

# 室内試験

---

## 土の特性を踏まえた試験法の改良と評価

応用地質（株）

畠山正則

# 内 容

## 1. 担当した印象深い現場

- 関西国際空港海底地盤調査

## 2. 一軸圧縮試験 — 乱れ(攪乱)によ強度低下の要因と低減策 —

- 一軸圧縮強さに影響を与える要因
- 鋭敏粘土の性状
- 簡易CU試験の有効性

## 3. 土の保水性と室内試験

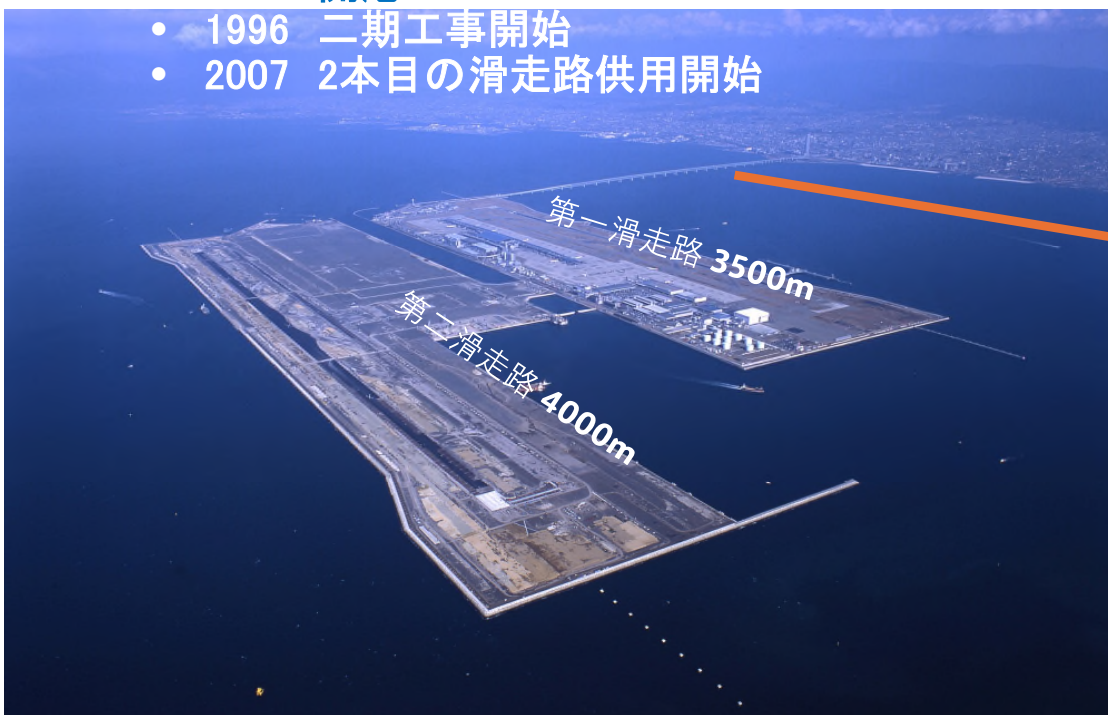
- 連続加圧方式による保水性試験装置
- 大気圧変動による試験結果への影響

# **1. 関西国際空港 海底地盤調査 洪積粘土の圧密特性把握のための室内試験**

# 関西国際空港 海底地盤調査

## ■ 空港島全景（平成18年3月現在）

- 1977 地盤調査開始
- 1987 一期工事開始
- 1994 開港
- 1996 二期工事開始
- 2007 2本目の滑走路供用開始



国土交通省航空局 Civil Aviation Bureau ホームページ

## ■ 関西国際空港連絡橋

- 関西国際空港連絡橋は、空港島と対岸を結ぶ延長3,750mの道路・鉄道併用橋
- 海底地盤に支持層が存在しないことから世界初の大口径長尺摩擦杭基礎を採用



関西国際空港プロジェクト  
—24時間運用の海上空港の実現— JCCA

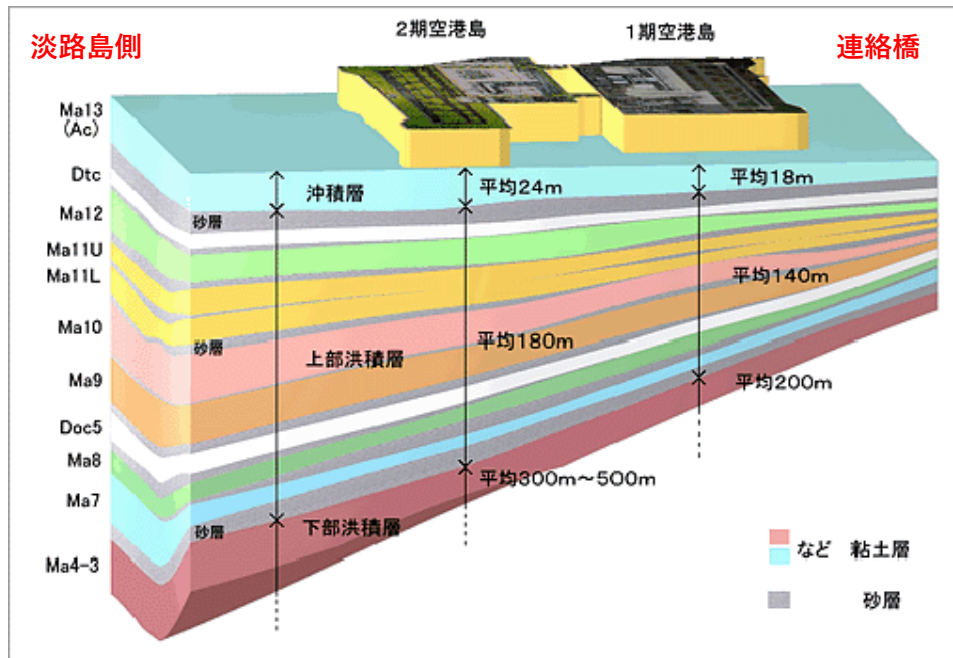


# 関西国際空港島と海底地盤の構造

## ■ 空港島の海底地盤モデル

- 東側から淡路島側に向かって地層が厚くなる
- 沖積層, 海底下20~25mの厚さで堆積
- 洪積層, 200~300mの厚さで堆積
- 粘土間には淡水域で堆積した砂層を挟む

西側

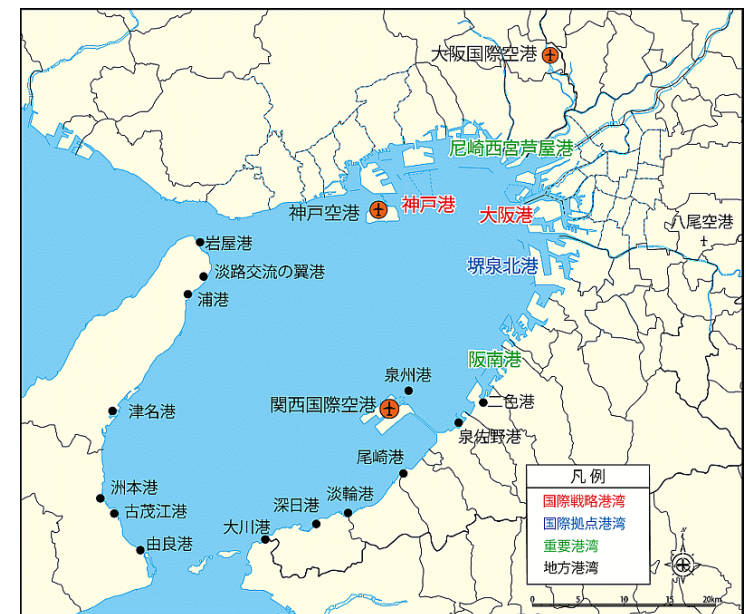


東側

## ■ 大阪湾周辺図

- 大阪湾は, 大阪平野, 六甲山系, 淡路島に囲まれ, 北東から南西に約60km, 北西から南東約30kmのほぼ楕円形をした海域
- 海底は東から西に緩やかに傾斜している

[kouwan.pa.kkr.milt.go.jp](http://kouwan.pa.kkr.milt.go.jp)



# 空港島建設に関わる地盤工学問題 一室内試験の課題と対応一

## ■ 現場の課題

### 1) 洪積粘土層の正確な圧密特性の把握

- $p_c$  決定の精度向上
- 供試体の選定方法
- 迅速な試験の実施と結果の判断
- 試験装置の増設

### 2) 大深度試料に対する室内試験の課題

- 大深度試料の応力解放
- 試料の品質確認
- 試料の保存

## ■ 室内試験の課題と対応

### 1) 大阪湾洪積粘土の特異な圧密特性の把握

- 荷重増加率 ( $\Delta p/p$ ) を変えた圧密試験による  $p_c$  の評価  
 $\Delta p/p = 1$  標準圧密試験 (組合せ圧密試験)  
= 0.5, 0.2 (0.25) 小幅載荷圧密試験
- 定ひずみ速度圧密試験 (ひずみ速度を変えた試験)
- 自動化した試験装置の導入

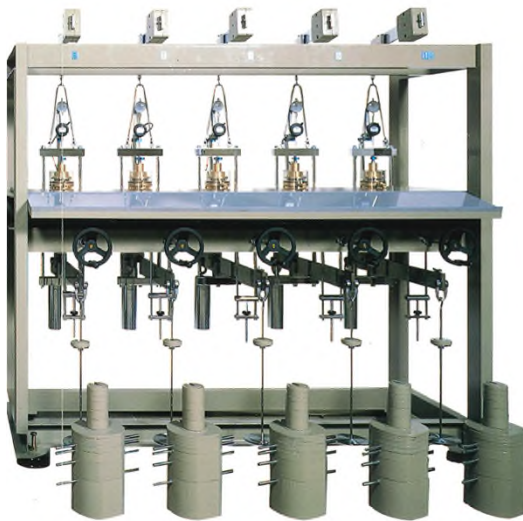
### 2) 大深度試料の特性把握を目的とした実験

- 有効応力の保持による強度低下の防止と酸化の抑制  
※真空パック法による試料の保存  
→ 20年間保存試料による検証
- 応力解放による強度低下の要因とその対応  
※供試体内のサクシンの測定  
→ 残留有効応力による評価
- 圧密試験における膨張と沈下現象  
※注水のタイミングを検討  
→ 吸水膨張、乾燥収縮沈下の抑制

# 関西国際空港海底地盤の調査で使った圧密試験装置

## ■ 荷重載荷式圧密試験装置

- 長期圧密試験



Max 2.5  $\text{MkN/m}^2$

## ■ 空気圧載荷式圧密試験装置

- 段階載荷圧密試験



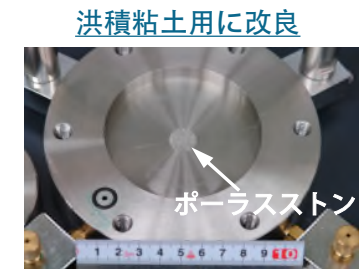
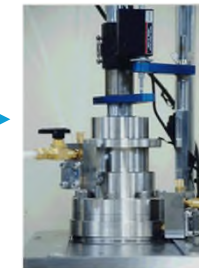
← 圧密容器

空気圧により  
加圧



Max 2.5  $\text{MkN/m}^2$ , 高容量タイプMax 10.2  $\text{MkN/m}^2$

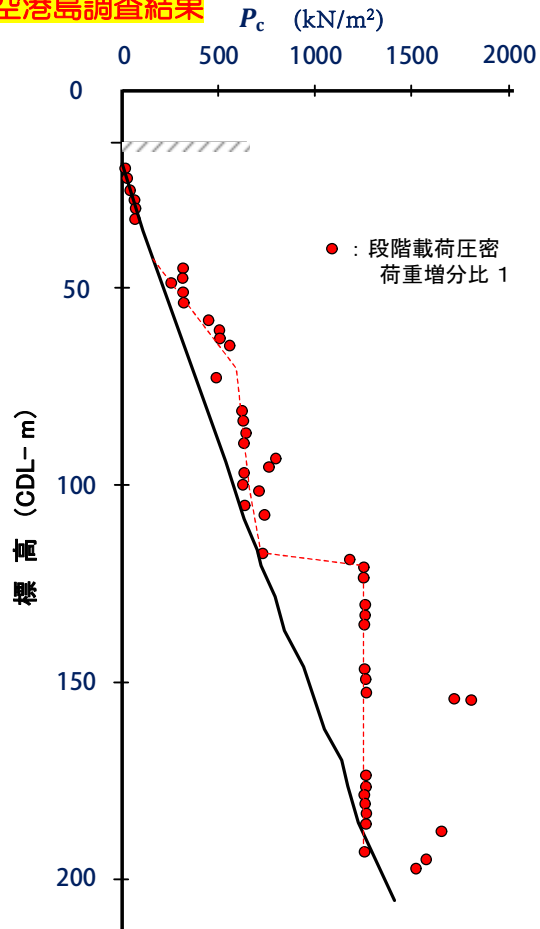
## ■ 定ひずみ速度載荷式圧密試験装置



Max 340  $\text{MkN/m}^2$

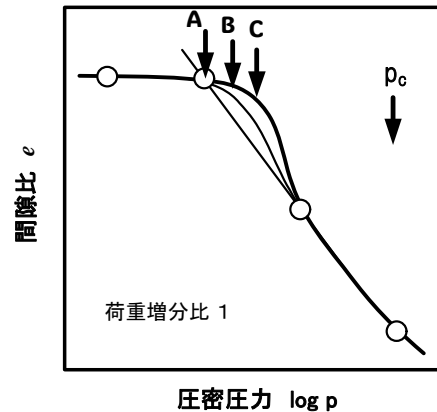
# 関西国際空港島海底地盤の圧密特性

## 1期空港島調査結果



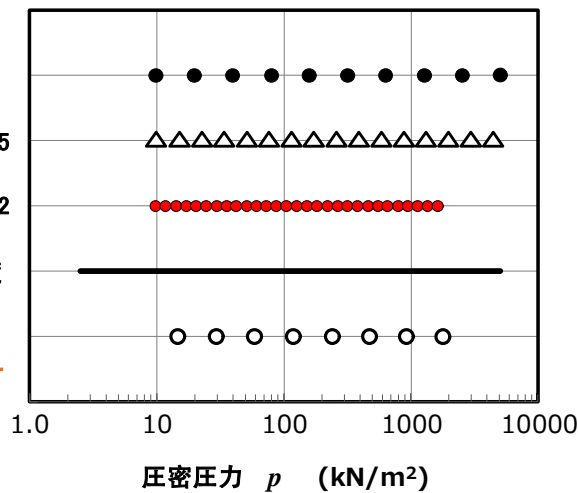
## 課題と対応

### $p_c$ の決定誤差



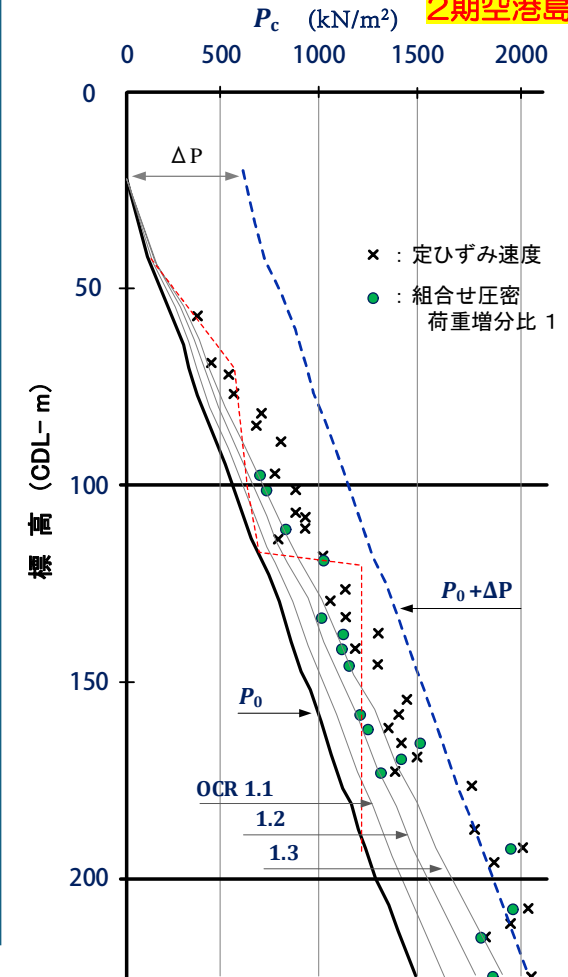
### 特殊圧密試験の圧密圧力点

荷重増分比 1  
荷重増分比 0.5  
荷重増分比 0.2  
定ひずみ速度  
組合せ圧密  
荷重増分比 1



石井, 小川, 善: 大阪湾泉州沖海底地盤の工学的性質  
(その2) 港湾技術研究所資料, No.498, pp.47-86, 1984.

## 2期空港島調査結果



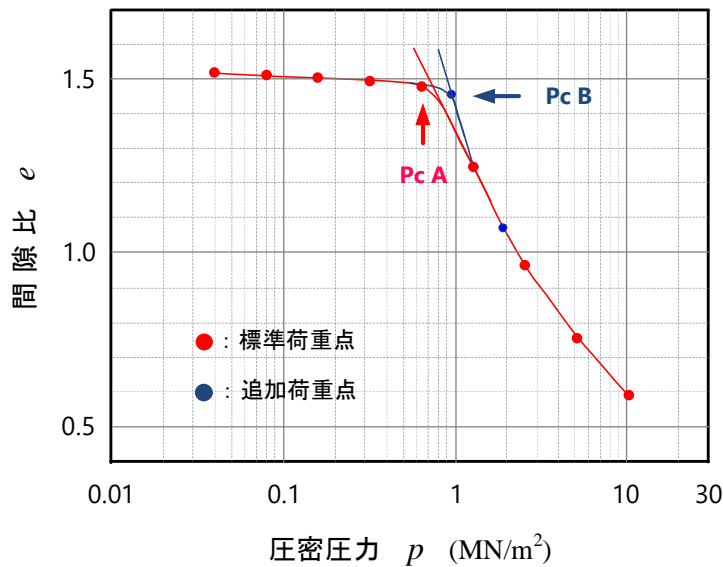
古土井, 小林: 関西国際空港建設に関わる地盤工学的問題と対応, 土木学会論文集, Vol.65, No.4, 2009.



# 【補足】大阪湾洪積粘土の特異な圧密特性

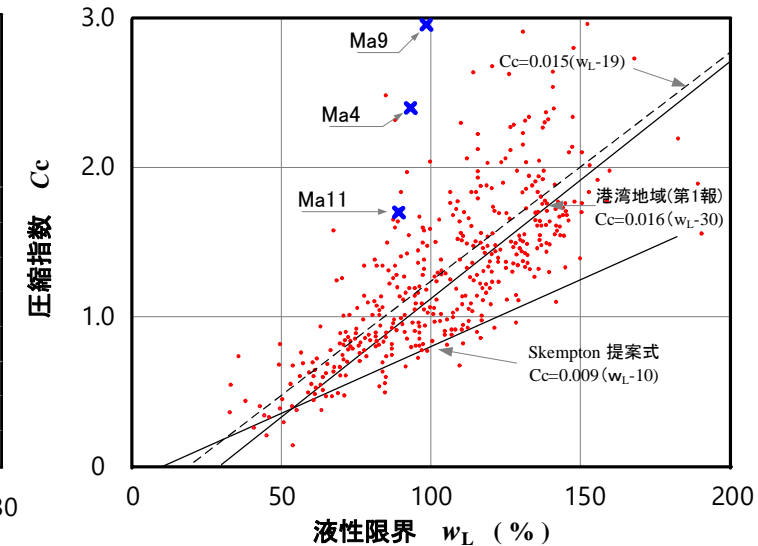
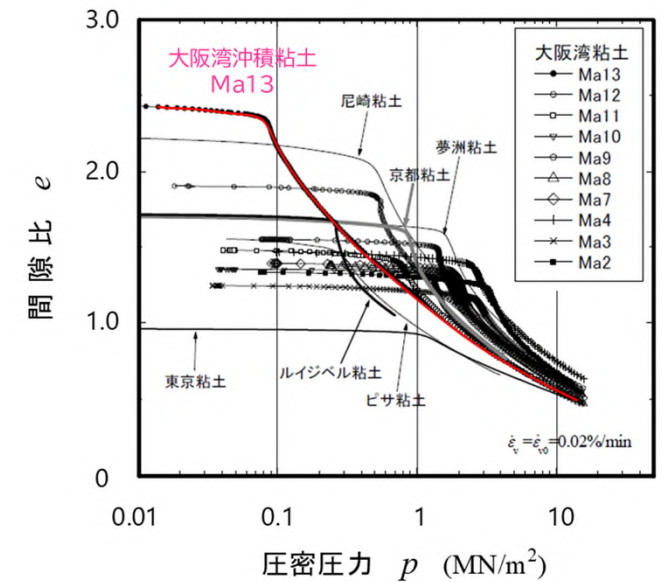
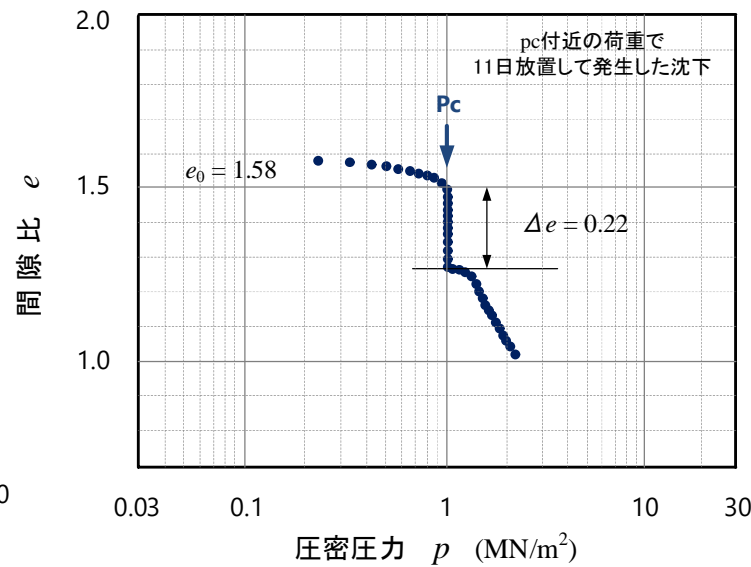
## 一疑似過圧密粘土の特徴的な挙動一

### ■ 標準荷重点と追加した荷重点の組み合わせによる $p_c$ の評価例



### ■ $P_c$ 付近の荷重点で急激な沈下を示す試料の例

- 沖積粘土試料に対して圧縮指数  $C_c$  が大きいのが特徴
- 定ひずみ速度状態で、圧力が減少



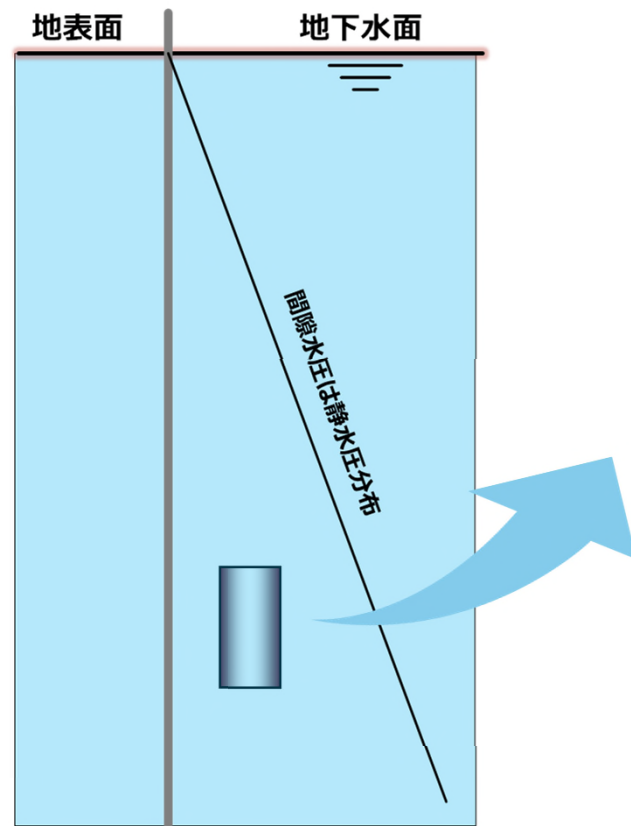
# 試料の品質管理 ー大深度サンプリング試料の挙動ー

## ■ 大深度サンプリング試料の挙動

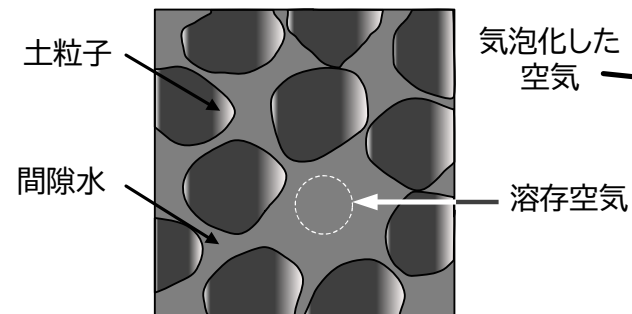
- 応力解放による膨張
- 膨張に伴う亀裂の開放
- 供試体の不飽和化(溶存空気放出)
- 酸化による試料の劣化

## ■ 体積膨張の要因

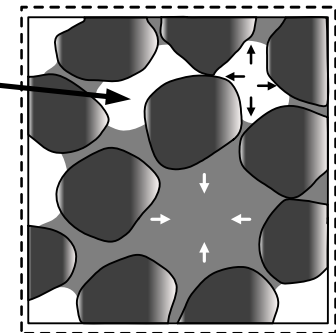
- 溶存空気の気泡化
- 内部残留有効応力の減少



地中内の状態



供試体の膨張



# 真空パックによる試料の保存とフィルターペーパー法による残留有効応力の検証

## ■ 真空パック法による試料の保存方法

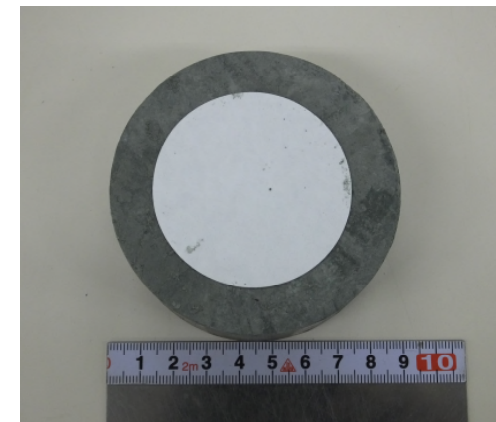
- 真空パック袋
- バキュームシーラー



## ■ 20年間保存した大阪湾の洪積粘土



## ■ フィルターペーパーによるサクシンの測定



- 島山正則、大塚浩二：真空パックによった長期保存試料の物性変化、第33回地盤工学研究発表会、pp.413-414、1998.
- 渡部要一、島山正則、江川祐輔：粘土試料の長期保存、地盤工学会誌、66-9、pp.49-56、2018.

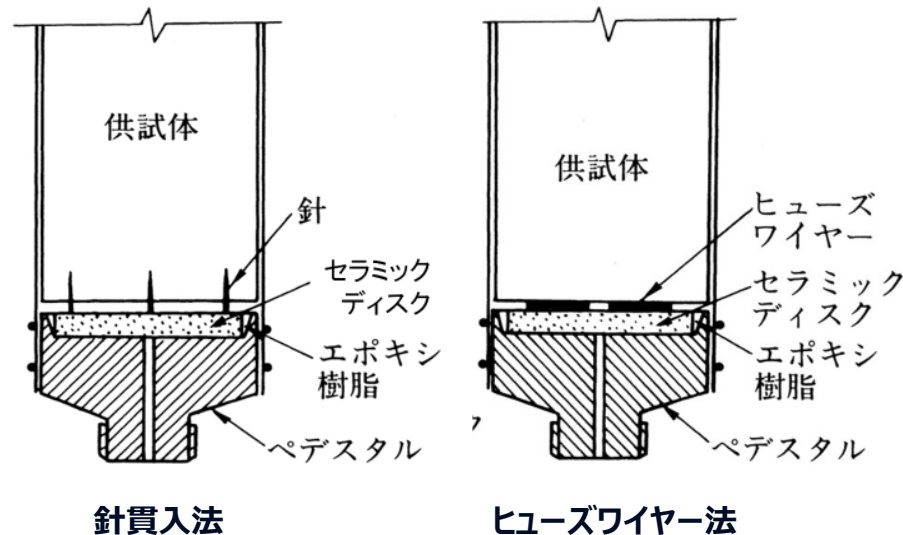


# サクションの測定方法

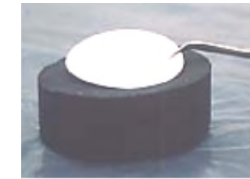
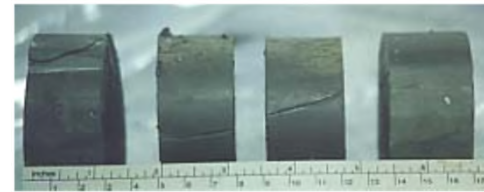
## ■ 加圧板（JGS「不飽和土の三軸圧縮試験方法」） （Axis Translation Technique）

### 針貫入法、ヒューズワイヤー法：

- ① 飽和したセラミックの上に、針を貫入した供試体を設置し、メンブレンで覆い、試験機を組立てる。
  - ② バックエアプレッシャーおよびセル圧として100 kPa以上の空気圧 $u_a$ を、供試体内外に加える。
  - ③ 針を供試体に押し込み、セラミックと密着させる。
  - ④ 空気圧を一定に保った状態で間隙水圧 $u_w$ を測定
- サクション  $s = u_a - u_w$



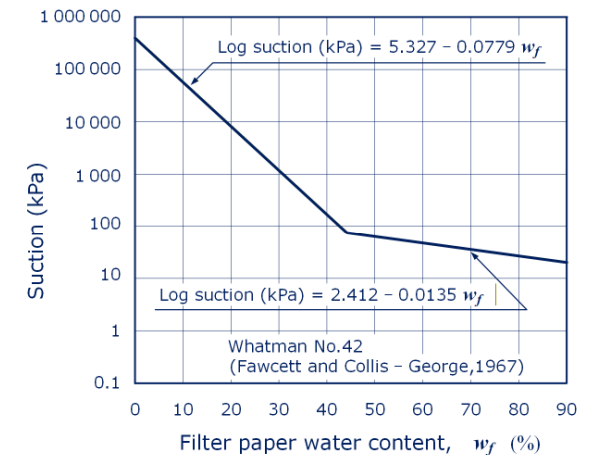
## ■ フィルターペーパー法（ASTM:D5298-10）



### 試料のシール

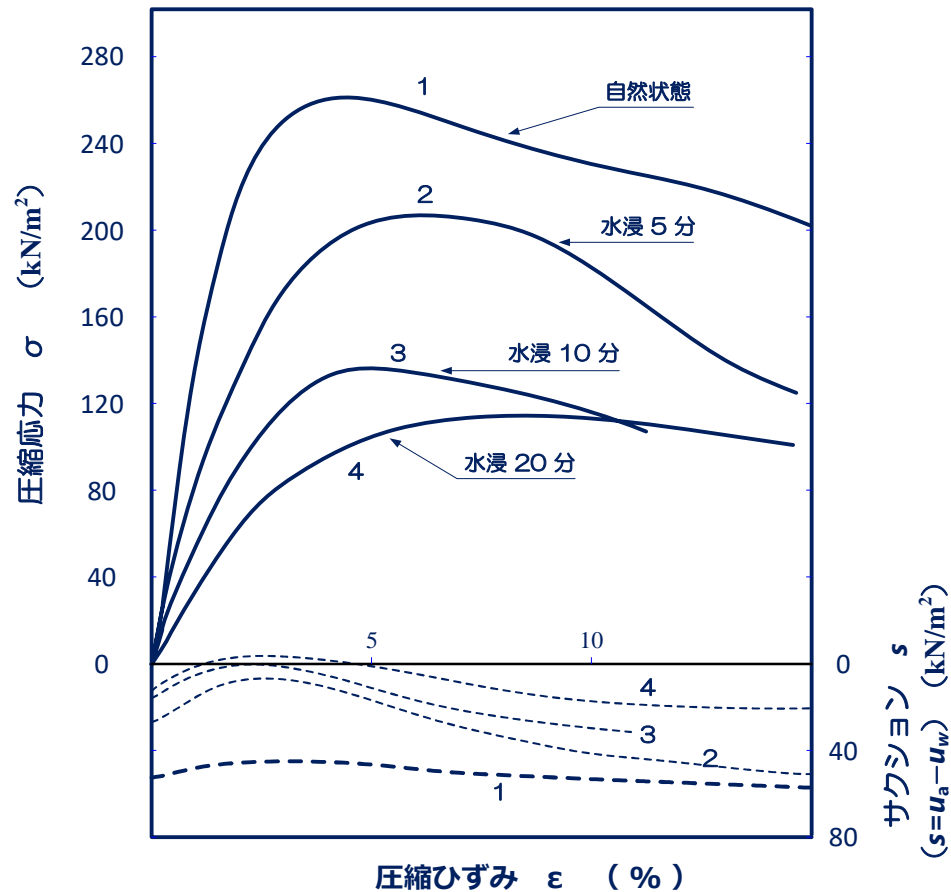


養生後の  
ペーパーの  
処理  
⇒ 炉乾燥

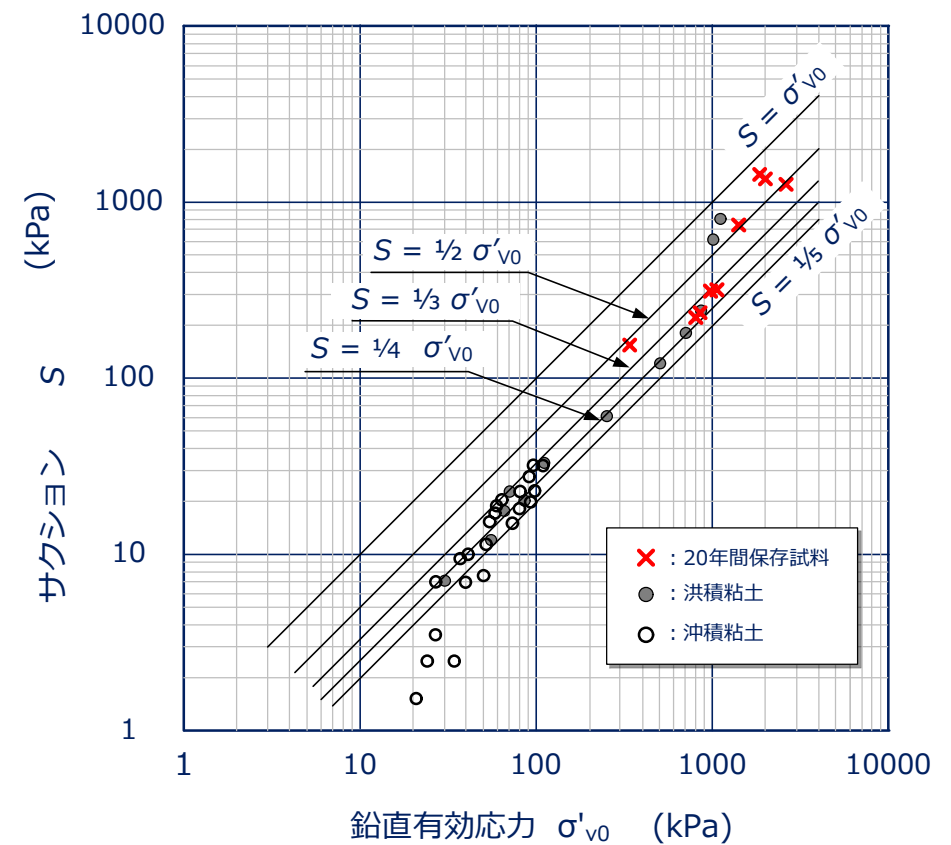


# 洪積粘土の水浸による強度変化と鉛直有効応力・サクションの関係

## ■ 水浸による強度低下とサクションの減少

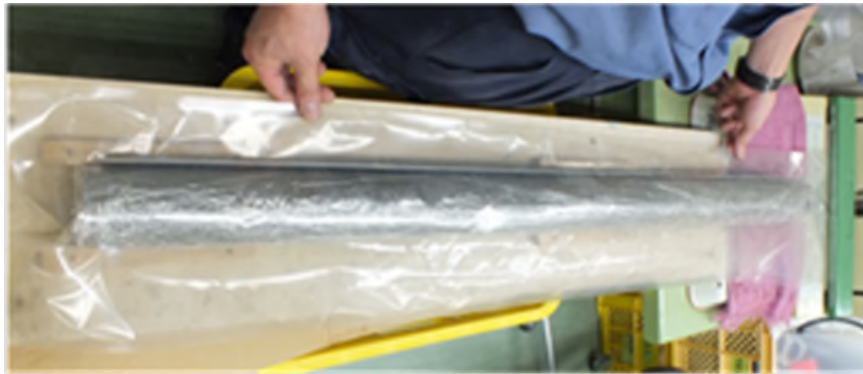


## ■ 大阪湾粘土の鉛直有効応力とサクションの関係

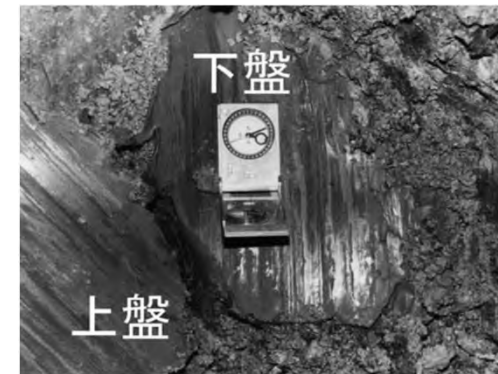


# 真空パック法の応用

## ① コアの真空パックの例



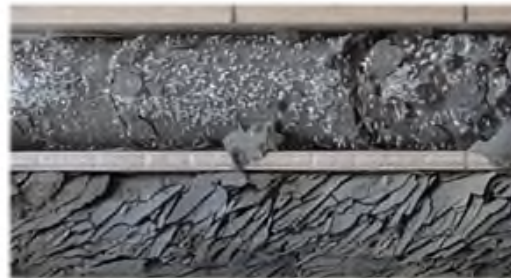
## ③ 貴重なすべり面箇所のサンプル保存



## ② コア箱内で長期保存試料の例



a) 細片化と体積膨張



b) 石膏の析出（白色）



c) 硫黄の析出（黄色）

山崎孝成：現場で役に立つ地すべり工学

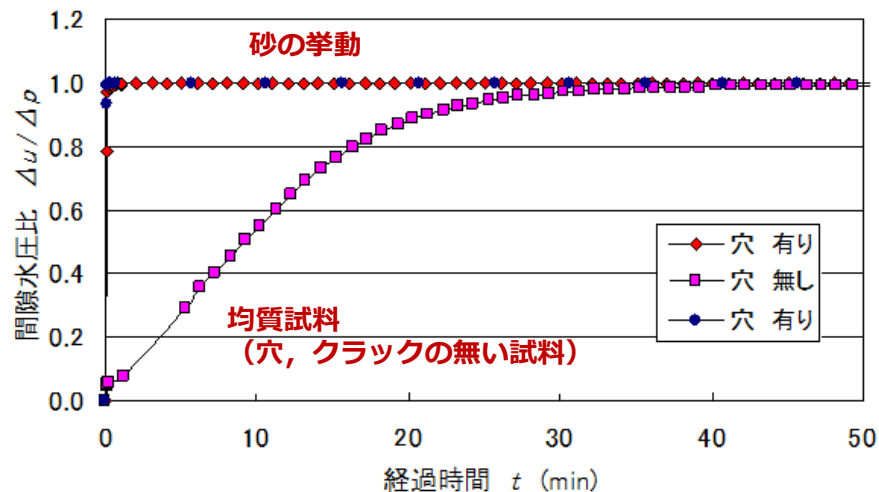


# — 洪積粘土を対象とした定ひずみ速度圧密試験の課題 —

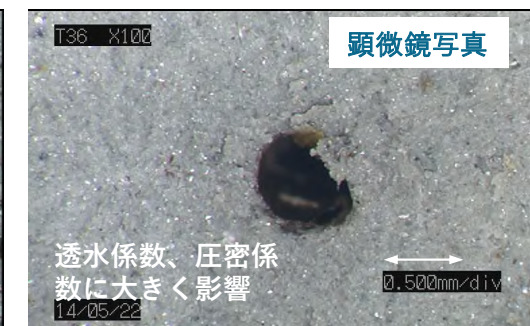
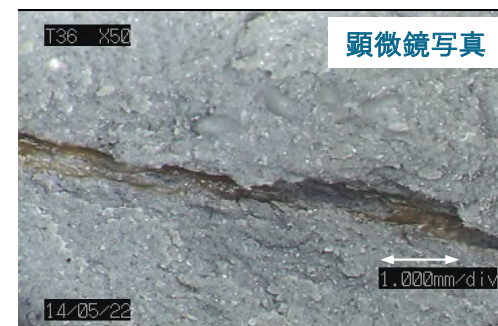
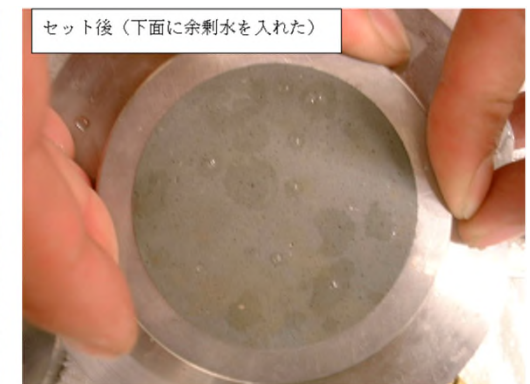
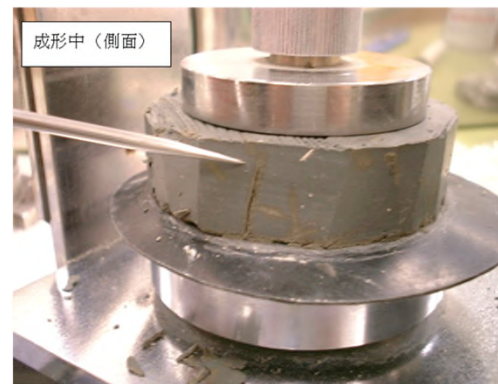
## ■ 定ひずみ速度圧密試験の背圧設定 — 生痕化石の影響 —

- 供試体内に段階的に背圧を  $50\text{kN/m}^2 \sim 200\text{kN/m}^2$  の範囲で設定することを標準とする。
- 供試体底面の水圧の測定値が十分短い時間内で背圧に等しくならない場合には、水圧の値が背圧にほぼ一致するまで放置するか、背圧を増加させる。

- 洪積粘土中の生痕が圧密挙動に及ぼす影響



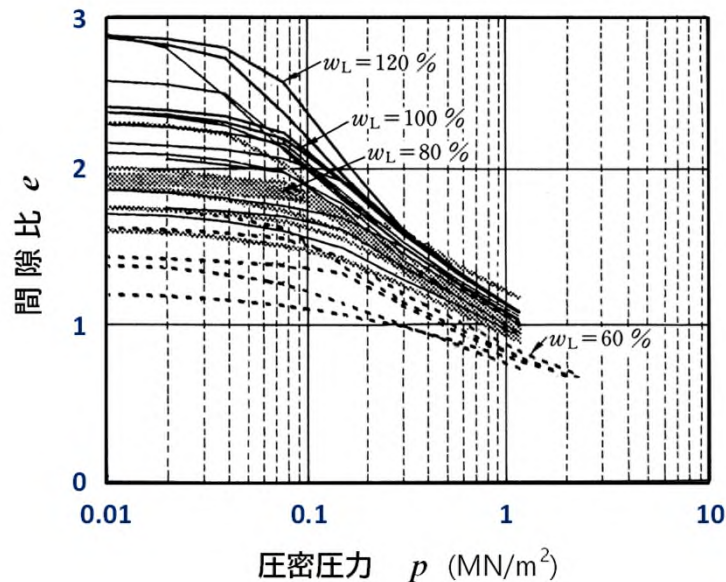
大向直樹：疑似過圧密粘土の圧密特性に関する研究,  
博士論文, 2008.



# 一粘土の圧縮性と液性限界の関係一

## ■ 乱さない沖積粘土の圧縮曲線

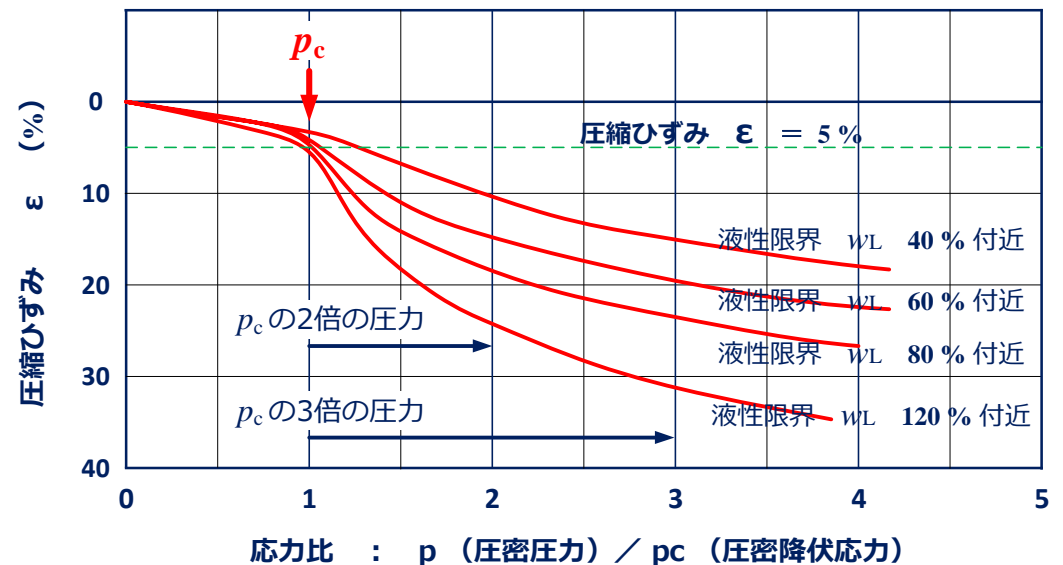
- 液性限界の高い試料の $e_0$ が大きい
- 液性限界の高い試料の圧縮性が大きい



土質工学会関西支部：海底地盤，乱さない沖積粘土の圧縮曲線，p152，1995.

## ■ 液性限界で区分した圧縮ひずみと応力比の関係

- 液性限界の高い試料の**圧縮ひずみ**が大きい
- $P_c$ 付近(応力比=1)で発生する圧縮ひずみは、ほとんどの試料で**5%以下**の値で、この値から品質の評価が可能？



畠山正則，大阪湾洪積粘土の圧縮性と液性限界の関係，第36回地盤工学研究発表会，pp.293～294，2001.

## 一軸圧縮試験

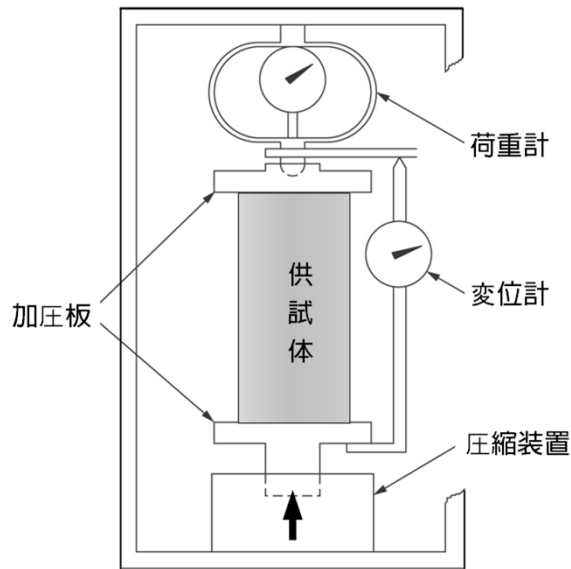
一 乱れ(攪乱)による強度低下の要因と低減策 一

# 一軸圧縮試験の目的と課題

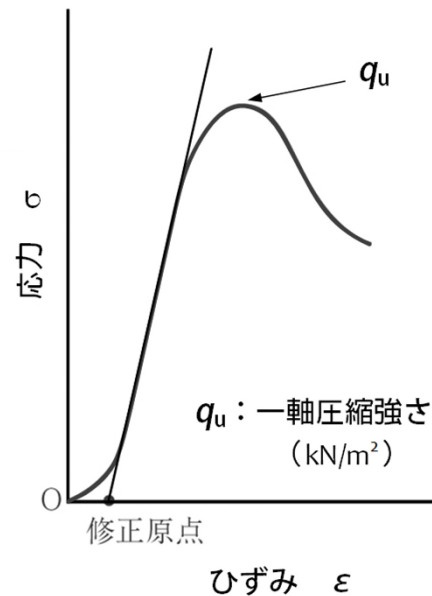
一軸圧縮試験は、JIS で規格化（1958）された試験法

- ① 地盤から採取した乱れの少ない試料の**一軸圧縮強さ $q_u$** をもとに、その試料が原位置にあった状態の**非排水せん断強さ $S_u$** を推定する簡便な試験法
- ② 日本においては一軸圧縮試験が最も多く実施されている
- ③ 海外ではほとんど実施されていない

## 一軸圧縮試験装置の例（赤本）



## 応力ひずみ曲線の例（赤本）



## 一軸圧縮試験方法（赤本）

規格では

- 一軸圧縮試験は、**乱れの少ない粘性土**が対象
- 一軸圧縮強さ $q_u$ は、**拘束圧を受けない供試体を、毎分1%の圧縮ひずみで、連続的に圧縮した時の最大圧縮応力**

現状は

- 強度のバラツキが多いことから、適応を疑問視
- シルト分や砂分の多い試料にも適用されている



## 一軸圧縮強さに影響を与える要因（乱れの要因）

- ④ 日本で最初に一軸圧縮試験が実施された調査は、1952年の横浜港高島3号栈橋建設のための調査。ここでは、均質な海底粘土地盤を対象に、一軸圧縮強度の深度分布を精度よく求め、安定計算に適用した。

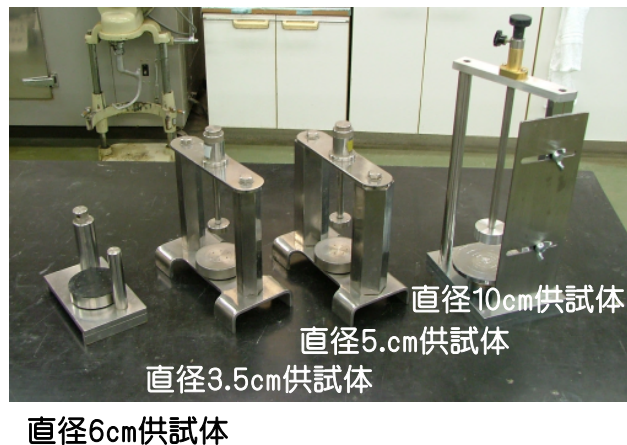
一軸圧縮試験に対しては、当時から「試料の乱れ」と「砂分を多く含む試料への適用性」に対しては関心が高く、多方面から研究が行われてきた。

- 奥村（1974）は、試料内の有効応力の変化に着目し、機械的なく乱を受けていない試料であっても、その残留有効応力は大幅に低下し、これが強度の低下となって現われると指摘
- 中瀬（1978）らは、粘性土及び粘性土と砂の混合土に対して、乱れによる非排水せん断特性の変化と粒度との関係を調べ、塑性の低い土は主応力差の解除によって、攪乱比が大きくなり、非排水強度の低下が著しいことを示した
- 松岡（1983）は、一軸圧縮試験は拘束圧 0（ゼロ）のもとでの試験であることから、原位置の応力状態のもとで再圧密してからせん断する方法を採用を主張。
- 土田ら（1989）は、サンプリング等による試料の乱れの影響、強度異方性、ひずみ速度依存性などを考慮し、再圧縮法を応用した「簡易CU試験法」を開発し、一軸圧縮試験と三軸圧縮試験を併用した新しい粘性土地盤の強度決定法を提案した

# 高品質の試験結果を得るための試験用具や試験装置の改良

## ■ 供試体の成形用具

- 試料は写真と観察
- 供試体の形状に合わせた用具



## ■ 試験装置

- 四連式による試験の迅速化
- 供試体の乾燥等の抑制

### 一軸圧縮試験装置の例

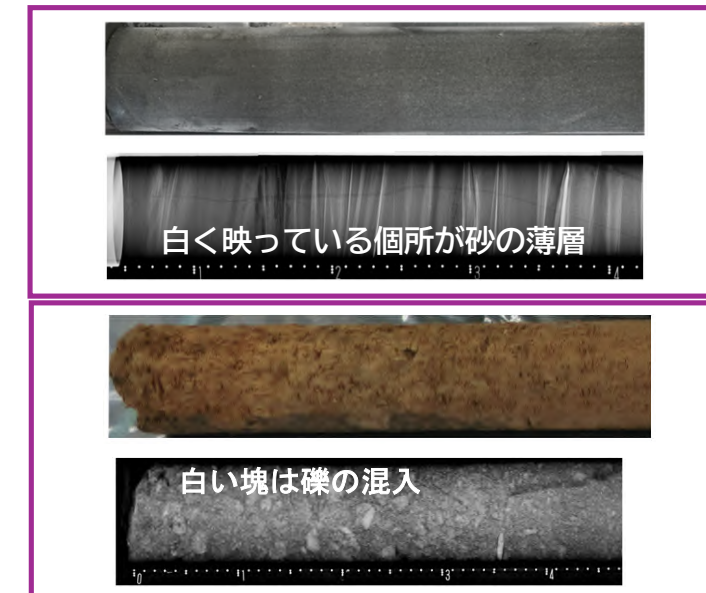
四連式の装置は、試験の省力化と供試体の乾燥などによる結果への影響を抑えている



## ■ X線撮影

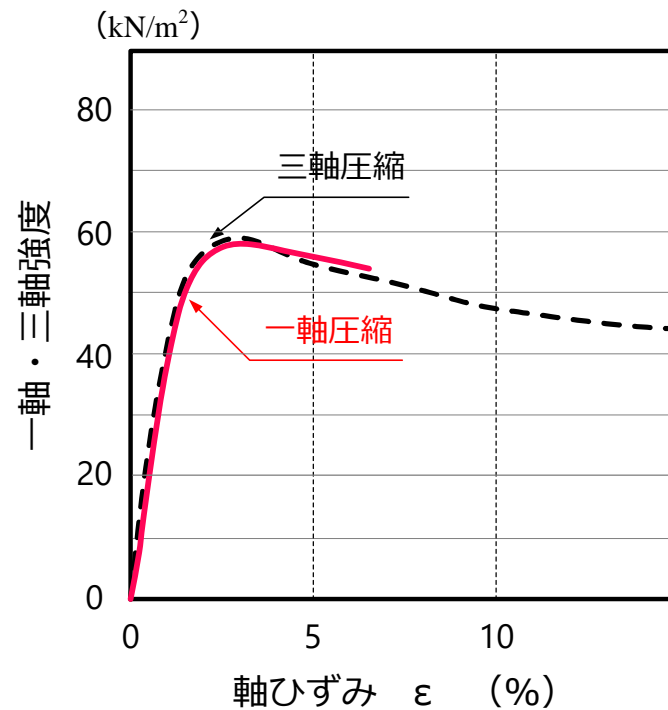
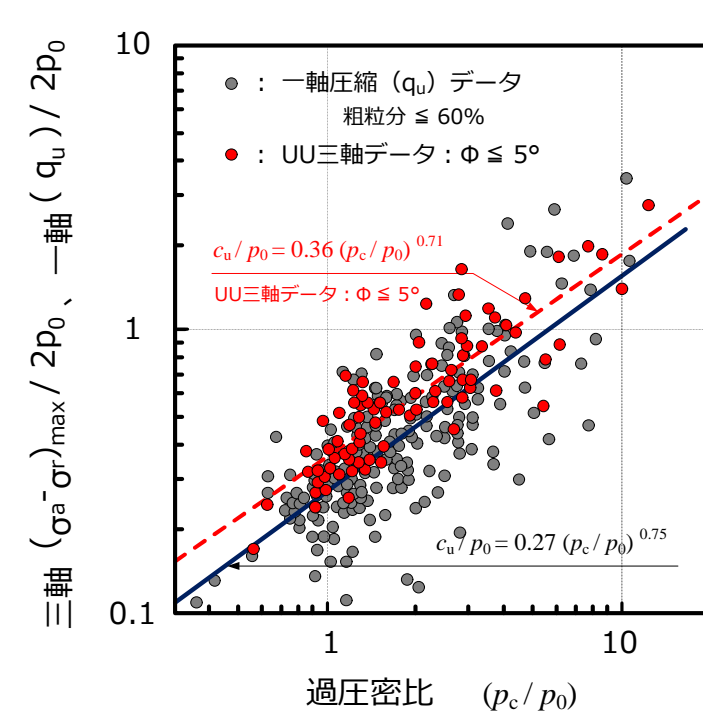
- 押出し前に撮影
- 混入物、層の確認

### 試料観察へのX線写真の活用

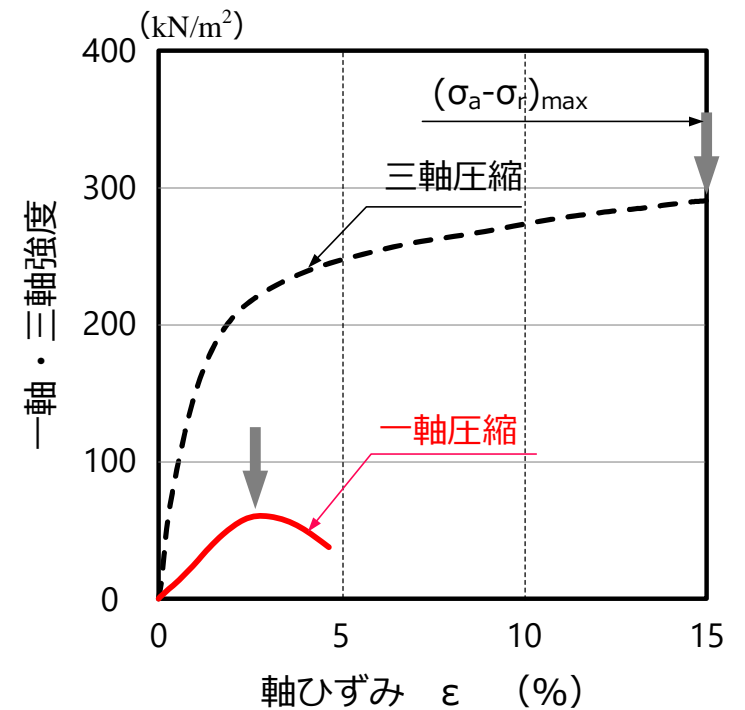


# 一軸圧縮試験とUU三軸圧縮試験結果の比較

## ■ 海底地盤の一軸圧縮試験とUU三軸試験結果の比較



(砂分0%, シルト分29%, 粘土分71%)



(砂分41%, シルト分44%, 粘土分15%)

大槇正紀、堀越伸幸：沿岸海底地盤の非排水強度特性、土木学会43回年次学術講演会、pp.530-531、1988.

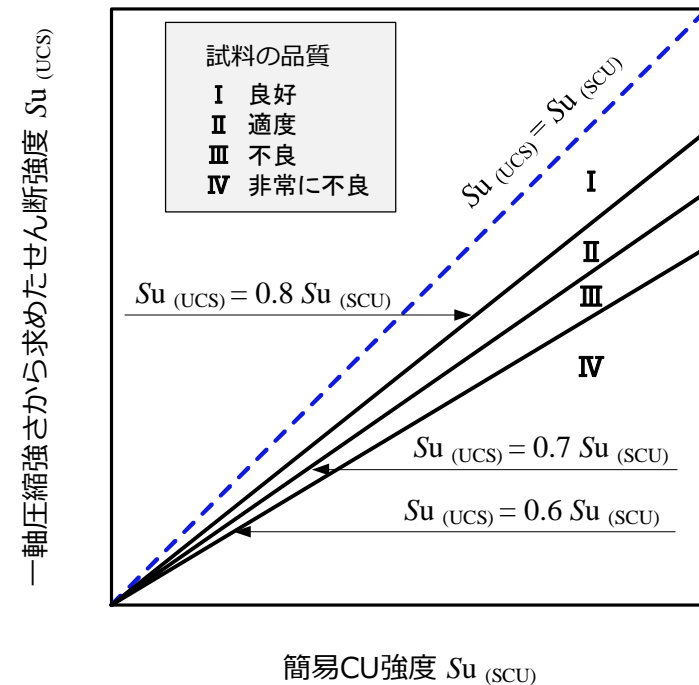
畠山正則、土田 孝：簡易CU試験におけるせん断中の間隙水圧を活用した強度評価、地盤工学会 地盤材料のボーリング・サンプリングと品質評価に関するシンポジウム、pp.66-73、2021.

# 簡易CU試験方法

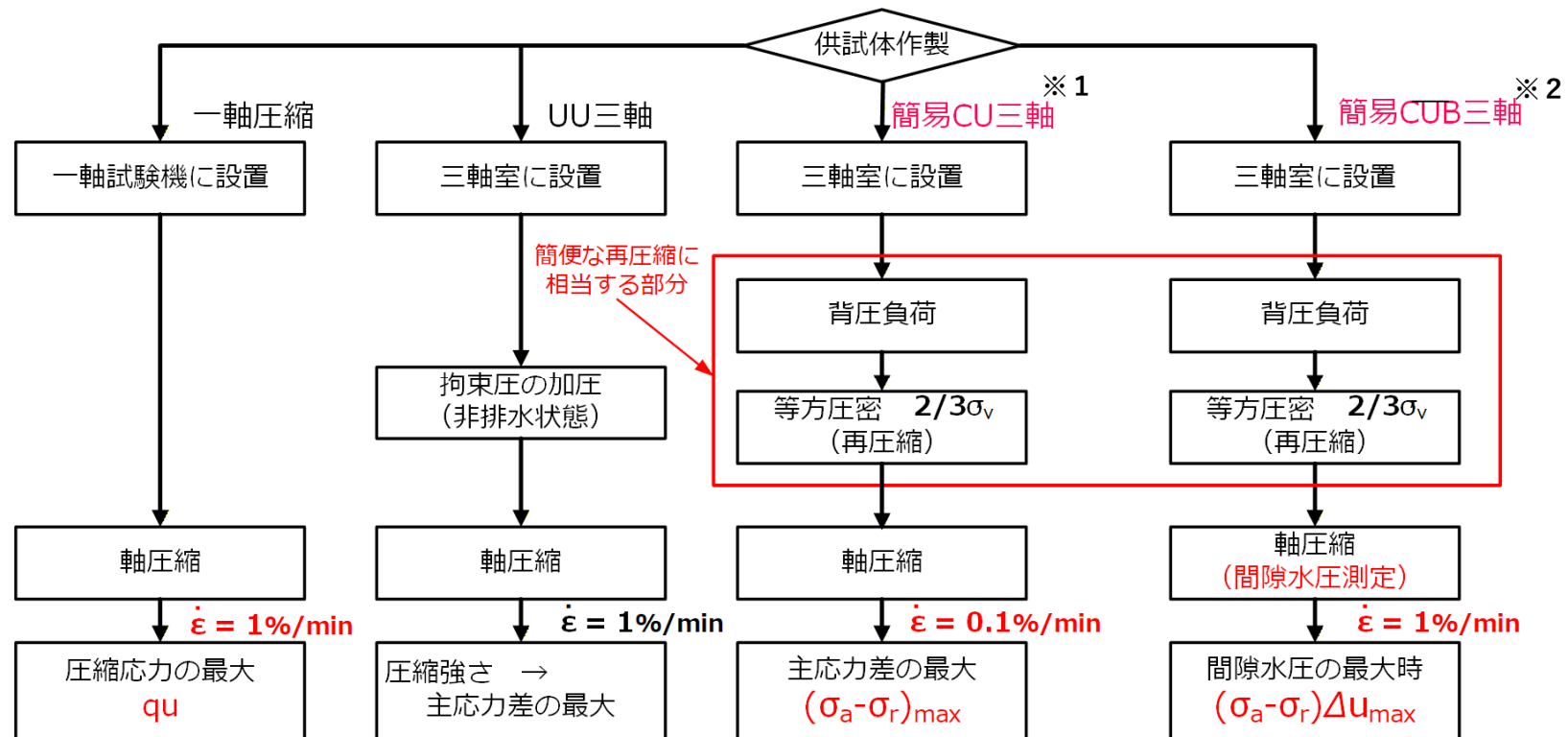
## ■ 簡易CU 試験の方法（抜粋）

- シンウォールサンプラーの試料で一軸圧縮試験 3 供試体と簡易CU 試験 1 供試体を実施する。
- 簡易CU 試験では, 試料を三軸試験機にセットし, 拘束圧を加えて圧密してから圧縮する。
- 拘束圧は有効土被り圧 $\sigma_{v0}'$ から $K_0$  値を0.5 と仮定して原位置の平均有効拘束圧( $2/3\sigma_{v0}'$ )を計算し, この圧力で供試体を一次圧密が十分終了するまで等方圧密する。
- 圧密終了後に0.1%/minのひずみ速度で非排水圧縮試験を行う。
- 本試験の最大軸差応力の2 分の1 を簡易CU 強度 $s_u( SCU )$ と呼ぶ。
- 3 個の $q_u/2$  の平均を $s_u( UCS )$ とする。
- $s_u( UCS )$ と $s_u( SCU )$ の関係から試料品質と対応した設計せん断強度を判定する。

- 一軸圧縮強度と簡易CU 強度を併用した試料の品質評価図



# 一軸、UU三軸試験と再圧縮法を取り入れた三軸試験の手順比較

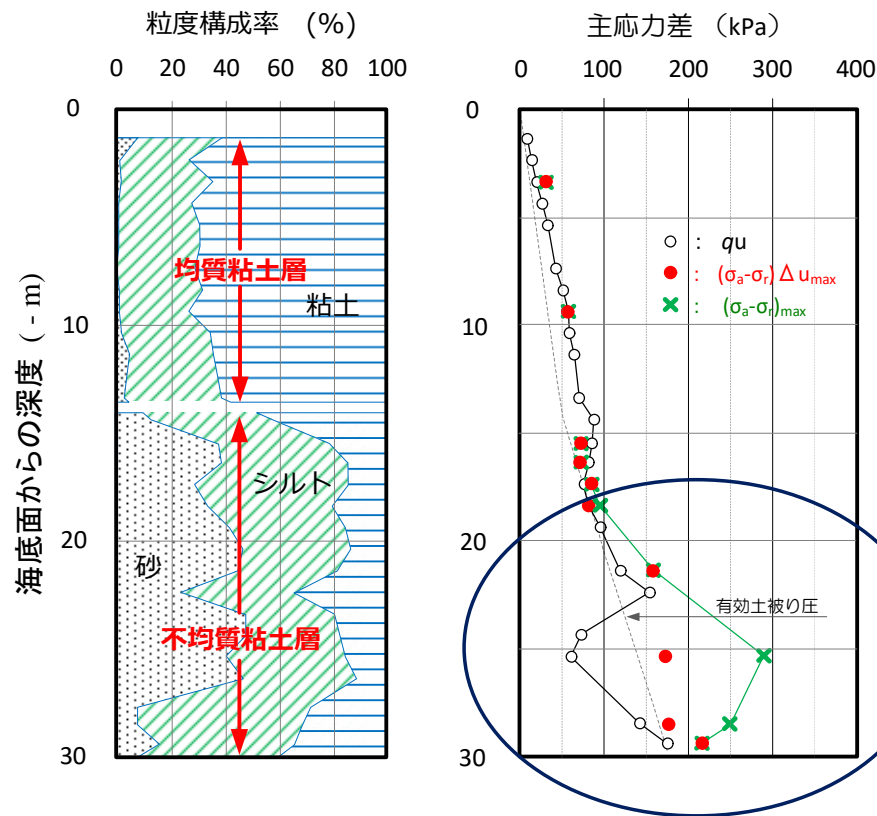


※1 土田 孝・水上純一・及川 研・森 好生：一軸圧縮試験と三軸試験を併用した新しい粘土地盤の強度決定法，港湾技術研究所報告，Vol. 28, No. 3, pp.81-145, 1989.

※2 畠山正則・土田孝：簡易CU試験におけるせん断中の間隙水圧を活用した強度評価，地盤材料のボーリング・サンプリングと採取試料の品質評価法に関するシンポジウム発表論文集，地盤工学会，pp.66-73, 2021.

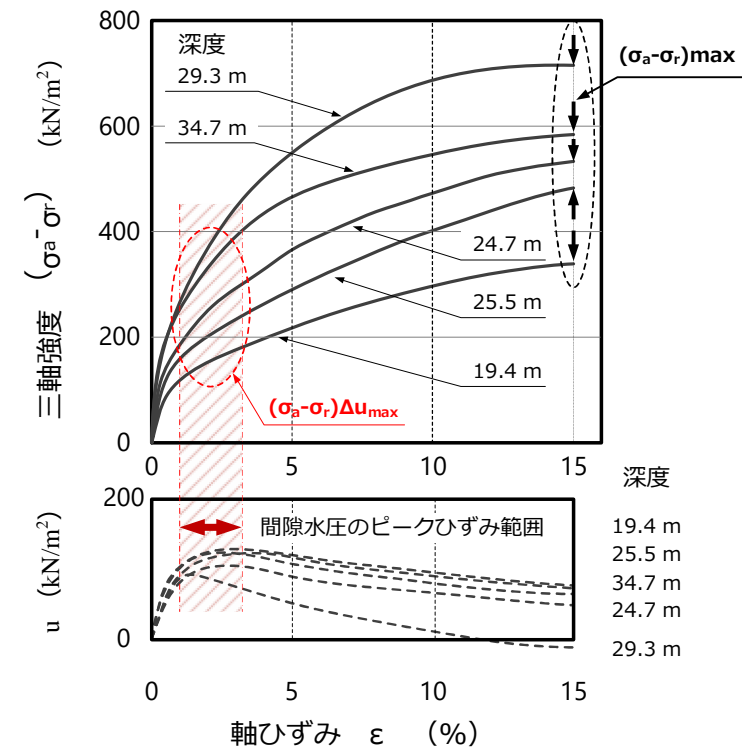
# 一軸圧縮試験とUU三軸圧縮、簡易CUB試験結果の比較

## ■ $q_u$ , $(\sigma_a - \sigma_r)_{\max}$ , $(\sigma_a - \sigma_r)\Delta u_{\max}$



## ■ 簡易CUB試験結果 (シルト,砂分が主体の試料)

- $(\sigma_a - \sigma_r)_{\max}$ はひずみ15 %で表れている
- 間隙水圧のピークはひずみ5 %以内で表れている
- 強度の過大評価, 過小評価の防止

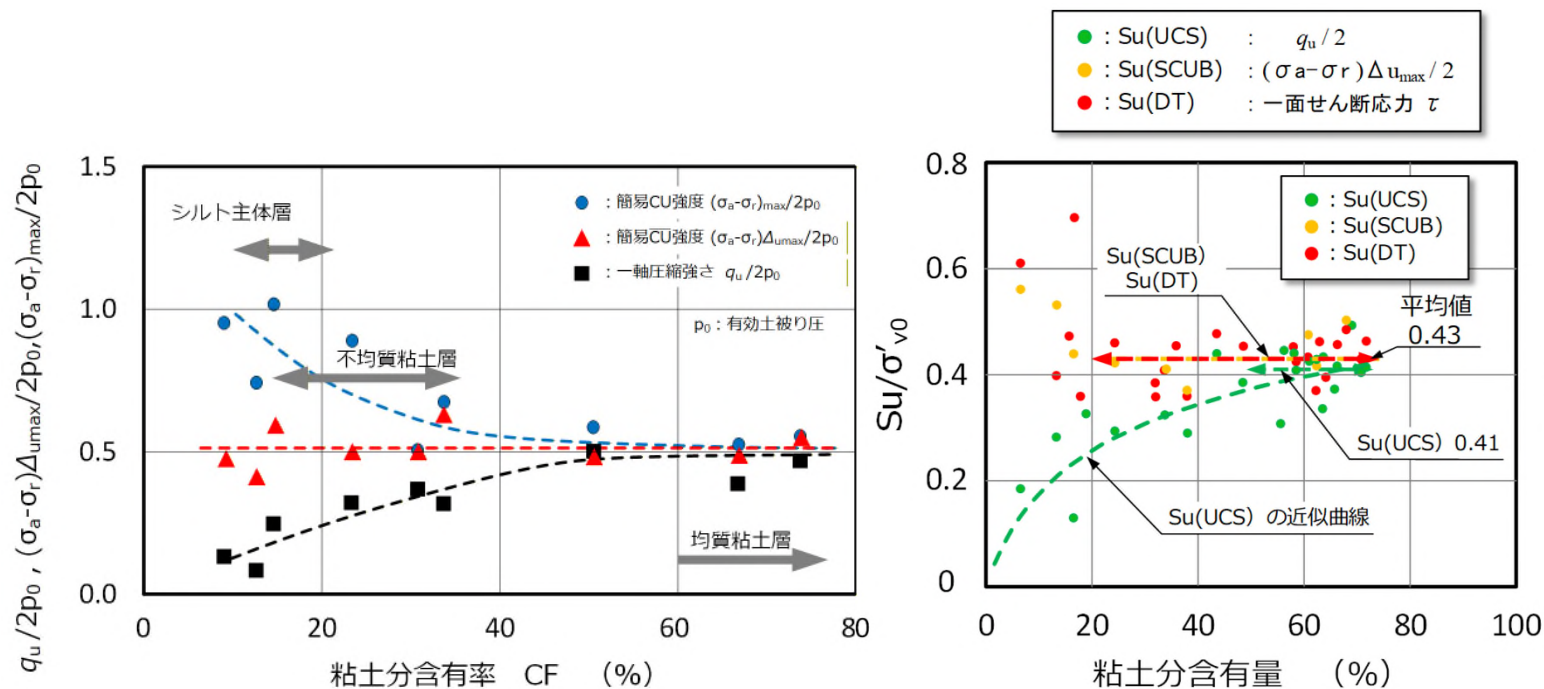




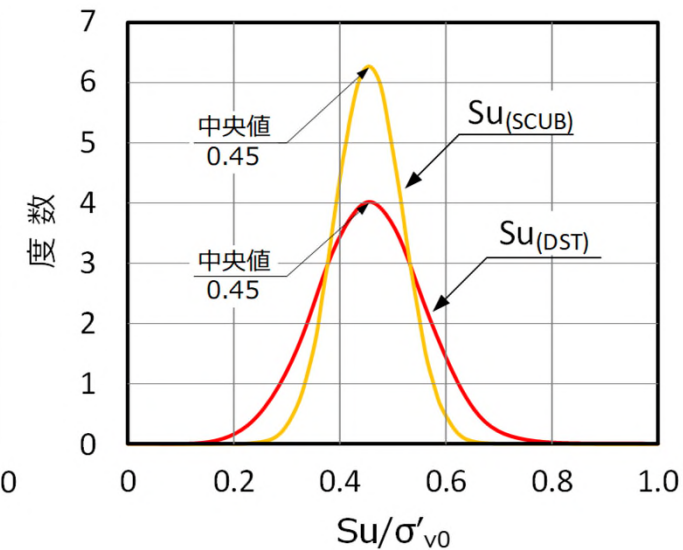
# 正規化強度比と粘土分含有率の関係

## ■ 簡易CU試験, 簡易CUB試験, 一軸圧縮試験と一面せん断試験結果の正規化強度とCFの関係

- CFが 40 %以上で試験法に関係なく、同じ強度比を示す。
- CFの減少に伴い、簡易CU強度比は増加し、一軸圧縮強さによる強度比は減少する。
- 簡易CUB試験による強度比は、CFに影響されず一定の値となっている。
- 簡易CUBと一面せん断試験による正規分布への当てはめによる中央値は両者ともに一致している



## ● $S_u(\text{SCUB})$ 、 $S_u(\text{DT})$ の関係





# 一軸圧縮試験

— 鋭敏粘土試料に対する対応 —

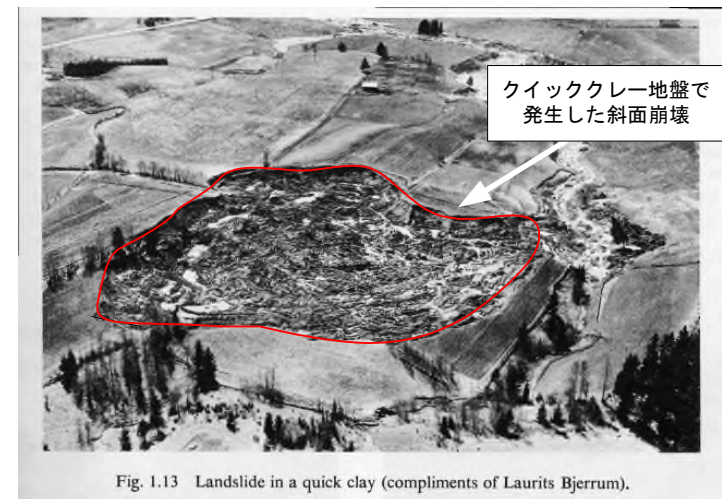
# 鋭敏粘土試料に対する対応

## ■ 鋭敏粘土の成因(日本国内)

- 海水中で堆積した粘土
- 火山灰や風化した粘土鉱物が主たる鉱物
- 上載圧はさほど大きくない
- 塩分溶脱した地層は鋭敏比が大きい傾向にある
- 応力の練り返しによる強度低下は顕著

## ■ クイッククレイ(北欧、カナダ)

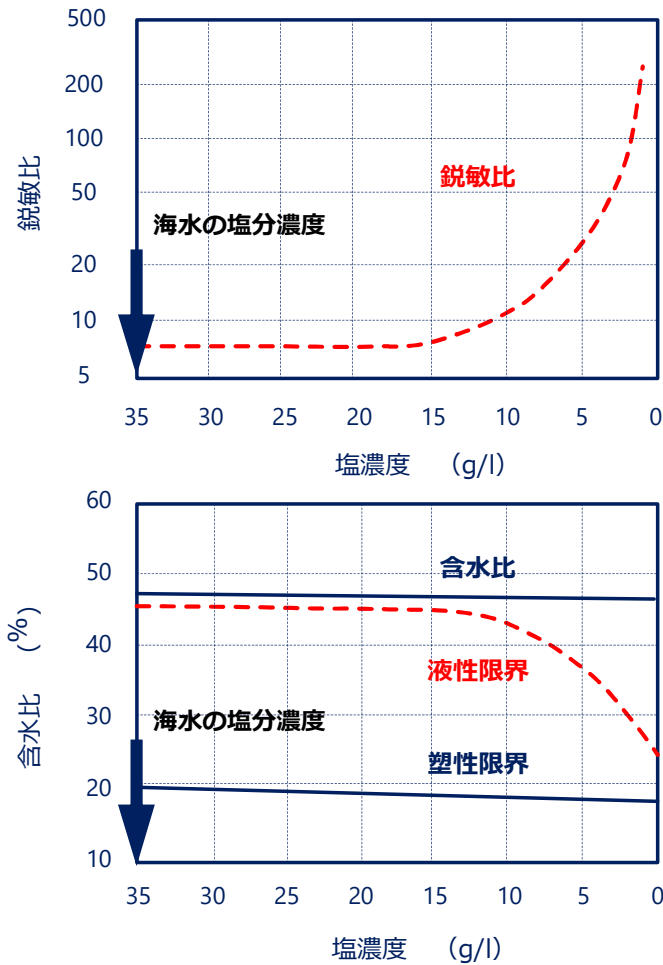
- 海水中で堆積した粘土
- 氷河によって削られた岩粉が主たる鉱物 (ロック フラワー)
- 氷河による上載荷が大、応力開放も大 (1000年で200m隆起)
- 地下水の流動による著しく塩分が溶脱されている
- 振動、衝撃で瞬時に崩壊、泥状となる



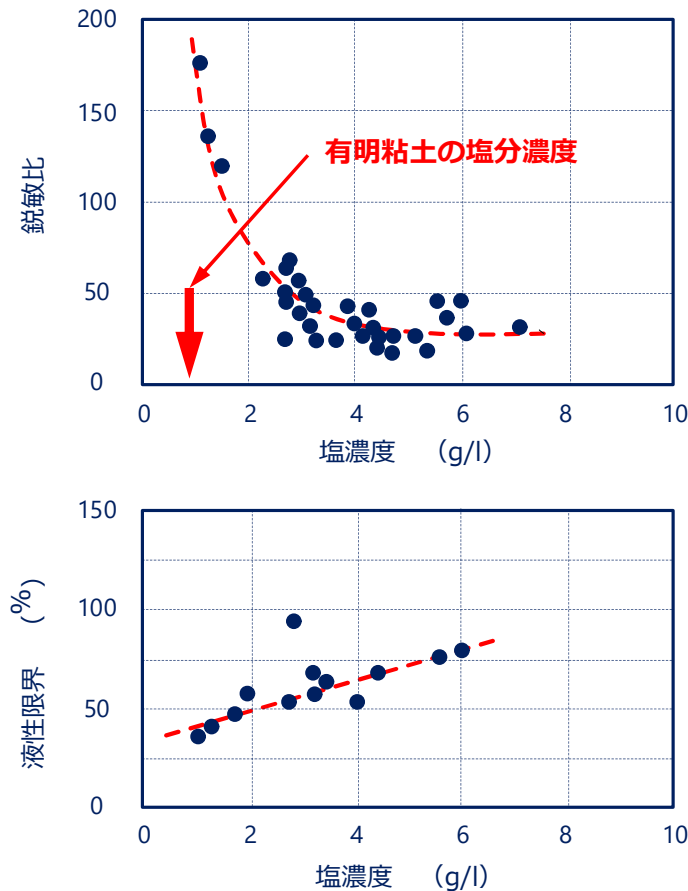
- 柴田 徹：クイッククレイとクイックサンド，土と基礎，Vol.20，No.7，pp.29～30，1972.

# 塩分溶脱による鋭敏比の変化 ―塩分濃度と鋭敏比,液性限界の関係―

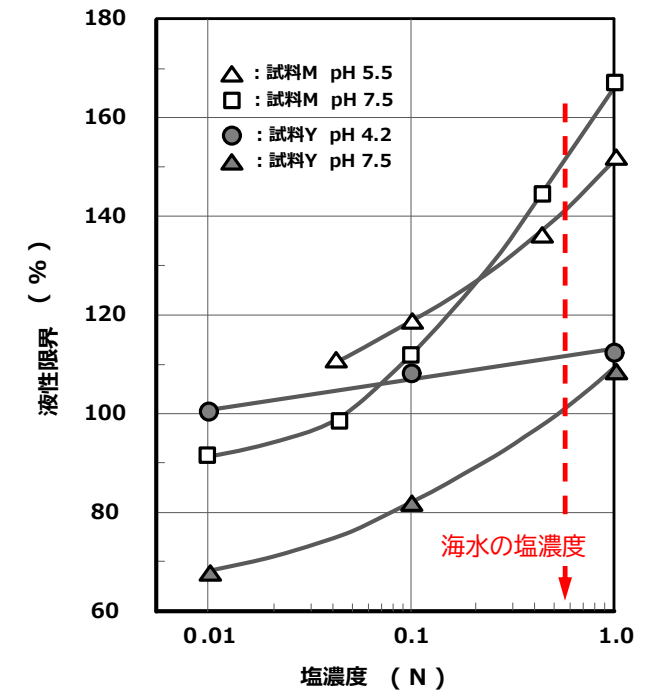
## ・ ノルウェーの海成粘土 (ベラム,1954)



## ・ 有明粘土 (三浦ら)



## ・ 液性限界と塩濃度の関係

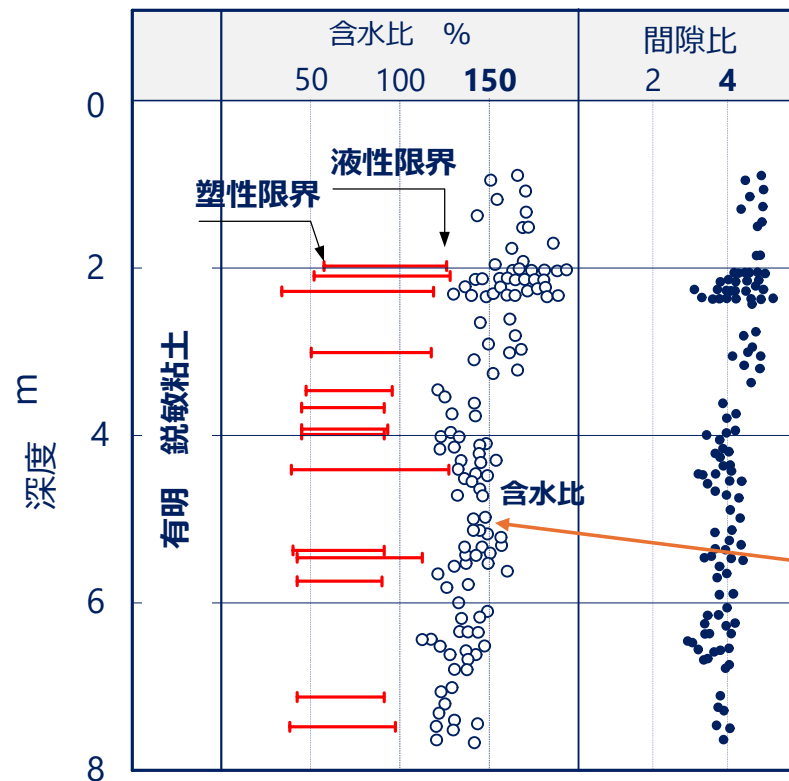


大坪 政美：海成粘土の液性限界・沈定容積に及ぼす塩濃度の影響、農業土木学会論文集第96号、1981。

■ 三浦哲彦ら：有明粘土層の堆積環境とその鋭敏性について、土木学会論文集, No.541, /Ⅲ-35,pp.119~131, 1996.

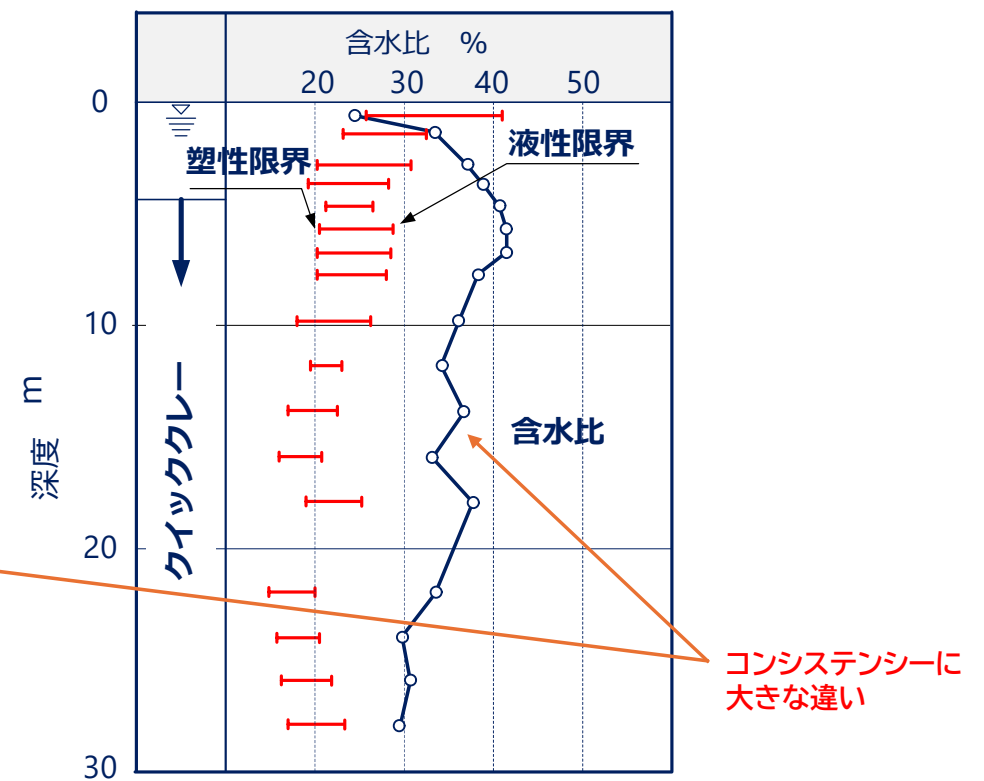
# 鋭敏粘土の特徴的な物性（鋭敏粘土の地域性）

## ・ 有明粘土の特徴的な性状



■ 平間邦興ら：海成粘土の工学的特性に関する研究，－軟弱な有明粘土について－，大林組技術研究所報，No.35，pp.11～15，1987.

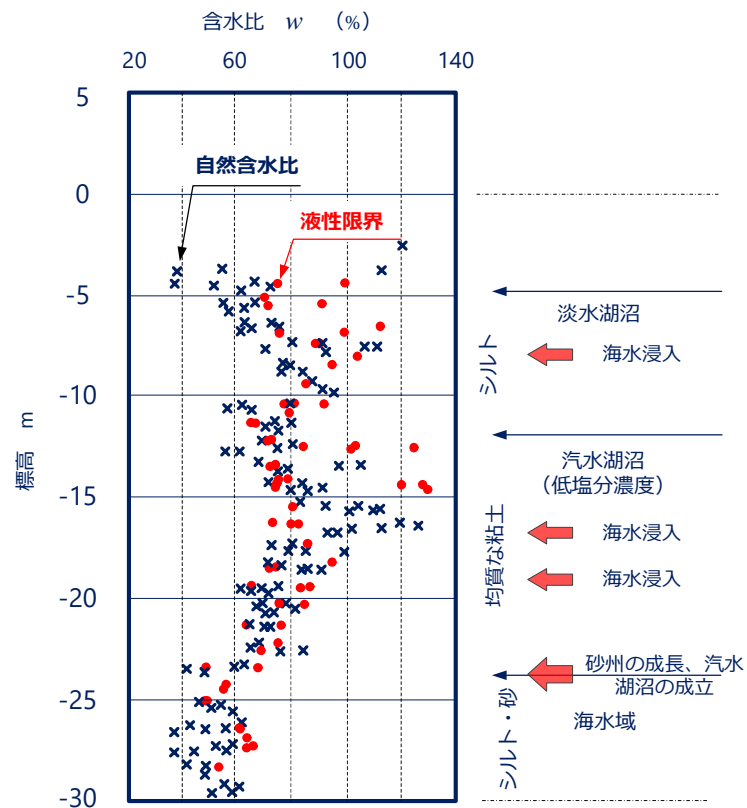
## ・ 典型的なクイッククレイ（オスロー）



■ 柴田 徹：クイッククレイとクイックサンド，土と基礎，Vol.20，No.7，pp.29～30，1972

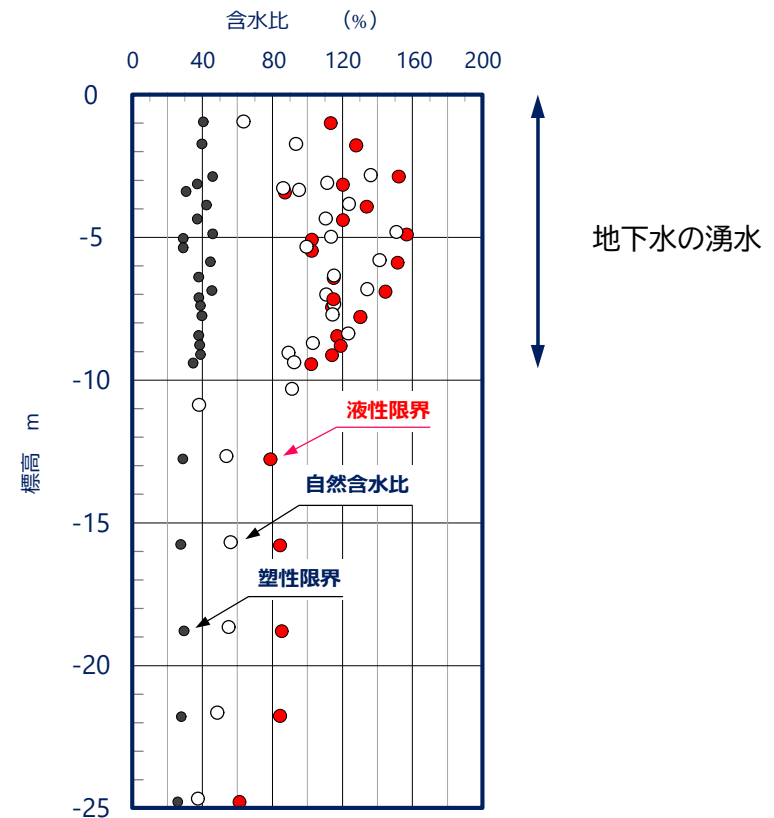
# 新潟地域における鋭敏粘土の分布状況

【塩津潟地域】 → 堆積環境による影響



■ 安井 賢：沖積粘性土における自然含水比の深度分布図と堆積環境変化との関係，新潟応用地質研究会誌，pp.39-45，2002.

【佐渡 国仲平野】 → 地下水の湧水による影響



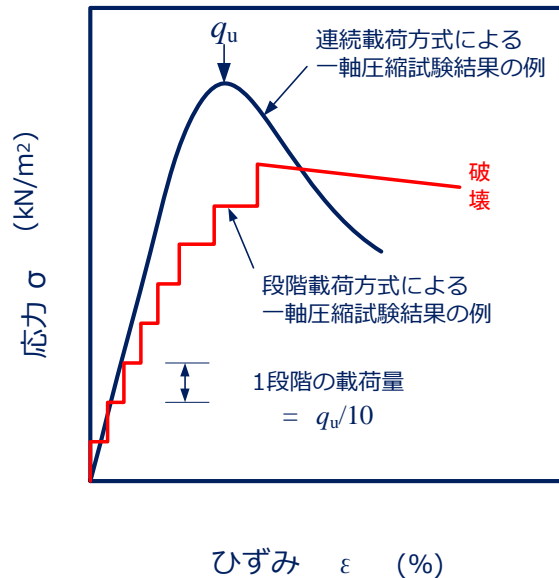
■ 畠山正則：佐渡の鋭敏粘土，地盤工学会誌，58-7，pp.10-13，2002.（追記）

# 鋭敏粘土の原位置非排水強度の決定法ー1

- 小さなひずみで急激に破壊に至る（脆性破壊）
- 段階載荷による二本の直線の交点を現場強度（上限降伏値）とする
- 鋭敏粘土の現場強度は、塑性指数に依存する。**地域性も考慮**しなければならない
- **鋭敏粘土は圧密係数 $C_v$ も小さい傾向がある（例えば、 $10 \text{ cm}^2/\text{d}$  前後）**

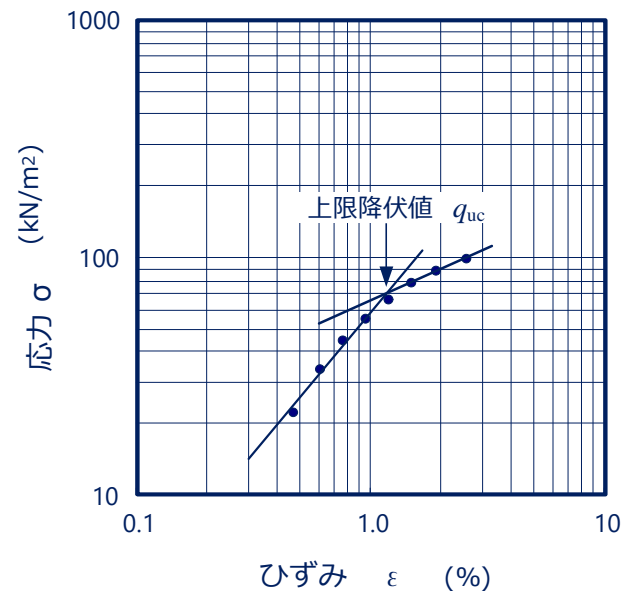
## ■ 試験方法の概要

- 二つの方法による強度

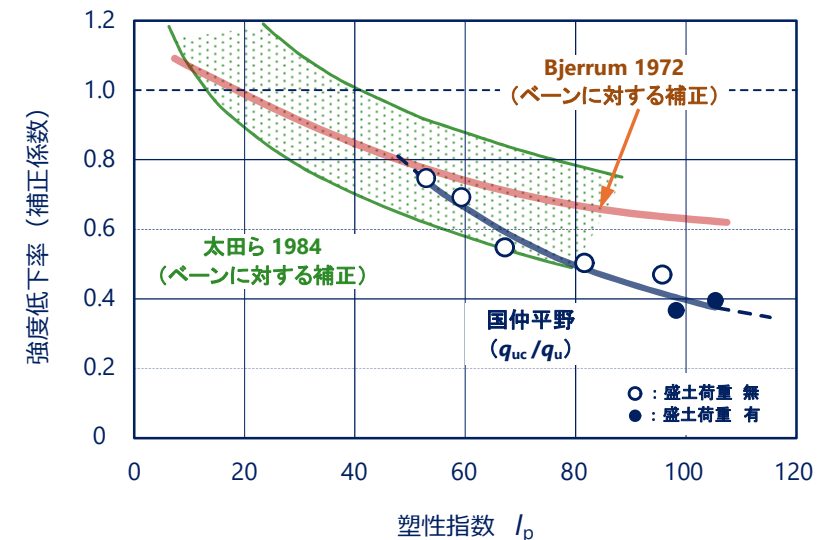


## ■ 試験結果の整理例

- 強度低下率  $q_{uc}/q_u$



## ■ 鋭敏粘土の現場強度の決定法

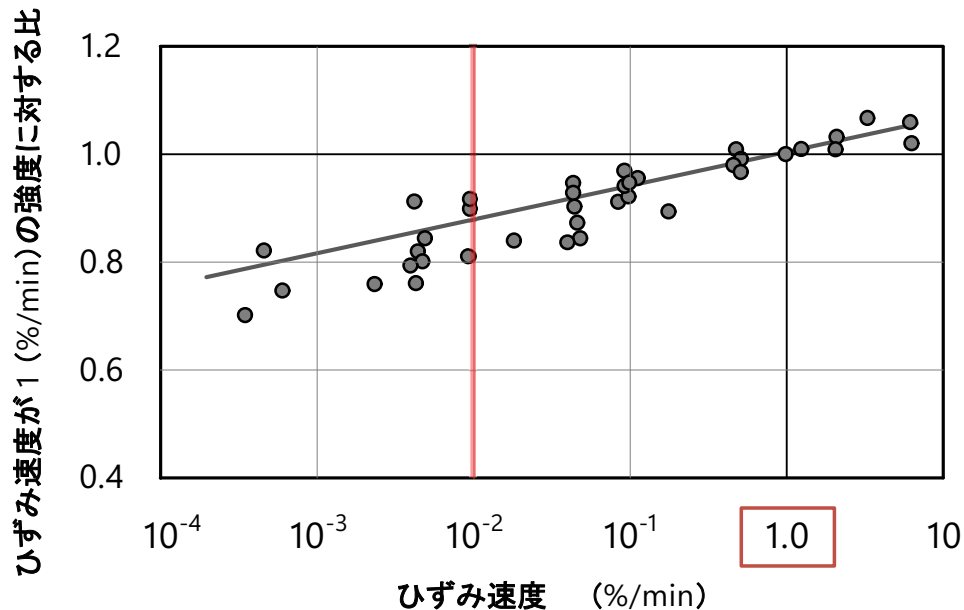


- Bjerrum, L. (1973): Problems of soil mechanics in unstable soils, Proc. of 8th ICSMFE, Vol. 3, pp. 111-159.
- 太田秀樹ら：原位置試験による変形・強度定数の決定と設計への適用性, 土木学会論文集, 第346号/Ⅲ-1, pp.77-86, 1984.

■ 畠山正則：佐渡の鋭敏粘土, 地盤工学会誌, 58-7, pp.10-13, 2002.

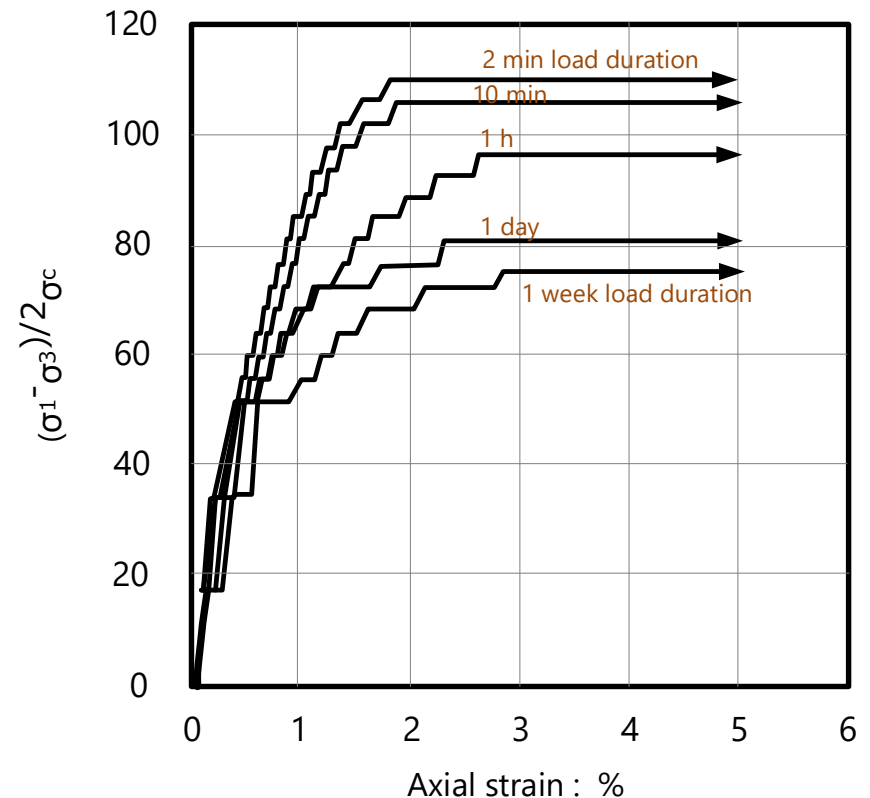
## 鋭敏粘土の原位置非排水強度の決定法ー2

- 室内試験のひずみ速度 1 %/min
- 実際の破壊が起こるときの速度 0.01 %/min
- 強度比は 80～90 %



せん断強度のひずみ速度依存性 (土田、1996)

- 段階載荷試験



J. GRAHAM, J. H. A. CROOKS and A. L. BELL: Time effects on the stress-strain behaviour of natural soft clays, Geotechnique 33, No. 3, pp.327-340, 1983.

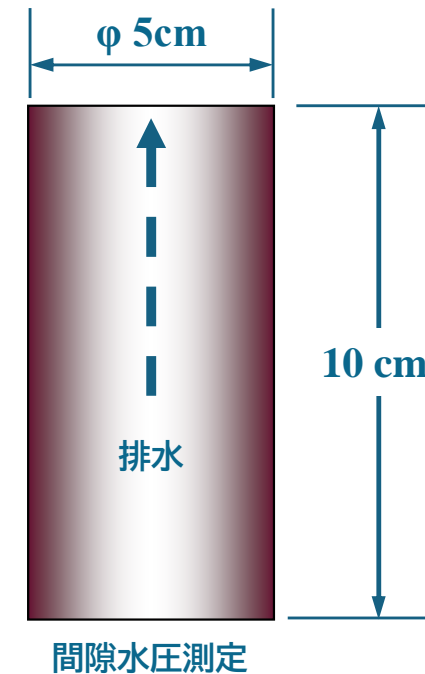
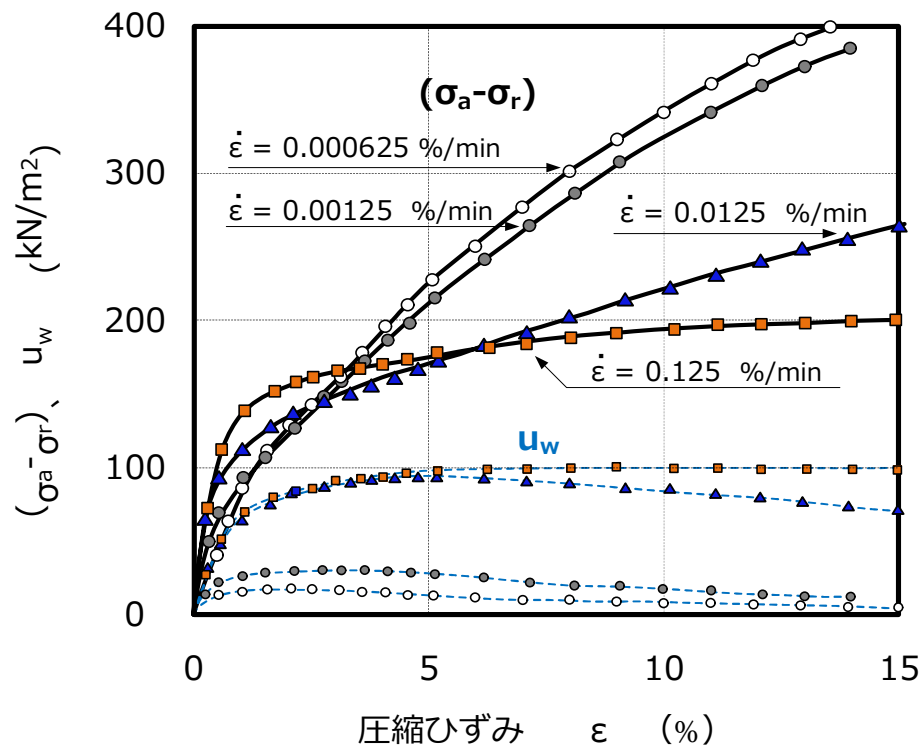


# 一般粘土の原位置非排水強度は？

## ■ ひずみ速度を変えた三軸圧縮試験

- ・ スラリー試料を  $200\text{kN/m}^2$  で圧密した試料を使用
- ・ ひずみ速度を4種の三軸圧縮試験
- ・ 供試体上面で排水、下面で間隙水圧測定

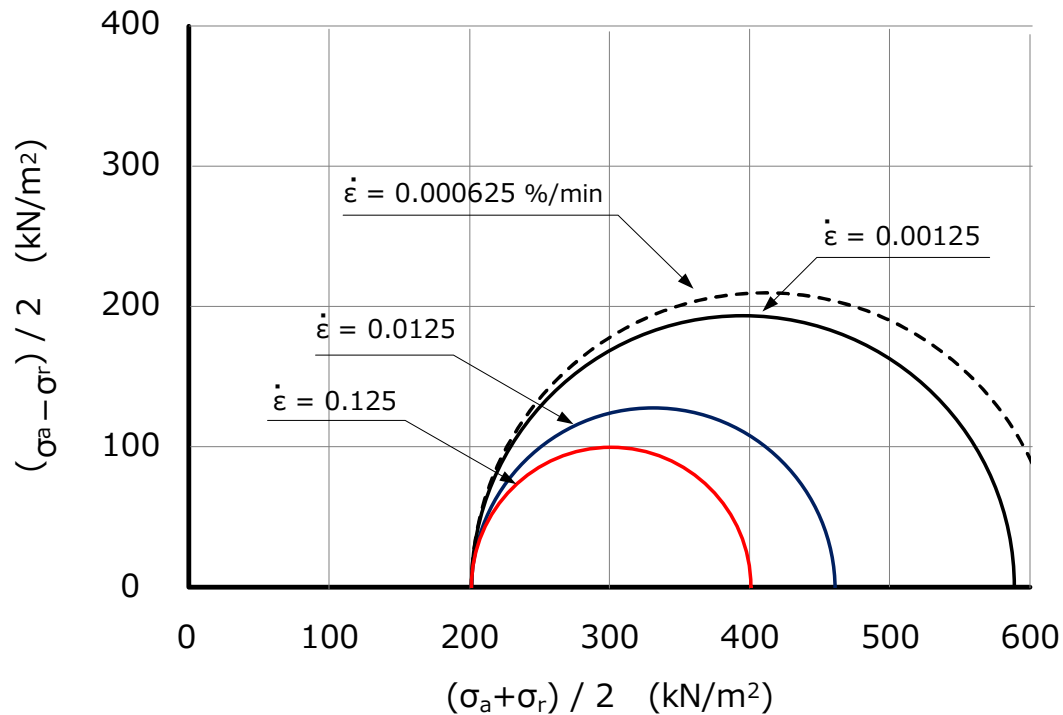
## ■ 供試体の寸法と計測条件



## 片面排水でせん断ひずみ速度を変えた三軸圧縮試験（間隙水圧測定）

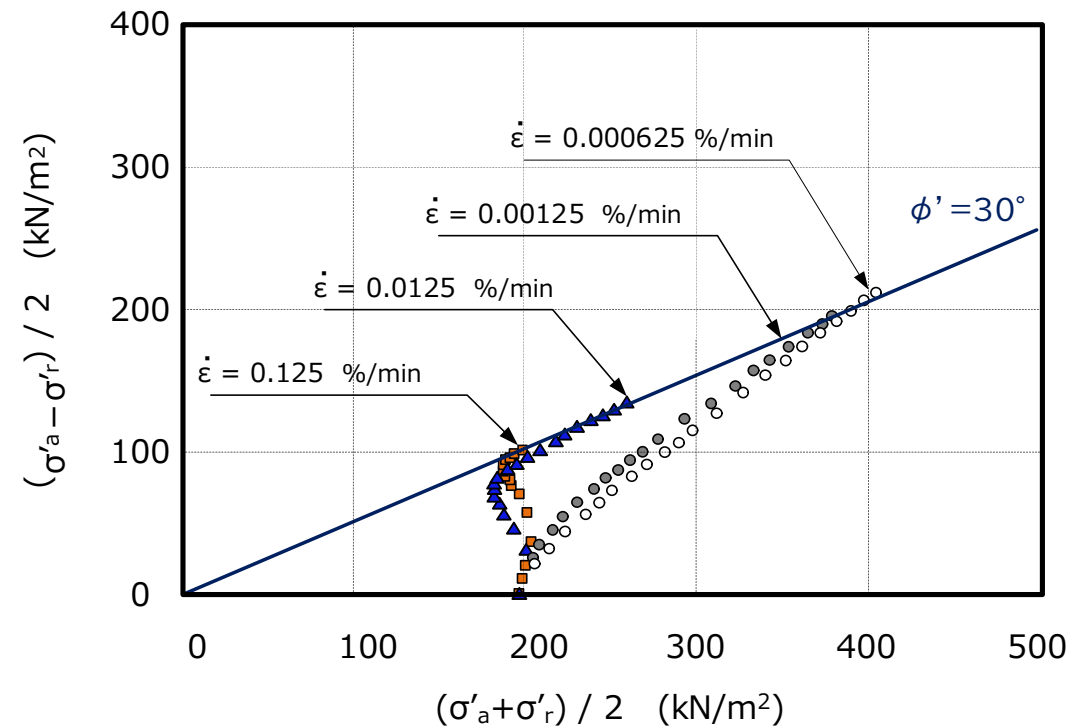
### ■ モール円の全応力表示

- ひずみ速度の違いで強度の増加が確認される
- ひずみ速度 0.125 %/minと 0.00125 %/minでは強度が2倍に増加（非排水せん断とは異なる現象）



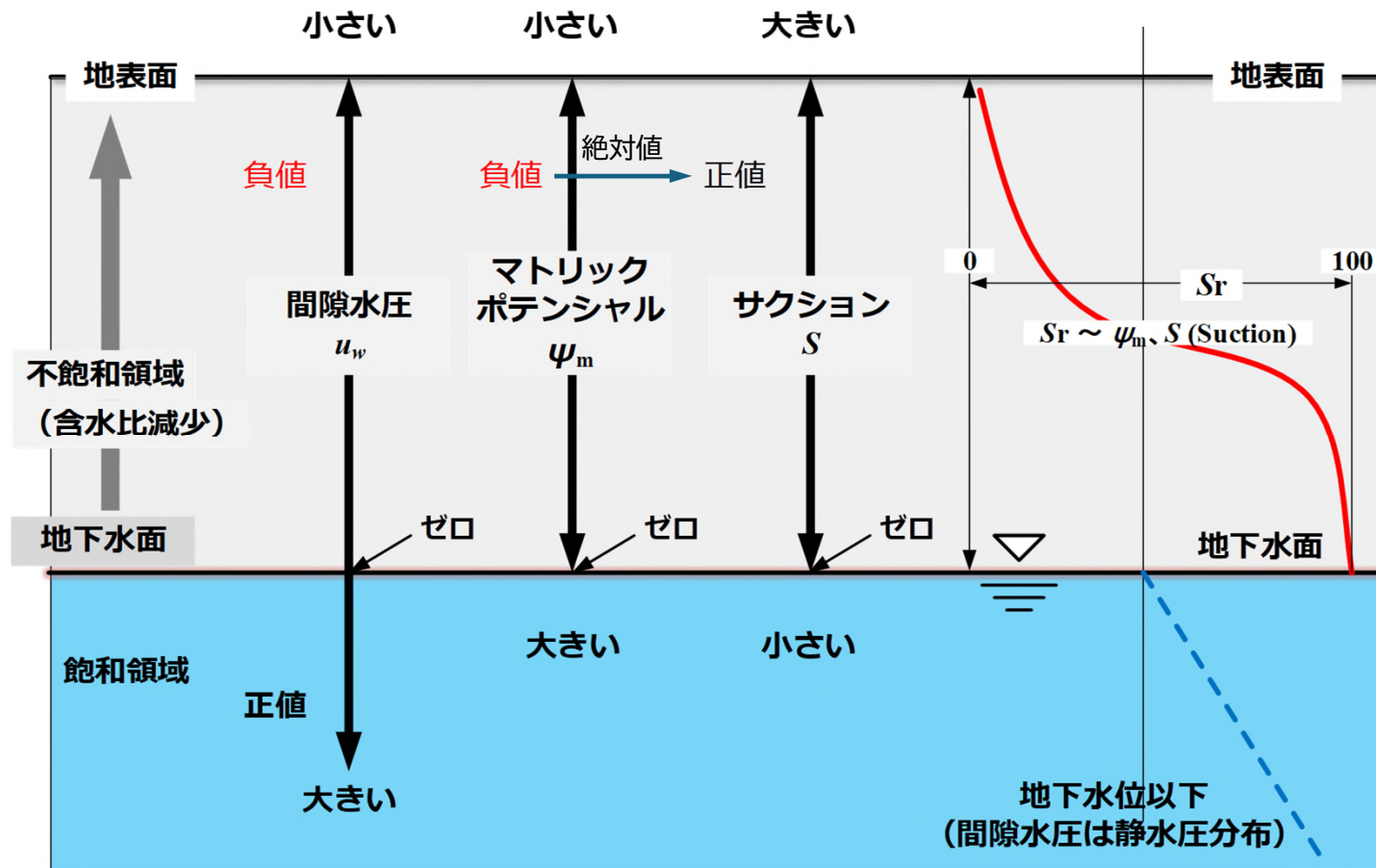
### ■ 有効応力経路

- 各試験結果が有効応力経路上の破壊線に近似する
- 一般粘土においては鋭敏粘土のようなひずみ速度依存性を考慮しなくてもよさそう？



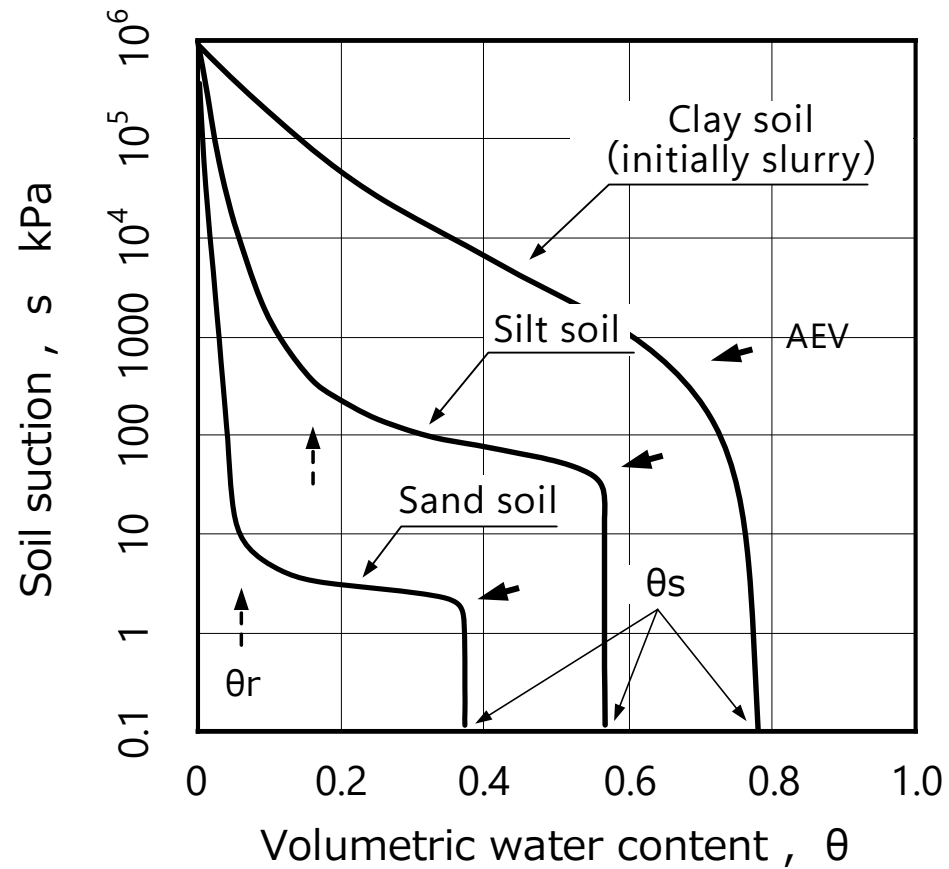
### **3. 土の保水性と室内試験**

# 地下水位と間隙水圧、マトリックポテンシャル、サクション、飽和度



※：不飽和領域の間隙水圧は常に間隙空気圧より小さい。

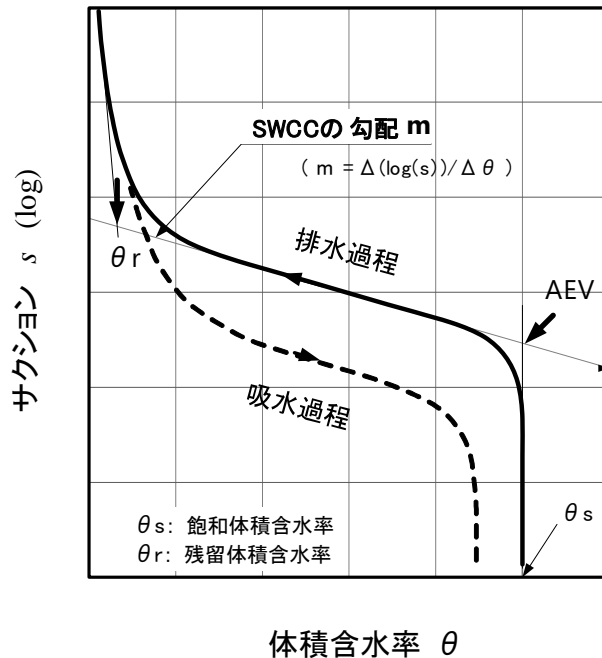
## 水分特性曲線 (Soil Water Characteristic Curve, SWCC)



# 不飽和土を対象とした室内試験 — 三つの重要な情報 —

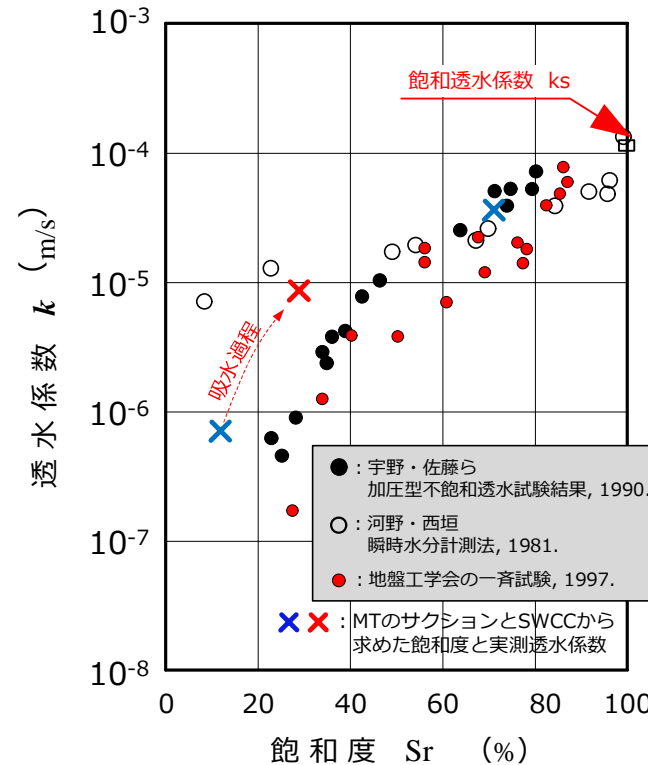
## ■ 水分特性曲線 (SWCC)

- JGS「土の保水性試験方法」
- 室内試験に長時間要するため、ほとんどがモデル式による取得



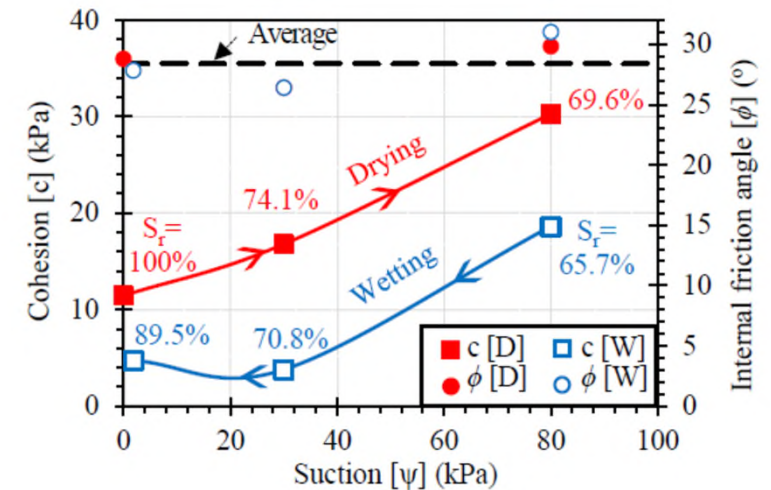
## ■ 不飽和透水係数

- 豊浦砂の結果
- 学会基準もなく、室内試験は難しく、モデル式による取得



## ■ 不飽和土の $c, \phi$

- 定体積一面せん断試験
- 排水過程(乾燥)と吸水過程(湿潤)側のサクションと  $\phi, c$  の関係
- 吸水過程の飽和度70%以降で  $c$  が最も小さい値



相良・アデル.A・安福・石藏・畠山・京野・持田：排水・吸水過程における不飽和土のせん断強度特性のワンサンプルによる迅速な計測システムとその算定法, 2022年度西部支部概要, 2022.

# JGS 0151 「土の保水性試験方法」

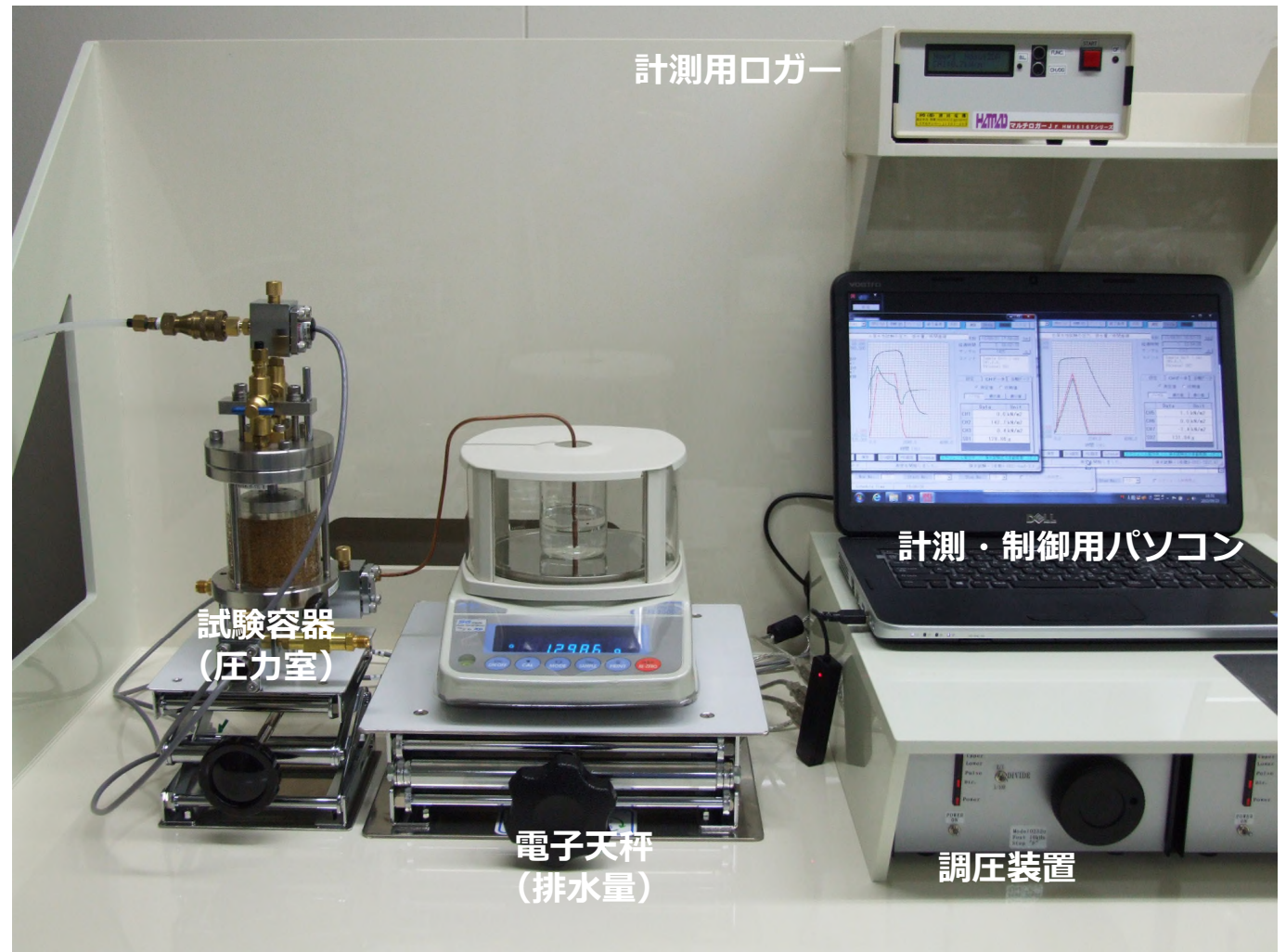
## ■ 加圧板法による方法で水分特性曲線の測定方法 ―今日テーマ―

試験の種類		測定原理	試験方法	測定されるポテンシャル	測定範囲 (kPa)
吸引法	水頭法	既知の化学ポテンシャルを有する測定系に土中水を平行させる	土中水に連続した水系を減圧し、排水量を測定	マトリックポテンシャル	- 0.1 ～ - 30
	減圧法				- 0.1 ～ - 50
加圧法	加圧板法		間隙空気に連続した空気系を加圧し、排水量を測定	マトリックポテンシャル+浸透ポテンシャル	- 10 ～ - 1500
	加圧膜法				- 10 ～ - 1500
蒸気圧法			水蒸気圧一定の密閉容器に入れ、平衡後の含水比を測定		- 300 ～ - 300 000
サイクロメータ法		土中水に測定系を平衡させる	密閉容器に入れ,平衡後の相対湿度を測定		- 300 ～ - 150 000
遠心法		土中水に外力場に平衡させる	遠心力場による脱水平衡	マトリックポテンシャル	- 10 ～ - 1500

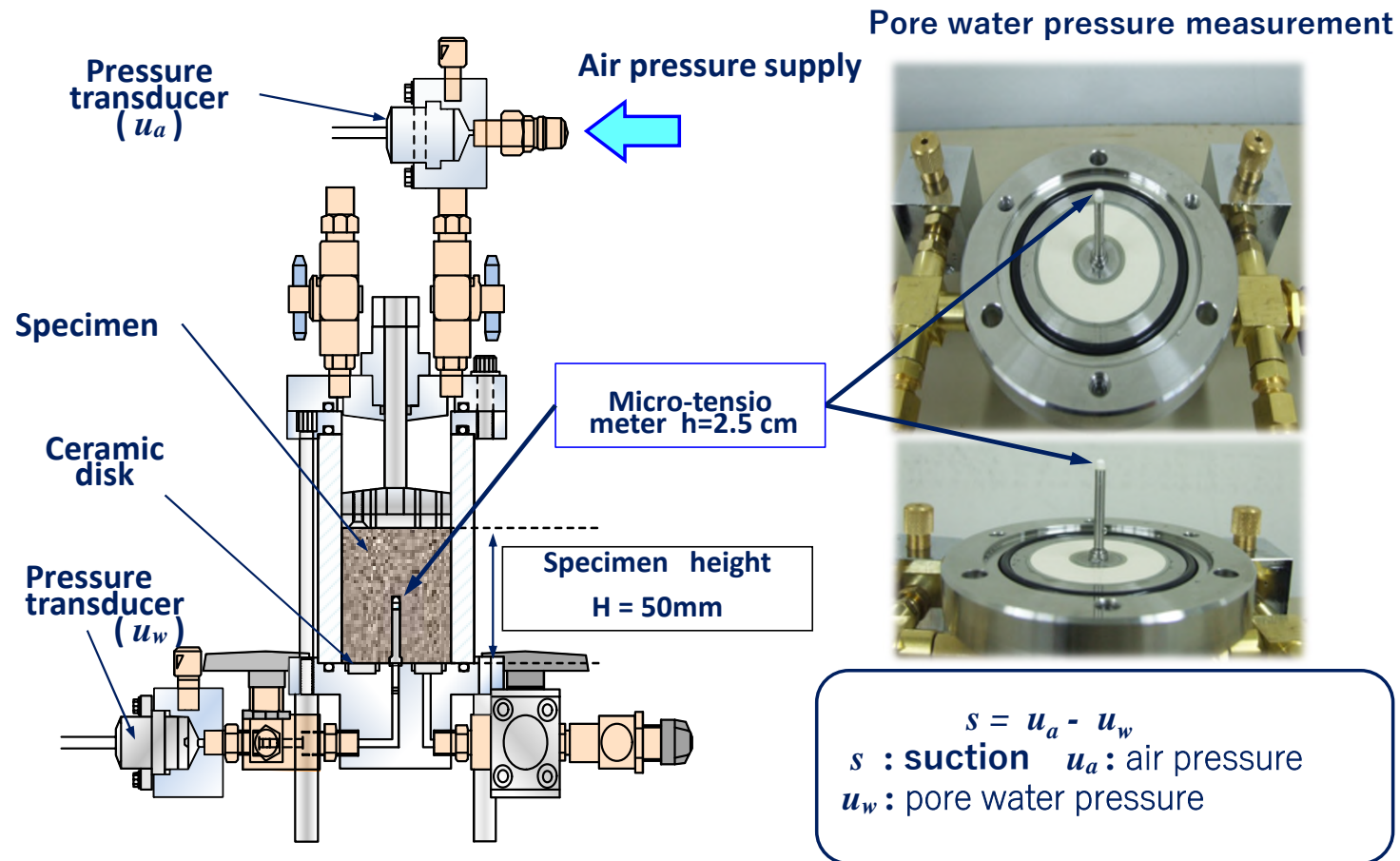


# 連続加圧方式による保水性試験装置

試験容器



# 供試体内の空気圧 $u_a$ , 間隙水圧 $u_w$ の測定システム



# 段階加圧方式と連続加圧方式の比較

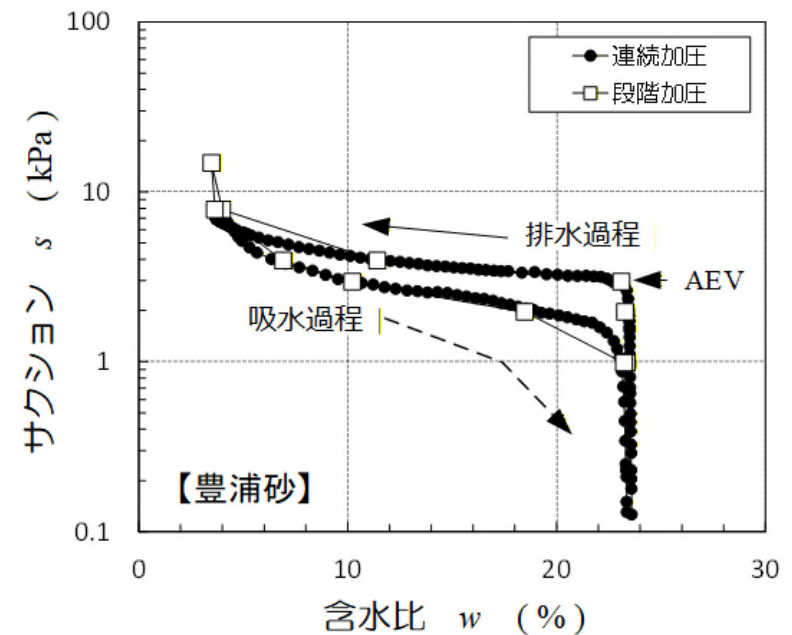
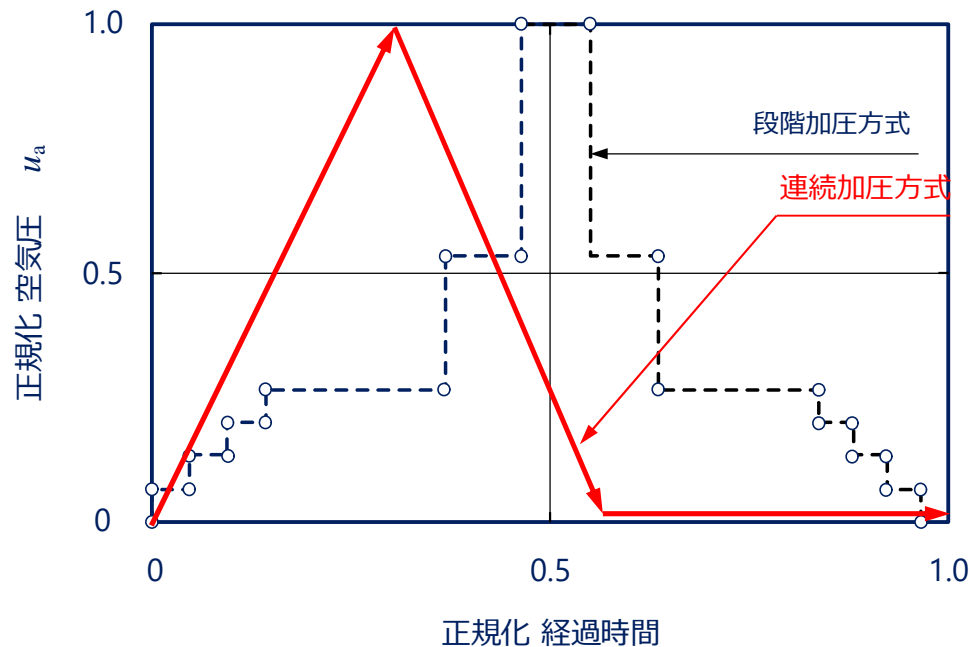
## ■ 段階加圧法（加圧板） 試験時間 44 000 分（約31日）

- 空気圧  $u_a$  を段階的に加圧して排水量を計測。
- 排水量が平衡状態に達したことを確認した後、次の圧力を加圧。

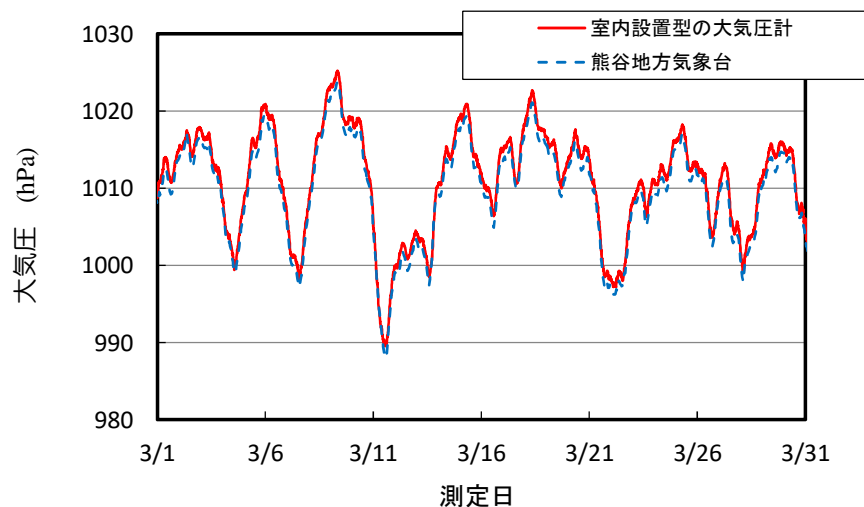
## ■ 連続加圧法 試験時間 2 700 分（約2日）

- 空気圧  $u_a$  を一定速度で増加（減少、保持）。

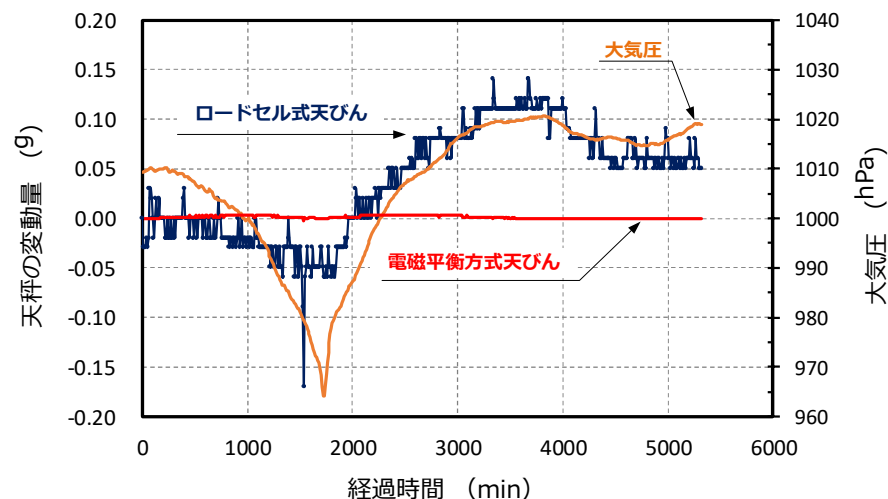
## ■ 二つの試験結果の比較



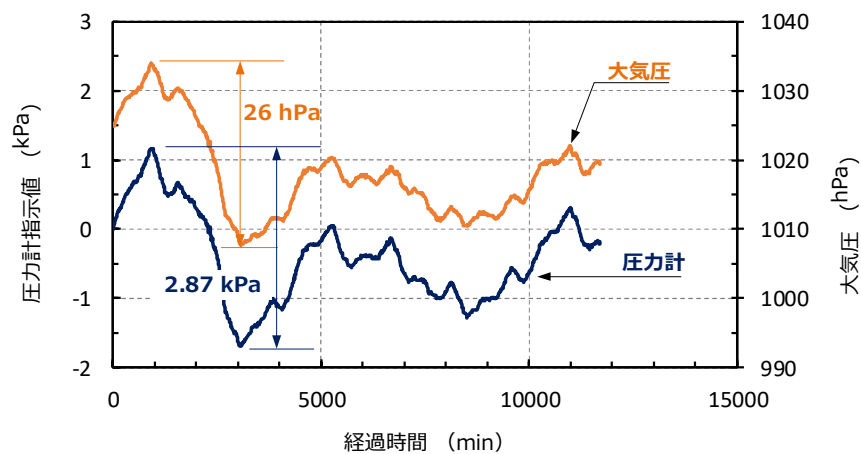
# 大気圧変動が試験結果に与える影響 — 圧力計, 電子天秤 —



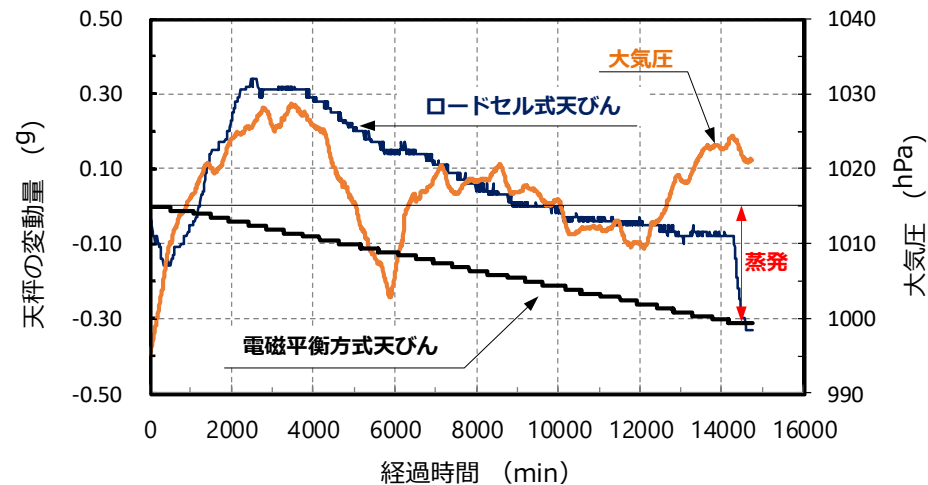
■ 大気圧変動（気象台と室内の比較）



■ 電子天秤の気圧変動（ロードセル式, 電磁並行方式）



■ 圧力計の気圧変動



■ 気圧変動（気象台と室内の比較）

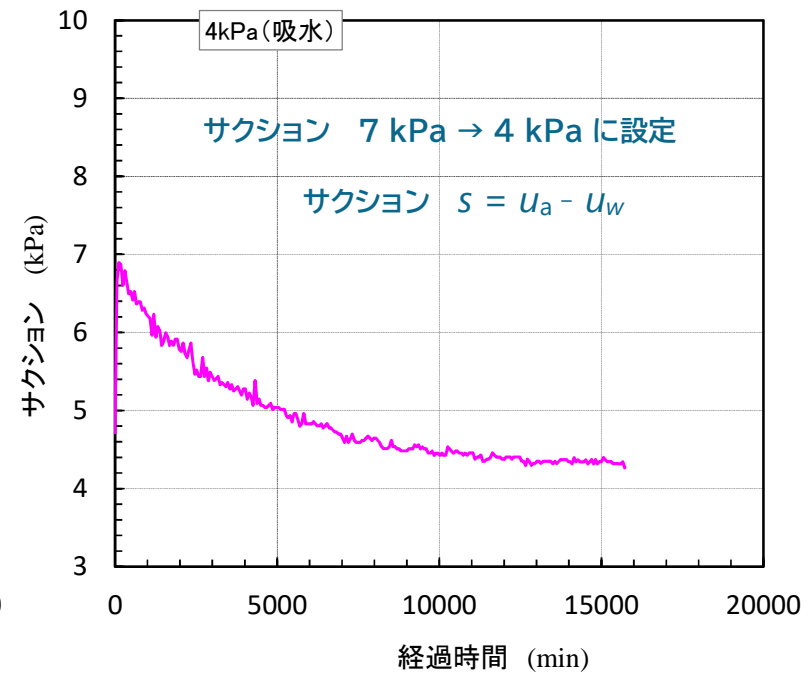
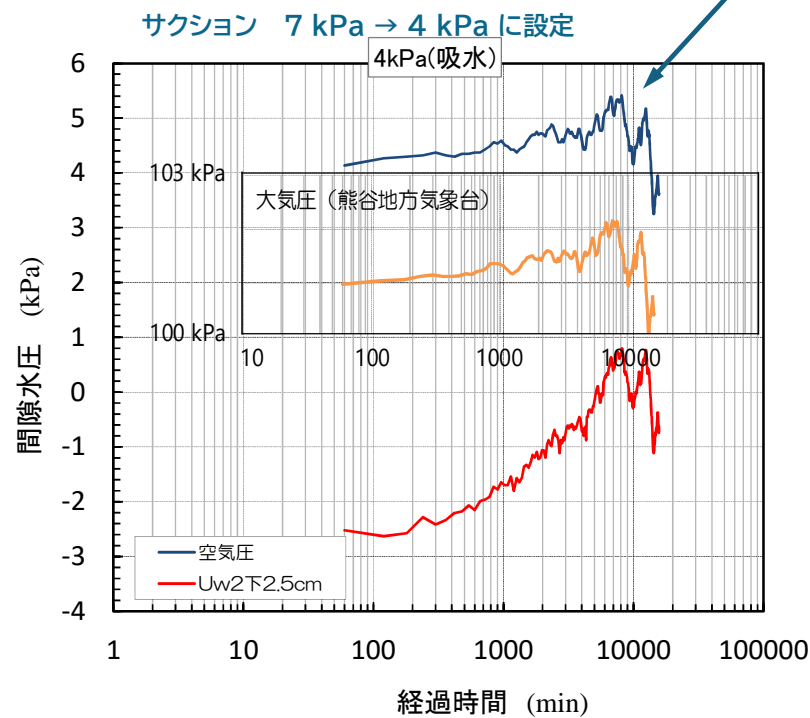
# 大気圧変動が試験結果に与える影響 — サクシヨンの結果 —

## ■ 大気圧変動による圧力計の変動

- 圧力計の気圧変動がサクシヨンに与える影響

段階加圧法  $s = p$  ( $p = u_a$ ) → 影響大

連続加圧法  $s = u_a - u_w$  → 影響小さい







ご清聴ありがとうございました

志賀高原の紅葉  
Photography by H. abe