

# 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。

**注記 1** 均質・連続な岩盤だけでなく、不均質・不連続な岩盤にも適用できる。また、破碎帯などにも適用できる。

**注記 2** 岩盤とコンクリートの付着強さを求める場合にも適用できる。

### 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

JIS B 7510 精密水準器

JIS B 7512 鋼製巻尺

JIS B 7516 金属製直尺

JGS 2134 岩石の含水比試験方法

JGS aaaa 岩石の供試体の作製方法（注：審議中のため基準番号は不記載）

### 3 用語及び定義

この基準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

##### 供試体

露頭や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。

#### 3.3

##### 軸ひずみ, $\epsilon_{a,t}$

軸方向に測定した供試体のひずみ。引張りを正とする。

#### 3.4

##### 側方向ひずみ, $\epsilon_{r,t}$

周方向または半径方向に測定した供試体のひずみ。引張りを正とする。

#### 3.5

##### 一軸引張り強さ, $\sigma_t$

供試体に加え得る最大の軸方向応力。

### 3.6

#### 変形係数, $E$

軸方向応力-軸ひずみ曲線の割線勾配と接線勾配。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 $E_{t,s,50}$ 、接線勾配で求めた変形係数を $E_{t,50}$ 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。

**注記** 供試体が角柱の場合は切断機などを用いることもある。

### 4.2 引張り試験機

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。

**注記** 引張り試験機の構成を図 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点が優れている。現場状況等により三軸圧縮試験機を選定するものとする。その他の構成を附属書 A に示す。

- a) 反力ガイドと引張り装置は、最大軸引張り力に対し、十分な耐荷容量と負荷能力を有する。
- b) 軸方向変位又は軸方向応力を連続して一定速度で与えることができる。
- c) 軸力を供試体の最大軸力まで、その±1 %の許容差で測定することができる。
- d) 軸変位量を供試体高さの±0.1 %の許容差で測定することができる。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、軸ひずみや局所的な軸変位量を求める。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。

**注記** 供試体の側面に局所変位計を設置せず、載荷板等の外部変位計のみで計測する場合にはベディングエラーや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。局所変位計を設置する範囲は供試体の上端と下端の影響を受けない範囲とする。

- e) 周方向または側方向の変位やひずみを測定する場合には、軸変位あるいは軸ひずみと同等の精度で測定することができる。

### 4.3 その他の器具

- a) 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及び金属製直尺による。鋼製巻尺は JIS B 7512 による。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る。精密水準器は JIS B 7510 による。

**注記** 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。鋼製巻尺は JIS B 7512 による。

- b) 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。

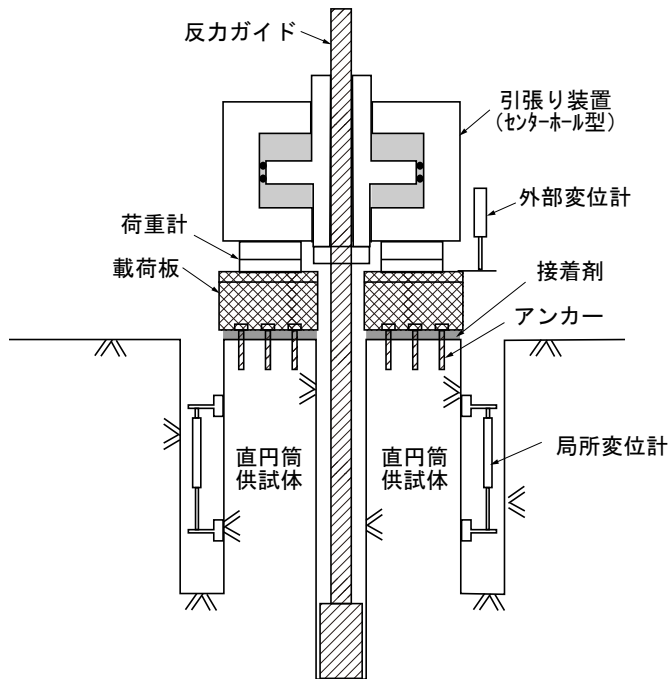


図 1-試験装置の例

## 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や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。

**注記 1** 3 個以上の供試体に対して試験を行うことが望ましい。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する。

**注記 2** 圧縮試験と比較して結果のばらつきが大きいため、岩盤の性状に応じて試験個数を決定する。

### 5.2 供試体の形状及び寸法

a) 供試体の形状は直円筒とする。

**注記** 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、300～600 mm とする。

**注記 1** 直径 100～1 000 mm の直円筒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 0.3～1 倍とする。0.1～2 倍であれば許される。

**注記 1** 載荷板が凹状（供試体の端部をはめ込む構造）になっている場合や接着剤が載荷板からはみ出した場合においても、供試体の破壊させる領域（露出部）の高さを、供試体の高さとする。

**注記 2** 岩盤と載荷板の固定にアンカーを使用した場合は、アンカー部を除いた供試体の破壊さ

せる領域（露出部）の高さを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

- a) 供試体の上端面を研磨機で平坦に成形する。モルタル等でフェーシングしてもよい。  
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する。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

- 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ことを仮定して、上端面の傾きが JGS aaaa を満足することを確認する。  
b) 供試体の直径を、供試体の上端付近において、直交する 2 方向でノギスにより測定し、これらの平均値を供試体の初期の直径  $D_0$  として記録する。

**注記** 鋼製巻尺又は金属製直尺を用いてもよい。

- c) 供試体の高さを、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  $H_0$  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 JGS2134 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、供試体を接着剤やアンカーなどで接着する。

**注記 1** 接着には、接着剤の内部並びに接着剤と供試体、及び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。

**注記 2** 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 程度以下であれば許容することとする。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 程度以下であれば許容することとする。

### 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。

**注記** 必要に応じて周方向また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

- a) 荷重計と変位計の原点を確認する。

**注記** 必要に応じて、周方向また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程度の軸応力速

度で供試体に載荷してもよい。

**注記** 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、1～15分程度で試験が終了する載荷速度を目安値とする。

- c) 載荷中は軸力  $P$  (kN) 及び軸変位量  $\Delta H$  (mm) 並びに軸ひずみ  $\varepsilon_a$  (%) を計測し、記録する。

**注記 1** 計測の間隔は、主応力差-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。

**注記 2** 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。

**注記 3** 必要に応じて、周方向変位  $\Delta l$  (mm) や側方向ひずみ  $\Delta \varepsilon_r$  (%) 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。

**注記** 試験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。供試体の不均質な性状、不連続面の性状、異物の混入状況などを観察し、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

- 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。

$$\varepsilon_{a,t} = \frac{\Delta H}{H_0} \times 10^2$$

ここに、  $\Delta H$ : 供試体の軸変位量 (mm)

**注記** 周方向また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。

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

$$\nu_t = -\frac{\Delta \varepsilon_r}{\Delta \varepsilon_a}$$

ここに、  $\Delta l$ : 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。

$$\sigma_{a,t} = \frac{P}{A_0} \times 10^3$$

ここに、  $P$ : 軸ひずみ  $\varepsilon_{a,t}$  のときに供試体に加えられた

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軸方向応力-軸ひずみ曲線から求め一軸引張り強さ  $s_t$  (MN/m<sup>2</sup>) とし、四捨五入によって有効数字 3 桁に丸める。また、そのときのひずみを破壊ひずみ  $\varepsilon_{t}$  (%) とし、四捨五入によって有効数字 3 桁に丸める。
- e) 変形係数  $E$  (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  $E_{ts,50}$  を求め、四捨五入によって有効数字 3 桁に丸める。

$$E = -\frac{\Delta\sigma_{a,t}}{\Delta\varepsilon_{a,t}} \times 10^2$$

ここに、  $\Delta\varepsilon_{a,t}$  : 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>)

**注記** 必要に応じて、接線勾配  $E_{tt,50}$  を求める。

## 9 報告事項

### 9.1 試験箇所的位置図

試験箇所とその周辺がわかる図面を記す。

### 9.2 試験箇所の岩盤状況

- a) 地点名及び供試体上端面の地表面からの深さ

**注記** 必要に応じて、試験箇所の地下水位、湧水の状況などを記す。

- b) 岩種、岩質、節理や亀裂などの不連続面の状況

**注記** 例えば、砂岩、花崗岩、凝灰岩などを記す。

- 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と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、写真を添付する。

### 9.3 供試体に関する事項

- a) 供試体の形状及び作製方法

- b) 供試体の初期の高さ及び初期の直径

**注記** 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。

- 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。

### 9.4 試験方法に関する事項

- 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

a) 軸力載荷過程の軸ひずみ速度又は応力速度

b) 軸方向応力－軸ひずみ曲線

**注記 1** 側方向ひずみを測定あるいは算出した場合は、必要に応じて、軸方向応力－側方向ひずみ曲線を報告する。

**注記 2** 必要に応じて、変形係数を算出した区間を表示する。

c) 一軸引張り強さ  $s_t$  (MN/m<sup>2</sup>), 破壊ひずみ  $\varepsilon_{f,t}$  (%)

**注記** 付着強さを求めた場合には、付着強さを報告する。

d) 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。側方向ひずみを測定又は算出した場合は、必要に応じて、ポアソン比を報告する。

e) 供試体の破壊状況

載荷終了後の供試体の側面と破断面の写真及びスケッチを報告する。

**注記** 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 A1 の例は、直円筒の供試体を用いた例であり、図 1 と似た構造であるが、摺動部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 A2 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。供試体の載荷板の中心軸を一致させることに配慮する必要がある。

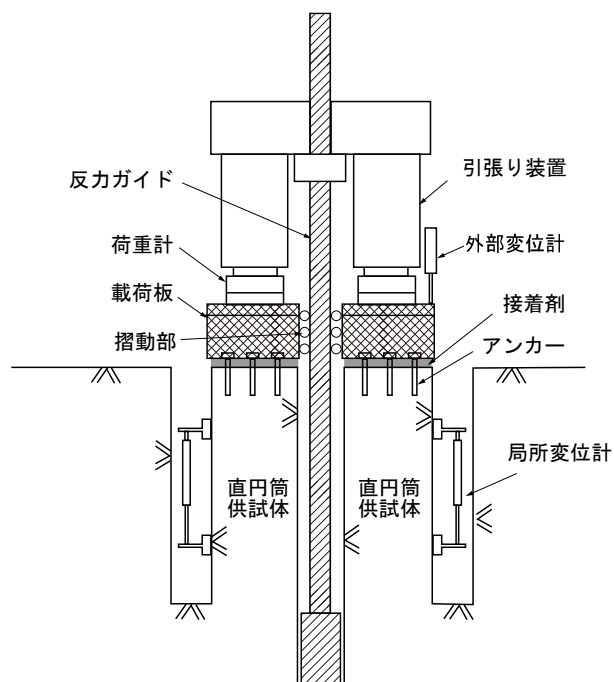


図 A1-試験装置の例 (その 1)

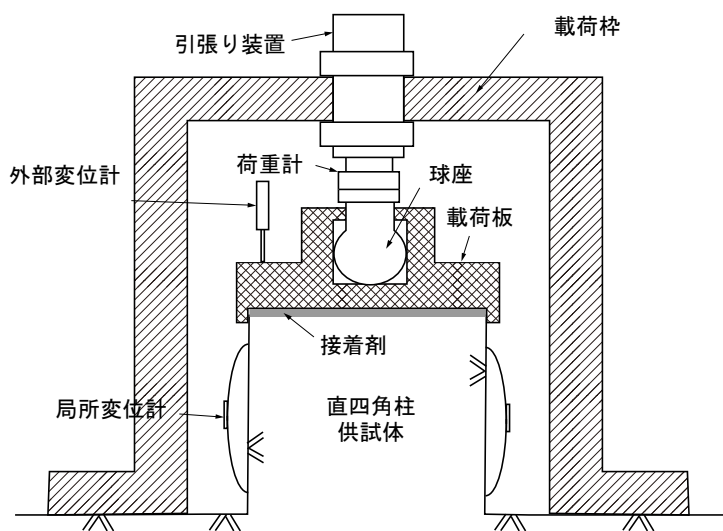


図 A2-試験装置の例 (その 2)