

# 岩盤の原位置一軸引張り試験方法

## Method for in-situ direct tension test on rocks

### 1 適用範囲

この基準は、供試体に成形した岩盤が拘束圧を受けない状態で軸方向に引っ張られるときの強度・変形特性を求める原位置試験方法について規定する。主として軟岩から硬岩までを対象とする。均質・連続な岩盤だけでなく、不均質・不連続な岩盤にも準用できる。また、破碎帯及び岩盤とコンクリートとの付着強さを求める場合にも準用できる。

### 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、その一部又は全部がこの基準の要求事項を構成している。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
- JIS B 7510 精密水準器
- JIS B 7512 鋼製巻尺
- JIS B 7516 金属製直尺
- JIS Z 8401 数値の丸め方
- JGS 2134 岩石の含水比試験方法
- JGS 2511 岩石の供試体の作製方法

### 3 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JIS A 0207 による。

#### 3.1

##### 供試体

露頭及び坑道底面において柱状に切り出した岩体

#### 3.2

##### 軸方向応力, $\sigma_a$

供試体の長軸方向に作用する応力

2

3551 : 0000

### 3.3

#### 軸ひずみ, $\varepsilon_{a,t}$

軸方向に測定した供試体のひずみ

**注釈** 引張りを正とする。

### 3.4

#### 側方向ひずみ, $\varepsilon_{r,t}$

周方向又は半径方向に測定した供試体のひずみ

**注釈** 引張りを正とする。

### 3.5

#### 一軸引張り強さ, $s_t$

供試体に加え得る最大の軸方向応力

### 3.6

#### 変形係数, $E_t$

軸方向応力-軸ひずみ曲線の割線勾配及び接線勾配

**注釈** 一軸引張り強さの 50% における割線勾配で求めた変形係数を  $E_{ts,50}$ , 接線勾配で求めた変形係数を  $E_{tt,50}$  と表記する。

## 4 試験装置

### 4.1 供試体の作製装置

供試体の作製装置は、供試体を切り出すための装置であり、コアリング装置、研磨機などで構成される。供試体が角柱の場合は、切断機などを用いる。

### 4.2 一軸引張り試験機

一軸引張り試験機は、引張り装置、載荷板、反力ガイド、荷重計、変位計などから構成され、次に示す条件を満たすものとする。

- a) 一軸引張り試験機の構成の例を **図 1** に示す。この構成では、供試体が円筒であり、供試体が角柱の場合に比べて供試体の作製が容易で、中心軸に反力をとり載荷板をまっすぐに引き上げることにより、供試体に曲げが生じにくい。現場状況等により一軸引張り試験機を選定する。その他の構成を **附属書 A** に示す。
- b) 反力ガイド及び引張り装置は、最大軸引張り力に対し、十分な耐荷重容量及び負荷能力を有すること。
- c) 軸方向変位又は軸方向応力を連続して一定速度で制御できること。
- d) 軸力を供試体の最大軸力まで、その  $\pm 1\%$  の許容差で測定できること。
- e) 軸変位量を供試体高さの  $\pm 0.1\%$  の許容差で測定できること。変形特性を求めることを目的とする場合には、供試体の側面にひずみゲージや局所変位計を設置して、軸ひずみ及び局所的な軸変位量を測定できること。局所変位計を設置する範囲は供試体の上端及び下端の影響を受けない範囲とし、局所変位計の測定長は、供試体高さの 50~70% 程度とすることが望ましい。

図1の例では、軸変位の計測を外部変位計でも行っている。供試体の側面に局所変位計を設置せず、載荷板等に設置した外部変位計のみで計測する場合には、供試体の上端のベディングエラー及び供試体下端と連続する地山の変形の影響を含んでいることに留意すること。

- f) 周方向又は側方向の変位及びひずみを測定する場合には、軸変位又は軸ひずみと同等の精度で測定すること。

### 4.3 その他の器具

#### 4.3.1 供試体の寸法測定器具

供試体の直径の測定はノギスによる。ノギスはJIS B 7507による。供試体の高さの測定は、鋼製巻尺又は金属製直尺による。鋼製巻尺はJIS B 7512により、金属製直尺はJIS B 7516による。供試体の上端面の傾きの測定は精密水準器により、これはJIS B 7510による。

ノギスによる直径の測定が困難な場合には、鋼製巻尺により、円周の長さを計測し、直径を算出してもよい。

#### 4.3.2 供試体の回収装置

試験後の供試体を回収する場合、供試体の下端を切断し、引き上げて回収することができる装置を準備する。

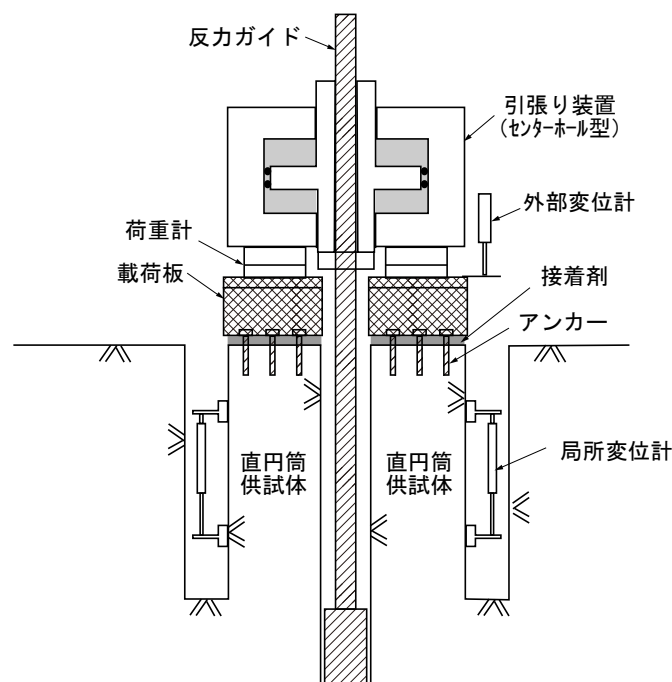


図1—軸引張り試験機の例

## 5 供試体の作製

### 5.1 試験箇所の選定

対象とする岩盤を代表する試験箇所を粗く整形した地表面、露頭及び周辺で得られたボーリングコアの地質観察などにより選定する。試験箇所の岩盤の性状が同一であることを地質観察などにより確認し、3個以上の供試体に対して試験を行うことが望ましい。圧縮試験と比較して結果のばらつきが大きいいため、岩盤の性状に応じて試験個数を考慮する。

### 5.2 供試体の形状及び寸法

供試体の形状及び寸法は、次の条件を満たすものとする。

- a) 供試体の形状は直円筒を標準とし、直円柱、直四角柱の供試体にも準用できる。
- b) 供試体の直径は、300 mm～600 mm を標準とし、直径 100 mm～1 000 mm の直円筒の供試体にも準用できる。粗粒結晶を持つ岩石及び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 0.3 倍～1 倍を標準とし、0.1 倍～2 倍の供試体にも準用できる。  
載荷板が凹状（供試体の端部をはめ込む構造）になっている場合及び接着剤が載荷板からはみ出した場合には、凹状のはめ込み部分及び接着剤のはみ出し部分の高さを除いて、供試体の高さとする。載荷板を供試体の上面に固定するためにアンカーを使用した場合は、アンカー部を除いて、供試体の高さとする。
- d) 供試体には曲げが作用しないように軸方向を鉛直方向とする。

### 5.3 供試体の掘削

供試体の掘削は、次による。

- a) 供試体の上端面は、研磨機で平坦に成形するか、又はモルタル等でフェーシングする。
- b) コアリング装置を掘削軸が鉛直となるように所定の位置に設置し、供試体を所定の直径になるように掘削する。

### 5.4 供試体の測定

供試体の測定は、次による。

- a) 上端面の傾きを精密水準器で測定する。供試体の中心軸が鉛直であると仮定して、上端面の傾きが **JGS 2511** を満足することを確認する。
- b) 供試体の直径は、供試体の上端付近において、直交する 2 方向でノギス、鋼製巻尺又は金属製直尺により測定し、これらの平均値を供試体の初期の直径  $D_0$  (mm) として記録する。
- c) 供試体の高さは、3 箇所以上において鋼製巻尺又は金属製直尺で測定し、これらの平均値を供試体の初期高さ  $H_0$  (mm) として記録する。
- d) 必要に応じて、供試体を作製する際に得られ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、記録する。
- e) 供試体の初期状態を地質観察し、スケッチ、写真などで記録する。

## 6 試験装置の組立て

## 6.1 供試体と載荷板との接着

供試体の中心軸が載荷板の中心軸に一致するように、供試体を接着剤及びアンカーなどで接着する。接着剤を用いる場合には、内部並びに接着剤と供試体、載荷板との境界面での破壊を生じないような十分な強さを有する接着剤を使用する。

接着剤が供試体側面にはみ出さないことを原則とするが、十分な接着力が得られない場合には、端面から 50 mm 以下であれば接着剤がはみ出すことを許容する。載荷板が凹状（供試体の端部をはめ込む構造）になっている場合にも、凹状部の縁から 50 mm 以下であれば許容する。

アンカーを用いる場合には、アンカーの破断、アンカーの抜け出し及びアンカーを設置した供試体の上面近傍での破壊が生じないようなアンカーの部材、本数、配置及び設置方法とする。

## 6.2 局所変位計の設置

供試体の側面に軸方向の局所変位計を設置する。必要に応じて、周方向又は側方向の局所変位計を設置する。

## 6.3 引張り装置などの設置

反力ガイド、荷重計、軸引張り装置の中心軸が供試体の中心軸と一致するように設置する。その後、外部変位計を設置する。

## 7 試験方法

試験方法は、次による。

- a) 荷重計及び変位計の原点を確認する。必要に応じて、周方向又は側方向変位計の原点の確認を行う。
- b) 軸ひずみ速度を一定にして連続的に載荷する。軸ひずみ速度は、毎分 0.01 %～0.1%とする。ただし、軸ひずみ速度を一定に保つことが困難な場合には、この軸ひずみ速度に相当する軸応力速度で載荷してもよい。一定の軸ひずみ速度あるいは軸応力速度で制御が行えない場合には、1分～15分程度で試験が終了する載荷速度を目安とする。
- c) 載荷中は軸力  $P$  (kN)、軸変位量  $\Delta H$  (mm) を計測し、記録する。計測の間隔は、主応力差一軸ひずみ曲線を滑らかに描くことのできるように設定する。軸ひずみは、供試体の側面に設置した局所変位計により計測し、記録する。必要に応じて、周方向変位  $\Delta l$  (mm)、側方向ひずみ  $\Delta \epsilon_s$  (%) を計測し、記録する。
- d) 軸引張り力の載荷中に軸引張り力が最大値を示した後、想定される供試体の重さ以下まで荷重が低下したことを確認してから、軸引張り力の載荷を終了する。
- e) 引張り装置、荷重計、載荷板、外部変位計、局所変位計などを取り外す。その後、必要に応じて試験後の供試体を回収する。
- f) 供試体の変形・破壊状況などを観察し、記録する。破断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、その角度を読み取り、記録する。
- g) 必要に応じて、試験後の供試体の岩片の中から代表的な試料を分取し、供試体の含水比  $w$  (%) を JGS 2134 により求め、記録する。

## 8 試験結果の整理

試験結果の整理は、次による。

- a) 供試体の軸ひずみ  $\varepsilon_{a,t}$  (%) を次式で算出する。軸ひずみ  $\varepsilon_{a,t}$  を直接測定した場合には、その値を%に換算する。

$$\varepsilon_{a,t} = \frac{\Delta H}{H_0} \times 10^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、  $\Delta H$  : 供試体の軸変位量 (mm)

周方向又は側方向の変位を測定した場合には、供試体の側方向ひずみ  $\varepsilon_{r,t}$  (%) 及びポアソン比  $\nu_t$  を次式で算出する。また、側方向ひずみ  $\varepsilon_{r,t}$  を直接測定した場合は、ポアソン比  $\nu_t$  を同式で算出する。

$$\varepsilon_{r,t} = \frac{\Delta l}{\pi D_0} \times 10^2 = \frac{\Delta d}{D_0} \times 10^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\nu_t = -\frac{\Delta \varepsilon_{r,t}}{\Delta \varepsilon_{a,t}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、  $\Delta l$  : 供試体の周方向の変位量 (mm)  
 $\Delta d$  : 供試体の側方向の変位量 (mm)

- b) 軸ひずみ  $\varepsilon_{a,t}$  (%) のときの軸方向応力  $\sigma_{a,t}$  (MN/m<sup>2</sup>) を次式で算出する。

$$\sigma_{a,t} = \frac{P}{A_0} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、  $P$  : 供試体に作用する軸引張り力 (kN)  
 $A_0$  : 供試体の初期の断面積 (mm<sup>2</sup>)

- c) 軸方向応力  $\sigma_{a,t}$  (MN/m<sup>2</sup>) を縦軸に、軸ひずみ  $\varepsilon_{a,t}$  (%) を横軸にとって、軸方向応力-軸ひずみ曲線を図示する。
- d) 軸方向応力の最大値を求め一軸引張り強さ  $s_t$  (MN/m<sup>2</sup>) とし、数値は **JIS Z 8401** の規則 B により有効数字 3 桁に丸める。また、そのときのひずみを破壊ひずみ  $\varepsilon_{ft}$  (%) とし、その値も **JIS Z 8401** の規則 B により有効数字 3 桁に丸める。
- e) 変形係数  $E_t$  (MN/m<sup>2</sup>) を次式で算出し、一軸引張り強さの 50%における軸方向応力-軸ひずみ曲線の割線勾配  $E_{ts,50}$  (MN/m<sup>2</sup>) を求め、**JIS Z 8401** の規則 B により有効数字 3 桁に丸める。必要に応じて、接線勾配  $E_{tt,50}$  (MN/m<sup>2</sup>) を求める。

$$E_t = \frac{\Delta \sigma_{a,t}}{\Delta \varepsilon_{a,t}} \times 10^2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、  $\Delta \varepsilon_{a,t}$  : 軸ひずみの増分 (%)  
 $\Delta \sigma_{a,t}$  : 軸ひずみの増分に対する軸方向応力の増分 (MN/m<sup>2</sup>)

## 9 報告事項

### 9.1 試験箇所の位置図

試験箇所及びその周辺がわかる図面を記す。

### 9.2 試験箇所の岩盤状況

試験箇所の岩盤状況は、次による。

- a) 地点名及び供試体上端面の地表面からの深さ，必要に応じて，試験箇所の地下水位，湧水の状況など
- b) 岩種，岩質，節理，亀裂などの不連続面の状況
- c) 岩盤分類が行われている場合には，試験箇所の岩盤分類及び適用した岩盤分類基準
- d) 試験前の試験箇所の岩盤状況のスケッチ及び写真

### 9.3 供試体に関する事項

#### 9.3.1 供試体の形状及び作製方法

#### 9.3.2 供試体の初期の高さ及び初期の直径

含水比を測定した場合には，供試体の初期状態の含水比又は試験後の含水比を報告する。

#### 9.3.3 供試体の観察結果

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。

### 9.4 試験方法に関する事項

試験方法に関する事項は，次による。

- a) 載荷方法（載荷装置，載荷パターンなど）
- b) 測定方法（測定装置，変位計配置など）
- c) 球座の有無，有の場合はその構造
- d) 供試体の接着方法及び接着剤

### 9.5 試験結果に関する事項

#### 9.5.1 軸力載荷過程の軸ひずみ速度又は軸応力速度

#### 9.5.2 軸方向応力－軸ひずみ曲線

側方向ひずみを測定又は算出した場合は，必要に応じて，軸方向応力－側方向ひずみ曲線，軸方向応力－ポアソン比曲線を報告する。必要に応じて，変形係数を算出した区間を表示する。

#### 9.5.3 一軸引張り強さ $s_t$ (MN/m<sup>2</sup>)，破壊ひずみ $\epsilon_{ft}$ (%)

付着強さを求めた場合には，付着強さを報告する。

#### 9.5.4 変形係数

割線勾配で求めた変形係数  $E_{ts,50}$ ，必要に応じて接線勾配で算出した変形係数  $E_{tt,50}$  を報告する。

#### 9.5.5 供試体の破壊状況

載荷終了後の供試体の側面及び破断面の写真並びにスケッチを報告する。接着面あるいはアンカーの近傍で破壊している場合にはその旨を報告する。

### 9.6 その他特記すべき事項

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。

## 附属書 A

### (参考)

一軸引張り試験機の図 1 以外の構成例を以下に示す。

図 A. 1 の例は、直円筒の供試体を用いた装置であり、図 1 と似た構造であるが、摺動部の有無や引張り装置の位置が異なる。この例の場合、摺動部の摩擦の影響に留意する必要がある。

図 A. 2 の例は、直四角柱の供試体を用いた例であり、供試体に作用する曲げの影響を小さくするため、球座が用いられている。供試体と載荷板との中心軸を一致させることに配慮する必要がある。



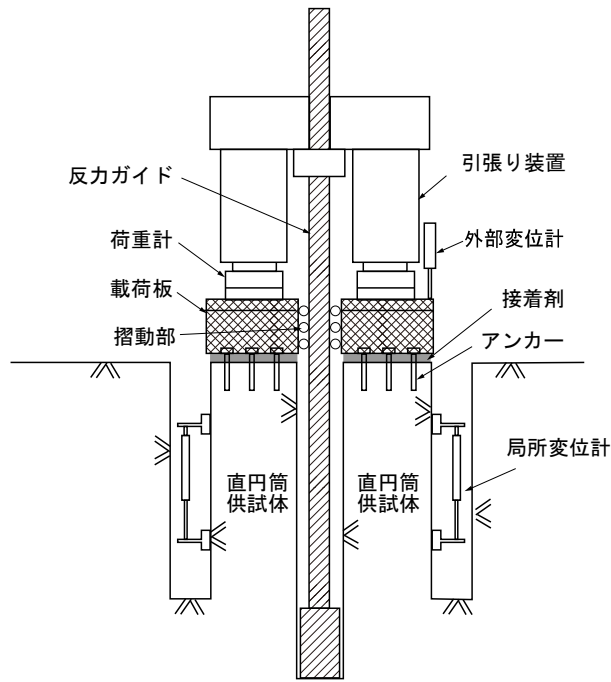


図 A. 1-試験装置の例 (その 1)

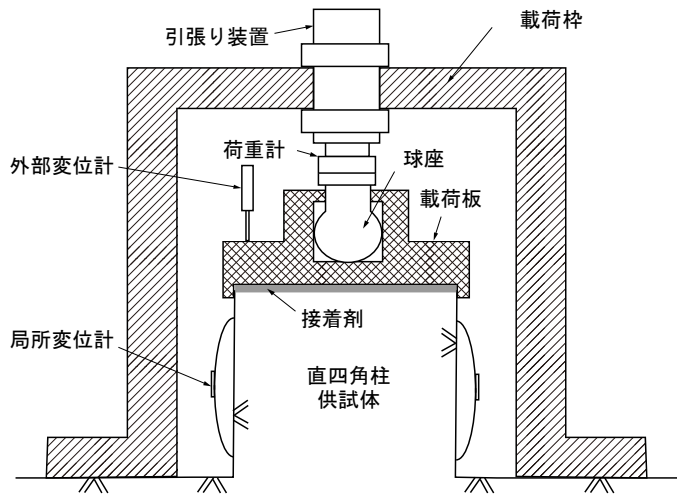


図 A. 2-試験装置の例 (その 2)

# 地盤工学会基準 (JGS) の改正について

## 地盤工学会基準部

### 岩盤の原位置一軸引張り試験方法

| 項目         | 改正案  | 現行基準  | 備考                               |
|------------|--|---|----------------------------------|
| 1 適用範囲     | この基準は、供試体に成形した岩盤が拘束圧を受けない状態で軸方向に引っ張られるときの強度・変形特性を求める原位置試験方法について規定する。主として軟岩から硬岩までを対象とする。均質・連続な岩盤だけでなく、不均質・不連続な岩盤にも準用できる。また、破碎帯及び岩盤とコンクリートとの付着強さを求める場合にも準用できる。   | この基準は、供試体に成形した岩盤が拘束圧を受けない状態で軸方向に引っ張られるときの強度・変形特性を求める原位置試験方法について規定する。主として軟岩から硬岩までを対象とする。   | 適用範囲の明確化                         |
| 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、その一部又は全部がこの基準の要求事項を構成している。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。<br><b>JISA 0207</b> 地盤工学用語<br><b>JIS B 7507</b> ノギス<br><b>JIS B 7510</b> 精密水準器<br><b>JIS B 7512</b> 鋼製巻尺<br><b>JIS B 7516</b> 金属製直尺<br><b>JIS Z 8401</b> 数値の丸め方<br><b>JGS 2134</b> 岩石の含水比試験方法<br><b>JGS 2511</b> 岩石の供試体の作製方法 | 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。<br><b>JISA 0207</b> 地盤工学用語<br><b>JIS B 7507</b> ノギス<br><b>JIS B 7510</b> 精密水準器<br><b>JIS B 7512</b> 鋼製巻尺<br><b>JIS B 7516</b> 金属製直尺<br><b>JGS 2134</b> 岩石の含水比試験方法<br><b>JGS 2511</b> 岩石の供試体の作製方法 | 必要な規格 (JIS Z 8401 数値の丸め方) を追記した。 |
| 3 用語及び定義   | この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、 <b>JISA 0207</b> による。  | この基準で用いる主な用語及び定義は、 <b>JISA 0207</b> によるほか、次による。   | <b>JIS Z 8301</b> に倣い、表現を変更した。   |