

2.2 土のせん断試験、強度定数、せん断特性

•せん断試験の目的:せん断強度、せん断変形特性を調べる。

τ_f, c, ϕ 応力-ひずみ関係

•せん断試験の分類:

$E, G, \tau \sim \gamma, \sigma_a \sim \varepsilon_a, \tau \sim \varepsilon_v, p \sim \varepsilon_v$

せん断面、ひずみの規定:直接せん断、間接せん断

排水条件:排水せん断、非排水せん断

拘束条件:軸対称(一軸、3軸)、平面ひずみ

せん断力のかけ方:圧縮、伸張 or 主動、受働

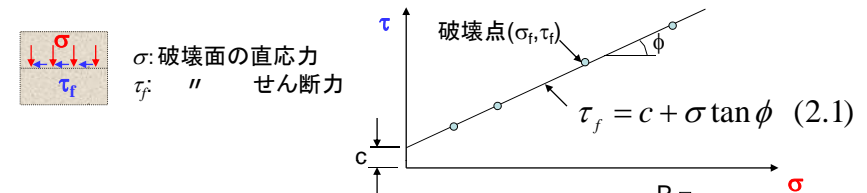
土の種類:粘性土、砂質土

試験場所:室内試験、原位置試験

1

2.2.1せん断試験の種類

目的:(c, ϕ) を求める => クーロンの破壊包絡線



- 直接せん断試験 (direct shear test)
 - ✓ 一面せん断 (shear box test)
 - ✓ 単純せん断 (simple shear test)
 - ✓ リングせん断 (ring shear)
- 間接せん断試験 (indirect shear test)
 - ✓ 一軸圧縮試験 (unconfined compression test)
 - ✓ 三軸せん断試験 (triaxial test)
 - ✓ 平面ひずみ試験 (plane strain test)

2

直接せん断試験

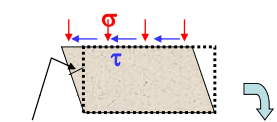
規定のせん断面に作用する直応力を制御し、せん断応力を計測する

•一面せん断試験

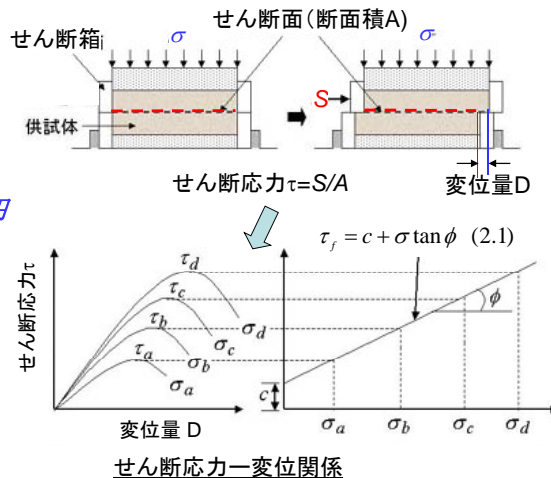
長所?

短所? ひずみ、モール円

•単純せん断試験



せん断ひずみ: γ せん断応力-せん断ひずみ関係

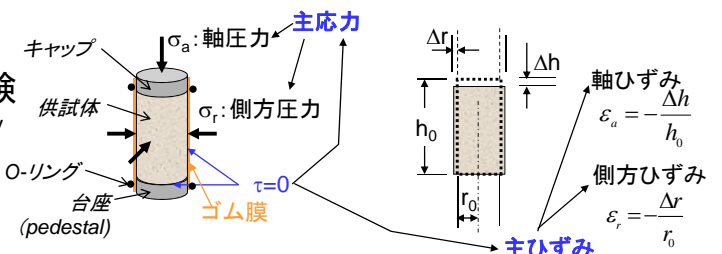


3

間接せん断試験

せん断面は規定しない。供試体境界に作用する応力(主応力)を変化させ、供試体内部にせん断応力を発生させることにより、せん断を行う。

•軸対称試験
Axial symmetry



圧縮試験 (compression)

$$\sigma_a > \sigma_r \Rightarrow \sigma_a = \sigma_1 \Rightarrow \varepsilon_a = \varepsilon_1$$

$$\sigma_r = \sigma_3 (= \sigma_2) \Rightarrow \varepsilon_r = \varepsilon_3 (= \varepsilon_2)$$

伸張試験 (extension)

$$\sigma_a < \sigma_r \Rightarrow \sigma_a = \sigma_3 \Rightarrow \varepsilon_a = \varepsilon_3$$

$$\sigma_r = \sigma_1 (= \sigma_2) \Rightarrow \varepsilon_r = \varepsilon_1 (= \varepsilon_2)$$

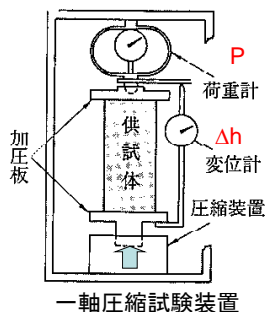
モール円
すべての面の
応力とひずみ
(σ, τ) ($\varepsilon_v, \varepsilon_s$)

4

軸対称せん断試験

✓一軸圧縮試験 $\sigma_r=0$ (側圧:大気圧)
(unconfined compression test)

圧縮試験のみ why??

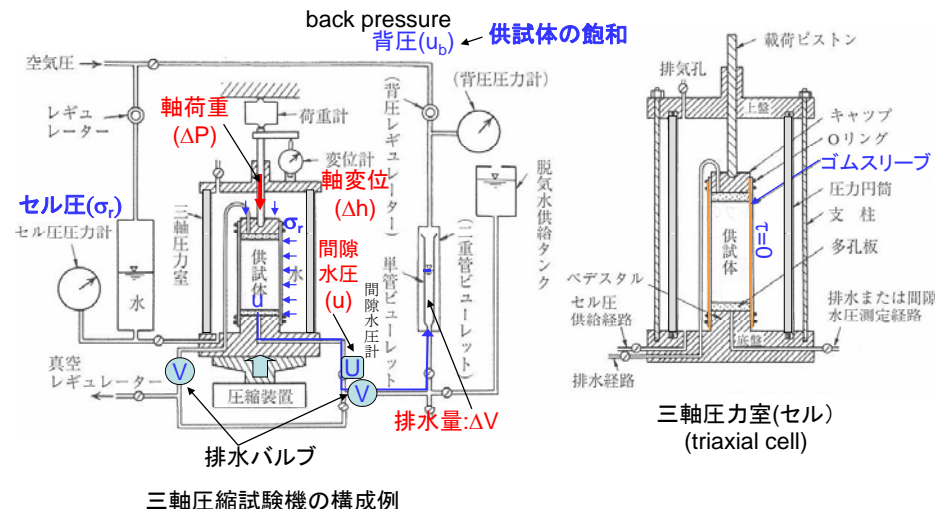


✓三軸試験 $\sigma_r > 0$ (側圧:セル圧)
(triaxial test)

一般的には圧縮試験、しかし、伸張試験も可

三軸試験装置

「土質試験 -基本と手引き-」(地盤学会)に加筆



2.2.2 圧密・排水条件による3種類のせん断試験

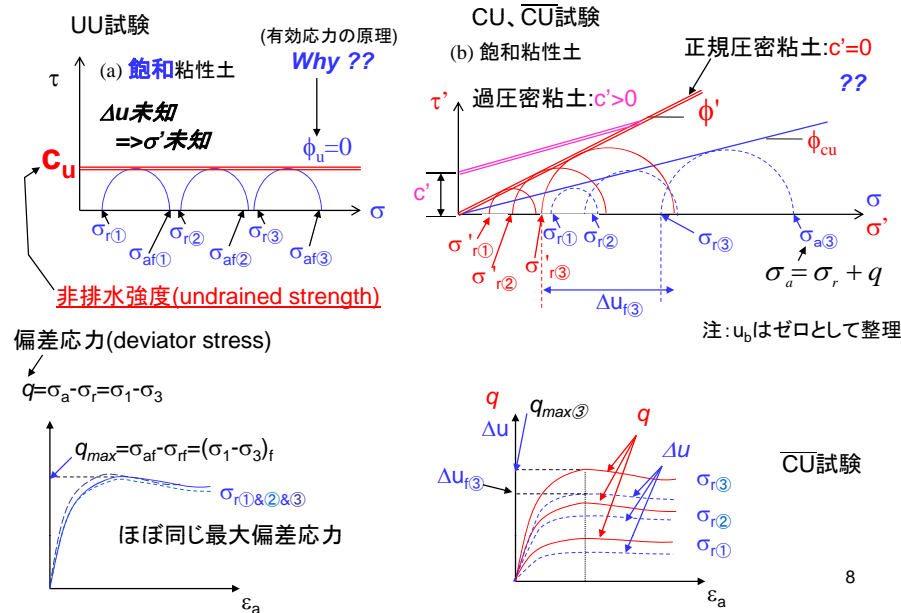
地盤中から土試料を採取=>供試体の作成=>三軸室内にセット
実験条件:セル圧($\sigma_r=const$:圧縮の場合)、供試体形状(h,A)、背圧(u_b)

試験の種類	排水バルブの状態		せん断中の計測項目
	圧密過程	せん断過程	
非圧密非排水(UU)試験	閉($\Delta V=0$)	閉($\Delta V=0$)	荷重、変位
圧密非排水(CU)試験	開(ΔV)	閉($\Delta V=0$)	荷重、変位
圧密非排水(CU)試験	開(ΔV)	閉($\Delta V=0$)	荷重、変位、間隙水圧
圧密排水(CD)試験	開(ΔV)	開($\Delta u=0$)	荷重、変位、排水量(ΔV)

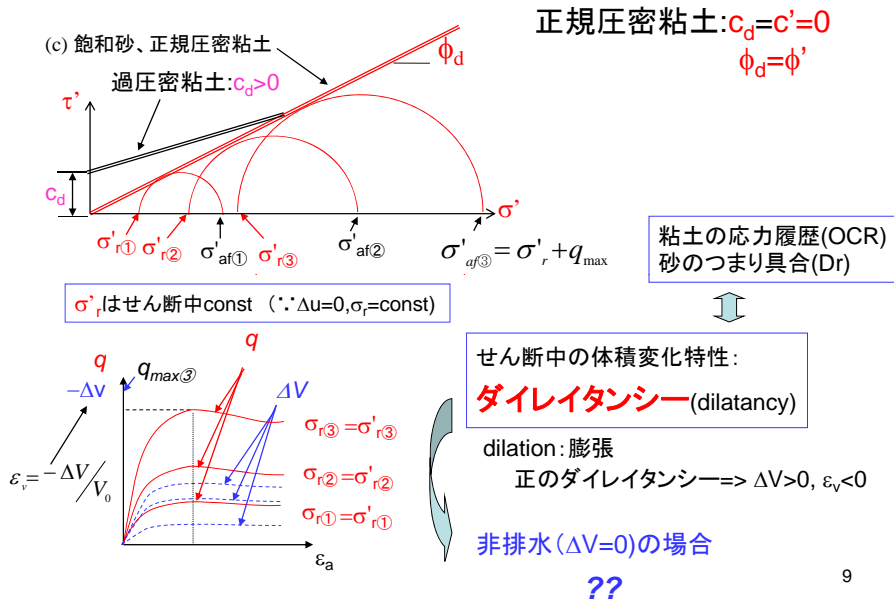
試験種類	供試体の有効側圧 (σ'_r)		得られる結果 強度定数(応力)	適用土質
	せん断前	せん断中		
UU試験	未知	未知	c_u, ϕ_u (全応力)	飽和した粘性土
CU試験	既知($\sigma_r - u_b$)	未知(Δu)	$c_{cu}, \phi_{cu}, c_u/p$ (全応力)	飽和した粘性土
CU試験	既知($\sigma_r - u_b$)	既知($\sigma_r - u_b - \Delta u$)	上記+c', ϕ' (有効応力)	
CD試験	既知($\sigma_r - u_b$)	既知($\sigma_r - u_b$)	c_d, ϕ_d (有効応力)	主として飽和した砂質土(*)

(*)粘土でも適用可($\Delta u=0$ を満足するためには長時間のせん断)

2.2.3 強度定数(UU試験、CU試験)



2.2.4 強度定数(CD試験)、体積変化特性



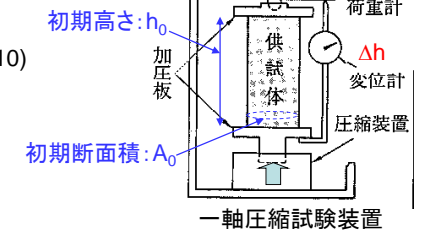
9

一軸圧縮試験 (日本において粘土の設計で最も用いられる)

✓ 一軸圧縮試験 $\sigma_r = 0$ (側圧: 大気圧)

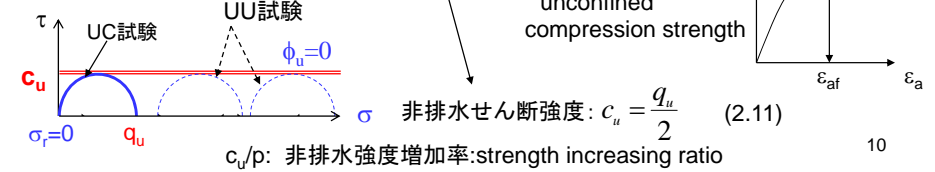
適用: 飽和粘土、早い载荷速度: 1%/min

$$\text{圧縮応力: } q = \frac{P}{A_0} (1 - \epsilon_a) \quad (2.10)$$



Why??

一軸圧縮試験: UU試験の一種



10

本日のTechnical terms

- 直接せん断試験: direct shear test
- 一面せん断: shear box test
- 単純せん断: simple shear test
- リングせん断: ring shear
- 間接せん断: indirect shear test
- 一軸圧縮試験: unconfined compression test
- 一軸圧縮強度 (q_u): unconfined compression strength
- 非排水せん断強度 (c_u): undrained strength
- 三軸せん断試験: triaxial shear test
- 平面ひずみせん断試験 (plane strain shear test)
- 軸対称: axial symmetry
- 圧縮: compression; 伸張: extension
- 背圧: back pressure
- 三軸圧力セル: triaxial cell
- ダイレイタンスー: dilatancy
- 非排水強度増加率 (c_u/p): strength increasing ratio

11

課題(12/16)

問1 粘土地盤中から粘土試料をサンプリングし、断面積 20cm^2 、高さ 10cm の円筒供試体を作成し、これに対して一軸圧縮試験を行った。その結果、軸変位 $\Delta h = 5\text{mm}$ で最大軸荷重 $P_{\text{max}} = 200\text{N}$ が得られた。この土の破壊時軸ひずみ ϵ_{af} 、非排水せん断強度 c_u はいくらか?

問2 ある粘土試料に対する一連の三軸圧密非排水圧縮試験により、以下の結果を得た。この粘土試料の有効応力による強度定数 c' 、 ϕ' を求めよ。

No.	σ_r (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ (kPa)	Δu_f (kPa)
1	100	70	65
2	200	140	130
3	300	210	195

問3 有効応力に関する強度定数 $c' = 0$ 、 $\phi' = 30^\circ$ の砂供試体に対して、圧密圧力 200kPa で等方圧密した後、三軸排水圧縮せん断試験を行った。破壊時の鉛直全応力 σ_{af} ($=\sigma_{1f}$) はいくらになるか。

12