

# 土の一軸圧縮試験

成田 誠\*

\* MAKOTO Narita、(株)トラバース 技術設計部 千葉県市川市末広 2-4

## 1. はじめに

今回紹介する「一軸圧縮試験」は、拘束圧の作用しない状態で自立する供試体を長軸方向に圧縮し、圧縮応力の最大値（一軸圧縮強さ）を求める試験である。

下記に主な目的を示す。

- ① 地盤から採取した乱さない試料の一軸圧縮強さをもとに、その試料が原位置にあった状態での非排水せん断強さを推定する。主として乱さない粘性土を対象とする。
- ② 室内あるいは現場で締め固めや化学処理によって人工的な改良を加えた土の一軸圧縮強さを求めて、改良効果判定や改良地盤の安定性を評価するなどの目的で実施される。

②の内容は、主に表層地盤改良や柱状地盤改良の事前室内配合試験や施工後の品質管理として実施される。そのため、戸建住宅の分野でもお馴染みの内容である。

①の内容である原位置における主に粘性土の一軸圧縮試験は、戸建住宅の場合どのようなケースで実施されるべきかについて以下に主な例を示す。

- a. 基礎直下の地盤支持力確認
- b. 極軟弱地盤 ( $N=0$ ) における地盤支持力確認
- c. 杭（地盤補強体）の周辺および先端地盤における圧縮強さの把握
- d. 杭（地盤補強体）設計における2層地盤の支持力確認

上記a～dは、いずれにおいても地盤調査（標準貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験等）結果と基礎計画や杭（地盤補強体）計画から適切な位置で実施する必要がある。

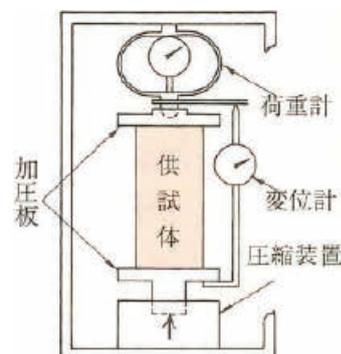
## 2. 試験概要

### 2.1 試験方法の概略

一軸圧縮試験は、JIS A 1216で規定されており、円柱形供試体に毎分1%の圧縮ひずみが生じる割合で連続的に圧縮を加える。圧縮中は、変位計で圧縮量 $\Delta H(\text{cm})$ と荷重計で圧縮力 $P(\text{N})$ を測定する。その結果から圧縮応力 $\sigma$  ( $\text{kN/m}^2$ )と圧縮ひずみ $\varepsilon(\%)$ を算定して応力-ひずみ曲線を描き、最大圧縮応力から一軸圧縮強さ $q_u(\text{kN/m}^2)$ を決定する。

### 2.2 試験器具

- ① 一軸圧縮試験機（写真-1）、(図-1)
  - i) 圧縮装置：供試体高さの15%まで圧縮ひずみを一定速度で連続的に与え得るもの。
  - ii) 変位計：供試体の高さの $\pm 0.1\%$ の許容差で圧縮量が測定でき、測定範囲が20mm以上で、最小目盛が $1/100\text{mm}$ の変位計又は、これらと同等以上の性能をもつ電気式変位計とする。
  - iii) 荷重計：供試体の最大圧縮応力の $\pm 1\%$ の許容差で測定できるプルービング又は電気式荷重計とする。容量の異なるもの0.2kN～2kNを複数用意しておく、予想される一軸圧縮強さに応じて使い分ける。

写真-1 一軸圧縮試験状況<sup>1)</sup>図-1 試験機のセット<sup>2)</sup>

### ② 供試体作製器具

- i) トリマー
- ii) マイターボックス
- iii) ワイヤソー  
ワイヤ直径が0.2～0.3mm程度のもの

iv) 直ナイフ

鋼製で片刃の付いた長さ25cm以上のもの

③ その他の器具

i) はかり：0.1gまではかることができるもの

ii) ノギス：0.05mmまで測定できるもの

iii) 含水比測定器具：JIS A 1203に規定するもの

iv) ストップウォッチ又は時計：秒読みのできるもの

2.3 供試体の作製

① 供試体の側面は、所定の直径の円柱になるよう、トリマー、ワイヤソー、直ナイフなどを用いて成形する(図-2)。

直径は、通常3.5cm又は5.0cmとし、高さは直径の1.8~2.5倍とする。

② 供試体の両端面は平行かつ軸方向と直角になるよう、マイターボックス、ワイヤソー、直ナイフなどを用いて平面に仕上げる(図-3)。

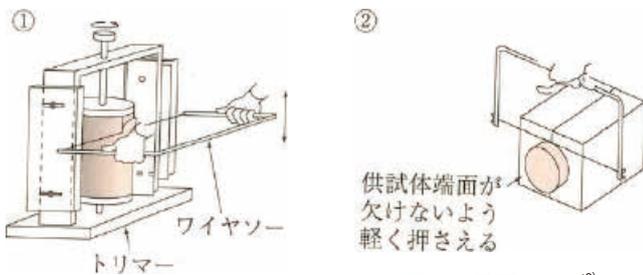


図-2 形成状況<sup>2)</sup>

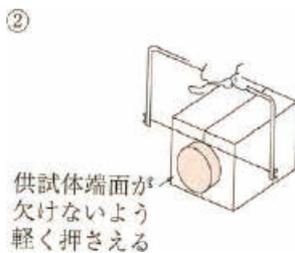


図-3 平面仕上げ<sup>2)</sup>

2.4 供試体の測定

① 供試体の寸法をノギスで複数箇所測定し、平均高 $H_0$ (cm) および平均直径 $D_0$ (cm) を求める(図-4)。最小読取値0.1mmまではかり、それぞれの平均値とする。

② はかりで、供試体質量 $m$ (g)を0.1gまではかる。(図-5)

③ 供試体作製の際に削り取った土の中から代表的な試料をとり、含水比 $\omega$ (%) を測定する。

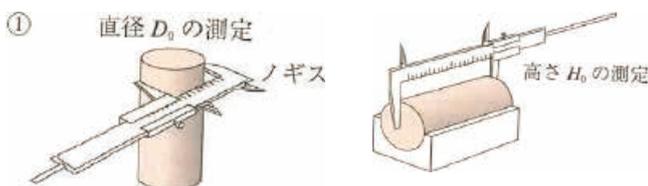


図-4 直径および高さの測定<sup>2)</sup>



図-5 供試体質量の測定<sup>2)</sup>

2.5 試験方法

① 図-1 に示すように、供試体を一軸圧縮試験機の下部加圧板中央に置き、供試体に圧縮力が加わらないよう上部加圧板を密着させる。

② 変位計、荷重計の取り付けを確認し、原点を調整する。

③ 圧縮試験は、毎分1%の圧縮ひずみが生じる割合で、連続的に供試体を圧縮する。

④ 圧縮中は、圧縮量 $\Delta H$ (cm) と荷重計の読みを記憶する。圧縮量と荷重計の読みの測定間隔は、「応力-ひずみ曲線」を滑らかに描くことができる程度とする。連続記録をしない場合は、圧縮力の最大値までは圧縮量0.02cmそれ以降は0.05cmを超えない間隔が望ましい。

⑤ 圧縮試験は、次のいずれかの条件に達したら終了させる(図-6)。

i) 圧縮力が最大となって引き続きひずみが2%以上生じた場合

ii) 圧縮力が最大値の2/3程度に減少した場合。

iii) ひずみが15%に達した場合

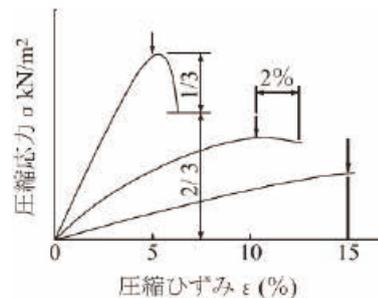


図-6 一軸圧縮試験の終了<sup>2)</sup>

⑥ 供試体の変形・破壊状況などを観察し、記録する。

2.6 結果の整理

① 供試体の圧縮ひずみ $\epsilon$ (%)は、式1を用いて算出する。

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \quad (式1)$$

ここに、 $\Delta H$ ：圧縮量(cm)

$H_0$ ：圧縮する前の供試体の高さ(cm)

② 圧縮ひずみ $\epsilon$ (%) のときの圧縮力 $P$ (N) は、式2を用いて算出する。

$$P = K \times \text{荷重計の読み値} \quad (式2)$$

ここに、 $K$ ：荷重計の校正係数(N/目盛)

③ 圧縮ひずみ $\epsilon$ (%) のときの圧縮応力 $\sigma$ (kN/m<sup>2</sup>)は、式3を用いて算出する。

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \times \left(1 - \frac{\epsilon}{100}\right) \times 10 \quad (式3)$$

ここに、 $A_0$ ：圧縮する前の供試体の断面積(cm<sup>2</sup>)  
( $=\pi D_0^2/4$ )

$D_0$ ：圧縮する前の供試体直径(cm)

## 2.7 応力-ひずみ曲線

- ① 圧縮応力を縦軸に圧縮ひずみを横軸に取って応力-ひずみ曲線を描く。
- ②  $0 < \varepsilon \leq 15\%$ の範囲の圧縮応力の最大値を図上から求め、一軸圧縮強さ $q_u$ (kN/m<sup>2</sup>)とし、そのときのひずみを破壊ひずみ $\varepsilon_f$ (%)とする。
- ③ 応力-ひずみ曲線の初期の部分に図に示すように変曲点以降の直線部分を延長し、横軸との交点をひずみの修正原点とする(図-7)。
- ④ 必要に応じ、変形係数 $E_{50}$ (MN/m<sup>2</sup>)は、式4を用いて算出する(図-8)。

$$E_{50} = \frac{\frac{q_u}{2}}{\varepsilon_{50}} / 10 \quad (式4)$$

ここに、 $\varepsilon_{50}$ :  $\sigma = q_u/2$ のときの圧縮ひずみ (%)

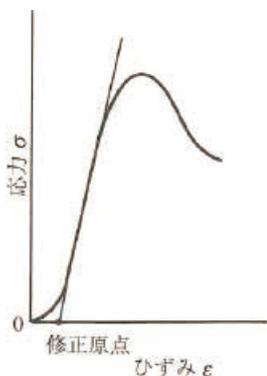


図-7 応力-ひずみ曲線<sup>2)</sup>

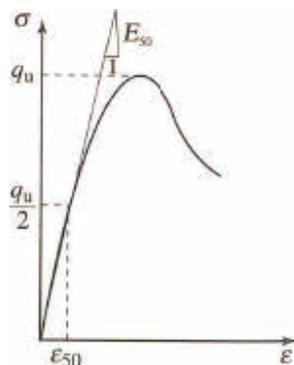


図-8  $E_{50}$ の求め方<sup>2)</sup>

## 2.8 結果の利用

一軸圧縮試験結果の主な利用方法を下記に示す。

- ① 地盤の許容支持力度  
地盤から採取した乱さない試料の一軸圧縮強さをもとに、その試料が原位置にあった状態での非排水せん断強さを推定する。UU条件でのせん断強さは、側方応力の大きさにかわらず一定になり、一軸圧縮強さ $q_u$ から非排水せん断強さ $s_u$ ( $c_u$ )は、式5を用いて算出できる(図-9)。

$$s_u = c_u = \frac{q_u}{2} \quad (\text{kN/m}^2) \quad (式5)$$

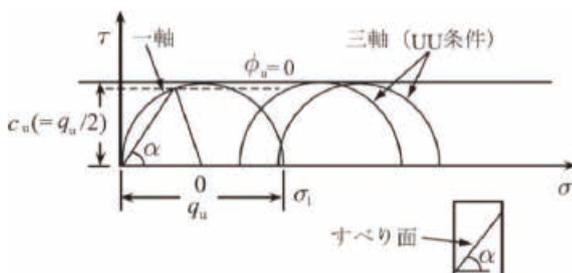


図-9 一軸圧縮試験とUU三軸圧縮試験のモール円<sup>2)</sup>

国土交通省告示第1113号第2項の式6、式7から長期または短期に生ずる力に対する地盤の許容支持力度を算出する。

$$\text{長期 } q_a = 1/3 \times (i_c a C_u N_c + i_y \beta \gamma_1 B N_y + i_q \gamma_2 D_f N_q) \quad (式6)$$

$$\text{短期 } q_a = 2/3 \times (i_c a C_u N_c + i_y \beta \gamma_1 B N_y + i_q \gamma_2 D_f N_q) \quad (式7)$$

- ② 杭(地盤補強体)の許容鉛直支持力  
例) 柱状改良の場合  
地盤から決まる改良体の長期許容鉛直支持力 $Ra1$ は、式8を用いて算出する。

$$Ra1 = \frac{1}{3} Ru \quad (式8)$$

$Ra1$ : 改良体の長期許容鉛直支持力 (kN)

$Ru$ : 改良体の極限鉛直支持力 (kN)

$$Ru = Rpu + \tau F$$

$Rpu$ : 改良体の極限先端鉛直支持力 (kN)

$$Rpu = 75 \times N \times Ap \quad (\text{砂質土・礫質土地盤の場合})$$

$$Rpu = 6 \times c_u \times Ap \quad (\text{粘性土地盤の場合})$$

$N$ : 改良体先端から上下1D範囲内の平均N値

$c_u$ : 改良体下部粘性土層の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$$c_u = \frac{q_u}{2}$$

$Ap$ : 改良体の先端有効断面積 (m<sup>2</sup>)

$\tau F$ : 改良体の極限周面摩擦力 (kN)

$$\tau F = \phi \cdot \sum \tau di \cdot hi$$

$\phi$ : 改良体の周長 (m)

$\tau d$ : 極限周面摩擦力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$$\tau cd = c_u, \quad c_u = \frac{q_u}{2} \quad \tau sd = \frac{10N}{3}$$

$hi$ : 摩擦を考慮する各層の層厚 (m)

- ③ 杭(地盤補強体)設計における2層地盤
- ④ 土の変形係数
- ⑤ セメント系改良土の品質管理
- ⑥ 斜面の安定

## 3. さいごに

今回は、一軸圧縮試験について紹介した。この試験は、供試体の状態(乱れ)に直接影響を受けやすいことから他の物理試験結果も含め、その値の妥当性について評価した上で、適用することが望ましい。さらに試験結果は、あくまでも1深度の力学試験であり、地盤全体もしくは試験を実施した地層全体を把握できるものではないことに留意する必要がある。

土の一軸圧縮試験は、戸建住宅を計画する上で実施されることはまれである。しかし、戸建住宅の我々地盤技術者も、これからは土質試験の特性や留意点の理解を深める必要があるのではなかろうか。

## 4. 参考文献

- 1) NPO住宅地盤品質協会: 住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書 第4版, 2019.
- 2) 社団法人 地盤工学会、土質試験—基本と手引き 第二回改訂版 2010年