_{\text{measured}}$  : N回目の繰返しサイクルで測定された  $\Delta P$

**例 2)** 連続する繰返しサイクルにより供試体軸荷重が増加する場合 (図 12 (b))

$$\Delta P_{\text{corrected}} = \Delta P_{\text{measured}} + \beta / 2$$

- 3) 繰返し軸差応力の片振幅  $\sigma_d$  ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ) を次式で算定し, 四捨五入によって有効数字 3 術に丸める。

$$\sigma_d = \frac{P_C + P_E}{2A_n} \times 10^3$$

ここに,  $P_C, P_E$  : その繰返しサイクルでの圧縮側及び伸張側の繰返し軸荷重片振幅 (N) (いずれも正の値)  
 $A_n$  : その繰返し載荷段階開始時の供試体断面積 ( $\text{mm}^2$ )

- 4) 供試体の直径の対角線位置で, ゴムスリーブ上の供試体軸に平行な線上の二点間の軸圧縮量  $\Delta L_{\text{local}1}$  及び  $\Delta L_{\text{local}2}$  を測定した場合 (図 5) は, 供試体の軸変位  $\Delta H$  の両振幅  $\Delta L$  (mm) は次式で算定する。

$$\Delta L = \{(\Delta L_{\text{local}1}/L1_n) + (\Delta L_{\text{local}2}/L2_n)/2\} \times H_n$$

ここに,  $L1_n, L2_n$  : それぞれ, 供試体対角位置の供試体側面での2点間のその繰返し載荷段階開始時の平均的距離 (mm)  
 $H_n$  : その繰返し載荷段階開始時の供試体高さ (mm)

- 5) 供試体の軸ひずみの片振幅 ( $\varepsilon_a$ )<sub>SA</sub> (%) を次式で算定し, 四捨五入によって有効数字 3 術に丸める。

$$(\varepsilon_a)_{SA} = \frac{\Delta L}{2H_n} \times 10^2$$

**注記 1** キャップあるいは載荷ピストンの軸変位から供試体の軸変位量を求めた場合は, 軸ひずみの片振幅 ( $\varepsilon_a$ )<sub>SA</sub> (%) を次式で算定し, 四捨五入によって有効数字 3 術に丸める。

$$(\varepsilon_a)_{SA} = \frac{\Delta L}{2H_n} \times 10^2$$

ここに,  $\Delta L$  : その繰返しサイクルでの供試体の軸変位  $\Delta H$  の両振幅 (mm)

- 6) 等価ヤング率  $E_{\text{eq}}$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) を次式で算定し, 四捨五入によって有効数字 3 術に丸める (図 13)。

$$E_{\text{eq}} = \frac{\sigma_d}{(\varepsilon_a)_{SA}} \times 10^{-1}$$

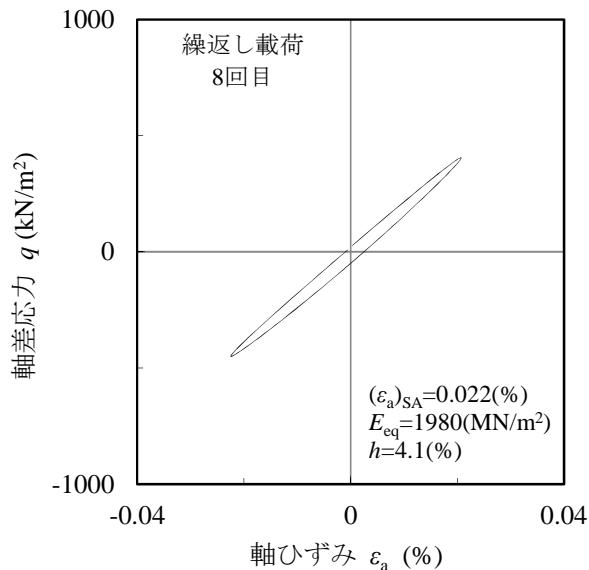


図 13—典型的な履歴曲線の例

7) 履歴減衰率  $h$  (%) を次式で算定し、四捨五入によって有効数字 3 桁に丸める（図 14）。

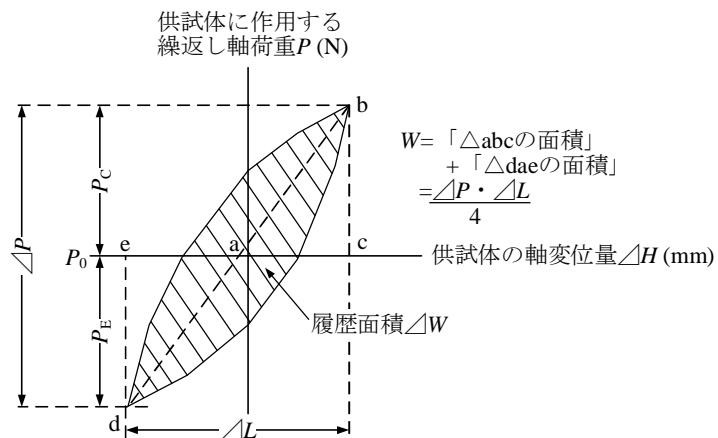
$$h = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W} \times 10^2$$

ここに、

$\Delta W$ ： その繰返し載荷サイクルでの減衰エネルギーで、軸差荷重  $P$  と供試体の軸変位  $\Delta H$  が作る履歴曲線の面積 (N・mm)

$W$ ： その繰返し載荷サイクルでの等価弾性エネルギーで、次式で算定する。

$$W = \frac{(P_c + P_e)\Delta L}{4} \text{ (N・mm)}$$

図 14—履歴減衰率  $h$  の説明図 ( $P_c$  と  $P_e$  が等しい場合の図)

- 8) 図 15 に例示するように、履歴曲線が閉じない場合は、圧縮側の履歴曲線  $gbh$  の面積と伸張側の履歴曲線  $hdf$  の面積の和を  $\Delta W$  とする。また、 $W$  の値は、次の方法で求める。

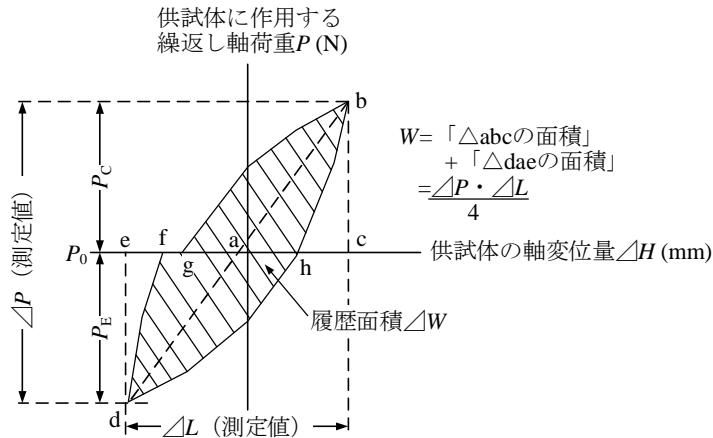


図 15—履歴曲線が閉じない場合の履歴減衰率  $h$  の説明図 ( $P_C$  と  $P_E$  が等しい場合の図)

### 8.1) 繰返し軸荷重振幅が一定の試験の場合

$$W = \frac{1}{4} \Delta P_{\text{measured}} \cdot \Delta L_{\text{corrected}}$$

ここに、  
 $\Delta P_{\text{measured}}$  : 測定値  
 $\Delta L_{\text{corrected}}$  : 8.3 b) 1)に示す方法で補正された値

### 8.2) 繰返し軸変位振幅が一定の試験の場合

$$W = \frac{1}{4} \Delta P_{\text{corrected}} \cdot \Delta L_{\text{measured}}$$

ここに、  
 $\Delta L_{\text{measured}}$  : 測定値  
 $\Delta P_{\text{corrected}}$  : 8.3 b) 2)に示す方法で補正された値

## 9 報告

試験結果について次の事項を報告する。

### 9.1 試料に関する事項

試料に関する事項については、次による。

#### a) 採取地点：地点名、深さ

**注記** 必要に応じて、採取地点の地下水位を記す。

#### b) 軟岩の種類

**注記** 例えば、泥岩、砂岩、凝灰岩などを記す。

#### c) 採取方法

## 9.2 供試体に関する事項

供試体に関する事項については、次による。

- a) 供試体の作製方法
- b) 供試体の初期の高さ、初期の直径、初期のかさ密度

**注記 1** 測定した場合には、供試体の初期状態の含水比、試験後の含水比を報告する。

**注記 2** 試験後に供試体の炉乾燥質量を測定した場合には、供試体の乾燥状態のかさ密度を報告する。

**注記 3** 測定した場合には、供試体の弾性波速度を報告する。

- c) 供試体の観察結果

**注記** 供試体の軸に対する層理、葉理、亀裂などの傾斜角、岩質などの地質性状について報告する。

## 9.3 試験結果に関する事項

試験結果に関する事項については、次による。

- a) セル圧、背圧
- b) 圧密過程の体積変化量と時間の関係
- c)  $B$  値

**注記** 必要に応じて、間隙水圧が落ち着くまでに要した時間を報告する。

- d) 軸方向圧密応力と側方向圧密応力
- e) 載荷周波数及び載荷波形、繰返し載荷中の排水条件
- f) 繰返し載荷中の軸荷重と軸変位量の測定方法
- g) 三軸圧力室内における荷重計と変位計の位置
- h) 第2回～最終繰返し載荷段階の繰返し載荷を開始する前の供試体寸法
- i) それぞれの繰返し載荷段階での軸荷重と軸変位の時刻歴と5, 10回目の繰返しサイクルにおける軸荷重と軸変位の履歴曲線

**注記** 軸応力と軸ひずみの時刻歴と履歴曲線を報告してもよい。

- j) それぞれの繰返し載荷段階での5, 10回目の繰返しサイクルにおける等価ヤング率  $E_{eq}$  (MN/m<sup>2</sup>)、履歴減衰率  $h$  (%) とそれに対応する片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  (%)

**注記** 必要に応じて、2～10回目の繰返しサイクルすべてにおける等価ヤング率  $E_{eq}$ 、履歴減衰率  $h$  とそれに対応する片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  の値を報告する。

- k) 5, 10回目の繰返しサイクルにおける等価ヤング率  $E_{eq}$  (MN/m<sup>2</sup>) 及び履歴減衰率  $h$  (%) と片振幅軸ひずみ  $(\varepsilon_a)_{SA}$  (%) の対数との関係 (図16)

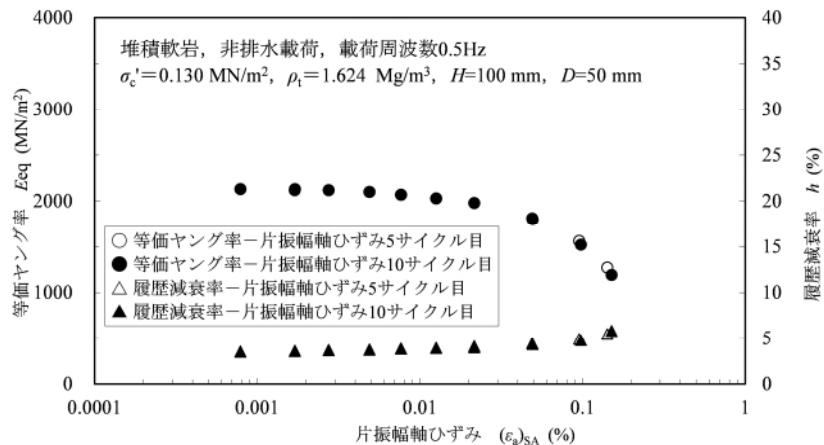


図 16—一連の試験結果をまとめた例

l) **7.1 b) 注記**に示した方法のいずれかで繰返し載荷を行った場合には、繰返し載荷の方法

m) 繰返し載荷前に軸差応力を加えた場合には、軸差応力の大きさ

n) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告する。

#### 9.4 その他特記すべき事項

**注記** 試験装置の概要、供試体の飽和方法、荷重計と変位計の履歴特性、軸荷重と軸変位の記録の同時性、ゴムスリーブの材質と厚さについて報告する。

現行規格		旧規格		改正理由
箇条番号 及び題名	内容	箇条番号 及び題名	内容	
1 適用範囲	この基準は、等方あるいは異方応力状態にある軟岩に対して、三軸試験機を用いて排水又は非排水条件のもとで繰返し載荷中の変形特性を求める試験方法について規定する。主として、飽和した軟岩及び岩石質地盤材料を対象とする。	1 適用範囲	この基準は、等方あるいは異方応力状態にある地盤材料に対して、三軸試験機を用いて排水または非排水条件のもとで繰返し載荷中の変形特性を求める試験方法について規定する。砂質土、粘性土、礫質土、軟岩、改良土などの地盤材料を対象とする。	軟岩及び岩石質地盤材料を試験対象とする
1 適用範囲	注記 1 破碎帶のように岩盤中に存在する固結度の低い地盤材料にも準用できる。	1 適用範囲	注記 1 本試験方法の対象土質には、基本的に制限がない。 注記 2 改良土とは、セメントなど化学物質で土質特性を改良した地盤材料をいう。 注記 3 飽和・空気乾燥状態及び不飽和状態の供試体を対象とする。	試験対象が軟岩及び岩石質地盤材料であるため、注記 1 及び注記 2 を削除し、他の岩石の試験基準と統一
2 引用規格及び基準	JIS A 0207 地盤工学用語 JIS Z 8401 数値の丸め方 JGS 2132 岩石の密度試験方法 JGS 2134 岩石の含水比試験方法 JGS 25XX 岩石の弾性波速度計測方法 JGS 2532 軟岩の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法 JGS 2533 軟岩の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法 JGS XXXX 岩石の供試体の作製方法		記載なし。	本文中で引用している規格のみ記載
2 引用規格及び基準	削除	2 引用規格及び基準	JGS 0520 土の三軸試験の供試体作製・設置方法 JGS 0530 粗粒殿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 0523 土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法 JGS 0524 土の圧密排水(CD)三軸圧縮試験方法 JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験方法	本文中で引用しないため削除
3 用語及び定義	3.1 軟岩 3.2 岩石質地盤材料 3.7 セル圧		記載なし	不足項目の追加

4 試験器具	c) 等方あるいは異方圧密中, 所定のセル圧, 背圧, 軸方向応力を $200\text{kN/m}^2$ 未満では $\pm 2\text{kN/m}^2$ , $200\text{kN/m}^2$ 以上では $\pm 1.0\%$ の圧力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, 供試体の高さと体積のそれぞれ $\pm 0.01\%$ , $\pm 0.03\%$ の許容差で測定できること。	4 試験器具	c) 等方あるいは異方圧密中, 所定のセル圧, 背圧, 軸方向応力を $200\text{kN/m}^2$ 未満では $\pm 2\text{kN/m}^2$ , $200\text{kN/m}^2$ 以上では $\pm 1.0\%$ の圧力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。	供試体の軸変位量と体積変化量の許容差について, JGS 2532 軟岩の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験との整合を図る
4 試験器具	j) 2) 荷重計の出力は, セル圧の変化により変化しないこと。また, 軸荷重の偏心によるモーメントや水平力に影響されないこと。	4 試験器具	g) 注記 2 荷重計の出力は, セル圧の変化により変化しないこと。また, 軸荷重の偏心によるモーメントや水平力に影響されないこと。さらに, それぞれの一一波ごとの繰返し載荷中に, 片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ ) <sub>SA</sub> が $0.01\%$ の繰返し載荷時の測定値の $1.0\%$ 以上のドリフトと $1.0\%$ 以上の較正值の変化がないこと。	実務上, 繰返し載荷中に生じるドリフトと較正值の変化を確認することが困難であることから, 内容を変更
4 試験器具	k) 片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ ) <sub>SA</sub> が $0.01\%$ 以上の繰返し載荷の場合に, 供試体の軸変位量を, 履歴特性が無視できる変位計を用いて, 所定の軸変位の両振幅の $\pm 1.0\%$ の許容差で連続的に測定できること。軸変位量は, ひずみゲージ, 局所変形測定装置または非接触式・リング式などの変位計を用いて供試体の側面で測定できること。	4 試験器具	h) 片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ ) <sub>SA</sub> が $0.01\%$ 以上の繰返し載荷の場合に, 供試体の軸変位量を, 履歴特性が無視できる変位計を用いて, 所定の軸変位の両振幅の $\pm 1.0\%$ の許容差で連続的に測定できること。ただし, $0.1\%$ 未満の片振幅軸ひずみは ( $\varepsilon_a$ ) <sub>SA</sub> は, 三軸圧力室内に設置した変位計でキャップの軸変位を直接測定できること。ただし, 供試体の平均軸ひずみとキャップあるいは載荷ピストンの軸変位から求めた軸ひずみとの差が $5\%$ 以上で, かつ 6.4 で定義する履歴減衰率 $h$ の誤差が測定される値の $5\%$ 以上であると予想される場合は, 供試体の軸変位量を適切な方法で供試体側面で測定すること。	軸変位量は, 供試体の側面で測定することを基本とする
4 試験器具	k) 注記 1 正確な軸ひずみを求めるためには, 供試体の端面の不整や不陸あるいは端面近傍のゆるみによるベディングエラーの影響を受けないように, 供試体の中央高さで軸ひずみや局所的な軸変位量を測定する必要がある。 注記 2 各繰返し載荷段階で得られた等価ヤング率 $E_{eq}$ を, 微小ひずみレベル (( $\varepsilon_a$ ) <sub>SA</sub> が $0.001\%$ 程度) での等価ヤング率 $E_0$ で正規化した $E/E_0$ と片振幅軸ひずみ ( $\varepsilon_a$ ) <sub>SA</sub> の		記載なし	注記の追記

	関係を求める目的とする場合は、三軸圧力室内に設置した変位計により測定したキャップあるいは載荷ピストンの軸変位から供試体の軸変位量を求めて良い。			
4 試験器具	削除	4 試験器具	h) 注記 1 繰返し載荷中の軸変位量の測定を、三軸圧力室の外部に設置した電気式の変位計で測定する場合は、軸変位計と供試体の間に位置する載荷ピストン、荷重計などの変形、軸変位計の固定位置の変形などが、片振幅軸ひずみ( $\epsilon_a$ ) <sub>SA</sub> が0.1%の時の供試体の軸変位量の1.0%以下であるものとする。	軸変位量は、供試体側面での測定を基本とするため削除
4 試験器具	k) 2) 変位計の出力は、セル圧の変化により変化しないこと。	4 試験器具	h) 注記 4 変位計の出力は、セル圧の変化により変化しないこと。また、それぞれの一一波ごとの繰返し載荷中に、片振幅軸ひずみ( $\epsilon_a$ ) <sub>SA</sub> が0.01%の時の繰返し載荷時の測定値の1.0%以上のドリフトと1.0%以上の較正值の変化がないこと。	実務上、繰返し載荷中に生じるドリフトと較正值の変化を確認することが困難であることから、内容を変更
5 供試体の測定	供試体の作製は、JGS XXXXによる	5.1 供試体の作製及び設置	5.1 供試体の作製及び設置はJGS 0520 土の三軸試験の供試体作製・設置方法で規定された方法にしたがう。ただし、供試体の上下端面は乱れが少なく、十分平滑で平面性が高く、相互の平行度が高いこと。	供試体の作製方法は、岩石の試験基準に準拠
5.1 供試体の形状及び寸法	a) 注記 直四角柱の供試体にも準用できる。		記載なし	直四角柱にも準用可能なことを追記
5.1 供試体の形状及び寸法	b) 供試体の直径は、50~100 mmを標準とする。 注記 本基準は、直径20~150 mmの直円柱の供試体にも準用できる。	5.1 供試体の作製及び設置	注記 2 供試体の直径は、砂質土では5 cm以上、粘性土では3.5 cm以上とする。	供試体の直径の適用範囲を変更
5.1 供試体の形状及び寸法	c) 供試体の高さは、直径の2倍を標準とする。 注記 直径の1.8~2.5倍を許容範囲とする。	5.1 供試体の作製及び設置	注記 3 供試体の高さは直径の1.5~2.5倍とする。	供試体の高さの適用範囲を変更
5.2 供試体の測定			記載なし	供試体の測定方法を追記。内容は、他の岩石試験の基準と統一
6 供試体の設置と飽和		5.1 供試体の作製及び設置		供試体の設置と飽和方法を追記。内容は、他の岩石試験の基準

				と統一
7 試験方法	試験室内の温度環境が試験結果に影響を与えることがないように、温度環境を常温で一定に保つように留意する。		記載なし	温度環境について追記
7.1 圧密過程	b) 注記 本基準における異方圧密は、原位置における応力状態を再現することを目的とする。		記載なし	異方圧密の目的を追記
7.1 圧密過程	c) 飽和度の確認	5.2 飽和度の確認		圧密終了後に飽和度を確認
7.2 繰返し載荷過程	<p>b) 注記 圧密応力に対して供試体の剛性が大きく、求めたいひずみレベルまで繰返し載荷が行えない場合は、以下に示すいずれかの方法で試験を行っても良い。ただし、用いた載荷方法をデータシートに明記すること。</p> <p>1) 繰返し載荷過程の前に軸差応力を加える方法（載荷方法1）            全ての繰返し載荷段階において、供試体に対して軸差応力を加えたのちに繰返し載荷を行う方法である。加える軸差応力は、同じ排水条件で得られた三軸圧縮強さの0.5倍を超えない範囲で可能な限り小さくすることが望ましい。1回の試験の中で軸差応力の大きさを変えないことを標準とする。</p> <p>2) 繰返し載荷過程の途中から軸差応力を加える方法（載荷方法2）            伸張側の繰返し軸差応力が圧密応力よりも大きな繰返し載荷段階に限って軸差応力を加える方法である。加える軸差応力は、同じ排水条件で得られた三軸圧縮強さの0.5倍を超えない範囲で可能な限り小さくすることが望ましい。この方法では、繰返し載荷段階ごとに軸差応力の大きさを変えても良い。</p> <p>3) 圧縮荷重だけで繰返し載荷を行う方法（載荷方法3）            等方応力状態にある供試体に対して、圧縮荷重だけで繰返し載荷を行う方法である。この方法では、載荷波形としてハーバーサイン波または三角波を用いる。</p>		記載なし	両振り載荷以外の繰返し載荷方法を注記として追記

7.2 繰返し載荷過程	b) 3) 図 10 各繰返し載荷方法の模式図		記載なし	両振り載荷以外の繰返し載荷方法の模式図を追加
8 試験結果の整理	削除	6 試験結果の整理 6.1 圧密前の供試体の状態	6.1 圧密前の供試体の状態 圧密前の供試体体積 $V_0$ (cm <sup>3</sup> ) と供試体高さ $H_0$ を次式で算定する。 $V_0 = V_i - \Delta V_i$ $H_0 = H_i - \Delta H_i$ ここに, $V_i$ : 供試体の初期体積 (cm <sup>3</sup> ) $H_i$ : 供試体の初期高さ (cm) $\Delta V_i$ : 初期状態から圧密前までに生じた供試体の体積変化量 (cm <sup>3</sup> ) $\Delta H_i$ : 初期状態から圧密前までに生じた供試体の軸変位量 (cm)	項目の削除
8.1 圧密過程	a) 圧密後の供試体体積 $V_c$ (mm <sup>3</sup> ) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 4 枠に丸める。	6.3 圧密過程	a) 圧密後の供試体体積 $V_c$ (mm <sup>3</sup> ) を次式で算定する。	有効数字の明記
8.1 圧密過程	削除	6.3 圧密過程	d) 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。 $e_c = \frac{V_c \rho_s}{m_s} - 1$ $D_{rc} = \frac{e_{max} - e_c}{e_{max} - e_{min}} \times 100$ ここに, $\rho_s$ : 土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> ) $e_{max}$ : 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	項目の削除
8.2 間隙水圧係数 B	圧密後の供試体の B 値を次式で算定し, JIS Z 8401 により小数点以下 2 枠に丸める。	6.2 間隙水圧係数 B	圧密前の供試体の B 値を次式で算定する。	有効数字の明記
8.3 繰返し載荷過程	削除	6.4 繰返し載荷過程	a) 注記 1 必要に応じて, 各載荷段階開始時の間隙比 $e_n$ を次式で算定する。 $e_n = \frac{V_n \rho_s}{m_s} - 1$ ここに, $m_s$ : 供試体の炉乾燥質量 (g) $\rho_s$ : 土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> ) ただし, 最初の繰返し載荷段階開始時の間隙比 $e_1$ は圧密後の間隙比 $e_c$ と等しい。	項目の削除
8.3 繰返し載荷過程	a) 1) 各載荷段階開始時の供試体体積 $V_n$ (mm <sup>3</sup> ) を次式で算定し,	6.4 繰返し載荷過程	a) 1) 各載荷段階開始時の供試体体積 $V_n$ (cm <sup>3</sup> ) を次式で算定する。	有効桁数を明記

程	JIS Z 8401 により有効数字4桁に丸める。	程		
8.3 繰返し載荷過程	削除	6.4 繰返し載荷過程	a) 1) 注記 供試体が飽和していない場合で供試体を等方圧密した場合は、繰返し載荷による供試体の体積変化量 $\Delta V_n$ を次式で算定する。	不飽和供試体は適用範囲外のため削除
8.3 繰返し載荷過程	a) 2) 各載荷段階開始時の供試体高さ $H_n$ (mm) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 4 桁に丸める。	6.4 繰返し載荷過程	a) 2) 各載荷段階開始時の供試体高さ $H_n$ (cm) を次式で算定する。	有効桁数を明記
8.3 繰返し載荷過程	b) 3) 繰返し軸差応力の片振幅 $\sigma_d$ (kN/m <sup>2</sup> ) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 3 桁に丸める。	6.4 繰返し載荷過程	b) 1) 繰返し軸差応力の片振幅 $\sigma_d$ (kN/m <sup>2</sup> ) を次式で算定する。	有効桁数を明記
8.3 繰返し載荷過程	b) 5) 軸ひずみの片振幅 $(\varepsilon_a)_{SA}$ (%) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 3 桁に丸める。	6.4 繰返し載荷過程	b) 2) 軸ひずみの片振幅 $(\varepsilon_a)_{SA}$ (%) を次式で算定する。	有効桁数を明記
8.3 繰返し載荷過程	b) 5) 注記 キャップあるいは載荷ピストンの軸変位から供試体の軸変位量を求めた場合は、軸ひずみの片振幅 $(\varepsilon_a)_{SA}$ (%) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 3 桁に丸める。	6.4 繰返し載荷過程	b) 2) 軸ひずみの片振幅 $(\varepsilon_a)_{SA}$ (%) を次式で算定する。	キャップあるいは載荷ピストンの軸変位から供試体の軸変位量を求める方法は注記とする。
8.3 繰返し載荷過程	b) 6) 等価ヤング率 $E_{eq}$ (MN/m <sup>2</sup> ) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 3 桁に丸める。	6.4 繰返し載荷過程	b) 3) 等価ヤング率 $E_{eq}$ (MN/m <sup>2</sup> ) を次式で算定する。	有効桁数を明記
8.3 繰返し載荷過程	b) 7) 履歴減衰率 $h$ (%) を次式で算定し, JIS Z 8401 により有効数字 3 桁に丸める。	6.4 繰返し載荷過程	b) 4) 履歴減衰率 $h$ (%) を次式で算定する。	有効桁数を明記
9 報告 9.1 試料に関する事項	a) 採取地点；地点名, 深さ b) 軟岩の種類 c) 採取方法		記載なし	試料に関する事項を報告事項として追記
9.2 供試体に関する事項	b) 供試体の初期の高さ, 初期の直径, 初期のかさ密度 注記 1 測定した場合には, 供試体の初期状態の含水比, 試験後の含水比を報告する。 注記 2 試験後に供試体の炉乾燥質量を測定した場合には, 供試体の乾燥状態のかさ密度を報告する。 注記 3 測定した場合には, 供試体の弾性波速度を報告する。 c) 供試体の観察結果		記載なし	供試体に関する事項を報告事項として追記
9.2 供試体に関する事項	削除	7 報告	e) 必要に応じて, 圧密後の間隙比と相対密度を報告する。	軟岩では測定しないため削除

9.3 試験結果に関する事項	b) 圧密過程の体積変化量と時間の関係	7 報告	b) 圧密による体積変化量及び軸変位量	圧密過程の体積変化量と時間の関係に修正
9.3 試験結果に関する事項	k) 7.2 b) 注記1～3に示した方法のいずれかで繰返し載荷を行った場合は、繰返し載荷の方法 l) 繰返し載荷前に軸差応力を加えた場合は、軸差応力の大きさ		記載なし	試験結果に関する事項を報告事項に追記