

資 料

土質工学会基準（案）

「粗粒材料の三軸試験の供試体作製方法」，「粗粒材料の三軸圧縮（CD）試験方法」および「土の繰返し非排水三軸試験方法」について

土質工学会基準部長 あ だ か い ろ
足 立 格 一 郎

土質試験に関する現行の規格・基準を新しく制定された学会基準統一様式に従って書き直す作業，および新たに制定しようとする基準案の様式統一作業は「土質試験基準検討委員会」（箭内寛治委員長）により精力的に続けられている。このような経緯によって作成された土質試験に関する学会基準案を昭和63年4月から「土と基礎」に順次掲載してきたが，今回を以て公示を一応終了する運びになった。今後，各基準案が正式に学会基準として制定された段階において「土と基礎」を通じて改めてお知らせする予定である。

今回報告する「粗粒材料の三軸試験の供試体作製方法」および「粗粒材料の三軸圧縮（CD）試験方法」は，3月号以来連続的に報告した一連の土の三軸圧縮試験方法の原案を作成してきた，「三軸圧縮試験方法基準化委員会」（軽部

大蔵委員長）において，また「土の繰返し非排水三軸試験方法」は「飽和砂の非排水繰返し試験方法基準化委員会」（土岐祥介委員長）においてそれぞれ原案が作成され，「土質試験基準検討委員会」による様式統一などの作業を経た基準案である。

ここに公示した基準案についてのご意見は，書面によって平成元年9月30日までに土質工学会基準部宛ご提出いただきたい。基準案は会員からの意見をいただいた後，土質試験基準検討委員会および両基準化委員会で検討し，最終的には理事会における審議・決定によって正式に土質工学会基準となる予定である。

この機会に，ご多忙の中を精力的に基準案を作成していただいた箭内・軽部・土岐の各委員長，および関係委員会委員各位に深甚の謝意を表する次第である。

土質工学会基準（案）

「粗粒材料の三軸試験の供試体作製方法」，「粗粒材料の三軸圧縮（CD）試験方法」および「土の繰返し非排水三軸試験方法」

土質試験基準検討委員会委員長 や な か じ
箭 内 寛 治

土質工学会はここに報告する三つの基準案に対応する基準を現在もっておらず，今回新たに制定しようとするものである。

粗粒材料の三軸圧縮試験方法については，昭和56年から60年にかけて活動した「粗粒材料の試験に関する研究委員会」が，全国の大型三軸試験機保有機関の協力を得て共通試験を実施し，昭和61年にその結果の詳細な分析結果をまとめた「粗粒材料の変形と強度」を出版するなど多大の成果をあげたという経緯がある。今回，原案を作成した基準化委員会はその成果を引継いで，標準的な三軸圧縮試験方法とそれに用いる供試体作製方法をまとめた。

一方，土の繰返し非排水三軸試験方法については，「土質試験法—第2回改訂版—」に特殊せん断試験として試験の意義や種々の試験方法が簡単に紹介されている程度であった。昭和60年度に発足した「飽和砂の非排水繰返し三軸試験方法に関する研究委員会」では，「砂地盤の工学的性質の評価法に関する研究委員会」が5機関で実施した一斉試

験，およびこれより先に国内外で実施した二度の一斉試験，さらに広範な研究結果を吟味するとともに，国内における実態調査，試験結果に重要な影響を及ぼす事項についての試験を行い，非排水繰返し試験方法の試案を作成した。この試案の主要部分は62年に37機関が参加した一斉試験の仕様に盛り込まれ，その成果は63年12月の「土の非排水繰返し試験に関するシンポジウム」において報告され，討議された。このような経緯と成果を踏まえて，63年に発足した「飽和砂の非排水繰返し試験方法基準化委員会」が基準原案を作成した。

ここに示す三つの基準案の主旨および特徴的な点はつぎのとおりである。基準案と合せてお読みいただき，基準案に対して忌憚のないご意見をお寄せ下さるようお願いものである。

1. 粗粒材料の三軸試験方法

試験対象とする土は，先月号までに報告した「土の三軸

圧縮試験方法」で扱えなかった 19.1 mm ふるいに残留分がある粗粒材料である。また、供試体の直径は、我が国の大型三軸圧縮試験機の多くが 30 cm であることから、これを標準とした。同様に、試験中の排水条件もほとんどの場合に圧密排水状態で行われるので、基準化も CD 試験に限定した。これ以外の排水条件で試験を行う場合は、相当する条件の「土の三軸圧縮試験方法」と本基準案を参照することによって試験可能と考えられる。

1.1 粗粒材料の三軸圧縮試験の供試体作製方法

三軸圧力室のペDESTALの上で供試体を直接締め固めて作製する方法のみを基準化し、凍結法など使用頻度の低いものは対象外とした。基準案の主な特徴はつぎのとおりである。

- 1) 供試体の中で試料の粒度が偏らないように、また乾燥密度も所定の値になるように、作業手順を規定した。
- 2) 供試体の上端面に凹部ができた場合の処理方法を規定した。

1.2 粗粒材料の三軸圧縮 (CD) 試験方法

- 1) 供試体に作用する応力は、他の三軸試験方法の基準においても供試体の初期中央高さで定義しているが、本基準においてはこれが守られるように特に具体的に測定・载荷方法を規定した。

- 2) 応力の測定・载荷精度を「土の三軸圧縮試験方法」より厳格にした。これは実施される試験個数が一般に小型の場合より少ないためである。
- 3) 圧密過程における体積圧縮量の測定値が、ゴムスリーブの貫入などのために信頼できない場合は、供試体が等方圧縮したと仮定し、高さの圧縮量から算定することとした。

2. 土の繰返し非排水三軸試験方法

基準化に際しては、前述の研究委員会試案をベースに、国内外の実状と実務者の要望を考慮して基準案を作成した。特に試験結果に大きな影響を及ぼすつぎの事項について、明確に規定して試験精度の向上を図るように配慮した。また、通常の三軸圧縮試験方法と供試体の作製方法などの一連の基準案との整合性に留意した。

- 1) 圧密時における等方応力状態および正規圧密状態を保持することを規定した。
- 2) 荷重、圧力の载荷、および荷重、応力、変形の測定精度を条文に規定した。
- 3) 圧密前（および必要に応じて圧密後）の B 値の測定を義務付け、その具体的な方法と規準値を付帯条項に示した。

土質工学会基準 (案)

JSF

粗粒材料の三軸試験の供試体作製方法

E 530—1989

Preparation Method of Coarse Granular Materials for Triaxial Test Specimen

1. 総 則

1.1 基準の目的

この基準は、JSF E 531「粗粒材料の三軸圧縮 (CD) 試験方法」に従って試験を行う供試体の作製方法を規定することを目的とする。

1.2 適用範囲

- (1) 主として、19.1 mm ふるいに残留分があり、63.5 mm ふるいを通過する粗粒材料を、直径 30 cm、高さが直径の2.0～2.5倍の円柱状供試体に作製する場合を対象とする。
- (2) この基準は、作製する供試体の粒度組成および乾燥密度が指定されている場合を対象とする。

1.3 用語の定義

ここにいう粗粒材料とは、63.5 mm ふるいを通過する土質材料のうち、その主要構成部分が19.1

mm ふるいに残留するものをいう。

供試体とは試料を代表し、直接に試験に供される部分をいう。

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告事項に明記しなければならない。

1.2

- (1) 均等係数が10程度より小さい場合は、最大粒径を供試体直径の1/10程度以下とする。

この基準は、直径が 30 cm を超える供試体の作製にも準用できる。

- (2) 用意した締め固め用具類を用いて、供試体を指定の密度に締め固められることがあらかじめ確認されていなければならない。

2. 供試体作製用具

2.1 締固め用具

- (1) モールド
- (2) カラー
- (3) 三軸圧力室底盤のペDESTAL
- (4) 試料締固め機器
- (5) 締固め面かき乱し用具 尖った金属棒。

2.2 その他の用具

- (1) 供試体のキャップ
- (2) ゴムスリーブ
- (3) ゴムスリーブ拡大器
- (4) ゴムスリーブ緊結具
- (5) ろ布, またはろ紙
- (6) 空気吸引装置
- (7) ノギス, 鋼直尺, および鋼巻尺
- (8) はかり 感量 10gのもの。
- (9) 含水比測定用具 JSF E 121「土の含水比試験方法」の2. 試験用具に規定するもの。
- (10) ふるい JIS Z 8801 に規定された標準網ふるい。
- (11) ストップウォッチ, または時計

【付帯条項】

2.1

- (1) モールドは二つ割り以上にでき, 供試体の高さより少し長く, その内径は供試体直径にゴムスリーブの厚さの2倍を加えた大きさとする。また, 負圧を与えてゴムスリーブをモールド内面に密着させるために空気吸引口と気密性を備えているものとする。
- (2) カラーは, 供試体の最上層を締め固めるために必要に応じて用いる。
- (3) ペDESTALは供試体と同一直径とし, その上面は透気性・透水性を有しているものとする。
- (4) 試料締固め機器には, ランマー, 上部加振式振動機, 下部加振式振動機, 静荷重載荷器などを用いる。

2.2

- (1) キャップは供試体と同一直径の剛性の大きなもので, その下面は透気性・透水性を有しているものとする。
- (2) ゴムスリーブの肉厚は2mm程度を標準とし, その外径はモールド内径より1%程度小さいものとする。
- (4) ゴムスリーブ緊結具には, Oリング, ゴムひも, ゴム管締付け具などがある。
- (5) ろ布またはろ紙は, 十分な透気性・透水性をもつものとし, 供試体を飽和させる場合に細粒分が流出するおそれがあるときに用いる。

3. 供試体の作製と測定

3.1 試料の準備

試料は, 非乾燥法または空気乾燥法によって調製した後, ふるい分けと含水比測定を行う。

- (1) つぎのいずれかの方法でふるい分けたものを試料とする。
 - ① 指定した複数の粒度階に分級する方法
 - ② 指定した1個のふるいで単一の粒度階に分級する方法

- (2) 粒度階ごとの試料の含水比 $w_i(\%)$ を測定する。

3.2 試料の計量

- (1) 締固め層数は5または6を標準とし, 各粒度階について1層あたりの必要試料質量を算定する。
- (2) 各粒度階の試料を(1)で算定した1層分の質量に分けて層数個計量し, 各粒度階ごとに計量値を集計して $m_i(g)$ とする。

3.3 供試体の締固め

- (1) ゴムスリーブの肉厚を, ゴムスリーブの長さの中央付近の5箇所以上で測定し, それらの平均値をゴムスリーブの肉厚とする。
- (2) ゴムスリーブの下端部をペDESTALにはめ込み, ゴムスリーブ緊結具で締め付ける。ゴムスリーブを覆うようにモールドを組み立て, その上面から外側へゴムスリーブの上端部を折り返す。
- (3) モールドの空気吸引口に負圧を与えてゴムスリーブをモールド内面に密着させる。必要に応じて, ペDESTALの上にもろ布等を敷く。
- (4) 大粒径の粒子が層内で一様に分布するように試料をまき出し, その上面を水平にならす。
- (5) 試料の上面が目標高さになるまで, 締め固める。
- (6) 試料の上面を軽くかき乱す。
- (7) (4)~(6)の操作を繰り返す。ただし, 最上層では(6)のかき乱しの代わりに, 端面仕上げを行う。
- (8) 必要に応じて供試体上面にろ布等を敷く。キャップを載せ, これにゴムスリーブをかぶせて, ゴムスリーブ緊結具で締め付ける。
- (9) 必要に応じて供試体を飽和させる。
- (10) 供試体を自立させるに足る大きさの負圧を供試体に加えてモールドを取りはずす。これ以降セル圧を加えるまでこの負圧を維持する。

3.4 供試体の寸法の測定

寸法の最小読み取り値は, 測定しようとする寸法の0.1%以下とする。

- (1) 供試体の高さをほぼ6等分して, その5本の分割線の周長をゴムスリーブの外から測定し, その平均値を円周率で除した値からゴムスリーブの肉厚

の2倍を減じて供試体直径 $D_0(\text{cm})$ とする。

- (2) 供試体の相直交する2直径の両端で供試体の高さを測定し、それらの平均値を供試体高さ $H_0(\text{cm})$ とする。

【付帯条項】

3.1 試料調製は、JSF E 101「土質試験のための乱した土の試料調製方法」に準じて行う。

- (1) ① 標準網ふるいから適切なふるいを選び、組み合わせて用いる。この場合、あるふるいを通過し、それより1段階細粒側のふるいの残留分を一つの粒度階の試料とする。
② 一つのふるいの通過分または残留分を試料とする。以下の条文において、粒度階の数を1とする。

3.2

- (1) 指定された乾燥密度、供試体寸法、および粒度階ごとの含水比から、1供試体あたりに必要な各粒度階ごとの試料の質量 $m_i^*(\text{g})$ を10gまで計算し、これを層数 l で除して1層あたりの質量 (m_i^*/l) (g) とする。
(2) 単一の粒度階に分級した試料は、層ごとに粒度が偏らないように注意する。

3.3

- (4) 粒径分布を一樣にするために1層分の粒度階ごとの試料をさらに3分割して、3層に分けてまき出してもよい。また、大きな粒子がゴムスリーブを損傷する可能性の高い場合はその粒子をやや内側に配置してよい。供試体作製中の例を図-1に示す。
(5) 締固めエネルギーと層厚変化の関係をあらかじめ求めておき、試料面の高さと目標高さとの差を確認しながら締固め作業を行う。ランマーで締め固める場合は、締固め最終段階が近づくにつれて、その落下高を小さくすることを標準とする。
(7) 2mmふるい通過分を含まない供試体において、その上端面に凹部ができたときは、同一試料から別途調

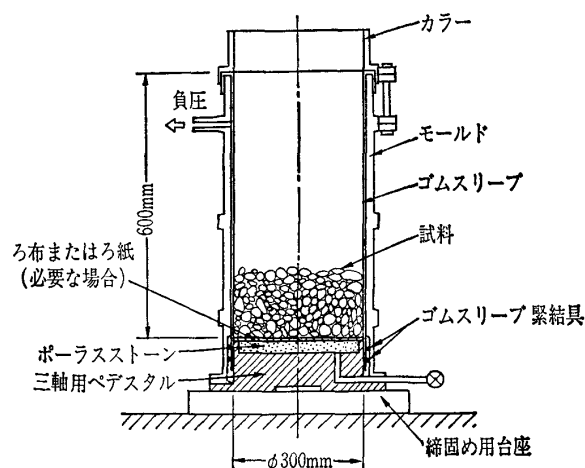


図-1 供試体作製中の例

整した「端面ならし材」で埋めることができる。ただし、端面ならし材の最小粒径は標準網ふるい系列において供試体の最小粒径が属する粒度より1段階細粒側までとする。

- (9) 供試体を三軸圧力室に設置した後に飽和させてもよい。

- (10) 負圧は、 0.3 kgf/cm^2 程度を標準とする。

3.4

- (2) a. キャップ天端とペDESTAL底部の間の長さを測定し、この平均値からキャップ、ペDESTAL、ろ布等の厚さを差し引く。
b. ゴムスリーブが破損するおそれがある場合は、この段階で同じ規格のものをもう1枚重ねてかぶせる。

4. 供試体の計算

- (1) 供試体の体積 $V_0(\text{cm}^3)$ を次式で算定する。

$$V_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2 H_0$$

ここに、

D_0 : 供試体直径 (cm)

H_0 : 供試体高さ (cm)

- (2) 供試体の炉乾燥質量 $m_s(\text{g})$ を次式で算定する。

$$m_s = \sum_{i=1}^n m_{si} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{1 + \frac{w_i}{100}}$$

ここに、

n : 粒度階の数

m_i : 各粒度階の試料の質量 (g)

m_{si} : 各粒度階の試料の炉乾燥質量 (g)

w_i : 各粒度階の試料の含水比 (%)

- (3) 供試体の乾燥密度 $\rho_{d0}(\text{g/cm}^3)$ を次式で算定する。

$$\rho_{d0} = \frac{m_s}{V_0}$$

- (4) 供試体の含水比 $w_0(\%)$ を次式で算定する。

- ① 複数の粒度階に分級した場合

$$w_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_{si} w_i}{m_s}$$

- ② 単一の粒度階に分級した場合

測定した含水比を $w_0(\%)$ とする。

【付帯条項】

- (2) 端面ならし材の質量を無視する。

- (3) 供試体の間隙比および飽和度を求める必要のあるときは、次の手順による。

- a. JIS A 1110「粗骨材の比重および吸水率試験法」によって粒度階ごとの絶対比重 D_{di} 、および吸水率 $Q_i(\%)$ を別途求める。

資料—448

b. 合成絶対比重 D_D を次式で算定する。

$$D_D = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{m_{st}}{m_s D_{Di}}}$$

c. 合成吸水率 $Q(\%)$ を次式で算定する。

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n m_{st} Q_i}{m_s}$$

d. 間隙比 e_0 を次式で算定する。

$$e_0 = \frac{D_D \rho_w}{\rho_{d0}} - 1$$

ここに,

ρ_w : 水の密度 (g/cm^3)

e. 粒子の見かけの飽和度 $S_{rp}(\%)$ を次式で算定する。

$$S_{rp} = \frac{w_0}{Q} \times 100$$

f. 粒子間間隙の飽和度 $S_{r0}(\%)$ を次式で算定する。

$$S_{r0} = \frac{(w_0 - Q) D_D}{e_0}$$

ただし、この算式は $S_{rp} \geq 100(\%)$ のとき成立し、 $w_0 \leq Q$ のとき、 $S_{r0} = 0\%$ とする。

5. 報告事項

供試体について次の事項を報告する。

- (1) 分級の方法 (複数の粒度階, 単一粒度階の別)
- (2) 粒度階とその構成質量百分率
- (3) 試料調製方法 (非乾燥法, 空気乾燥法の別) と含水比
- (4) 供試体上端面の処理方法
- (5) 試料締固め機器の様式および諸元
- (6) ゴムスリーブの肉厚および供試体にかぶせたゴムスリーブの枚数
- (7) 供試体を飽和させた場合は, その方法
- (8) 供試体に与えた負圧の大きさ
- (9) 作製した供試体の寸法 (直径, 高さ, 体積)
- (10) 指定された乾燥密度, および測定した供試体の乾燥密度と含水比
- (11) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は, その内容
- (12) その他特記すべき事項

【付帯条項】

- (3) 複数の粒度階に分級した場合は, 粒度階ごとの含水比も報告する。
- (4) 端面ならし材を使用した場合はその粒度と使用量を報告する。
- (10) 必要に応じて, 供試体の間隙比と飽和度を報告する。

土質工学会基準 (案)

JSF

粗粒材料の三軸圧縮 (CD) 試験方法

E 531—1989

Method for Consolidated-Drained Triaxial Compression Test
on Coarse Granular Materials

1. 総 則

1.1 試験の目的

この試験は, 等方応力状態で圧密された粗粒材料に対して, 圧密応力と排気・排水状態における圧縮強さの関係を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

主として, 19.1 mm ふるいに残留分があり, 63.5 mm ふるいを通過する粗粒材料を, 直径 30 cm, 高さが直径の 2.0~2.5 倍の円柱状供試体に締め固めたものを対象とする。

1.3 用語の定義

応力の値は, 供試体の初期中央高さの位置に作

用する値で定義する。ただし, 圧密過程においては, 供試体とキャップの自重による応力を無視するものとする。

排気・排水状態における圧縮強さとは, 圧密時における有効側方向応力を維持した状態で, 供試体に加え得る最大の主応力差をいう。

1.4 必要関連基準

この試験に用いる供試体は, 次の基準によって作製する。

JSF E 530「粗粒材料の三軸試験の供試体作製方法」

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には, そ

の内容を報告事項に明記しなければならない。

1.1

a. 同一試料から作製した3個以上の供試体について、必要とされる圧密応力の範囲内の相異なる圧密応力のもとで試験を行う。

b. 圧密による体積圧縮量および軸圧縮量と圧密応力の関係、軸圧縮中の軸ひずみと主応力差および体積ひずみの関係も求めるものとする。

1.3 排気・排水状態における間隙圧は、通常大気圧とするが、背圧を用いた場合は背圧に等しくなる。ただし、背圧とは、供試体の飽和度を高める手段として、供試体内部の間隙水圧と供試体外部から作用している等方応力に同量ずつ付加される圧力増分をいう。

2. 試験用具

2.1 三軸圧縮試験機

三軸圧縮試験機は、三軸圧力室、セル圧供給装置、圧縮装置、および応力・変位・体積変化量測定装置から構成され、次に示す条件を満たすものとする。

- (1) 最大セル圧および供試体の最大軸圧縮力に対し、十分な耐荷容量と負荷能力を有すること。
- (2) 所定の圧力を 2.0 kgf/cm^2 未満では $\pm 0.02 \text{ kgf/cm}^2$ 、 2.0 kgf/cm^2 以上では $\pm 1.0\%$ の圧力変動の範囲内で1供試体の試験が終了するまで連続して加え得ること。

- (3) 供試体の高さの15%を越えるまで軸変位を連続して加え得ること。
- (4) 圧力を 2.0 kgf/cm^2 未満では $\pm 0.01 \text{ kgf/cm}^2$ 、 2.0 kgf/cm^2 以上では $\pm 0.5\%$ の許容差で測定できること。
- (5) 軸圧縮力を、供試体の最大圧縮力の $\pm 0.5\%$ の許容差で測定できること。
- (6) 軸変位量を供試体高さの $\pm 0.2\%$ の許容差で測定できること。
- (7) 供試体の体積変化量を初期供試体体積の $\pm 0.05\%$ の許容差で測定できること。

2.2 その他の用具

- (1) 空気吸引装置
- (2) ストップウォッチ、または時計

【付帯条項】

2.1 三軸圧縮試験機の構成例を図-1に示す。荷重計、キャップ、ペDESTAL、およびピストンの各中心軸は一直線上にあり、かつキャップ、ペDESTALの載荷面に直交するものとする。

- (1) セル圧に関する耐荷容量と負荷能力は、 $5 \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$ 必要である。
- (2)(4) 圧力計の位置と供試体の初期中央高さに位置水頭差がある場合は、圧力計の読み取り値を補正する。また、容量の異なる複数の圧力計を組み込んでおき、圧力に応じて使い分ける。

(5) a. 荷重計はプルーピングリングまたはロードセルを用いるものとし、種々の容量のものを用意しておき、予想される最大圧縮力に応じて使い分ける。

b. 荷重計を三軸圧力室の外に設置する形式の試験機の場合は、ピストンと三軸圧力室の摺動部の摩擦力を測定して軸圧縮力の測定値を補正する。

c. 荷重計を三軸圧力室の内側に設置する場合は、セル圧の影響を検定して軸圧縮力の測定値を補正する。

(6) 変位計は、測定範囲 100 mm 以上、最小目盛 0.1 mm のダイヤルゲージまたはこれと同等以上の性能を有する電気式変位計を用いる。

(7) 体積変化計は、供試体の体積変化を軸圧縮過程において連続して測定できる容量のものとし、 $\pm 20 \text{ cm}^3$ の許容差で測定できるものとする。飽和供試体の場合は、供試体の吸排水量をビューレットで測定し、体積変化量とする。

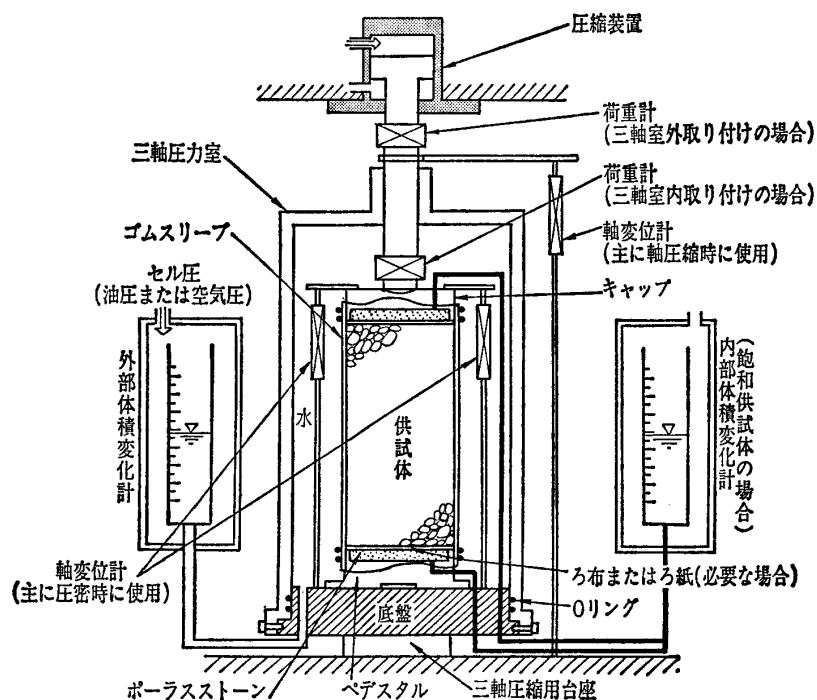


図-1 三軸圧縮試験機の構成例

3. 試験方法

3.1 供試体の設置

- (1) 供試体は、JSF E 530「粗粒材料の三軸試験の供試体作製方法」によって三軸圧力室底盤のペDESTAL上で作製されたものを用いる。
- (2) 三軸圧力室を組み立て、水で満たす。

3.2 圧密過程

- (1) 圧密過程に用いる測定装置の原点の確認、調整を行う。
- (2) 供試体を自立させるために与えた負圧と同程度のセル圧を作用させ、同時に供試体内部に通じるバルブを開いて供試体内の負圧を解除する。必要に応じて供試体を飽和させる。
- (3) 所定の圧密応力まで、次のいずれかの方法で等方応力を増加させる。
 - ① 毎分 0.5 kgf/cm^2 を標準とする一定の割合で増圧し、体積圧縮量および軸圧縮量を増圧 0.5 kgf/cm^2 以内の間隔で測定する。
 - ② JSF E 411「土の圧密試験方法」の応力段階を標準として、各段階について一次圧密が終了するまで体積圧縮量および軸圧縮量を10分以内の間隔で測定する。
- (4) 所定の圧密応力において、一次圧密が終了するまで圧密を続け、供試体作製時から圧密終了までの体積圧縮量 $\Delta V_c(\text{cm}^3)$ および軸圧縮量 $\Delta H_c(\text{cm})$ を求める。

3.3 軸圧縮過程

- (1) 軸圧縮過程に用いる測定装置の原点の確認、調整を行う。
- (2) セル圧を一定として、ひずみ速度が一定になるように、供試体を連続的に圧縮する。
- (3) 圧縮中は、軸圧縮力 $P(\text{kgf/cm}^2)$ 、軸圧縮量 $\Delta H(\text{cm})$ 、および体積変化量 $\Delta V(\text{cm}^3)$ を測定する。
- (4) 荷重計の読みが最大値の $2/3$ 程度に減少するまで圧縮を続ける。ただし、軸ひずみが15%に達したら圧縮を終了する。
- (5) 供試体の変形・破壊状況などを観察、記録する。

【付帯条項】

3.2

- (2) 所定の圧密応力が、供試体の負圧の大きさに近い場合は、まず負圧の $1/2$ に相当するセル圧を作用させ、同時に負圧を $1/2$ に減じる。続いてセル圧を当初の負圧に相当する圧力まで上昇させ、同時に負圧を解除する。負圧解除および飽和化に伴う軸圧縮量を測定し、圧密後の供試体寸法の算定に含める。
- (4) 一次圧密の終了は、10分間隔で読み取った体積圧縮

量が 10 cm^3 以下になったときとする。ただし、60分を越える場合は供試体に漏水がないことを確認して圧密を打ち切ってよい。

3.3

- (1) 水位変化を検出する体積変化計の場合、その水面は試験中常に供試体の初期中央高さにあることを標準とする。ピストンとキャップが個別の形式の場合には、両者を接触させて荷重計の原点を設定する。つづいて、軸変位計、体積変化計の原点の設定を行う。
- (2) 供試体の上下両面から排気・排水を行う場合は、毎分 0.5% の軸ひずみ速度を標準とする。ただし、 2 mm ふるい通過率が 40% 程度以上の試料の場合には過剰間隙圧が発生しない軸圧縮速度をあらかじめ確かめておく。体積変化計の水面位置を供試体の初期中央高さに一致させ得ない場合は、その水頭差を 10 cm 単位で記録し、有効側方向応力の算定に考慮する。
- (3) 軸圧縮力、軸変位量および体積圧縮量を連続記録しない場合は、これらの測定間隔は、主応力差-ひずみ曲線をなめらかに描くことのできる程度とする。例えば最大軸荷重に達するまでは軸圧縮量を 1.5 mm 間隔、それ以降は 3 mm を越えない間隔が望ましい。
- (5) 供試体の破壊状況は、破壊面の勾配が最も急に見える方向から観察を行い、記録する。

4. 試験結果の整理

4.1 圧密過程

- (1) 圧密後の供試体高さ $H_c(\text{cm})$ を次式で算定する。

$$H_c = H_0 - \Delta H_c$$

ここに、

H_0 : 試験前の供試体高さ (cm)

ΔH_c : H_0 を測定したときから圧密が終了するまでの供試体の軸圧縮量 (cm)

- (2) 圧密後の供試体体積 $V_c(\text{cm}^3)$ を次式で算定する。

$$V_c = V_0 - \Delta V_c$$

ここに、

V_0 : 試験前の供試体体積 (cm^3)

ΔV_c : H_0 、 D_0 を測定したときから圧密が終了するまでの供試体の体積圧縮量 (cm^3)

- (3) 圧密後の供試体断面積 $A_c(\text{cm}^2)$ を次式で算定する。

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

- (4) 圧密後の供試体の乾燥密度 $\rho_{ac}(\text{g/cm}^3)$ を次式で算定する。

$$\rho_{ac} = \frac{\rho_{a0}}{1 - \frac{\Delta V_c}{V_0}}$$

ここに,

ρ_{d0} : 試験前の供試体の乾燥密度 (g/cm³)

4.2 軸圧縮過程

- (1) 供試体の軸ひずみ ε (%) を次式で算定する。

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

ここに,

ΔH : 軸圧縮過程における軸変位量 (cm)

- (2) 供試体の体積ひずみ v (%) (圧縮を正とする) を次式で算定する。

$$v = \frac{\Delta V}{V_c} \times 100$$

ここに,

ΔV : 軸圧縮過程における体積変化量 (cm³)

- (3) 軸ひずみ ε のときの主応力差 ($\sigma_1 - \sigma_3$) (kgf/cm²) を次式で算定する。

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{P}{A_c} \cdot \frac{1 - \varepsilon/100}{1 - v/100} + \delta$$

ここに,

P : 軸ひずみ ε のときにキャップの上面に加えられた軸荷重 (kgf), ただし, 等方圧密中は $P=0$

δ : 供試体およびキャップの水中重量による補正項 (kgf/cm²)

- (4) 主応力差 - 軸ひずみ曲線, および体積ひずみ - 軸ひずみ曲線を軸ひずみを横軸にとって描く。
(5) $0 < \varepsilon \leq 15\%$ の範囲の主応力差の最大値 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ を図上から求め, 圧縮強さとする。

【付帯条項】

4.1

供試体作製後に飽和を行った場合は, 飽和後の含水比 w (%) を次式で算定する。

$$w = Q + \left(\frac{V_0 \rho_w}{m_s} - \frac{1}{D_D} \right) \times 100$$

ここに,

Q : 供試体の合成吸水率 (%)

ρ_w : 水の密度 (g/cm³)

m_s : 供試体の炉乾燥質量 (g)

D_D : 試料の絶乾比重

- (2) 体積圧縮量 ΔV_c の測定がゴムスリーブの貫入などのために不確実と判断される場合は, 供試体が等方的に圧縮したと仮定して, 体積圧縮量 ΔV_c (cm³) を次式で算定する。

$$\Delta V_c = \left(1 - \frac{H_c}{H_0} \right) \times 3 V_0$$

4.2

- (3) キャップおよび供試体が水中にあるときは, δ (kgf/cm²) を次式で算定する。

$$\delta = \frac{1}{1000} \left[\frac{\gamma_w}{\rho_w} (\rho_{tc} - \rho_w) \frac{H_0}{2} + \frac{W_c'}{A_c} \right]$$

ここに,

ρ_{tc} : 圧密後の供試体の湿潤密度 (g/cm³)

γ_w : 水の単位体積重量 (gf/cm³)

W_c' : キャップの水中重量 (gf)

5. 報告事項

試験結果について, 次の事項を報告する。

- (1) 締め固め終了時の供試体の寸法, 質量, 含水比
- (2) 供試体を飽和させた場合は, その方法
- (3) 圧密応力
- (4) 圧密応力と体積ひずみおよび軸ひずみの関係
- (5) 圧密後の乾燥密度
- (6) 軸圧縮過程のひずみ速度
- (7) 主応力差 - 軸ひずみ曲線, 体積ひずみ - 軸ひずみ曲線
- (8) 供試体の破壊状況
- (9) 圧縮強さ - 圧密応力関係
- (10) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は, その内容
- (11) その他特記すべき事項

【付帯条項】

- (2) 飽和後の含水比も報告する。
- (7) 4.2(4)において描いた図。
- (8) 3.3(5)において行った記録。
- (9) 圧密圧力を横軸に, 圧縮強さを縦軸にとって図示するか, またはモールの応力円で図示する。

土質工学会基準 (案)

土の繰返し非排水三軸試験方法

JSF
E 541—1989

Method for Cyclic Undrained Triaxial Test on Soils

1. 総 則

1.1 試験の目的

この試験は、等方応力状態で圧密された土に対して、繰返し軸荷重振幅と所定の軸ひずみ両振幅なら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ことを目的とする。

1.2 適用範囲

主として飽和砂質土を対象とする。

1.3 用語の定義

ここでいう繰返し非排水三軸試験とは、等方圧密した飽和供試体に、一定セル圧と非排水条件のもとで、一定振幅かつ対称な繰返し軸荷重を一定の周期で加える試験をいう。

1.4 必要関連基準

この試験に用いる供試体は、主として、次の基準によって作製する。

JSF E 520「土の三軸試験の供試体作製方法」

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告事項に明記しなければならない。

1.2 a. ここでいう砂質土とは、主として砂分からなる土をいう。

b. 供試体作製後に飽和させた土を含む。また、本基準は、飽和した粘性土および礫にも準用できる。

1.4 この試験を実施するにあたり、本基準に記述されていない事項については次の基準を参照する。

JSF E 522「土の三軸圧縮(CU)試験方法」

JSF E 523「土の三軸圧縮(CU)試験方法」

JSF E 524「土の三軸圧縮(CD)試験方法」

2. 試験用具

2.1 繰返し非排水三軸試験装置

試験装置は三軸圧力室、セル圧・背圧供給装置、軸荷重載荷装置、および応力・変位・排水量・間隙水圧測定、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。

- (1) 最大セル圧、背圧および供試体の最大圧縮軸荷重と最大引張り軸荷重に対して、十分な耐荷容量と負荷能力を有すること。
- (2) 供試体をキャップ、ペDESTALおよびゴムスリーブで覆い、これに所定のセル圧、背圧および軸荷重を加えることができ、供試体上下端から給排水が可能なこと。また間隙水圧測定経路は水圧変化による体積変化が十分に小さいこと。
- (3) 等方圧密中、所定のセル圧、背圧、軸方向圧力を 2.0 kgf/cm^2 未満では $\pm 0.02 \text{ kgf/cm}^2$ 、 2.0 kgf/cm^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排水量は、供試体の高さと同体積の $\pm 0.05\%$ の許容差で測定できること。
- (4) 等方圧密後に非排水状態で、5.3で定義する軸ひずみ両振幅 DA が 5% 以上になるまで、繰返し軸荷重を連続して載荷でき、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。

繰返し軸荷重は、 $DA = 2\%$ に達するまでつぎの条件を常に満足すること。

- i) 等方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 $(P_C + P_E)$ の変動は 10% 以下
- ii) $0.9 \leq P_C/P_E \leq 1.1$
- (5) 繰返し載荷中は所定のセル圧を、 2.0 kgf/cm^2 未満では $\pm 0.02 \text{ kgf/cm}^2$ 、 2.0 kgf/cm^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。
- (6) 繰返し載荷中は間隙水圧とセル圧を 2.0 kgf/cm^2 未満では $\pm 0.02 \text{ kgf/cm}^2$ 、 2.0 kgf/cm^2 以上では $\pm 1.0\%$ の許容差で連続的に測定できること。
- (7) 繰返し載荷中は供試体に作用する繰返し軸荷重を、所定の荷重両振幅の $\pm 0.5\%$ の許容差で連続的に測定できること。ただし、荷重計が三軸圧力室の外にあるときは、所定のセル圧のもとでピストン摩擦を測定し、ピストン摩擦の片振幅 F はつぎの条件を満足すること。

$$F < 0.02 \times (\text{圧密応力 } \sigma'_c) \times (\text{供試体断面積})$$
- (8) 繰返し載荷中は軸変位量を供試体高さの $\pm 0.05\%$

の許容差で連続的に測定できること。

- (9) 繰返し軸荷重中は間隙水压、セル圧、繰返し軸荷重および軸変位量を連続的に記録できること。

2.2 その他の用具

- (1) ゴムスリーブ
- (2) Oリングまたはゴムひも
- (3) ストップウォッチまたは時計

【付帯条項】

2.1 繰返し非排水三軸試験機の例を図-1に示す。

- (1) a. 三軸圧力室、セル圧・背圧供給装置および圧力供給配管の耐圧容量は $5 \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$ 程度とする。
- b. 最大引張り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。
- c. 繰返し軸荷重中は三軸伸張応力状態を作り出せるように、載荷ピストンとキャップが結合された形式 (JSF

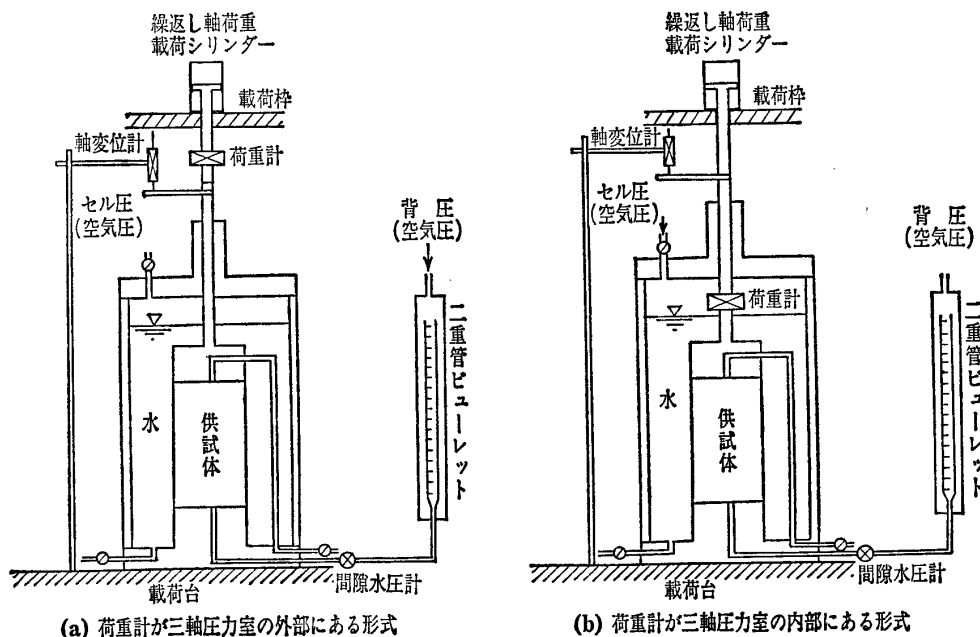


図-1 標準的繰返し非排水三軸試験機の構成例

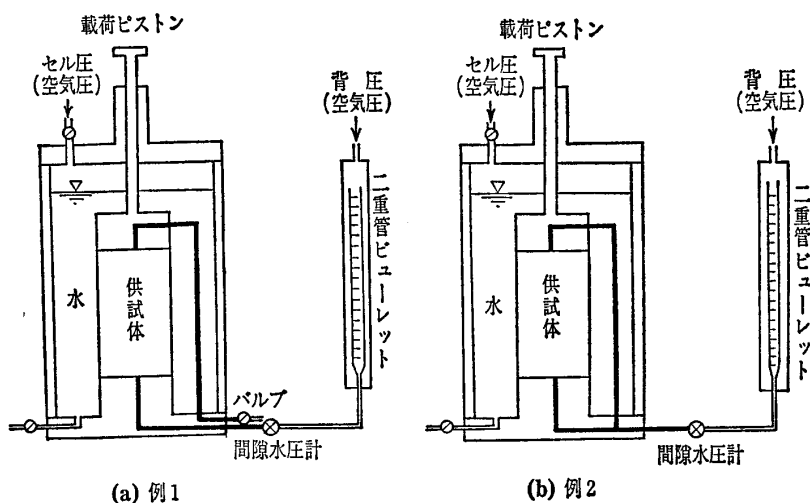


図-2 間隙水压測定経路の定義 (図中の—で示す管路とジョイント、バルブ)

E 522「土の三軸圧縮 (CU) 試験方法」の図-2(a) 参照) が通常用いられ、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を結合しておく。載荷ピストンとキャップを結合しないで供試体を三軸圧力室にセットする場合は、供試体に十分大きな有効拘束圧を与えてから載荷ピストンとキャップを結合する。

- (2) a. キャップ、ペDESTAL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DESTAL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。

- b. 排水面には十分大きい透水性を有するポーラストーンを用い、必要に応じ適切なる紙を敷く。

- c. 間隙水压計の受圧部、供試体と排水バルブの間の排水経路からなる間隙水压測定経路 (図-2 参照) の間隙水压変化に対する体積変化を測定する。供試体の体積を V とし、 Δu の間隙水压の変化に対する間隙水压測定経路の容積変化を ΔV とするとき、 $\{(\Delta V/V)/\Delta u\}$

$< 5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{kgf}$ であることが望ましい。

- (3) 等方圧密中の供試体の体積変化は、ビューレットまたはこれと同等以上の性能を有する測定装置で測定する。ビュー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ー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。

- (4) a. 圧縮荷重の片振幅 P_c と伸張荷重の片振幅 P_E は図-3に示すように等方応力状態から定義する。図において、 P は等方

応力状態のときをゼロとする繰返し軸荷重である。載荷ピストンに作用する軸荷重は、繰返し軸荷重 P とセル圧により載荷ピストンに作用する力の和である。

- b. 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。

- c. 繰返し軸荷重振幅を正確に制御し、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軸荷重を用いてもよい。ただし、く形波と台形波を

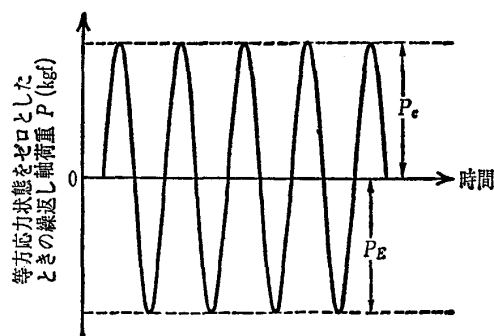


図-3 正弦波繰返し軸荷重に対する圧縮荷重の片振幅 P_C と伸張荷重の片振幅 P_E の定義

用いてはならない。

- d. 繰返し载荷中に载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。
- (6) 繰返し载荷中の間隙水圧は電気式圧力変換器を用いて測定する。
- (7) a. 繰返し軸荷重は電気式荷重計を用いて測定する。使用する荷重計は、その取り付け位置および三軸圧力室の構造によってつぎに示す二つの場合に分かれる。
 - i) 荷重計が三軸圧力室の内部と、荷重計が三軸圧力室の外部にある場合、载荷ピストンの直径が供試体の直径よりも十分小さいときは、圧縮力と引張り力の両方が測定できる荷重計を用いる。
 - ii) 荷重計が三軸圧力室の外部にある場合、载荷ピストンの直径が比較的大きいときは、圧縮力のみ測定できる荷重計を用いてもよい。
- b. 測定された载荷ピストンの摩擦 F の値が条件を満足できないときは、測定された P_C と P_E の値のそれぞれからピストン摩擦を差し引くか、または荷重計を三軸圧力室の内部に設置する。
- c. 荷重計を三軸圧力室の内部に設置する場合は、セル圧の影響を検定して軸圧縮力の測定値を補正する。
- d. 軸変位計が荷重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を用いる。
- (8) a. 繰返し载荷中の軸変位量は、三軸圧力室の外部に設置した電気式変位計で測定してよい。
- b. 軸変位計と供試体の間に位置する载荷ピストン、荷重計などの変位、軸変位計の固定位置の変位などは無視できる程度に小さいものとする。
- (9) 繰返し载荷中の間隙水圧、軸荷重、軸変位、および必要に応じてセル圧の測定値は、アナログデータレコーダーまたはデジタルデータレコーダーなどの電気式記録装置を用いて連続的に記録する。ただし、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正確に内挿できるように、1周期のデータポイント数は40以上とする。

2.2 必要に応じて、Oリング拡大器、ゴムスリーブ拡大

器、ろ紙を用意する。

- (1) ゴムスリーブはラテックスラバー製が望ましい。ゴムスリーブの厚さは $0.15 \sim 0.3 \text{ mm}$ 程度で、内径は供試体直径の95%程度のものとする。

3. 供試体の設置

3.1 供試体の形状、寸法

供試体の形状は円柱とする。その直径は 50 mm 以上とし、高さは直径の $1.5 \sim 2.5$ 倍を標準とする。

3.2 供試体の設置

供試体の設置は供試体の作製方法によって、つぎの三つの場合に分けられる。

- (1) JSF E 520「土の三軸試験の供試体作製方法」のトリミング法による供試体

- ① 供試体をペDESTALの上に置き、ゴムスリーブをかぶせ、ゴムスリーブをペDESTALとキャップにOリングなどで締め付ける。
- ② 三軸圧力室を組み立て、セル内に水を入れ、排水状態で 0.1 kgf/cm^2 程度の等方圧力を供試体に加える。

- (2) JSF E 520「土の三軸試験の供試体作製方法」の負圧法による供試体

- ① 三軸圧力室を組み立て、セル内に水を入れる。
- ② セル圧、負圧、および軸荷重を制御して供試体の有効拘束圧を変化させないで負圧をセル圧に置き換える。

- (3) 凍結した供試体

- ① 供試体をペDESTALの上に置き、ゴムスリーブをかぶせ、ゴムスリーブをペDESTALとキャップにOリングなどで締め付ける。
- ② つぎのいずれかの方法で解凍する。

- (i) 負圧のもとで解凍する方法

供試体に適切な負圧を与えながら解凍し、解凍後の供試体の高さ $H_0(\text{cm})$ 、直径 $D_0(\text{cm})$ を測定する。三軸圧力室を組み立て、セル内に水を入れ、3.2(2)②の方法で負圧をセル圧に置き換える。

- (ii) セル圧のもとで解凍する方法

凍結した供試体の高さ $H_0(\text{cm})$ 、直径 $D_0(\text{cm})$ を測定する。三軸圧力室を組み立てセル内に水を入れ、セル圧を加え適切な等方圧力のもとで供試体を解凍する。

3.3 供試体の飽和

適切な方法を組み合わせて供試体の飽和度を高める。いずれの方法を用いた場合も最終的に 1.0 kgf/cm^2 以上の背圧を加えることを標準とする。

【付帯条項】

3.1

- a. 粘性土では供試体の直径を 35 mm 以上とする。
- b. 供試体は、上下端面が平面で、かつ平行な直円柱とする。

3.2

- a. 供試体の上端にキャップを置いたときから負圧またはセル圧を供試体に加えるまでは、供試体上端における軸方向応力は 0.05 kgf/cm^2 以下とする。
 - b. 一連の手順において、供試体に変形を与えないよう十分に注意する。
- (2) a. モールドを取り外すときに供試体を自立させるために与える負圧は、 $0.05 \sim 0.1 \text{ kgf/cm}^2$ 程度とする。
- b. 負圧を 0.2 kgf/cm^2 程度にした後、供試体の直径と高さを測定する。ただし、この負圧は供試体に過圧密履歴を与えないために、圧密終了時の有効拘束圧よりも低くする。
 - c. 供試体に負圧を加えるときは、供試体の軸圧縮が自由に生じ、かつ供試体の応力を等方状態に保つために、キャップの鉛直変位を拘束してはならない。
- (3) 直ナイフ、ダイヤモンドカッター、カッターナイフなどを用いて適切な方法で凍結供試体を作製する。必要に応じて、キャップ、ペダスタルを予冷しておく。
- ②(i) 負圧は 0.2 kgf/cm^2 程度とする。
- (ii) 等方圧は 0.2 kgf/cm^2 程度とし、圧密圧力より低いこととする。また、解凍による供試体の高さ変化 $\Delta H_F(\text{cm})$ を三軸圧力室の外部に設置した変位計などを用いて測定し、解凍による供試体の体積変化 $\Delta V_F(\text{cm}^3)$ を次式で算定する。

$$\Delta V_F = \frac{3 \Delta H_F}{H_0} V_0$$

ここに、

H_0 : 凍結した供試体体積 (cm^3)

V_0 : 凍結した供試体高さ (cm)

3.3

- a. 三軸圧力室に設置した供試体の飽和度を高める。その際に、土の種類、供試体の状態に応じて、つぎの四つの方法を適切に組み合わせる。
 - i) セル圧を加えた供試体の内部に脱気水を通水する方法。
 - ii) 背圧を十分に加える方法。
 - iii) セル圧を加えた供試体内の空隙の空気を炭酸ガスと置き換えてから、i), ii)の方法を用いる方法。
 - iv) 供試体に 0.9 kgf/cm^2 程度の十分高い負圧を加えて、供試体内部の空気を吸い出す方法。その際に、供試体に過圧密履歴を与えないように、供試体内の負圧と三軸圧力室内の負圧の差が圧密終了時の有効拘束圧よりも小さくなるように、供試体に負圧を与

えると同時に三軸圧力室内にも供試体に加えるよりも小さい適切な負圧を与え、負圧をセル圧に置き換えてから i), ii)の方法を用いる。必要に応じて負圧を与えたまま脱気水を通水する。

- b. 背圧 u_b の値は、(繰返し載荷中での三軸伸張応力状態における間隙水圧 u) = (背圧 u_b) + (過剰間隙水圧 Δu) が負にならない十分大きな値とする。

4. 試験方法

4.1 飽和度の確認

圧密前および必要に応じて圧密後に間隙水圧係数 B 値を測定する。

4.2 圧密過程

- (1) 一定の背圧を加えたままで、三軸圧力室に所定の等方応力を作用させて圧密する。
- (2) 少なくとも一次圧密が終了するまで圧密を続ける。
- (3) 圧密による供試体からの排水量 $\Delta V_e(\text{cm}^3)$ と供試体の軸変位量 $\Delta H_e(\text{cm})$ を測定する。

4.3 繰返し非排水載荷

- (1) 等方応力状態であることを確認する。
- (2) 排水バルブを閉じる。
- (3) 繰返し軸荷重を加え、軸荷重、軸変位、間隙水圧およびセル圧を連続的に測定する。第1波は圧縮荷重とする。
- (4) 繰返し回数が 200 回程度を越えるか、または $(\Delta L / H_e) \times 100$ が 5 % 以上になったら繰返し載荷を終了する。ここで ΔL は供試体高さ変化 (ΔH) の両振幅、 H_e は圧密後の供試体の高さである。
- (5) 供試体の変形・破壊状況などを観察、記録する。
- (6) 供試体の炉乾燥質量 $m_s(\text{g})$ を測定する。

4.4 軸荷重振幅を変えた試験

同一の圧密応力のもとで、必要な数の同質の供試体を用いて繰返し軸荷重振幅を適切に変えた一連の試験を行う。

【付帯条項】

4. 側方向応力 σ_r (=セル圧 σ_c)、間隙水圧 u 、軸方向応力 σ_a は、供試体高さの中央の位置における値で定義する。

4.1

- a. 間隙水圧係数 B 値の測定は、等方応力状態で実施する。
- b. 圧密前の間隙水圧係数 B 値はつぎの方法で測定する。
 - i) 排水バルブを閉じる。
 - ii) セル圧 σ_c を 1~2 分程度で $\Delta \sigma_c$ 増加する。 $\Delta \sigma_c$ は 0.5 kgf/cm^2 程度を標準とする。ただし、 $\Delta \sigma_c$ を加えた後のセル圧は等方圧密のセル圧を越えないものと

する。

- iii) 間隙水圧が一定値に落ち着いたときの間隙水圧の増分 Δu を測定する。
- iv) 間隙水圧係数 $B = \Delta u / \Delta \sigma_c$ 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、セル圧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、セル圧を $\Delta \sigma_c$ 減少して元に戻し、付帯条項 3.3 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。
- c. 圧密開始前に間隙水圧係数 B 値を測定する代わりに、所定の圧密応力より低い応力段階で、上記の b. の方法によって測定してもよい。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。
- d. 圧密前の B 値が 0.95 以上であり、かつ圧密時間が 8 時間以下であった供試体に対しては、圧密後の B 値の測定を省略してよい。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はセル水を通して供試体に入り込むおそれがある場合は、圧密後の B 値もつぎの方法で測定する。
 - i) 供試体の一次圧密が終了した後、排水バルブを閉じる。
 - ii) セル圧 σ_c を 1～2 分程度で $\Delta \sigma_c$ 減少する。 $\Delta \sigma_c$ は 0.5 kgf/cm^2 程度を標準とする。
 - iii) 間隙水圧の減少分 Δu_u を測定する。
 - iv) ii) と同じ時間で σ_c を $\Delta \sigma_c$ 増加する。
 - v) 間隙水圧変化量 Δu_L を測定する。
 - vi) 間隙水圧係数 B 値 $= (\Delta u_u + \Delta u_L) / (2\Delta \sigma_c)$ を計算する。
 - vii) 排水バルブを開く。
 - viii) B 値が 0.95 以上のときは 4.3 に移る。 B 値が 0.95 より小さいときは、付帯条項 3.3 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。

4.2

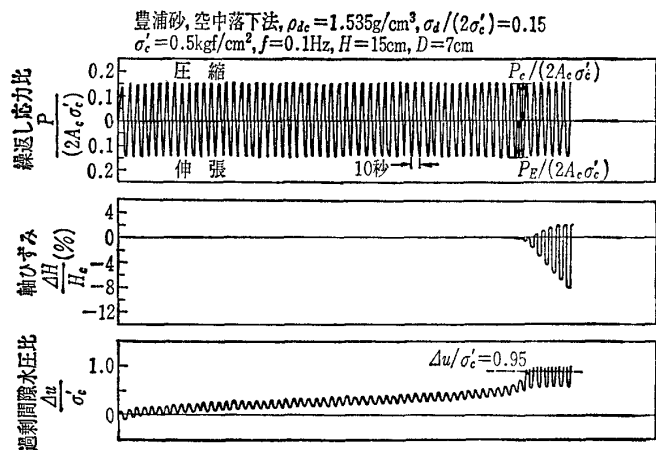
- (2) 細粒分含有率が 10% 程度以下の砂質土で、一次圧密が 5 分以内で終了する供試体は、30 分を越える適当な時間で打ち切る。一次圧密終了時を定量的に求める必要がある場合は、圧密中の体積変化量および可能なときは軸変位量を JSF E 411「土の圧密試験方法」の $\sqrt{t}$ 法に準じて 100% 圧密量 d_{100} に相当する時間を図上で求める。

4.3

- (1) 圧密終了時における有効軸方向応力 σ'_{ac} と有効側方向応力 σ'_{rc} の比は

$$0.98 < \sigma'_{ac} / \sigma'_{rc} < 1.02$$

を満たす必要がある。特に、圧密終了時の有効応力 $\sigma'_{ac} = \sigma'_{rc}$ が 0.5 kgf/cm^2 程度以下の場合は、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



図—4 繰返し非排水三軸試験の記録例

作用する荷重や载荷ピストンなどの自重を考慮して軸荷重を正確に制御し、等方応力状態の確認を入念に行う。

- (3) a. 繰返し载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。
- b. 繰返し非排水三軸試験の記録例を図—4 に示す。
- (4) 繰返し回数 200 回は、試験結果を耐震設計に用いるときの標準値である。最大繰返し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。
- 4.4 同一の圧密応力における繰返し軸荷重振幅と繰返し回数との関係を得るために必要な供試体の数は、最低 4 個が普通である。繰返し軸荷重振幅の大きさは、最低二つの供試体で繰返し载荷回数が 5～50 回の間で両軸ひずみ振幅 DA が 5% になるように調整する。

5. 試験結果の整理

5.1 供試体の初期状態

試験前の供試体体積 $V_0(\text{cm}^3)$ を次式で算定する。

$$V_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2 H_0$$

ここに、

D_0 : 試験前の供試体直径 (cm)

H_0 : 試験前の供試体高さ (cm)

5.2 圧密過程

- (1) 圧密後の供試体体積 $V_c(\text{cm}^3)$ を次式で算定する。

$$V_c = V_0 - \Delta V_c$$

ここに、

ΔV_c : 圧密による排水量 (cm^3)

- (2) 圧密後の供試体高さ $H_c(\text{cm})$ 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 (cm)

- (3) 圧密後の供試体断面積 $A_c(\text{cm}^2)$ を次式で算定する。

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

- (4) 圧密後の供試体の乾燥密度 $\rho_{dc}(\text{g/cm}^3)$ を次式で算定する。

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

ここに、

m_s : 供試体の炉乾燥質量 (g)

5.3 繰返し非排水過程

- (1) 軸ひずみの両振幅 DA が 1, 2, 5 %, および必要に応じて 10 % のとき、または他の適切な DA のときの繰返し載荷回数 N_c を求める。軸ひずみの両振幅 $DA(\%)$ は次式で算定する。

$$DA = \frac{\Delta L}{H_c} \times 100$$

ここに、

ΔL : 供試体高さ変化 ΔH の両振幅 (cm)

- (2) 過剰間隙水圧 Δu が有効拘束圧 σ'_c の 95 % になったときの繰返し載荷回数 N_{us} を求める。
- (3) 繰返し偏差応力の片振幅 $\sigma_a(\text{kgf/cm}^2)$ を次式で算定する。

$$\sigma_a = \frac{P_c + P_E}{2 A_c}$$

ここに、

P_c, P_E : それぞれ圧縮および伸張繰返し軸荷重片振幅 (kgf)

- (4) $DA=1\%$ までの圧縮荷重の片振幅 P_c および伸張荷重の片振幅 P_E の比 P_c/P_E の平均値を求める。

5.4 結果の図示

一連の供試体について、繰返し載荷数 N_c および N_{us} の対数を横軸に、繰返し偏差応力の片振幅 σ_a または繰返し応力振幅比 $\sigma_a/2\sigma'_c$ の $DA=1\%$ になるまでの平均値を縦軸にとって図示する。

【付帯条項】

- 5.2 凍結した供試体をセル圧のもとで解凍した場合は、解凍による高さ変化 ΔH_F と体積変化 ΔV_F を、それぞれ $\Delta H_c, \Delta V_c$ に含める。

- (4) 必要に応じて、圧密後の間隙比 e_c を次式で算定する。

$$e_c = \frac{V_c \rho_s}{m_s} - 1$$

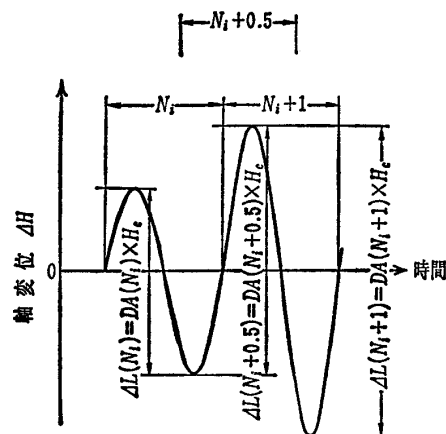
ここに、

m_s : 供試体の炉乾燥質量 (g)

ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm^3)

5.3

- (1) 所定の軸ひずみの両振幅 DA が生じたとき、繰返し



図—5 所定の DA に対する繰返し載荷回数 N_c の定義の説明図

載荷回数 N_c をつぎに示す方法で求める。

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

ここで、 DA は 1, 2, 5 % または 10 % などの所定の軸ひずみの両振幅であり、 $DA(N_i)$, $DA(N_i + 0.5)$ は、それぞれ N_i 回、 $(N_i + 0.5)$ 回における DA の値、 N_c は DA に対応する回数である (図—5 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 DA よりも大きな軸ひずみ両振幅 $DA(1)$ が生じ、その所定の 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、次式で算定する。

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

- (3) a. つぎのときの繰返し偏差応力の片振幅 σ_a を求める。

- i) 軸ひずみの両振幅 DA が 1 % になるまでの平均値
ii) 必要に応じて、 $DA=1, 2, 5\%$ のときの値

- b. 軸ひずみの両振幅 DA が 1 % になるまでの σ_a の平均値は、連続記録した軸荷重のピーク値の包絡線から求めてもよい。

- 5.4 一連の供試体とは同質であり、同一の有効圧密応力 σ'_c で繰返し非排水三軸試験を行った複数の供試体という。

6. 報告事項

試験結果について、次の事項を報告する。

- (1) 供試体の作製方法
- (2) 試験前の供試体寸法
- (3) B 値およびその測定方法
- (4) 圧密による排水量および軸変位量
- (5) 供試体の炉乾燥質量および圧密後の乾燥密度
- (6) 圧密応力、載荷周波数および載荷波形
- (7) 繰返し載荷中の軸荷重、供試体高さ、間隙水圧、

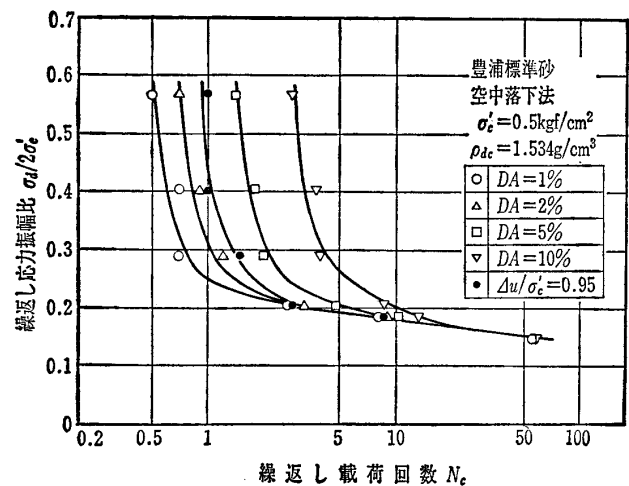
資料—448

および必要に応じてセル圧の連続記録

- (8) P_o/P_E の $DA=1\%$ になるまでの平均値
- (9) 繰返し偏差応力の片振幅 σ_a の $DA=1\%$ になるまでの平均値
- (10) 繰返し偏差応力の片振幅または繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数との関係
- (11) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は、その内容
- (12) その他特記すべき事項

【付帯条項】

- (5) 必要に応じて、圧密後の間隙比を報告する。
- (9) 必要に応じて、 $DA=1, 2, 5\%$ のときの繰返し偏差応力の片振幅 σ_a の値を報告する。
- (10) 一連の実験結果をまとめた標準的な例を図—6 に示す。
- (12) a. 試験装置の概要、供試体の飽和方法、荷重計の位置、载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およびメンブレン



図—6 一連の実験結果をまとめた例

貫入補正の有無について報告する。

- b. 供試体の互層状態、ネッキングなどの破壊状況などを報告する。