

## 2.5 原位置地盤の強度、変形特性の評価

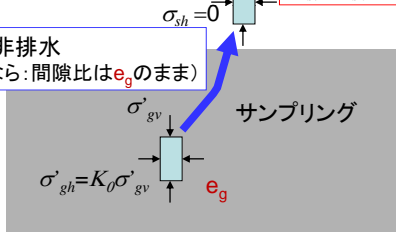
### 地盤の力学特性の調査方法

- 原位置試験 (in-situ test) (ex: 標準貫入試験(SPT), コーン貫入試験(CPT))
- サンプリング + 室内試験 (e.g., 圧密, せん断試験)

応力解放  
等方、全応力はゼロ

有効応力は  $\Delta u = B[\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)]$  (2.28)  
 $\sigma'_{sv} = \sigma'_{sh} = -u$  (??) を適用  
 静水圧分除くと

仮定: 非排水  
(飽和なら: 間隙比は  $e_g$  のまま)



$\Delta\sigma_3 = -K_0\sigma'_{gv}, \Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 = -(1 - K_0)\sigma'_{gv}$   
 $u = -\{K_0 + A(1 - K_0)\}\sigma'_{gv}$   
 $\sigma'_{sv} = \sigma'_{sh} = \{K_0 + A(1 - K_0)\}\sigma'_{gv}$  (2.36)

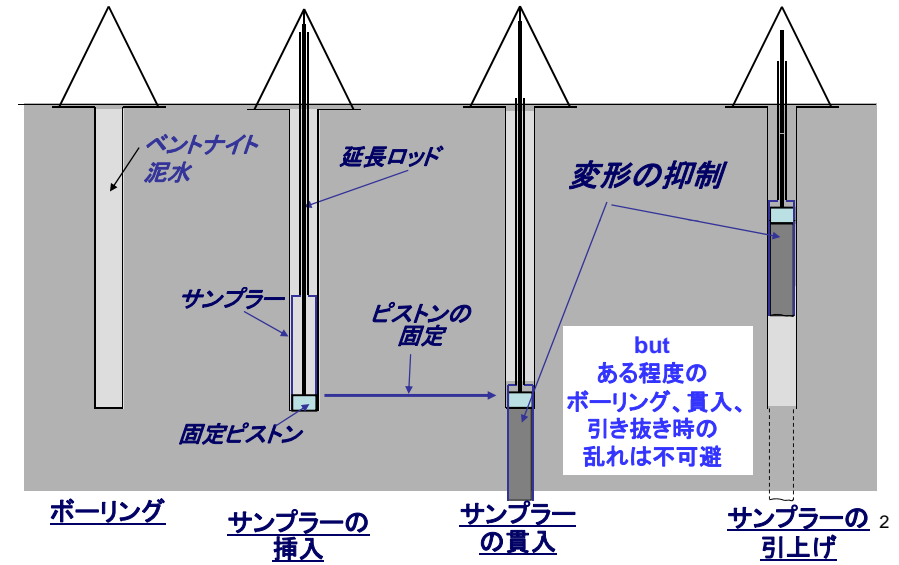
例えば、 $A=1/3$  で  $K_0=0.5$  なら  
 $\sigma'_{sv} = 0.67\sigma'_{gv}$  有効応力の低下

But A? 更に、サンプリング、運搬、供試体作成の過程でひずみ(乱れ)を受ける。

過剰間隙水圧の発生: 更なる有効応力の低下 + 構造の劣化 (固結、セメンテーション)

1

## Thin-walled tube sampler with fixed piston (固定ピストン式シンフォールサンプリング) 軟弱粘土: 日本の基準

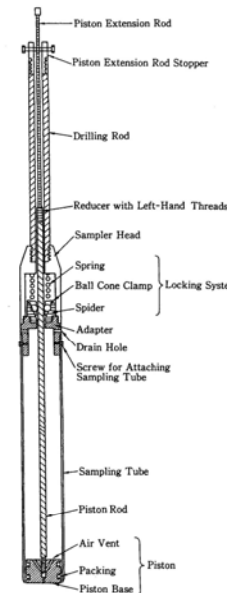


## サンプリング風景 (ベトナム、ハイフォン)



3

## 不かく乱試料サンプリング JPN Fixed Piston Sampler (Extension rod type)



Rotary Core Tube



$t=1.50\text{mm}$   
 $D=75\text{mm}$   
 $L=1,000\text{mm}$

Fixed Piston sampler

4

### 水圧式固定式ピストンシンフォールサンプラー

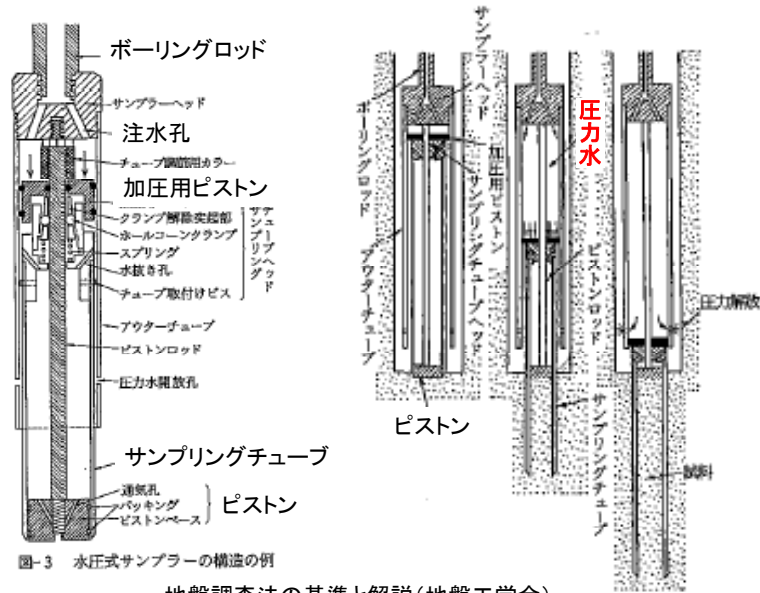
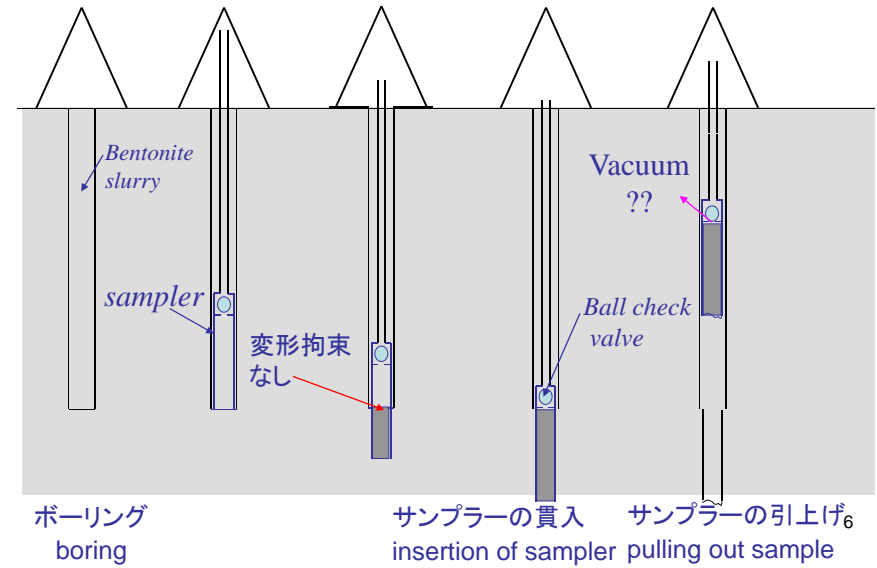


図-3 水圧式サンプラーの構造の例

地盤調査法の基準と解説(地盤工学会)

### -Shelby tube sampler - (シルビー式サンプリング:オープン式)



### Undisturbed soil sampling- Shelby Sampler

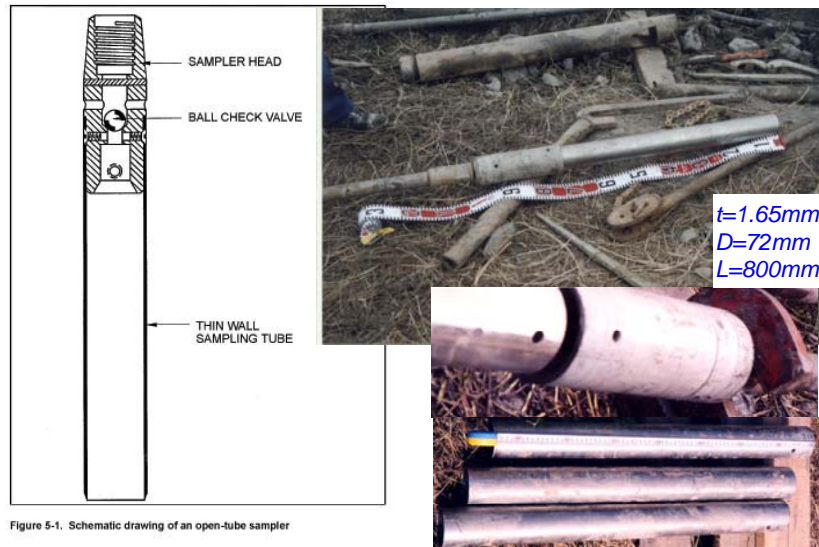
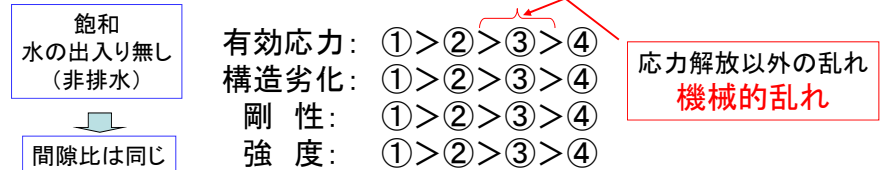


Figure 5-1. Schematic drawing of an open-tube sampler

### 試験試料の乱れと種類

#### 試験サンプル(試料)の種類

- ① 理想試料(ideal sample): 原位置の土の状態を保った試料 ( $\sigma'_{gh} = K_0 \sigma'_{gv}$ )
- ② 完全試料(perfect sample): 応力解放のみの影響を受けた試料(2.36)
- ③ 不攪乱試料(undisturbed sample): 通常のサンプリング法で採取した試料
- ④ 再構成試料(remolded, reconstituted sample): 完全に練り返し作成した試料

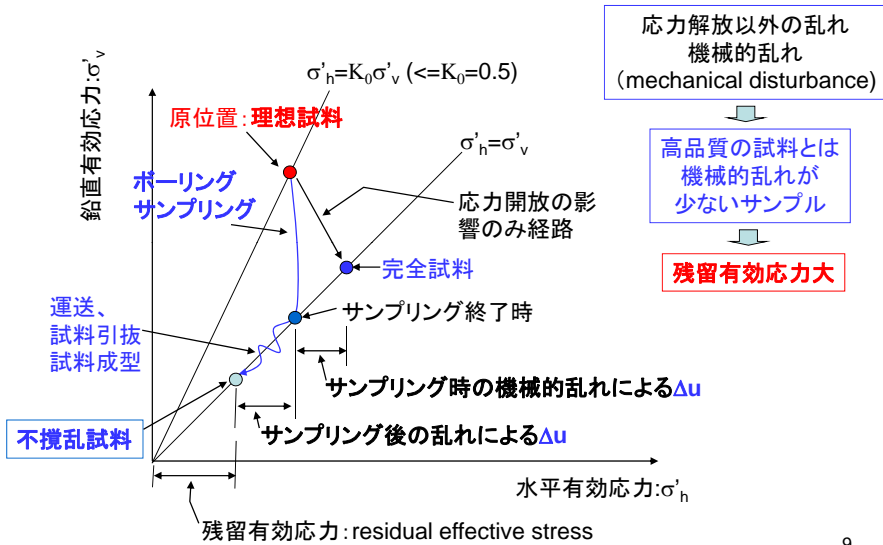


①、②、④の定義は明確、but実際のサンプルである③の定義はあいまい。

望ましいサンプルとは? 目的による(ex: index試験(LL, PL, G<sub>s</sub>)であれば、乱れていてもOK。  
しかし、力学特性(ex: 圧密、せん断試験)では、

原位置特性に近い、乱れの影響が小さい試料

# サンプリングから試料作成までの有効応力経路



# 乱れやすさの指標

$I_L$ : 液性指数  $I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p}$

$I_L > 1$  自然含水比 ( $w_n$ ) が液性限界 ( $w_L$ ) 以上

繰り返せば、液性限界と同じ強度 ( $\sim 1.5 \text{ kPa}$ ) 以下

乱れやすい (鋭敏: sensitive)

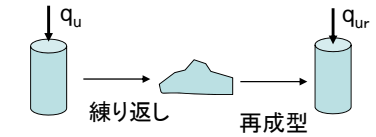
$S_t$ : 鋭敏比 (sensitivity)  $S_t = \frac{\text{不攪乱試料の } q_u}{\text{練返した試料の } q_{ur}}$  (2.37)

クイックレイ (Quick clay) :  $S_t > 100$

日本の海成粘土 :  $S_t = 10 \sim 20$

堆積年代が若い土 (young clay)  $\Rightarrow S_t$ : 小

古い粘土 (aged clay)



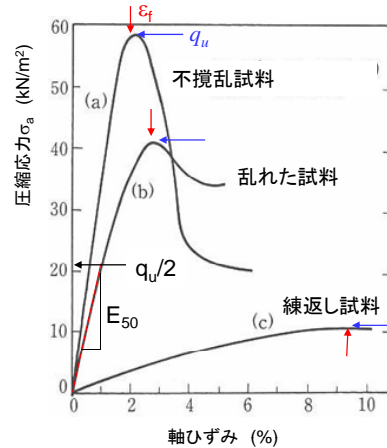
why: 乱れによる強度、剛性の低下  $\Leftarrow$  ? + ?

年代効果?

# 粘土試料の品質

乱れが少ない試料と大きな試料

## 一軸圧縮試験の応力-ひずみ



乱れが大きくなると

① 破壊ひずみ ( $\varepsilon_f$ ) が大きくなる **もう一つ?**

② 剛性 (割線剛性:  $E_{50}$ ) は小さくなる

$$E_{50} = \frac{q_u/2}{q_u/2 \text{ の時の軸ひずみ}}$$

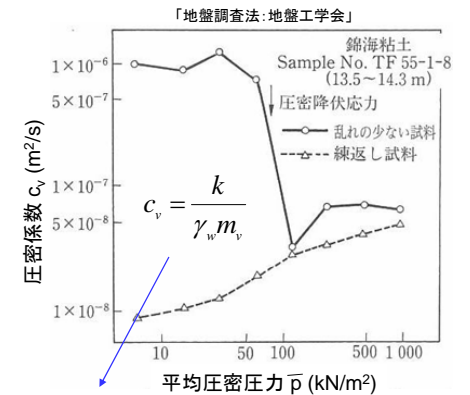
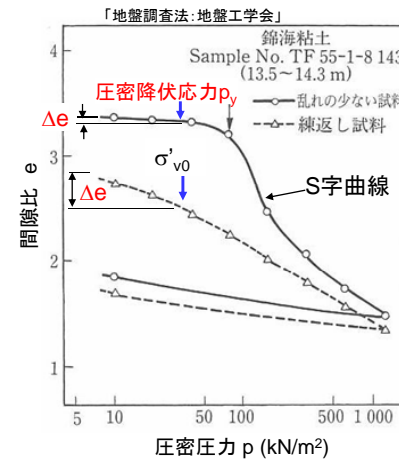
## 一軸試験からの乱れの指標

- $\varepsilon_f$
- $\frac{E_{50}}{q_u/2}$  日本では 150-200

一軸試験  $\rightarrow c_u = q_u/2$

粘土地盤の安定性を評価する場合: 非排水強度 ( $c_u, \phi_u = 0$ ) を原位置強度として用いる??

# 圧密試験による乱れの判定



$$m_v = \frac{\Delta e}{(1+e)\Delta p}$$

乱れの指標  $e - \log p$  関係

乱れの指標 初期の  $c_v$

乱れ小:  $c_v$  大

乱れ大:  $c_v$  小

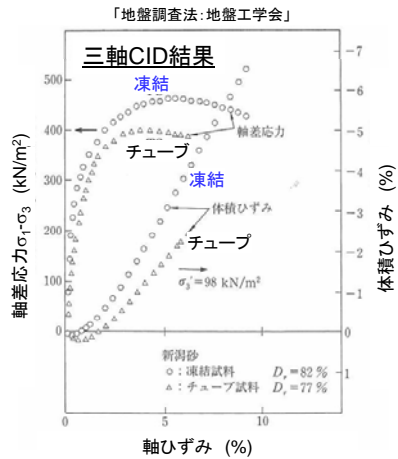
乱れ小:  $p_y$  まで  $e$  の変化小, その後急激な  $e$  の減少

乱れ大: 明確な  $p_y$  なし, 初期から大きな圧縮, 逆に  $p_y$  後の圧縮量小

$\Delta e$ : 有効鉛直土被り圧までの再圧縮による  $e$  の減少量

## 砂のサンプリング

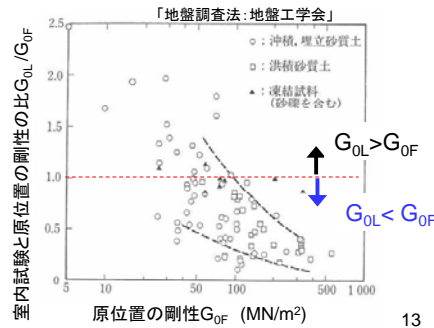
貫入方法: 緩いと押し込み  
密で固いとロータリー式



少しの乱れで、粒子間に相対移動  
骨格構造が劣化、破壊

原位置のもの(理想試料)と大きく異なる  
(通常は、力学試験用にはサンプリングはしない)  
サウンディング(原位置貫入試験: SPT=>N値)

重要な案件は  
凍結サンプリング(地盤凍結後、コアカッター)



13

## ボーリング・サンプリング + 室内試験の問題点

- ・乱れ => 原位置強度の評価
- ・地盤の不均質性にある場合の誤差
- ・経済性

これらの問題点を補完する手段

### 原位置試験 (In-situ tests)

- ・サウンディング(標準貫入試験、コーン貫入試験、現場ペーン、等)
- ・物理探査・検層(速度、弾性波、電気、電磁波、等)
- ・現場載荷試験(平板載荷、現場CBR、杭の載荷試験、等)
- ・現場計測(測量技術、沈下、水平変位(地中=>傾斜計)、等)

14

## 土のせん断に関するkey word

- ・有効応力、全応力、間隙水圧
- ・クーロンの破壊規準 = モール・クーロンの破壊規準
- ・せん断試験の種類(一軸、UU、CU、CD)
- ・飽和した粘土の非排水せん断強度( $c_u$ 、 $\phi_u=0$ )
- ・飽和、或いは完全に乾燥した砂のせん断強度( $c'=0$ 、 $\phi'$ )
- ・モールの応力円、応力パス(不変量) <= 有効応力、全応力、間隙水圧
- ・ダイレイタンスと間隙水圧 (間隙水圧係数)
- ・限界状態線 ( $v - p' - q$ 空間) (初期状態、限界状態と(非排水強度、排水)強度の関係)
- ・原位置強度(粘土、非排水せん断強度、乱れ)
- ・原位置試験(サウンディング、物理探査、現場載荷)
- ・ $K_0$ 圧密状態

15

## 本日のTechnical terms

- ・原位置: in-situ; ボーリング: boring; サンプリング: sampling
- ・乱れ: disturbance; 機械的乱れ: mechanical disturbance
- ・理想試料: ideal sample
- ・完全試料: perfect sample
- ・不攪乱試料: undisturbed sample
- ・再構成試料: remolded or reconstituted sample
- ・鋭敏比: sensitivity
- ・クイックレイ: Quick clay
- ・若い粘土: young clay
- ・年代効果を受けた堆積年代が古い粘土: aged clay
- ・骨格構造: fabric, structure
- ・割線弾性係数: secant elastic modulus
- ・現位置試験: in-situ tests

### 課題(1/20)

- (1) 若い粘土をサンプリングし、供試体を作成し、この粘土に一軸圧縮試験を行ったところ、一軸圧縮強度 $q_u = 100 \text{ kPa}$ を得た。この土の有効応力規準の強度定数が $c' = 10 \text{ kPa}$ 、 $\phi' = 30^\circ$ とすると、破壊時の間隙水圧はいくらか? *hint*: 一軸試験の $\sigma_3 = 0$
- (2) 次にこの試料を完全に練返し、残留有効応力ゼロの状態ですべて一軸圧縮試験を行った。練り返し試料の $A_r = 0$ とすると、この時の一軸強度はいくらか? また、この土の鋭敏比 $S_r$ はいくらか? *hint*:  $A_r = 0 \Rightarrow$  間隙水圧増分 $= 0 \Rightarrow u_r = 0$

16